

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE
MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE
N° :



DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : SCIENCES
BIOLOGIQUES
OPTION : MICROBIOLOGIE
APPLIQUÉE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

**Par : HADJ HAFSI Nadjah
BOUDIAF Wahiba**

Intitulé

**Valorisation d'un substrat agro-industriel par la
culture d'une souche de champignon comestible
du genre *Pleurotus*.**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. BOUBKEUR Hafsa	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr. BENSEMANE Latifa	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Encadreur
Dr. GHODBANE Mouloud	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2021 /2022

Remerciements

On remercie tout d'abord DIEU le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, la patience et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Ensuite, on dit merci à tous ceux qui nous ont donné la main pour achever ce mémoire :

Au Dr. BENSEMANE Latifa spécialement, pour la qualité de son encadrement exceptionnel et sa patience durant toute la période de la préparation de ce travail.

A Mr. RABIA Abderrahmane, chef de service extension et protection des terres, conservation des forêts de la wilaya de M'Sila, pour son aide et ses précieuses informations.

On adresse aussi nos remerciements aux membres de jury : Monsieur GHODBANE Mouloud, Maitre Conférence classe A. Madame BOUBKEUR Hafsa, Maitre Conférence classe B. Pour accepter de corriger et d'évaluer notre travail et à tous les enseignants du

Département de Biochimie et Microbiologie.

A Monsieur le Directeur des Ressources Humaines du complexe industriel et commercial hodna M'Sila (AGRODIV) Mr. BENIA Salim.

A Monsieur le responsable de laboratoire de biologie SEGHIRI Kamel et à tous les ingénieurs du laboratoire de biologie.

DEDICACE

Je dédie les fruits de ma peine :

Aux êtres les plus chers à mon cœur, mes parents.

A mon appui dans cette vie, mon mari : LADGHEM CHICOUCHE

Lahcen.

A mes petits papillons, Fifi, Sara, Zahra et à mes sœurs, Lila,

Yamna et Amal.

A mes nièces Meriem et Hala.

A mon neveu Chawki.

A BENALI Hind pour son aide.

A toutes mes amies spécialement Lamia

À tous mes amis de la promotion 2ème année Master Microbiologie Appliquée.

Bien fiable témoignage d'amour.



Hadj Hafsi Nadjah

DEDICACE

C'est un moment de plaisir de dédier ce modeste travail à ceux qui m'ont soutenus et encouragés de près et de loin :

*À ma petite perle précieuse ma fille Melia et bien sûr À mon chère marie
BENIA Mohamed*

*À mes plus chers êtres de ma vie, mes parents ; ma mère BOUDIAF
Yamina et mon père KHALED, je leur exprime mon profond amour et
une longue vie plein de santé et bonheur.*

À mes chers frères Abdessalem et Adel.

À ma chère belle-mère Zineb.

*À tous mes amis de la promotion de 2ème année Master en
Microbiologie Appliquée.*

A ma chère collègue DJAIDJA Bouchra.

À toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

*À tous les membres de ma famille BOUDIAF et BENIA, je dédie ce
travail à*

tous ceux qui ont participé à ma réussite.



BOUDIAF Wahiba

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Lexique.....	
Résumé.....	
Introduction	1
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique	
1. Généralités sur les Pleurotes	3
I.1.1. Définition	3
I.1.2. Historique	4
I.1.3. Structure et morphologie	4
I.1.3.1. Le mycélium	4
I.1.3.2. Le carpophore	5
I.1.4. Mode de vie	6
I.1.5. Les facteurs influençant la croissance des Pleurotes	7
I.1.6. Classification	9
I.1.7. Développement et cycle de vie	10
I.1.7.1 Développement	10
I.1.7.2 Cycle de vie	10
I.8. L'intérêt nutritionnel, médical et environnemental des Pleurotes.....	11
I.8.1 L'intérêt nutritionnel.....	11
I.8.2 L'intérêt écologique et économéque	12
I.8.3 L'intérêt médical	12
I.9.Culture et production des pleurotes	12
CHAPITRE II : Matériel et Méthodes	
Objectifs de l'étude.....	14
II.1. Matériel végétal	14
II.1.1. Matériel fongique	14
II.1.2. Origine des substrats	14
II.1.3. Caractéristiques des substrats utilisés et additifs	15
II.2. Préparation et désinfection des outils utilisés et du lieu de culture	16
II.3. Les étapes de la culture	17
II.3.1. Préparation des mélanges des substrats	17
II.3.2. Humidification et traitement thermique des substrats	18
II.3.3. Ensemencement.....	19
II.4. Stimulation de la fructification.....	21
II.5. Evaluation de la production et du rendement	22
II.5.1. Paramètres quantitatifs	22
II.5.2. Paramètres qualitatifs	22
II.5.3. Durée totale de la production	22
II.5.4. Début de la production	22
II.5.5. Efficacité biologique	23
II.5.6. Les rendements.....	23
II.5.7. Analyse statistique	23

Sommaire

CHAPITRE III. Résultats et discussion :

III.1. Durées d'incubation et de culture	24
III.1.1. Durée d'incubation du mycélium sur les substrats	24
III.1.2. Durée de la culture sur les substrats	26
III.2. Stimulation de la fructification	27
III.3. La récolte	31
III.3.1. Nombre de grappes et fruits	32
III.4. Efficacité biologique	32
III.5. Les rendements	34
Conclusion	37
Références bibliographiques	39

Résumé

Le genre *Pleurotus* est un groupe cosmopolite de champignons comestibles, largement cultivés dans le monde, à haute valeur nutritive et propriétés thérapeutiques, en plus d'un large éventail des applications biotechnologiques et environnementales. Le *Pleurote* est un champignon saprophyte très adéquat s'implantant facilement sur un substrat rudimentaire.

La culture de *Pleurotus* est un processus biotechnologique simple qui permet de faire la bioconversion de déchets agricoles locaux en carpophores, connus pour leurs bonnes valeurs alimentaire et médicinale.

Ce travail porte sur la culture de *Pleurotus* et leur production sur substrats alfa et paille de blé. Les résidus à valoriser peuvent être utilisés seul ou en mélange, dans des proportions à définir, pour une optimisation des rendements. La multiplication de mycélium a permis d'obtenir une croissance rapide sur l'alfa par rapport à la paille de blé. L'efficacité biologique et les rendements de l'ensemble des substrats ont été meilleurs sur les différents mélanges que sur les substrats seuls.

Mots clés : *Pleurotus*, alfa, paille, efficacité biologique, rendement.

Abstract:

The genus *Pleurotus* is a cosmopolitan group of edible mushrooms widely cultivated around the world with high nutritional value and therapeutic properties, in addition to a wide range of biotechnological and environmental applications. The Oyster Mushroom is a very suitable saprophytic fungus, establishing itself easily on a rudimentary substrate.

Cultivation of *Pleurotus* is a simple biotechnological process makes possible the bioconversion of local agricultural waste into carpophores, known for their good food and medicinal values.

This work focuses on the cultivation of *Pleurotus* and their production on Alfa substrates and wheat straw. The residues to be recovered can be used alone or in a mixture, in proportions to be defined, to optimize yields. The multiplication of mycelium made it possible to obtain rapid growth compared to wheat straw. Biological effectiveness and yields of all substrates were better on different mixtures than on the substrates alone.

Keywords: *Pleurotus*, Alfa, straw, biological efficiency, yield

ملخص

جنس *Pleurotus* هو مجموعة من الفطر العالمي الصالح للأكل والمزروع على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم ذو قيمة غذائية عالية وخصائص علاجية، بالإضافة إلى مجموعة واسعة من التطبيقات البيئية والبيوتكنولوجية. فطر المحار هو فطر رمي مناسب جدًا للزرع بسهولة في ركيزة بدائية.

زراعة فطر المحار هي عملية بيوتكنولوجية بسيطة تجعل بالإمكان تحويل المخلفات الزراعية المحلية حيويًا إلى فطر محاري المعروف بغذائه الجيد وقيمته الطبية.

هذا العمل يركز على زراعة فطر المحار وإنتاجه في ركائز الحلفاء وقش القمح. يمكن استخدام المخلفات المراد استعادتها بمفردها أو في خليط ، بنسب يتم تحديدها ، لتحسين الغلات. تميز نمو مشيح الفطر بسرعة في الحلفاء مقارنة بقش القمح. كانت الفعالية البيولوجية والانتاجية أفضل في جميع الخلطات المختلفة مقارنة بالركائز لوحدها.

الكلمات المفتاحية: فطر المحار ، الحلفاء ، القش ، الكفاءة البيولوجية ، المحصول.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Différentes espèces de <i>Pleurotus</i> spp cultivées	4
Figure 2 : Mycélium et d'un <i>Pleurote</i> de culture	5
Figure 3 : les différentes parties de carpophores de <i>Pleurote</i>	6
Figure 4 : <i>Pleurotus ostreatus</i> sur des arbres tombés et des arbres pourris	7
Figure 5 : Cycle de vie des <i>Basidiomycètes</i>	11
Figure 6 : la valeur nutritionnelle du <i>Pleurotus</i> spp	11
Figure 7 les Polluants environnementaux recyclés par <i>Pleurotus</i> spp	12
Figure 8 : Le blanc de semence	14
Figure 9 : Préparation et désinfection du lieu de culture et des outils utilisés	16
Figure 10 : l'armoire utilisée pour la culture	17
Figure 11 : Pasteurisation et humidification des substrats avec de l'eau chaude	18
Figure 12 : Egouttage et refroidissement des substrats	18
Figure 13 : pesage de la semence et des mélanges des substrats humides	19
Figure 14 : Le lardage des substrats par couche dans les sacs	20
Figure 15 : Perforation des sacs lardés à l'aide d'une aiguille.....	20
Figure 16 : les sacs incubés sur les étagères de l'armoire.....	20
Figure 17 : A. Ouverture des sacs, B. fixation des sacs, C. Thermo-hygromètre.....	22
Figure 18 : Le développement du fruit de champignon <i>Pleurotus</i> spp	29
Figure 19 : Résultats du test de Newman –Keuls au seuil 5% des substrats utilisés	33
Figure 20 : le rendement moyen des différents substrats	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : La classification du genre <i>Pleurotus</i> .	10
Tableau 2 : La composition chimique de la paille de blé.	15
Tableau 3 : la composition chimique de l'alfa (en%).	16
Tableau 4 : Mélanges des substrats à différents pourcentages.	17
Tableau 5 : composition détaillée de chaque mélange des substrats	18
Tableau 6 : Poids de La semence (le blanc de grain) dans chaque mélange de substrat humide.	20
Tableau 7 : les aspects du mycélium sur les différents substrats	24
Tableau 8 : Les étapes du développement de <i>Pleurotes</i> au cours de la fructification.	28
Tableau 9 : Masse et nombre de grappes & de fruits par récolte.	31
Tableau 10 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour l'efficacité biologique des <i>Pleurotes</i> en fonction des substrats testés	33
Tableau 11 : Résultats du test de Newman –Keuls au seuil 5% des substrats utilisés.	34
Tableau 12 : Résultats du test de Newman –Keuls au seuil 5% des substrats utilisés	35

