

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ferhat ABBAS Sétif 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

Département de Microbiologie

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie générale

Thème

**L'importance des bactéries et des champignons
producteurs d'enzymes dans la dégradation et le
recyclage des résidus agricoles**

Présente par :

- **REGUIG Soundous**
- **BEGAG Amina Lallahoum**
- **TOUIL Hadjer**

Date de soutenance : 2025/06/30

Devant le jury :

Présidente : **Merouani Nawel** MCA. UfA Sétif-1

Promotrice : **Righi Souad** MAA. UfA Sétif-1

Examinatrice : **Manazel Souad** MAA. UfA Sétif-1

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciement

Nous remercions notre Dieu qui nous a aidés à atteindre cet objectif et à surmonter tous les obstacles afin de compléter ce modeste mémoire. Nous exprimons notre gratitude à notre encadrante, Mme Righi Souad, pour nous avoir proposé le thème de ce travail, ainsi que pour ses encouragements, son aide et son soutien. Nous tenons également à associer nos remerciements aux différents membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail et honoré cette soutenance par leur présence. Nous remercions tous les enseignants et toutes les enseignantes qui nous ont guidés tout au long de ces trois années. Enfin, nous adressons notre gratitude à toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Merci à tous.

DEDICACE

Avant toute chose, je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, qui m'a guidée, accordé la patience, la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce modeste travail...

A ma mère ma vie et mon bonheur qui m'a toujours écoutée avec patience et amour, m'a donné la volonté de surmonter tous les obstacles et les difficultés, dont chaque geste empreint de sacrifice, m'a appris la vraie valeur du Courage

Mon cher père mon exemple éternel, mon soutien moral et Source de joie, qui m'a toujours aidé et guidé vers le chemin de la réussite.

Ma seule sœur, ta présence, ton soutien et ton amour ont toujours été une force silencieuse dans mon parcours

Mes frères pour votre soutien constant, votre confiance et cette force tranquille qui m'a toujours portée.

A mes grands-parents, pour l'héritage de tendresse, de valeurs et de force qu'ils m'ont transmis à leur façon.

Mes tantes et oncles, pour votre affection, vos pensées bienveillantes et le réconfort que vous m'avez offert tout au long de ce chemin.

Mes neveux, Bayan et Abdel-Ilah, les petits anges de la famille.

A tous mes amis et camarades, pour leur soutien, leurs sourires



SOUNDOS

DEDICACE

Louange à Dieu qui a illuminé mon chemin, ouvert les portes du savoir devant moi et parachevé Sa grâce pour me permettre d'accomplir ce travail. Remerciements sincères à...

A mes parents,

Pour votre amour inconditionnel, votre patience infinie et vos innombrables sacrifices.

Pour avoir toujours été à mes côtés, me soutenant tout au long de ma vie.

Parce que vous avez toujours été ma source de force et de réconfort.

Que Dieu vous protège et vous préserve de tout mal.

Aucun mot ne saurait exprimer tout l'amour, la reconnaissance et la fierté que j'éprouve pour vous.

A mon frère, mon pilier après Dieu et notre père, et à son épouse Imene,

Que Dieu vous protège pour nous et pour votre famille.

Recevez toute ma gratitude et tout mon amour.

A mes sœurs,

Ma jumelle, mon autre moitié, ma compagne de vie.

Et à ma petite sœur, la fleur de notre famille, ta présence a illuminé nos vies.

Votre présence à mes côtés m'a donné de la force.

A mon amie Mouna,

Tu as toujours été et tu restes l'une des personnes les plus chères à mon cœur.

Je t'aime très fort.

À mes collègues Soundous et Hadjer,

Merci pour votre soutien, votre écoute et votre engagement

AMINA



DEDICACE

*Avant toute chose, je remercie ALLAH qui ma donnée la
Patience, le courage pour réaliser ce mémoire*

Je dédie ce mémoire :

**Avec fierté, je consacre mon diplôme et ma joie que j'aie depuis
longtemps attendu pour ceux qui étaient la source de soutien et de donner
à la lumière qui a allumé mon chemin, au cher qui portait fièrement son
nom, à mes premiers professeurs, l'homme qui a cherché tout au long de
sa vie pour être le meilleur**

Mon cher père

**Qui a été le premier soutien dans la réalisation de mon ambition, mon
refuge, ma main droite à chaque étape, celui à travers qui j'ai trouvé le
chemin de ma vie et la fierté de mon être.**

A ma mère chérie,

**« Oumi habibati », ce cœur tendre dont les prières m'ont entouré à chaque
instant, source d'un amour pur et inconditionnel.**

A Mes chers frères

A la source de ma force, à ceux qui m'ont soutenu et épaulé,

A ce que mes jours ont eu de meilleur et de plus pur,

A mon pilier inébranlable et à la sécurité de mes jours.

