

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
EL-HARRACH (ALGER)

THESE

présentée pour obtenir le grade de

Docteur d'Etat
en Sciences Agronomiques

par

Ouerdia SALHI-MOHAND OUSSAID

**VALORISATION DE SOUS - PRODUITS ET DECHETS
LIGNOCELLULOSIQUES PAR CULTURE DE MICRO-
ORGANISMES CELLULOLYTIQUES**

Soutenue le 20/05/2004 devant la commission d'examen :

Mme D. SADOON
M. A. YOUYOU
M. H. PETITDEMANGE
M. A. AMMOUCHE
M. S. BENALLAOUA

Présidente
Rapporteur
Co-Rapporteur
Examineur
Examineur

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	3
PARTIE A : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA LIGNOCELLULOSE ET SA DEGRADATION	
1- Composition et structure de la lignocellulose	5
1-1- Origine des substrats lignocellulosiques	5
1-2- Composition	5
1-3- Structure	12
2- Biodégradation de la lignocellulose	14
2-1 Enzymes et micro-organismes impliqués	14
2-1-1- Biodégradation de la lignine	14
2-1-2- Biodégradation de la cellulose	21
2-1-3- Biodégradation de l'hémicellulose	26
2-2- Processus de dégradation naturel	30
3- Valorisation biologique de la lignocellulose	32
3-1- Bioconversion de la lignocellulose en aliments pour animaux	33
3-2- Production de champignons à carpophores	34
3-3- Production de biogaz	34
3-4- Production de protéines ou de combustible	35
3-4-1- Délignification	35
3-4-2- Cellulolyse et hémicellulolyse	37
3-4-3- Produits obtenus	38
4- Conclusion	44
PARTIE B : RESULTATS SUR LA DEGRADATION DES DECHETS LIGNOCELLULOSIQUES PAR LES MICROORGANISMES	
Chapitre 1 : DEGRADATION AEROBIE DES DECHETS LIGNOCELLULOSIQUES PAR LES CHAMPIGNONS	
1-1- Sélection d'une souche de moisissure lignocellulolytique thermorésistante performante	42
1-2- Bioconversion d'un composé lignocellulosique, le grignon d'olive, par les champignons	45
1-2-1- Enrichissement en protéines du grignon d'olive par la culture de souches de moisissures lignocellulolytiques en milieu solide	46
1-2-2- Etude des activités cellulase et xylanase de quelques souches de moisissures sur grignon d'olive	53

1-2-3- Dégradation du grignon d'olive par deux champignons de la pourriture blanche : <i>Phanerochaete chrysosporium</i> et <i>Trametes versicolor</i>	58
1-2-4- Effet des composés phénoliques extraits des grignons d'olives sur la croissance de champignons lignocellulolytiques	66
1-2-5- Cocultures de <i>Trametes versicolor</i> et <i>Aspergillus niger</i> sur substrats lignocellulosiques.....	74
1-2-6- Etude de l'activité ligninolytique de <i>Trametes versicolor</i> en culture simple et en coculture avec <i>Aspergillus niger</i>	83
1-3- Conclusion	87
 Chapitre 2 : DEGRADATION ANAEROBIE DES DECHETS LIGNOCELLULOSIQUES PAR UNE BACTERIE : CLOSTRIDIUM CELLULOLYTICUM	
2-1- Etude comparative des cultures de <i>Clostridium cellulolyticum</i> en batch et en dialyse sur cellulose.....	88
2-2- Fermentation des boues de papeterie par <i>Clostridium cellulolyticum</i> .	98
2-3- Activité xylanolytique chez <i>Clostridium cellulolyticum</i>	104
2-3-1- Etude de la répartition des activités xylanases et CMCases entre les cellules et le milieu de culture de <i>C. cellulolyticum</i> cultivée sur différents substrats.....	104
2-3-2- Système extracellulaire de dégradation du xylane de <i>Clostridium cellulolyticum</i> : mise en évidence de la production de cellulosome non associé aux cellules.....	107
2-4- Conclusion	123
CONCLUSION GENERALE.....	124
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	126
ANNEXES	

Résumé

La biomasse issue de déchets municipaux, industriels et agricoles est riche en cellulose, mais également en hémicellulose et lignine, ce dernier composant étant particulièrement récalcitrant à la dégradation.

L'objet de cette thèse est l'étude de la dégradation aérobie et anaérobie de la biomasse lignocellulosique par les microorganismes.

Sur le plan théorique, la première partie (A) est consacrée à une étude bibliographique balayant les ouvrages ou articles sur la composition, la dégradation et les valorisations biologiques possibles des composés lignocellulosiques.

La deuxième partie (B) est consacrée au travail expérimental qui se scinde en deux chapitres.

Dans un premier temps, l'intérêt a été porté à la dégradation aérobie de la lignocellulose par les champignons. Cette partie rassemble des travaux qui ont été menés sur cet aspect. Le grignon d'olive qui est un sous-produit lignocellulosique disponible en grande quantité et peu valorisé actuellement a été choisi comme substrat. La croissance de champignons ligninocellulolytiques, la production d'enzymes et la dégradation des composés lignocellulosiques, après culture sur grignon d'olive comme substrat, ont été étudiés. L'action des polyphénols du grignon, inhibiteurs potentiels de la croissance des champignons, a été également abordée.

Il en ressort que la croissance et la production de protéines par des champignons lignocellulolytiques est possible sur grignon d'olive comme substrat, en milieu solide ou en milieu liquide. Cependant, la dégradation de la lignocellulose, notamment de la lignine est faible. Une amélioration significative de la dégradation de cette dernière a pu être obtenue par coculture appropriée du champignon ligninolytique *Trametes versicolor* et du champignon cellulolytique *Aspergillus niger*.

Le deuxième volet de ce travail a été consacré à l'étude de la dégradation anaérobie de composés de la lignocellulose par *Clostridium cellulolyticum*. En effet cette bactérie joue un rôle important dans la digestion anaérobie des déchets cellulosiques pour la production de biogaz. Une meilleure compréhension de cette dégradation permettra donc d'optimiser ce procédé.

Des cultures réalisées en dialyse, qui miment les conditions naturelles, sur cellulose ou boues de papeterie, ont permis d'améliorer la croissance ainsi que la dégradation du substrat par rapport à la culture en batch.

Ce procédé de fermentation a été alors utilisé avec un autre composé lignocellulosique, le xylane. Cette étude nous a permis de montrer que l'activité xylanase de *C. cellulolyticum*, jusque là très peu étudiée, est portée entièrement par le cellulosome et que en fonction du substrat *C. cellulolyticum* est capable d'adapter son système enzymatique. Ces résultats contribueront très certainement à la meilleure compréhension du système enzymatique de *C. cellulolyticum*.

Mots clés

Champignons - *Clostridium cellulolyticum* - substrats lignocellulosiques - dégradation - enzymes lignocellulolytiques.