LEXIQUE

- **Carpophore** : Partie aérienne des champignons supérieurs appelés aussi sporophore ou champignon.
- **Chapeau** : Partie supérieure du champignon, de forme et de couleur divers, qui protège les lamelles, il a le plus souvent l'aspect d'une coiffe.
- **Hyménium** : Une couche monocellulaire supérieure (peau) du champignon.
- **Hyphe** : Chaîne de cellules fusionnées ou non, constituant le mycélium.
- **Lame** : Feuillet situé à la face inférieure du chapeau d'un grand nombre de champignons lamellés.
- **Lamelle** : Lamelle incomplète, portant de la marge, mais s'arrête à mi-chemin en direction du pied ou même n'ayant pour longueur que le cinquième ou le dixième du rayon du chapeau.
- **Marge** : Bord du chapeau du champignon.
- **Thalle** : Appareil végétatif des plantes inférieures sans feuille, sans tige, sans racine, produit par certains organismes non-mobiles.
- **Mycélium** : Réseau d'hyphe qui forme le corps végétatif du champignon
- **Le sclérote** : Corps dur de mycélium aggloméré, formé par certains champignons pour résister en milieu hostile.
- **Mycètes** : Le règne des fungi, aussi appelé mycota ou mycètes ou fungi, constitue un taxon regroupant des organismes eucaryotes appelés communément champignons.
- **Asexuée** : Être vivant qui peut se reproduire sans l'existence d'individus de sexes distincts (antonyme : sexué).
- **Sexué** : Une espèce qui nécessite pour se reproduire ; deux individus de sexes opposés.
- **Fructification** : Appareil reproducteur des champignons. C'est la partie visible par opposition au mycélium qui lui est presque toujours enfoui dans son milieu.
- **Pasteurisation** : Traitement thermique appliqué au substrat pour détruire les organismes non désirés sans nuire aux autres. La température est de 60 à 80°C, ce traitement.

INTRODUCTION

Introduction

Sur le plus d'un million d'espèces de champignons connues, plusieurs centaines sont consommées par l'être humain, à travers le monde.

Les avantages qu'offrent l'appellation commune « champignons » qui comprend des milliers de variétés, chacune avec des vertus la rendant unique, ne s'arrêtent pas exclusivement au domaine de leur consommation par l'homme parce que, de par leurs activités biologiques dans le sol, ils contribuent aussi à l'amélioration de la richesse en matière organique de celui-ci et, par conséquent, à l'augmentation des rendements des productions agricoles d'une manière générale (**Campbell, 2007**).

Le tonnage de la production mondiale de cette spéculation, qui est une activité humaine forte ancienne, atteste de l'importance et de l'intérêt de plus en plus soutenus accordés au développement actuel de la fung culture ou myciculture. Le taux de développement observé, notamment durant ces dernières années, est dû particulièrement à des nombreuses propriétés bénéfiques des champignons comestibles tant, au plan de la consommation alimentaire (protéines, glucides, fibres, minéraux (K, Mg, P, Zn, Fe, Cu et Ca), vitamines B (B1, B2, B3, B9), vitamines C, les acides aminés et des lipides majeurs) qu'au plan médicamenteux, particulièrement en prévention et traitement de plusieurs maladies chroniques tels que le cancer, le diabète sucré, les maladies cardiovasculaires et les maladies neurodégénératives. (**Gupta et al., 2016**).

La production mondiale des champignons, selon l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, cité par **Zervakis, 2020**, a été pour l'année 2016 de plus de 9 Millions de tonnes et les principaux producteurs sont la Chine, très nettement détachée en tête avec plus de 7,1 MT suivi de l'Italie avec 761.858T, les USA 390.902 T, l'Iran avec 150.000 T, la France 115.000T, (**Mushroom Growers Union, 2022**).

En ce qui concerne les pays arabes, l'Egypte vient en 1^{ère} position et assure, à elle seule, 45,28% de la production de tous ces pays. Le Maroc et l'Algérie, selon la **FAO (2017)**, produisent respectivement 2.111 T et 1.668 T.

Pour 2017, la production des champignons comestibles était répartie entre plusieurs genres : *Lentinula* (22 %), *Pleurotus* (19 %), *Auricularia* (18 %), *Agaricus* (15 %), *Flammulina* (11 %), *Volvariella* (5 %) et autres (10 %) (**Zervakis, 2020**).

Les espèces de pleurotes sont des champignons les plus cultivées et consommés dans le monde (**Raman et al, 2020**). Ces dernières années, leur production dans le monde est passée,

Introduction

entre 1997 à 2010, de 876 T à 6 288 t soit un taux d'augmentation de 618 %. La Chine, avec 85 % de la production mondiale, reste de très loin, le principal producteur mondial et représente, en 2010, déjà plus de 85% (**Royse, 2014**).

Les champignons étant, en général, des décomposeurs des produits lignocellulosiques aussi, beaucoup de travaux de recherche indiquent qu'ils peuvent coloniser, efficacement, de nombreux substrats contenant de la lignine, de la cellulose et de l'hémicelluloses, seuls ou en combinaison (**Mansour-Benamar et al., 2010 ; 2013, Darwish, 2012 ; Yang et al., 2013 ; Mansour-Benamar, 2016**).

Sanchez (2004) suggère, en partant du fait que la qualité du substrat et les conditions de culture sont considérées comme les principaux facteurs de la réussite de la culture de *Pleurotes* et que de nombreuses espèces de *Pleurotus* sont cultivées, que soit développé les conseils de l'utilisation des déchets agricoles ligno-cellulosiques et des substrats de déchets agricoles disponibles localement (**Cohen et al., 2002**).

L'objectif de notre projet a consisté en la détermination de la combinaison de substrats naturels disponibles dans le pays qui permettent d'obtenir le meilleur rendement en carpophores destinés à une alimentation humaine jouissant d'une très bonne qualité de présentation et une haute performance au plan organoleptique.

Quant à la présentation de l'étude menée sur le terrain elle se décline en trois grands chapitres à savoir : (a) Introduction (b) Synthèse bibliographique (c) Partie expérimentale et (d) Résultats et discussions.

Notons enfin, que c'est à partir de l'approche de l'analyse des résultats découlant des différentes observations et recueils d'informations relevées sur le terrain, croisées avec ceux en rapport avec les récoltes comptabilisées et mesurées des carpophores obtenus, que nous avons tenté de suggérer des recommandations les plus appropriées quant à la culture de *Pleurotus spp.* sur des mélanges de paille et d'alfa à différents pourcentages, supplémentés par des additifs tels que le son de blé, la craie, finalisés par une conclusion, sous forme d'une formule de mélange de composés de substrats, disponibles au niveau national, pour une plus grande rentabilité de la culture des champignons et, partant, d'un mode d'incitation pour le développement des cultures de champignons.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralité sur les *Pleurotes*

I.1.1. Définition :

Le *Pleurotus* est un genre de champignon (**Obodai et al, 2003**), basidiomycète (**Iarraya et al, 1999**). Communément appelé *Pleurotes* (en anglais appelé Oyster mushrooms) car de la forme de leurs fructifications, (**Torres-Martínez, 2022**). Ils poussent largement dans les zones tropicales et subtropicales (**Kues et Liu, 2000, Chang et Miles, 2004**). Les espèces de ce genre sont distribuées dans le monde entier, et peuvent être trouvées dans des niches écologiques, de préférence des arbres pourris, troncs et branches (**Torres-Martínez, 2022**).

Selon **Kabatakaka (2020)**, les espèces de *Pleurotes* sont des êtres vivants eucaryotes, thallophytes, non chlorophylliens, à corps généralement filamenteux appelé mycélium. Ce sont des saprophytes (**Obodai et al, 2003**), cela signifie qu'ils se nourrissent et se développent sur des substrats riches en cellulose et en lignine (**Deepalakshmi, 2014**). Pour cette raison, ils sont connus sous le nom de champignons de la pourriture blanche (**Torres-Martínez, 2022**).

Les *Pleurotes* sont cultivés dans le monde entier, notamment en Asie du Sud – Est, en Inde, en Europe et en Afrique (**Mandeel et al, 2005**), ils sont les troisièmes plus grands champignons produits commercialement dans le monde (**Obodai et al, 2003**). Ceci pour certain nombre de raisons, notamment qu'ils sont comestibles, à haute valeur nutritive (**Deepalakshmi, 2014**).

Selon **Raman, (2021)**. Le genre *Pleurotus* comprend environ 50 espèces différentes. Vingt-six espèces, y compris *Pleurotus eryngii* (PE), *Pleurotus citrinopileatus* (PC), *Pleurotus flabellatus* (PFL), *Pleurotus ostreatus* (PO), *Pleurotus d'Amora. Roseus* (PDR) et *Pleurotus florida* (PF), ont été signalés comme étant cultivés à l'aide de différents types de déchets lignocellulosiques (figure 01).