A toute ma chère famille et mes chers amis



HADJER

Sommaire

Remerciement	
Dédicace.....	
Sommaire.....	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations.....	
Introduction	
Chapitre 01 : Rôle des bactéries et champignons dans la dégradation des résidus agricoles	
1- Types des Microorganismes Décomposeur	4
1-1 Bactérie	4
1-1-1 <i>Streptomyces thermoviolaceus</i>	4
1-1-2 <i>Clostridium cellulotycium</i>	4
1-1-3 <i>Pseudomonas fluorescens</i>	5
1-1-4 <i>Bacillus subtilis</i>	5
1-1-5 <i>Azospirillum brasilense</i>	6
1-2 Les champignons.....	7
1-2-1 <i>Penicillium canescens</i>	8
1-2-2 <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	8
1-2-3 <i>Trichoderma harzianum</i>	8
1-2-4 <i>Aspergillus niger</i>	9
1-2-5 <i>Fusarium oxysporum</i>	9
2-processus de décomposition	10
2-1 Décomposition anaérobie	10
2-1-1 Hydrolyse.....	11
2-1-2 Acidogenèse	11
2-1-3 Acétogenèse.....	12
2-1-4 Méthanogenèse	12
2-2 Compostage	12
2-2-1 Phase mésophile	13
2-2-2 Phase thermophile	13
2-2-3 Phase de refroidissement.....	13
2-2-4 Phase de maturation	13

2-3 Fermentation en milieu solide.....	14
Chapitre 02 : Les enzymes et leur rôle dans la dégradation des résidus agricoles.....	15
1- Les composantes des résidus agricole.....	15
1-1 Cellulose	15
1-2 Hémicellulose	16
1-3 Lignine.....	16
2- Enzymes.....	16
2-1 Catégories d'enzymes dans la décomposition des résidus agricoles.....	16
2-1-1 Les enzymes hydrolytiques (hydrolases) :	16
2-1-1-1 Cellulase.....	17
2-1-1-2 Xylanases	17
2-1-1-3 Amylases	17
2-1-1-4 Tannase	17
2-1-1-5 Pectinases.....	17
2-1-1-6 Protéases	17
2-1-1-7 Lipases	18
2-1-2 enzymes oxydoréductases (oxidoréductases).....	18
2-1-2 -1 Laccases	18
2-1-2 -2 Peroxydases	18
2-2 Sites d'action des enzymes.....	18
2-2-1 Cellulase.....	19
2-2-2 Hémicellulase.....	20
2-2-3 Ligninase.....	20
2-2-4 Tannase.....	20
3 -Importance des enzymes microbiennes dans la dégradation des résidus agricoles .	22
3-1 Fertilité du sol	22
3-2 Accélération de la dégradation des résidus agricoles	22
3-3 Réduction de la dépendance aux produits chimiques et aux engrais.....	22
4-Applications pratiques des enzymes bactériennes.....	23
4-1 Industrie.....	23
4-2 Agriculture.....	23
Chapitre 03 : Les interactions entre champignons bactéries et enzymes.....	25
1- Coopération fonctionnelle entre champignon, bactérie et enzymes	25

2-Relations entre champignons et bactéries dans la décomposition des résidus	
végétaux	26
2-1 Champignons et bactéries (décomposeur–exploiteur)	26
2-2 Symbiose chimique champignons–bactéries	26
2-3 La succession microbienne durant la dégradation des résidus agricoles	27
3- Les facteurs influences les interactions champignons, bactéries	28
3-1 PH	28
3-2 Impacte du carbone	29
3-3 Facteurs nutritionnelles (Trophiques).....	Error! Bookmark not defined.
4- Les facteurs influences les interactions champignons	30
4-1 pH	30
4-2 Température.....	30
4-3 Humidité	31
5- Les facteurs influencent les interactions entre les Bactéries	31
5-1 Température.....	31
5-2 Substrats	31
Conclusion.....	33
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau 1: Taxonomie des bactéries	7
Tableau 2: Taxonomie des champignons.....	10
Tableau 3: Caractéristiques des enzymes impliquées dans la dégradation des composés lignocellulolytiques des résidus agricoles	21

Liste des figures

Figure 1: type des résidus agricole	3
Figure 2: produit fermenté solide	14
Figure 3: structure de la biomasse lignocellulosique	15
Figure 4: mécanisme d'hydrolyse de la cellulase	19
Figure 5: classification des produits microbiens et enzymatiques selon leur composition et leurs applications agricoles	24
Figure 6: la Co culture d'aspergillus Niger et de Streptomyces spp sur une biomasse lignocellulosique	26
Figure7: Mécanisme de dégradation du système de consortium lignine et mécanisme d'interaction des substance interactives clés.....	27
Figure 8: le carbone du son de blé	30
Figure 9: les microorganismes provenant de divers habitats	30
Figure 10: (a) bactérie véritablement cellulolytiques (b) bactérie faussement cellulolytiques	32

Liste des abréviations

ABTS	2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
AGV	Acides Gras Volatils
SSF	Fermentation en Milieu Solide
LPMOs	Lytique Polysaccharide Monooxygénases
P40 M2	Souche d' <i>Aspergillus fumigatus</i>
DC11	shouche de <i>bacillus subtilis</i>
Gh5, Gh8	Des enzymes hydrolyser uniquement des substrats cellulose solubles
Gh48	Des enzymes capables de dégrader la cellulose cristalline
NS7	Souche de <i>B. subtilis</i>