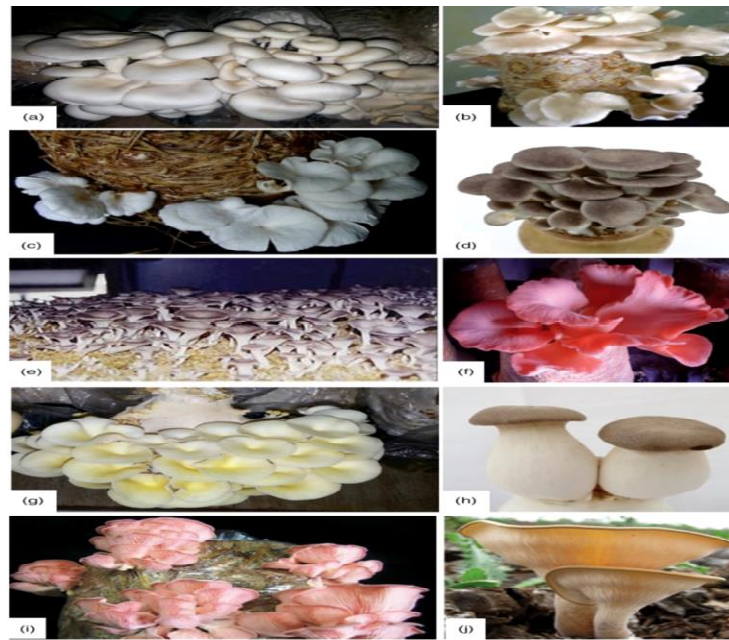


Figure 1: Différentes espèces de *Pleurotus spp* cultivées. (A) *P. ostreatus*; (b) *P. flabellatus*; (c) *P. florida*; (d) *P. pulmonarius*; (e) *P. sajor-caju*; (f) *P. eous*; (g) *P. citrinopileatus*; (h) *P. eryngii*; (i) *P. djamor var. roseus*; (j) *P. tuber-regium* (Raman et al, 2020).

I.1.2. Historique

Les champignons sont parmi les plus vieux organismes sur Terre. Leur mycélium demeure dans le sol pendant des décennies, voire des millénaires (Brassard, 2009).

Le *Pleurotus* spp est utilisé depuis plusieurs siècle par la médecine traditionnelle chinois et fait partie de la pharmacopée des pays asiatiques (Fons et Rapior, 2005).

Le *Pleurotus* a été cultivée pour la première fois au cours de la première guerre mondiale en Allemagne comme mesure de subsistance pour la nourriture et le stockage (Mazoyer et al., 2002), et la première documentation de la culture a été faite par Kaufer, F en 1936 (Deepalakshmi et al., 2014).

I.1.3. Structure et morphologie

I.1.3.1. Le mycélium

Les *Pleurotes* sont des organismes a corps généralement filamenteux appelé mycélium (Olivier et al., 1991). Ce dernier est septé et composé de brins filamenteux de fins hyphes ramifiés et blanches (Maublanc, 1976). Le mycélium est

la partie racinaire des champignons (**Belletini et al., 2019**), il pénètre dans le milieu afin d'y puiser les éléments nécessaires à son développement (**Le Calvey, 2009**).

La structure et la force des hyphes sont données par la chitine dans les parois cellulaires (**chan et al., 2021**).

Le mycélium de *Pleurotes* se condense en stroma (amas de mycélium) (Figure 02) (**Olivier et al., 1991**). Après une période de croissance et dans des conditions favorables, le mycélium établi (mûri) produit une structure fructueuse appelée "champignon" (**Torres-Martínez et al., 2022**) ou sporophores ou carpophores (**Olivier et al., 1991**).

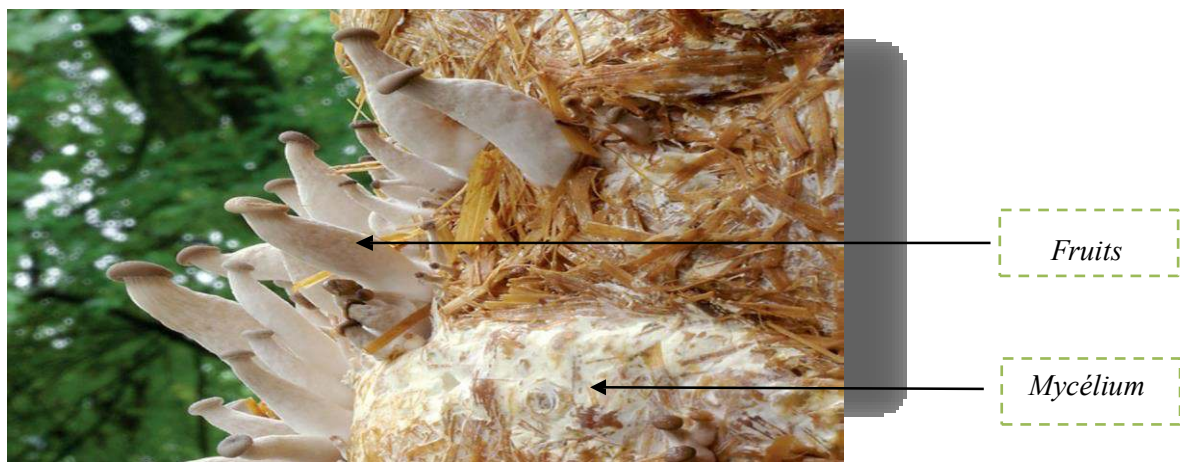


Figure 2 : Mycélium et pleurotes de culture (Després, 2012).

I.1. 3. 2. Le carpophore

Selon **De Kesel et al. (2017)** les caractéristiques de carpophore des *Pleurotes* sont (figure 03) :

- **Chapeau :** convexe, ombiliqué à infundibuliforme, flabelliforme, dimidié, lisse, glabre, radialement fibrilleux ou subtilement squameux, sec, gluant ou glutineux, blanc, beige à gris bleuâtre, rose ou jaune.
- **Hyménophore :** à lamelles profondément décurrentes sur le pied, parfois anastomosées, inter veinées, blanches à crème, roses ou jaunâtres, arête généralement entière.
- **Pied :** présent ou fortement réduit (absent), court, latéral ou excentrique, rarement central, plein, avec ou sans voile partiel ; anneau généralement absent sinon fixe, membraneux et fugace.
- **Contexte :** blanchâtre, immuable, mou à fibreux, coriace dans le pied.

- **Sclérote** : présent ou absent.
- **Sporée** : blanchâtre à crème, jaunâtre ou rosâtre, à teinte violette.
- **Spores** : ellipsoïdes, généralement cylindriques, lisses, sans pore germinatif, inamyloïdes. Basides : clavées, généralement 4 spores.
- **Cheilocystides et pleurocystides** présentes : à paroi mince.
- **Système d'hyphes** : monolithique, avec ou sans boucles.
- **Revêtement piléique** : de type cutis (rectocutis, epicutis). Trame des lamelles irrégulière.

Selon **Didiere et Christian (2001)** les *Pleurotes* présentent en commun une morphologie de carpophore pleurotoïde (figure 03).

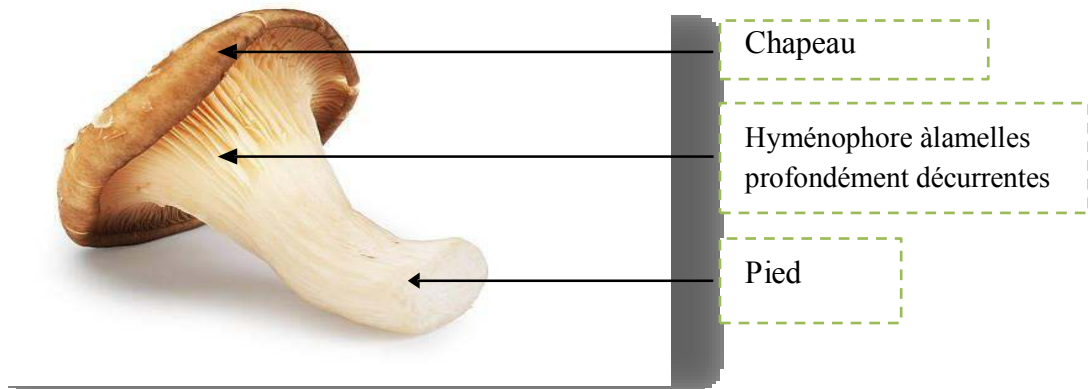


Figure 3 : les différentes parties d'un carpophore de *Pleurote*.

I.1.4. Mode de vie

Les *Pleurotes* peuvent être trouvés dans la forêt sur du bois en décomposition, ils peuvent être vus sur des souches pourries, sur des arbres tombés (figure 04), ils décomposent la matière organique morte pour se nourrir, ce sont surtout des saprophytes (**Alvarado, 2018**). Ils sont les pourritures blanches les plus étudiées pour leurs propriétés ligninocellulotique exceptionnelles (**philiposiss et al., 2001**). Ce genre clive de la cellulose de l'hémicellulose et de la lignine des bois (**Ahmed et al., 2013**), et cela est due à leur capacité à sécréter des enzymes telle que la ligninase, la laccase, peroxydase, xylanase et la tannase (**Rossi et al., 2001, Donini et al., 2009, Luz et al., 2012**).



Figure 4 : *Pleurotus ostreatus* sur des arbres tombés et des arbres pourris (Féréol, 2021)

Parfois le *Pleurote* spp peut vivre comme un parasite sur des arbres affaiblis (Thorn et Barron, 1984), et pour pallier au manque d'azote du bois il attaque des minuscules vers qui pullulent dans le sol, ce sont des nématophages (De Kesel et al, 2017).

En laboratoire ils ont montré que le *P. ostreatus* (Jacquin : Fries) Kummer 1871 possédait la toxine a l'action la plus puissante qui tue les nématodes (Thorn et Barron, 1984).

I.1.5. Les facteurs influençant la croissance des *Pleurotes*

La survie et la multiplication des *pleurotes* sont lies à un certain nombre de facteurs qui influent sur la croissance mycélienne et la fructification (Bellettini et al, 2019).

Les facteurs sont d'ordre, nutritif, physique, et chimique :

I.1.5.1. Les facteurs nutritifs

- Le carbone

Le *Pleurotus spp* a besoin d'une source de carbone (Eira, 2003) et les meilleures sources sont l'amidon, le glucose, le fructose, cellulose, lignine et le saccharose (Bellettini et al., 2019)

- La source d'azote

L'azote, est un élément essentiel à certaines fonctions cellulaires, comme la synthèse des parois cellulaires, d'enzymes, de protéines, d'acides nucléiques, de bases puriques et pyrimidiques ainsi que de polysaccharides (Belletini et al., 2019). Il est très important pour la productivité et l'efficacité biologique du mycélium et la fructification et la quantité peut varier selon l'espèce ou la souche en développement (belletini et al., 2019).

Les céréales sont des sources d'azote organique N₂ nécessaire à la croissance de la masse mycélienne (**Donini et al., 2009**).

Neelame et al. (2013) ont également rapporté que le chlorure d'ammonium a soutenu la croissance du mycélium chez le *P. ostreatus*. **Hoa et Mang (2015)** ont suggéré que la croissance de mycélium augmente avec la concentration de mycélium entre 0,01 à 0,05 mg et 0,03 à 0,09 mg.

- **La source d'eau**

La teneur élevée en eau entraînera une respiration difficile pour le mycélium, rendant le développement de la fructification impossible (**Urban, 2004**). Une faible teneur en eau entraînera la mort des fruits (**Patel et al., 2009**).

Selon **Chang et Miles (2004)**, l'humidité englobe une plage entre 50 et 75 permettent la croissance satisfaisante de *Pleurotus spp.*

- **Les minéraux**

Les ions soufre, phosphore, potassium, et magnésium stimulent le développement de *Pleurotus spp.* Calcium, zinc, manganèse, fer, cuivre et molybdène sont à l'état de traces (**Chang et mile, 2004**)

I.1.5.2. Les facteurs Physiques

- **La température**

L'un des principaux facteurs qui affectent la hauteur de la tige, le diamètre et la taille du chapeau du champignon (**AMGA, 2004**).

Le mycélium de *Pleurotes* peut pousser à des températures modérées, allant de 20 à 35°C (**Chang et Mile, 2004**) et pour le *P. ostreatus* elle est maintenue entre 22 et 25° C (**Kim et al., 2013**).

Le développement de la fructification est souvent induit après une modification radicale de la température (choc froid) entre 5 à 10° C (**Oei, 2003 et Ruiz et al., 2010**).

- **L'humidité**

Selon **Li et al (2015)**, l'humidité appropriée dans l'environnement des *pleurotes*, pendant la phase mycélienne, varie de 60% et peut aller jusqu'à 97% (**Pandy et al., 2008**) et en phases de fructification une haute humidité est aussi favorable et doit être maintenue de 80% à 90% (**Olivier et al., 1991**)

- **La lumière**

Pendant la phase mycélienne de *Pleurotus spp.* la lumière n'est pas nécessaire, c'est l'obscurité totale qui doit régner dans le milieu mais, elle est indispensable pour induire la formation de l'ébauche et la fructification (**Bellettini et al., 2019**).

- **L'aération**

L'aération a différentes fonctions, étant la fourniture d'O₂ pour la croissance et le métabolisme aérobie ; régulation de l'humidité ; ajustement de la température ; élimination de la vapeur d'eau, CO₂ et certains métabolites volatils (**Bellettini et al., 2019**).

Une forte concentration en CO₂ est favorable à la croissance mycélienne mais pas à la fructification (**Oei et Nieuwenhuijzen, 2005**). Au cours de la fructification, le taux de CO₂ dans le substrat de culture doit être inférieur à 0.1%. (**Bellettini et al., 2019**).

I.1.5.3. Les facteurs chimiques

- **PH**

Chaque champignon a sa plage de pH optimale pour le développement (**Urban, 2004**). Pour la croissance du mycélium le pH des *Pleurotes* se situe dans une plage de 5.5 à 6.5 (**Bellettini et al., 2019**). Mais ces pH favorisent également le développement des moisissures concurrentes d'où **Philipoussis 2009** conseille un pH basique proche de 9.

I.1.6. Classification

Le *Pleurote* appartient à la classe des *Agaricomycètes*, de l'ordre des *Agaricales*, de la famille des *Pleurotaceae* ou *Tricholomataceae*, du genre *Pleurotus*.

Pleurotus en latin désigne « à côté de l'oreille » (**Cohen et al., 2002**). Les *Pleurotes* comprennent de nombreuses espèces telles que *P. flobellotus* *P. sojar - caju*, *P. eryngii*, *P. osfreaefies*, *P. floride* et *P. sapidus* etc (**Dike et al., 2011**).

Il existe plus de 70 espèces de *Pleurotus* pour lesquelles de nouvelles espèces sont encore à découvrir (**Kong, 2004**). Toutes les variétés ou espèces de *Pleurotes* sont comestibles sauf *P. olearius* et *P. nidiformis* (**Agridaksh, 2011**).

La classification du genre *Pleurotus* a été effectuée par le mycologue allemand **Paul Kummer**. Elle est illustrée dans le tableau 01(**Plantdrew, 2021**).

Tableau 1 : La classification du genre *Pleurotus*

Règne	Fungi
Division	Basidiomycota
Classe	Agaricomycetes
Sous-classe	Agaricomycetidae
Ordre	Agaricales
Famille	Pleurotaceae
Genre	<i>Pleurotus</i> (Fr.) P. Kumm.
Espèces	<i>Pleurotus ostreatus</i> <i>Pleurotus eryngii</i> <i>Pleurotus cornucopiae</i> <i>Pleurotus dryinus</i> <i>Pleurotus pulmonarius</i>

I.1.7. Développement et cycle de vie

I.1.7.1. Développement

Les *Pleurotes* nécessitent des substrats ligno-cellulosiques (Arturo Pardo-Gimnez et al., 2017) et des conditions environnementales (Amrane et Belkacemi, 2017) favorables pour leur développement. Ils tiennent fréquemment la forme d'éventail ou de pétales, où la partie inférieure est constituée de lames blanches parfois colorées qui se prolongent sur un pied latéral et rudimentaire (Després, 2012).

I.1.7.2. Cycle de vie

Le cycle biologique d'un basidiomycète *Pleurotes spp* est composé de deux mode de reproduction cohabitent l'un de l'autre (Després, 2012).

I.1.7.2.1. Reproduction végétative ou asexuée

Au cours de cette phase s'effectue la germination de spores qui se développent à des réseaux de mycéliums primaires de types (-) et (+). Ces derniers sont cloisonnés et haploïdes.

I.1.7.2.2. Reproduction sexuée ou fructifère

Les deux types de mycéliums primaires vont fusionner par plasmogamie pour donner un mycélium secondaire dicaryotique. Des conditions environnementales (température, humidité) déclenchent le développement du mycélium à des petites pelotes d'hyphes appelées primordiums, ce sont les embryons du futur sporophores ou carpophores (Figure 05).

Les agglomérations d'hyphes mycéliens forment le sporophore, dont le constituant principal appelé basides (cellules dicaryotiques terminales), tapissent la surface des lames. L'ensemble des basides forme le basidiome.

Au niveau des basides s'effectue la caryogamie (fusion des noyaux) aboutit à des cellules diploïdes ($2n$ chromosomes), suite à une méiose, il se forme des basides à des noyaux haploïdes qui donnent naissance à des basidiospores. (Guéguenet *al.*, 2015) (Figure 05).

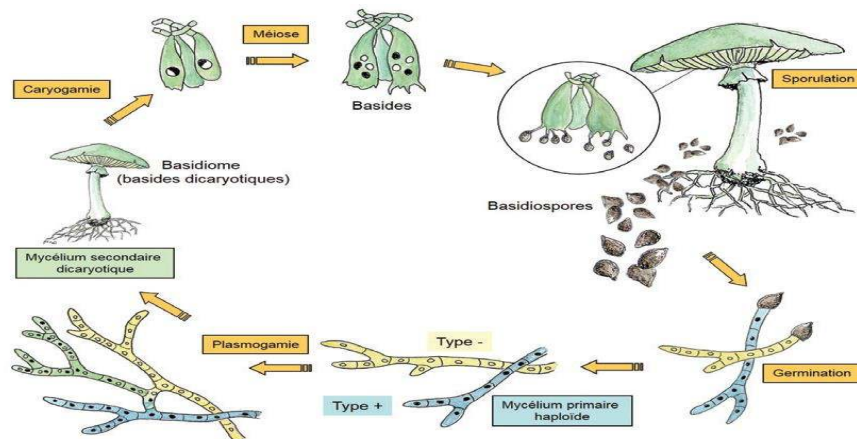


Figure 5 : Cycle de vie des Basidiomycètes (pleurotus) (Guéguen et *al.*, 2015)

I.8. L'intérêt nutritionnel, médical et environnemental des Pleurotes

I.8.1. L'intérêt nutritionnel

Nutritionnellement, les champignons du genre *Pleurotus* sont considérés comme un aliment sain, riche en protéines (plus élevée que celle des légumes, moins que celle de la viande et du lait), en fibres (3 à 33%), en minéraux (K, Mg, P, Zn, Fe, Cu et Ca) et en vitamines (notamment B1, B2, B3, B9, C et des traces de la vitamine D), mais possède de faible teneur en matières grasses et en calories. Les *Pleurotus* ont une saveur unique et des propriétés aromatiques (Herndndez et *al.*, 2003 ; Manzi et *al.*, 2004 ; Kalmis et *al.*, 2008).

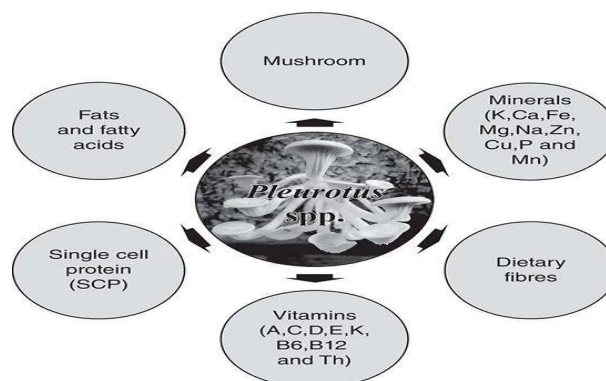


Figure 6 : la valeur nutritionnelle du *Pleurotus spp* (Gupta et *al.*, 2016) :

I.8.2. L'intérêt écologique et économique

La possibilité de valoriser les matières premières de faible coût, à savoir des déchets agricoles, est le premier intérêt des *Pleurotes*, de plus les résidus de cette culture peuvent être, à leur tour, réutilisés comme engrais (Flandroy, 1993 ; Kara et Khendriche, 2013) ou être incorporés dans l'alimentation animale (Akkache, 2010).