ملخص

تلعب البكتيريا والفطريات أدوارًا متبادلة في تحلل المخلفات الزراعية بفضل قدرتها على إنتاج مجموعة واسعة من الإنزيمات القادرة على تفكيك المركبات العضوية المعقدة مثل السيليلوز والهيميسيلولوز واللجنين. وتُعد هذه الإنزيمات، بما في ذلك السيليلولاز والهيميسيلولاز والليغنيناز، ضرورية لتحويل الكتلة الحيوية العضوية إلى مركبات أبسط يمكن لنبات امتصاصها أو تحويلها إلى طاقة حيوية من خلال عمليات متعددة لإدارة المخلفات مثل التسميد العضوي، الذي يعتمد على القدرات التحليلية للميكروبات.

يُنتج الفطر *Trichoderma harzianum* إنزيم البيروكسيداز، وهو إنزيم يعمل خارج الخلية لتحليل اللجنين عن طريق آلية أكسدة، في حين أن البكتيريا مثل *bacillus subtilis* تساهم بفعالية في تنشيط الإنزيمات وتسريع عمليات التحلل. إضافة إلى ذلك، تخضع الأنشطة الميكروبية لظروف بيئية مثل درجة الحموضة، درجة الحرارة، الرطوبة وتوفر المواد العضوية في الوسط.

تُعزز التفاعلات التآزرية بين هذه الكائنات الحية الدقيقة وإنزيماتها من تفكك المواد العضوية، وتدعم إعادة تدوير المغذيات، وتُقلل من الأثر البيئي للمخلفات الزراعية، وتساهم في إيجاد حلول مستدامة لإدارة هذه المخلفات.

كما أن اعتماد التقنيات الحيوية المتقدمة، بما في ذلك الميتاجينومية والهندسة الوراثية، يمكن أن يساعد في تحديد سلالات ميكروبية أكثر كفاءة وتكيفًا لمعالجة أنواع مختلفة من المخلفات الزراعية.

الكلمات المفتاحية: التحلل، الإنزيمات، المخلفات الزراعية، الفطريات، البكتيريا.

Abstract

Bacteria and fungi play interchangeable roles in the degradation of agricultural residues through their ability to produce a wide range of enzymes capable of breaking down complex organic compounds such as cellulose, hemicellulose, and lignin. These enzymes—including cellulases, hemicellulases, and ligninases are essential for converting organic biomass into simpler substances that can be assimilated by the soil or valorized into bioenergy through various residue management methods, such as composting, which relies on the degradative abilities of microbes.

The fungus *Trichoderma harzianum* produces peroxidase, an enzyme that acts extracellularly to degrade lignin through an oxidative mechanism. Meanwhile, bacteria such as *Bacillus subtilis* play a significant role in enzymatic activation and in accelerating the decomposition processes. Moreover, microbial activity during decomposition is influenced by environmental factors such as pH, temperature, moisture and substrate availability.

The synergistic interaction between these microorganisms and their enzymes enhances the breakdown of organic matter, supports nutrient recycling, reduces the environmental impact of agricultural waste, and contributes to sustainable solutions for agricultural residue management.

The implementation of advanced biotechnologies, including metagenomics and genetic engineering, could aid in identifying more efficient and adaptable microbial strains for the treatment of diverse agricultural wastes.

Keywords : Decomposition, Enzymes, Agricultural residues, Fungi, Bacteria.

Résumé

Les bactéries et les champignons permuter un rôle dans la dégradation des résidus agricole par leur capacité à produire une large gamme d'enzymes capables de décomposer les composés organiques complexes tels que la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. Ces enzymes, notamment les cellulases, hémicellulases et ligninases, sont essentielles pour convertir la biomasse organique en substances plus simples, assimilables par le sol ou valorisables en bioénergie à travers des différentes procédés d'élimination des résidus comme le compostage ont été déployées grâce aux caractéristiques dégradatives des microbes.

Les champignons *Trichoderma harzianum* qui Produisant peroxydase cet enzyme intervienne hors des cellules pour dégrader la lignine par le biais d'un mécanisme d'oxydation, tandis que les bactéries telles que *Bacillus subtilis* intervienne activement dans l'activation enzymatique et l'accélération des processus de dégradation. De plus l'activité microbienne de la décomposition est contrôlée par les conditions environnementales telles que le pH, la Température, l'humidité et l'alimentation du substrat.

L'interaction synergique entre ces micro-organismes et leurs enzymes optimise la décomposition des matières organiques, favorise le recyclage des nutriments, réduit l'impact environnemental des déchets agricoles, et contribuer à des solutions durables pour la gestion des résidus agricoles. A mise en œuvre de biotechnologies de pointe, y compris la métagénomique et l'ingénierie génétique, pourrait favoriser l'identification de souches microbiennes plus efficaces et adaptées à divers déchets agricoles

Mots-clés : Dégradation, Enzymes, Résidus agricoles, Champignons, Bactérie