Diverses espèces de *Pleurotus* sont capables de décomposer et de minéraliser quelques composés nocifs, par les mécanismes de bioremédiation et biodégradation pour éliminer les polluants des sites écologiques contaminés, en utilisant des micro-organismes qui transforment les produits chimiques en métabolites non nocifs, y compris les déchets agricoles (Gupta et al., 2006) (Figure 07).

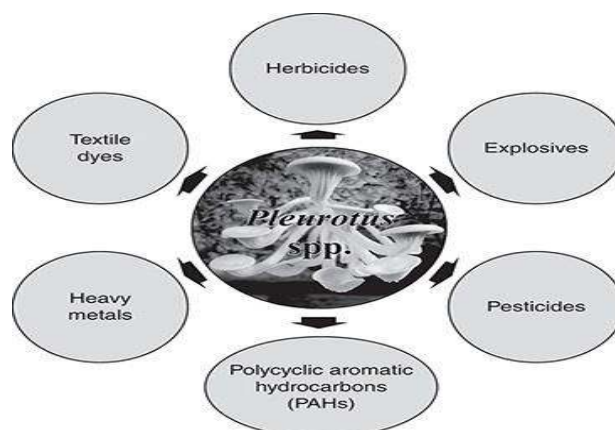


Figure 7 : les Polluants environnementaux recyclés par *Pleurotus spp.* (Gupta et al., 2016)

I.8.3. L'intérêt médical des *Pleurotes*

Givelet, 2011 a rapporté que *P. ostreatus* a une activité de protection contre plusieurs pathologies. Il possède de nombreuses propriétés pharmacologiques telles qu'antioxydantes puissantes (Jayakumar et al., 2007), anticancéreuses (Givelet, 2011 ; Blandeau, 2012) et anti-cholestérol (Radha et Lakshmanan, 2013).

I.9. Culture et production des *Pleurotes*

L'agriculture du champignon est devenue une activité artisanale essentielle dans le programme de développement rural intégré (Raman, 2020).

Parmi les raisons de la propagation de la culture de *Pleurotes* figure sa richesse en nutriments, des propriétés médicinales, cycle de vie court, facile à cultiver avec un développement dans des conditions rustiques (Yildiz, 2002), ainsi que l'utilisation de substrats constitués de déchets lignocellulosiques non fermentés et à la sélection de souches de plus en plus performantes (Fourré, 1990).

Les résidus agricoles sont parmi les plusieurs substrats largement utilisés, qui présentent l'avantage d'être à la fois abondants et théoriquement renouvelables **(Raimbault, 1981)**.

La pailles de céréales essentiellement la paille de blé, est couramment utilisée comme substrat de base, déchets de coton, bagasse de canne à sucre, pulpe de café, coque de café, résidus de thé, rafles de maïs, sciure de bois, paille de riz. **(Mansour-Benamar et al., 2016)**.

Les *Pleurotes* sont cultivés à grande échelle dans le monde, représentant 27 % de la production mondiale. En Asie du Sud-Est la culture de ces champignons est une source majeure de revenus pour les agriculteurs et industriels. La chine est le plus grand producteur de *Pleurotes* avec un taux de production estimé à 85% **(Raman, 2020)**.

En parallèle l'Afrique a développé avec succès des méthodes de culture pour une production durable, en tant qu'aliment de valeur, source pour vaincre la faim et le champignon le plus important qu'ils cultivent et consomment est le *Pleurotus tuberregium*. **(Raman, 2020)**.

Récemment, la production de *Pleurotes* a commencé à se développer dans les pays du Moyen-Orient et du monde arabe, **(Royse, 2003)**. Alors qu'il n'est pas connu sur le plan commercial dans la plupart des pays Arabes sauf pour l'Egypte, la Jordanie et quelques petits projets en Syrie **(Tarquaji, 2018)**. En Algérie cette culture est encore méconnue **(Mansour-Benamar et al., 2016)** à part quelques travaux qui ont été appliqués ces dernières années notamment **Yahiaou (2020)** ; **Amrane et Belkacemi, (2017)** et autres.

***CHAPITRE II : MATERIEL ET
METHODES***

Chapitre II : Matériel et Méthodes

L'expérimentation a été menée au niveau d'une salle du Département des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV) de l'Université Mohamed Boudiaf de Msila et la production proprement dite a été réalisée dans un box dans la même salle.

Objectifs de l'étude :

Les principaux objectifs de la présente étude sont :

- Comportement du Pleurote aux conditions de cultures (Température, Humidité et lumière).
- Production et productivité du *Pleurote* en fonction des différents composés de substrats utilisés.
- Appréciations qualitatives et culinaires du *Pleurote*.
- Valorisation des déchets végétaux.

II.1. Matériel végétal

II.1.1. Matériel fongique

Le matériel fongique utilisé dans notre expérimentation est un inoculum appelé blanc ou matière inoculatrice (spawning). Une espèce de *Pleurote* (*Pleurotus ssp*) sous forme de blanc de semence en sac (figure 08). La semence (le blanc de grain) a été obtenue d'un producteur commercial de la région de Sétif (figure 07). Le blanc de grain est ainsi inoculé dans le substrat à un taux compris entre 3 et 15 % (masse humide de frais/la masse sèche du substrat). (Source : www.acpfnl.ca).



Figure 8 : Le blanc de semence.

II.1.2. Origine des substrats

Il est important de faire des mélanges de substrats afin d'assurer l'espace nécessaire au développement du mycélium.

La paille de blé que nous avons utilisé pour former les différents mélanges de substrats est obtenue d'une ferme de la commune de Suagui (Smarra) situé à 3km Est de la wilaya de M'sila et l'alfa a été acquise de la commune de Daffaf situé à 56 km Sud–West de la dite wilaya.

II.1.3. Caractéristiques des substrats utilisés et additifs

La texture du substrat doit être in négligeable. Un substrat dont la granulométrie est trop fine (tel que le marc de café) favorise une fermentation anaérobie ce qui est défavorable à la croissance des champignons. C'est ainsi important que l'on ait décidé de faire des mélanges de substrats afin d'assurer l'espace nécessaire au développement du mycélium.

II.1.3.1. Substrat paille de blé dur

Le terme « paille » est généralement utilisé pour désigner les tiges et les feuilles sèches, coproduits de la récolte des grains de blé, (Zeitoun, 2011). C'est un matériau local, salubre, renouvelable, recyclable produisant un excellent bilan énergétique. C'est une matière provenant des déchets agricoles, moins chère et plus économe en énergie grise. C'est une substance ligneuse et très adaptée à la culture des champignons. Ceci s'explique par le fait que le pleurote est un champignon agressif et résilient ; et que la paille ne demande qu'un traitement de pasteurisation avant d'être inoculé. Ces caractéristiques réduisent ainsi les coûts d'opération ainsi que les risques d'échec. La composition chimique de la paille est présentée dans le tableau 02.

Tableau 2 : La composition chimique de paille de blé (en % de Matière Sèche) (Maréchal, 2001).

Composant	(En %)
Hémicellulose	31.7
Lignine	10
Cellulose	40.8
Protéine	2.4
Cendres	5.9
Xylose-arabinose	7

II.1.3.2. Substrat d'alfa

Alfa, également connu sous le nom de *Stipa tenacissima*, est une herbe commune du Nord de l'Afrique. En Algérie, l'Alfa peut être rencontré partout, depuis les pentes du Sud de l'Atlas tellien jusqu'à la bordure Nord du Sahara, il se

trouve soit sous forme de vastes peuplements (mers d'Alfa), soit en touffes dispersées. Il couvre environ une superficie de 3 à 4 millions d'hectares (**Marrakchi et al.2011**). Il est très riche en fibres (45% cellulose). Sa composition chimique est présentée dans le tableau 03. C'est un matériel local utilisé, à l'essai, s'il sera adapté à la production des champignons.

Tableau 3 : La composition chimique (en%) de l'alfa (**Dallel, 2012**).

Composant	(En %)
Cellulose	45
Hémicellulose	24
Lignine	24
Pectine	5
Cire	2

II.1.3.3. Additifs

Les additifs sont des produits ajoutés pour booster le substrat et de ce fait, le rendement. Les additifs sont généralement : le son de blé 14,5% matière azotée (**Boudouma, 2009**) et de riz, les levures et les huiles végétales. Egalement, on peut ajouter, la craie ou la chaux qui joue le rôle de régulateur du pH, obtenant ainsi un milieu défavorable au développement de certaines bactéries et champignons nuisibles pour la culture.

II.2. Préparation et désinfection des outils utilisés et du lieu de culture

La production de champignons à petite échelle ne demande pas de gros investissements, il suffit d'une simple salle avec des équipements rudimentaires, nécessaires sont suffisants.

Tout d'abord, nous avons désinfecté le lieu de travail (la paillasse) avec de l'eau de javel ainsi que tous les outils utilisés avec de l'eau chaude et un détergent ensuite on a laissé sécher à l'air libre ambiant (figure 09).



Figure 9 : Préparation et désinfection du lieu de culture et les outils utilisés.

On outre, l'armoire de la culture de mycélium a été aussi désinfectée (figure 10).



Figure 10 : L'armoire utilisée pour la culture.

II.3. Les étapes de la culture

II.3.1. Préparation des mélanges des substrats

Avant de procéder aux différents mélanges, les substrats (la paille et l'alfa) ont été hachés en petits morceaux de 3 à 7 cm.

Les mélanges ont été préparés à différents pourcentages comme illustrer dans le tableau 04.

Tableau 4 : Mélanges des substrats à différents pourcentages

	Paille	CaCO ₃	Son de blé	Alfa
Mélange1 (M1)	100%	2%	5%	0%
Mélange2 (M2)	0%	2%	5%	100%
Mélange3 (M3)	75%	2%	5%	25%
Mélange4 (M4)	50%	2%	5%	50%
Mélange5 (M5)	25%	2%	5%	75%

Les ingrédients (Additifs) ont été supplémentés à sec, dans chaque mélange de substrats, dans des récipients pour les répartir le plus régulièrement possible. Trois répétitions par mélange, sont réalisées et chaque sac contient 300 grammes du substrat sec selon le tableau 05.

Tableau 5 : Composition détaillée de chaque mélange de substrat

Substrat (%)	Composition (gr)			
	Paille	Alfa	Son de blé	craie
Paille (100 %) (M1).	279	0	15	6
Alfa (100 %) (M2).	0	279	15	6
Paille (75 %) + Alfa (25%) (M3).	209.25	69.75	15	6
Alfa (50%) +paille (50%) (M4).	139.5	139.5	15	6
Alfa (75 %) + paille (25%) (M5).	69.75	209.25	15	6

II.3.2. Humidification et traitement thermique des substrats

Le substrat sur lequel l'inoculation et la fructification des champignons auront lieu doit être pasteurisé, afin de détruire la compétition fongique et bactérienne.

A ce stade, la méthode de pasteurisation par immersion a été utilisée, elle est simple, économique et efficace de rendre le substrat prêt pour l'inoculation. Pour ce type de pasteurisation, il suffit d'immerger le substrat dans des récipients contenant de l'eau très chaude (70-80°C), pour une durée de deux heures afin de ne pas laisser la possibilité de contamination (figure 11).



Figure 11 : Pasteurisation et humidification du substrat avec de l'eau chaude (2h).

Ensuite, il faut égoutter les substrats dans des égouttoirs en plastique jusqu'à l'obtention d'une humidité variée entre 65-75% et les refroidir à une température de 38 °C avant de les inoculer (figure12).



Figure 12 : Egouttage et refroidissement des substrats.

Ensuite, l'humidité de substrat a été vérifiée en appliquant une légère pression sur une petite quantité de ce dernier pour avoir que quelques gouttes d'eau. Un Thermo-hygromètre est utilisé pour contrôler et garder l'humidité de 70 à 80%. Ainsi, les substrats sont prêts à la colonisation par le mycélium du pleurote à ensemençer.

II.3.3. Ensemençement

Les contenants de culture peuvent être construits de plusieurs matériaux et chacun d'eux ont des avantages comme des inconvénients. Les sacs en polyéthylène, placés sur des étagères, est l'une des techniques les plus répandues pour la production de champignons.

L'utilisation des sacs transparents permet d'observer facilement les stades de colonisation ainsi que la présence de pathogènes. La transparence permet aussi de bien suivre l'évolution du mycélium.

L'ensemencement comporte à mettre, dans les sacs, entre deux ou trois couches des différents substrats d'inoculât (figure14). Une fois les sacs remplis, chaque sac pèse le tiers de la quantité du substrat humide (figure13) et le taux de la semence (le blanc de grain) représente environ 5% du poids du substrat selon le tableau 06. Une fois le remplissage et le lardage effectué, les sacs ont été bien fermés et perforés à l'aide d'une aiguille stérile à plusieurs endroits pour assurer un certain degré d'aération et des échanges gazeux (figure15).



Figure 13 : Les pesés de la semence et des mélanges des substrats humides.

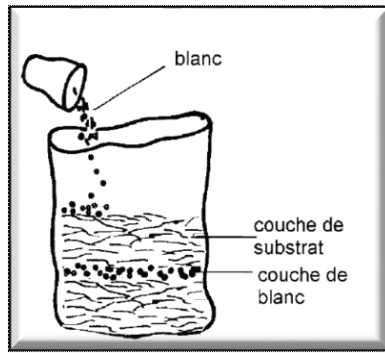


Figure 14 : Le lardage des substrats par couche dans les sacs.

Tableau 6 : Poids de La semence (le blanc de grain) dans chaque mélange de substrat humide.

Mélange du Substrat (%)	Le poids du blanc de la semence
Paille (100 %) (M1)	55
Paille (75 %) + Alfa (25%) (M3)	75
Alfa (50%) + paille (50%) (M4)	42
Alfa (75 %) + paille (25%) (M5)	32
Alfa (100 %) (M2)	26.31



Figure 15 : Perforation des sacs lardés à l'aide d'une aiguille.

Et finalement, les sacs ont été incubés sur les étagères de l'armoire pour la production du mycélium dans l'obscurité absolue pendant trois semaines. Où les conditions du développement ; l'humidité (65-75%) et la température (20-21°C) sont contrôlées d'une manière continue à l'aide d'un Hygro-Thermomètre (figure16).



Figure 16 : les sacs incubés sur les étagères de l'armoire.

II.4. Stimulation de la fructification

Les facteurs clés permettant l'apparition des fructifications sont :

- Température,
- Taux d'humidité,
- Substance nutritive et pH,
- Concentration de CO₂ et O₂
- Lumière,
- Choc physique.

Il est à noter que les conditions qui sont optimales à la fructification sont en grande partie opposées à celles de la croissance végétative. Il faut introduire les conditions clés de la fructification une fois la croissance végétative du mycélium est complète dans le substrat. En d'autres termes, ce sont des conditions moins favorables à la croissance du mycélium qui vont "stresser" ce dernier et le pousser à fructifier.

Nous avons suivi les étapes importantes suivantes :

1. Entrainement d'un choc thermique par abaissement brusque de la température jusqu'à atteindre une T° de 4°C. Ce choc a été effectué à l'aide de sacs de glace.
2. Ouverture des sacs : Lorsque le mycélium a entièrement colonisé les substrats (après 26 jours), des ouvertures artificielles de quelques centimètres ont été conçues sur les sacs afin de créer des sorties pour les fruits du champignons (figure 17)
3. Suspension des sacs : cette opération a pour objectif, de maintenir les sacs en position stable loin de toutes influences de mouvements extérieurs (figure17)
4. L'obscurité sera remplacée par un éclairage naturel de 10 à 12h/24h tout en maintenant une température oscillante entre 20 et 22 °C.
5. Autre paramètre important pour la production, est l'échange gazeux, le mycélium a produit du CO₂ lors de l'incubation et de la colonisation du substrat, qu'il faut impérativement éliminer. Ceci a été obtenu à l'aide de la ventilation et l'aération.
6. Quotidiennement, durant toute la durée de l'expérimentation, on a maintenu l'humidité de l'environnement de la fructification entre 80 et 95% (en pulvérisant les sacs et en imbibant les plateaux en carton alvéolés avec de

l'eau fraîche) et la température (20-22°C) pour assurer un climat favorable à la vie du *Pleurote*.

Bien sûr, la température et l'humidité sont contrôlées par un Thermo-Hygromètre (figure 17).



Figure 17 : A. Ouverture des sacs, B. fixation des sacs, C. Thermo-hygromètre.

II.5. Evaluation de la production et du rendement

Après l'apparition des grappes et une fois les fruits sont mûrs, on fait la cueillette et les résultats des paramètres quantitatifs et qualitatifs seront enregistrés.

II.5.1. Paramètres quantitatifs

Le nombre de grappe par substrat, le poids de la grappe du champignon en grammes, le nombre de fruits par grappe et le nombre de récolte dans chaque substrat (une culture peut donner de 3 à 4 récoltes avec des poids différents).

II.5.2. Paramètres qualitatifs

Quelques paramètres qualitatifs seront aussi enregistrés, telles que, la couleur du fruit, etc.

II.5.3. Durée totale de la production

Les données relatives à la période totale de production pour chaque substrat ont été enregistrées. Elle est déterminée en nombre de jours à partir de la première apparition des grappes du champignon jusqu'à la production de la dernière grappe.

II.5.4. Début de la production

Il est déterminé en nombre de jours entre la date d'inoculation et la date d'apparition de la première grappe pour chaque substrat.

II.5.5. Efficacité biologique

L'efficacité biologique (rendement en champignon par kg de substrat en poids sec) du *Pleurote* a été déterminée par la formule suivante :

$$\text{Efficacité biologique \%} = \frac{\text{Poids des fructifications des pleurotes frais}}{\text{Poids de substrats sec}} \times 100 \%$$

II.5.6. Les rendements

Le rendement est la production de champignon par rapport à un volume/poids de substrat. Le rendement maximal est théoriquement atteint après que tous les flushs de champignon ont été récoltés et que donc tout le substrat a été utilisé.

II.5.7. Analyses statistiques

Les résultats obtenus seront analysés à travers une analyse de comparaison des moyennes au seuil de 5 %, cette analyse nous permet de comparer le comportement de la souche de *Pleurotes* sur les différents substrats testés, au début et à la fin de culture de la semence. Lorsque cette analyse montre une différence significative, elle est complétée par le test de Newman-Keuls (NK) qui permet de constituer des groupes homogènes de traitement par comparaison de moyennes. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel « STAT version 8 »

Si la probabilité (P) est :

- $P \geq 0,05$ les variables montrent une différence non significative.
- $P \leq 0,05$ les variables montrent une différence significative.
- $P \leq 0,01$ les variables montrent une différence hautement significative.
- $P \leq 0,001$ les variables montrent une différence très hautement significative.

CHAPITRE III : RESULTATS
ET DISCUSSION







III.1. Durées d’incubation et de culture





III.1.1. Durée d’incubation du mycélium sur les substrats :

Tous les résultats obtenus ne représentent que les valeurs pour 300g de substrat dans chaque sac.

Au stade de la croissance mycélienne on a employé des substrats ligno-cellulosiques, qui sont l’alfa et la paille de blé, avec des proportions variables dans chaque mélange de substrat dans lequel le blanc de semence est inoculé. Après une période d’incubation et dans des conditions les plus favorables, des petites colonies blanchâtres représentant le mycélium du *Pleurote* a commencé à se former sur les substrats. Ces colonies ont couvert une partie ou la totalité du substrat après quelques jours plus tard. Les différents résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 07

Tableau 7 : les aspects du mycélium sur les différents substrats

Substrat %	Durée d’incubation	Observations	
Alfa 100%	<p>A : 3 jours après inoculation, apparence de petites colonies blanches.</p> <p>B : 20 jours après l’inoculation le mycélium envahi entièrement le substrat.</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>
Paille 100%	<p>A : après 3 jours, on a observé un développement des petites colonies blanches.</p> <p>B : après 30 jours le mycélium couvre entièrement le sac.</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>
25% paille +75% alfa	<p>A : après 3 jours, on a observé un développement des petites colonies blanches.</p> <p>b : après 20 jours le mycélium couvre entièrement le sac.</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>

50% paille + 50% alfa	<p>a : après 3 jours, on a observé un développement des petites colonies blanches.</p> <p>b : après 20 jours le mycélium couvre entièrement le sac.</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>
75% paille + 25% alfa	<p>a : après 3 jours, on a observé un développement des petites colonies blanches.</p> <p>b : après 20 jours le mycélium couvre entièrement le sac.</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>

➤ **Analyse du tableau 07 :**

D'après les résultats obtenus, on constate que la vitesse de développement du mycélium de *Pleurote* est plus rapide, sur le substrat Alfa 100%, que sur les substrats contenant les différents pourcentages de mélanges alfa + paille, que sur le substrat paille de blé 100 %.

L'apparition des petites colonies blanchâtres a débuté dès le troisième jour, après l'incubation, pour tous les types de substrats. Mais, pour l'envahissement total du mycélium, dans les différents sacs, on observe un gain de 10 jours (après 20 jours) pour les substrats 100% alfa et tout le reste des différentes combinaisons que sur le substrat paille 100% (après 30 jours) (tableau 07). La période la plus longue est enregistrée sur substrat paille 100%, pas de différences pour tous les autres milieux de culture.

Selon plusieurs chercheurs et les besoins de l'expérience le temps d'incubation est variable et dure entre 1 à 4 semaines.

La durée d'incubation varie selon la nature du substrat, **Février & Willequet (2011)** notent que, plus le substrat est riche en lignine, plus les durées d'incubation et de culture seront longues. Les travaux de **Girmay et al. (2016)** ont noté 14 jours sur les déchets de papiers, constitués, essentiellement, de cellulose. La cellulose est plus facile à dégrader que la lignine.

Mais nos résultats montrent le contraire (alfa 24% de lignine, paille de blé 10%), 20j d'incubation sur alfa contre 30j sur paille de blé. Ils corroborent les résultats obtenus par **Jesri 2018**, qui a trouvé une durée d'incubation de 15j sur paille contre 26 j sur pelures de pomme de terre qui est un produit ne représentant que 0,5% de fibres cellulosiques.

Comme noté auparavant, la durée d'incubation dépend de la nature du substrat.

Et comme la culture de *Pleurotes* nécessite une bonne aération dans les sacs, la texture de l'alfa la favorise bien par rapport à la paille, ce qui aboutit à une croissance plus rapide du mycélium.

III.1.2. Durée de la culture sur les substrats

Il découle du tableau 07 que les durées de culture, sont aussi variables.

Nombreux sont les facteurs qui interviennent dans cette variabilité ; tout d'abord, la souche de *Pleurote* elle-même ; elle doit être compétitive et adaptée au climat, il y a des espèces de *Pleurotes* de pays froids et de pays chaud ; les conditions de culture comme la température, l'humidité dans le substrat, l'aération de l'environnement de culture et le pH, pendant la fructification, ainsi que les conditions sanitaires de la salle de culture et bien entendu le substrat de culture. En effet, sachant que les champignons sont incapables d'effectuer eux mêmes les synthèses de leurs constituants à partir d'éléments minéraux, le substrat de culture doit leur fournir tous les éléments nutritifs dont ils ont besoin pour croître et se développer (**Olivier, 1991**).

La durée d'incubation a varié de 3 à 30 jours selon les substrats de culture. La durée totale de la culture à, elle aussi, varié.

Les résultats du tableau 08 montrent, également que la durée de fructification est aussi variable de 13/05/2022 jours sur substrat Paille de blé (75 %) Alfa (25%) à 16/05/2022 jours sur substrat Alfa (100%), paille de blé (100%), paille de blé (25%) Alfa (75%) et Alfa (50%) paille de blé (50%).

Le travail de **Girmay et al. (2016)** montre une variation de 13 jours sur les graines de coton, à 25 jours sur la paille de blé et les déchets de papier. Cette durée est plus longue dans les travaux de **Mansour et al., (2014)** avec 28 jours pour la culture de champignon sur le marc de café enrichi de paille de blé ainsi que dans les recherches de **Amrane & Belkacemi (2017)** ont enregistré 32 jours de récolte.

Nos résultats (34 jours) confirment ceux de **Mansour et al., (2014)**.

III.2. Stimulation de la fructification

- Les facteurs clés permettant l'apparition des fructifications de manière optimale sont :
- La température de 16- 22°C
- Le taux d'humidité, 90 – 95%
- La substance nutritive et le pH (tous les éléments nécessaires, pH jusqu'à 9)
- Les concentrations du CO₂ et d'O₂ (- de CO₂ et + O₂)
- La lumière, lampe LED d'intensité de 333 lux ou lumière naturelle pendant 10 à 12h / jour.
- Choc thermique pour booster la fructification.

Il est important de signaler que les conditions qui sont optimales à la fructification sont en grande partie opposées à celles de la croissance végétative. Il faut introduire les conditions clés de la fructification une fois seulement que la croissance végétative du mycélium est complète dans le substrat. Les conditions de la fructification sont défavorables à la croissance du mycélium du *Pleurotus*, elles vont le "stresser" et le pousser à fructifier.

Cette étape commence à partir de l'apparition du premier carpophore jusqu'à la fin de la récolte de toutes les grappes (figure 18). La fructification est résumée dans le tableau 08.

Tableau 8 : Les étapes du développement de pleurotes au cours de la fructification.

Substrat	Développement	Observations
Alfa 100%	<p>a : après 6 jours, on a observé l'apparition de petits chapeaux marron gris.</p> <p>b : après 18 jours, on a constaté progression de la taille du pleurote et les chapeaux se teintent en beige.</p>	 
Paille 100%	<p>a : après 6 jours, on a observé l'apparition de petits chapeaux marron gris.</p> <p>b : après 18 jours, on a constaté progression de la taille du pleurote et les chapeaux se teintent en beige.</p>	 
25% paille +75% alfa	<p>a : après 6 jours, on a observé l'apparition de petits chapeaux marron gris.</p> <p>b : après 18 jours, on a constaté progression de la taille du pleurote et les chapeaux se teintent en beige.</p>	 
50% paille + 50% alfa	<p>a : après 6 jours, on a observé l'apparition de petits chapeaux marron gris.</p> <p>b : après 15 jours, on a constaté progression de la taille du pleurote et les chapeaux se teintent en beige.</p>	 
75% paille + 25% alfa	<p>a : après 3 jours, on a observé l'apparition de petits chapeaux marron gris.</p> <p>b : après 15 jours, on a constaté progression de la taille du pleurote et les chapeaux se teintent en beige.</p>	 

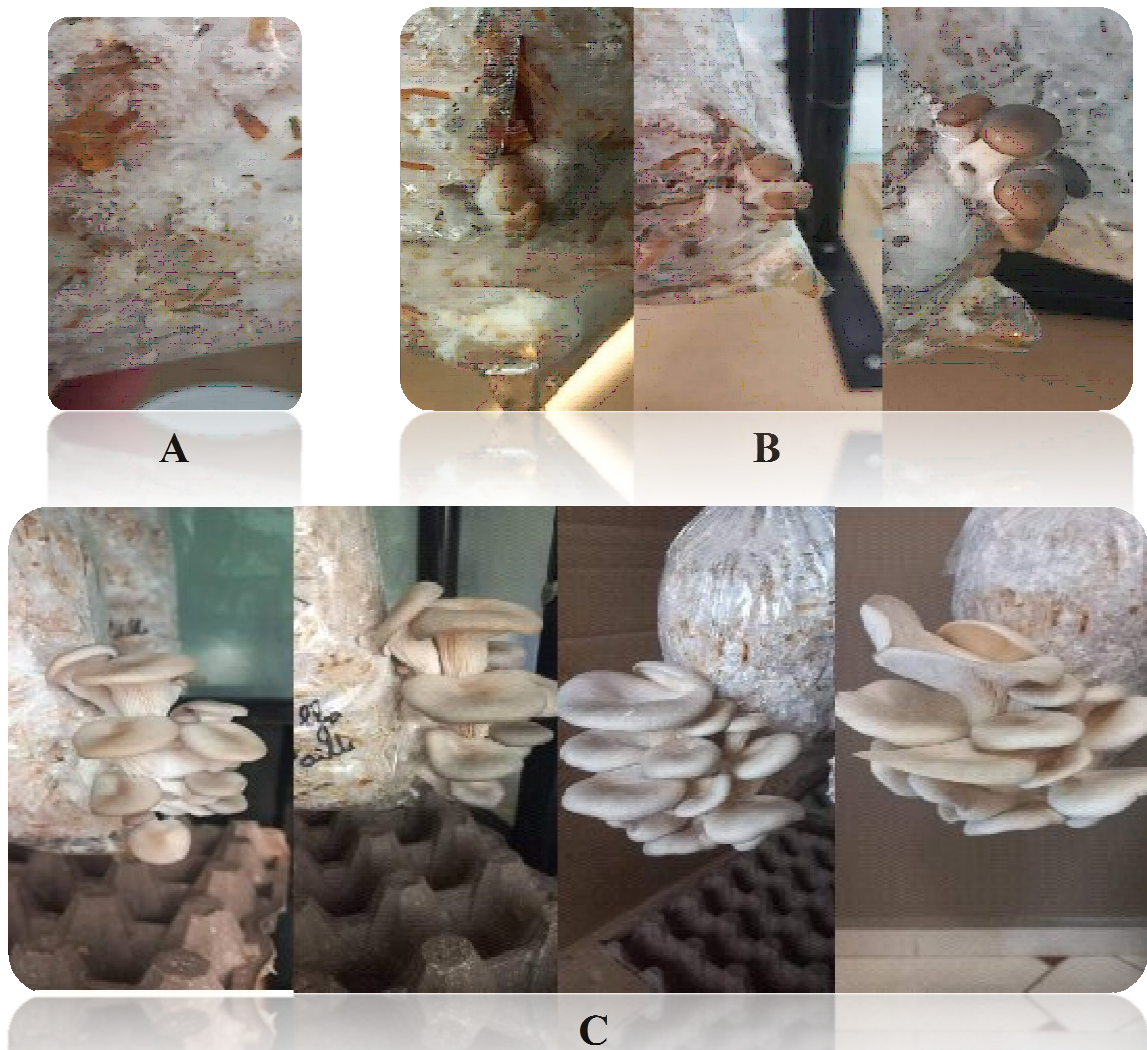


Figure 18 : Le développement du fruit de champignon *Pleurotus spp.*
 A. Primordiums, B. l'Apparition des Carpophores, C. Développement des Carpospores.

Au cours de cette étape s'effectue le développement du mycélium aux primordiums qui donnent ensuite les carpophores. L'évolution du champignon varie d'un mélange à un autre dont la première apparition de petits chapeaux marron gris été après 3 jours du début de la fructification et dans 4 jours on a obtenu une progression de la taille du champignon (pleurote) où les chapeaux se teintent en beige dans le mélange paille de blé (75%) + alfa (25%).

Et dans les mélanges suivants : alfa (100%), paille de blé (100%), paille de blé (25%) alfa (75%) et alfa (50%) paille de blé (50%), l'apparition de petits chapeaux marron gris été après 5 jours du début de la fructification et après 4 jours on a obtenu la progression de la taille du Carpophores. Après la première cueillette et dans 3 jours ils y avaient des apparitions de petits chapeaux de pleurote qui se teintent en beige.

CHAPITRE III ————— Résultats et discussion

Après la première cueillette on a constaté l'apparition des petits chapeaux après 3 jours dans le mélange alfa (50%) paille de blé (50%) et pour les autres mélanges : paille (75%) et alfa (25%), paille (100%), paille (25%) alfa (75%) et en parallèle le développement été successive d'un sac a un autre avec une différence d'un seul jour. Et pour le mélange d'Alfa (100%), on avait une absence totale de la deuxième fructification.

La première fructification été importante dans la quasi-totalité des sacs contrairement à la deuxième qui s'est caractérisée par un développement remarquablement long à cause de l'épuisement des nutriments. Dans les sacs contenant d'Alfa (100%) et (75%) elle a été moyenne à nulle, à cause de la composition minérale de l'alfa qui a beaucoup démunie. La durée de la fructification varie de 10/05/2022 à 19/05/2022 (1^{ère} cueillette) et de 22/05/2022 à 02/06/2022 (2^{ème} cueillette).

III.3. La récolte :

Quand les fruits du *Pleurotus* atteignent la taille adulte, ils sont cueillis délicatement du substrat par un mouvement circulaire. Chaque sac de mélange du substrat peut donner de 2 à 3 récoltes avec des masses distinctes, nombre des grappes dans chaque cueillette et le nombre des fruits dans chaque grappe sont aussi différents (Tableau 09).

Tableau 9 : Masse et nombre de grappes & de fruits par récolte.

substrat	Nbre de sacs	Poids des grappes (gr)		Nbre de grappes (G) et nbre de fruits (F)	
		1 ^{ère} récolte	2 ^{ème} récolte	1 ^{ère} récolte	2 ^{ème} récolte
Paille de blé (100%)	1	116	55	1 G .13 F	1G 7F
	2	118	45	1G .13 F	1G 10F
	3	117	50	1G. 10F	//////////
Alfa (100%)	1	100	/////	2G. 10F	//////////
	2	87	/////	1G. 9F	//////////
	3	57	////////	2G. G10	//////////
Paille de blé (75%) + Alfa (25%)	1	136	45	1G. 16F	2G. 10F
	2	160	41	1G. 19F	1G. 6F
	3	134	55	1G. 9F	2G. 12F
Paille de blé (50%) + Alfa (50%)	1	168	55	1G. 17F	1G. 7F
	2	142	60	1G. 22F	2G. 8F
	3	136	////////	1G. 30F	/////
Paille de blé (25%) + alfa (75%)	1	72	42	1G. 6F	1G. 10F
	2	91	40	1G. 8F	////////
	3	103	////////	1G. 13F	////////

D'après le tableau 09, il ressort clairement que dans la première récolte, le poids des grappes étaient compris entre 160 g et 55 g et le poids de la grappe le plus important provenait du substrat contenant 50% alfa et 50% paille, par contre le moins important était dans le substrat 100% alfa.

Dans la deuxième récoltes, les poids étaient à peu près les même qui varient entre 40 et 60g, alors que alfa 100% n'a pas données une deuxième production.

III.3.1. Nombre de grappes et fruits

Dans la première et la deuxième récolte, le nombre de grappes varie entre 1 à 2 et le nombre de fruits compris entre 6 à 30 fruits.

Une variation du poids et du nombre de grappes, ainsi que celui de fruits des différents substrats utilisés entre la première et la deuxième fructification due à l'épuisement du substrat en nutriments (matière organique et minéraux).

Certains fruits présentent certaines anomalies, comme l'augmentation de la longueur de la tige et la petite taille des chapeaux, cela est dû aux perturbations des conditions de la culture comme l'augmentation de la température, la diminution de l'humidité et de l'aération dues au changement brusque les conditions climatiques (sécheresse et chaleur) de la wilaya.

La qualité des champignons estimée à l'aide des paramètres mesurés à savoir les rendements et les efficacités biologiques.

III.4. Efficacité biologique

En ce qui concerne l'efficacité biologique, qui est une autre forme d'expression des rendements. Le taux de conversion biologique permet de savoir l'efficacité d'un champignon à convertir un substrat et se calcule par le poids de champignons obtenus pour le poids de substrat sec utilisé. Son intérêt réside dans le fait que les déchets agricoles ou agro-industriels ont des capacités de rétention d'eau différentes ; la paille de blé, par exemple, peut retenir jusqu'à 75% de son poids en eau, alors que l'alfa en retient nettement moins

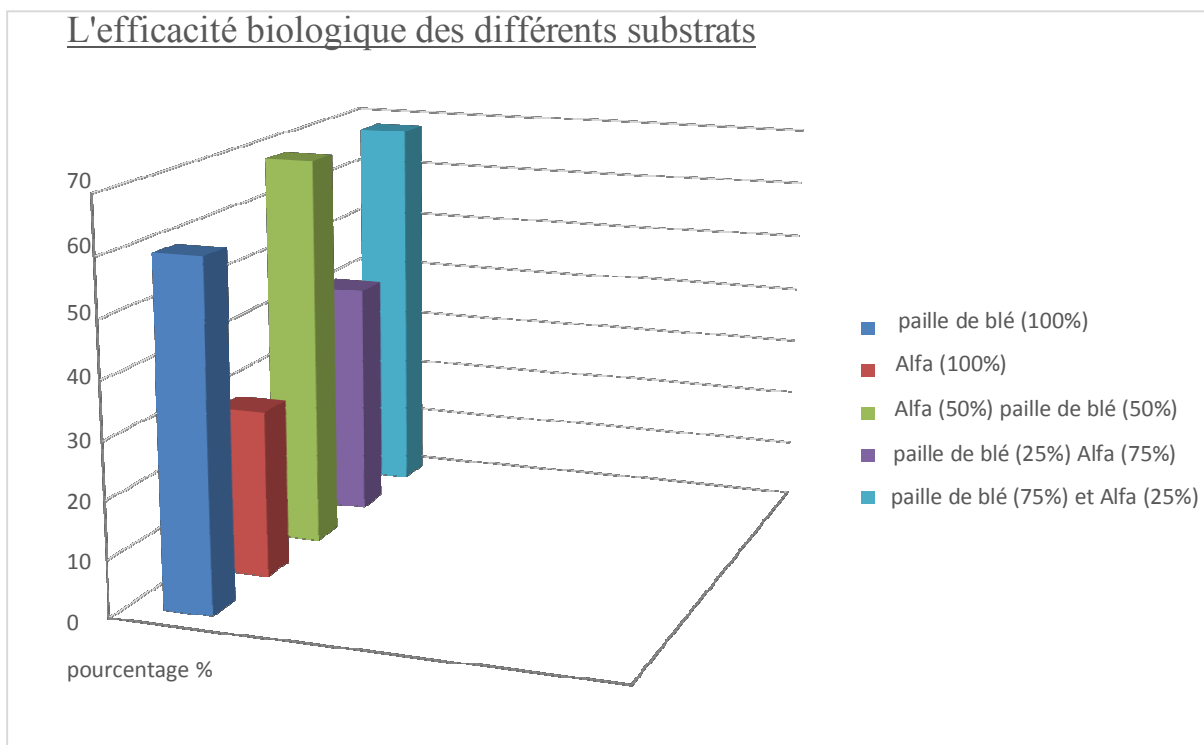


Figure 19 : Résultats du test de Newman –Keuls au seuil 5% des substrats utilisés.

La figure 19 montre que les substrats paille 50% + alfa 50% et paille 75%+Alfa 25% ont donné l'efficacité biologique la plus élevée ($64,58 \pm 9,03$ $68,09 \pm 2,9$ respectivement) contrairement au substrat alfa 100% qui a présenté la valeur la plus faible ($29,18 \pm 4,60$). Ces résultats sont confirmés par l'analyse statistique de la variance qui indique une différence très hautement significative (tableau 10).

Tableau 10 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour l'efficacité biologique des Pleurotes en fonction des substrats testés

Source de variation	ddl	SCE	CM	F	P
Substrat	4	3314,72	828,68	11,8235	0,000831***
Erreur	10	700,88	70,09		
Totale	14	4015,60			
CV (%)	15,92				

Les résultats du test de Newman –Keuls au seuil 5% ont mis en évidence la présence de deux Groupes homogènes A et B.

Tableau 11 : Résultats du test de Newman – Keuls au seuil 5% des substrats utilisés

Substrat	Efficacité	Erreur standard	Groupe statistique
Paille 100%	59,66	0,73	A
Alfa 100%	29,18	4,60	B
Paille 75% + alfa 25%	68,09	2,19	A
Paille 25% + alfa 75%	41,50	2,98	B
Paille 50% + alfa 50	64,58	9,03	A
Ppds (5%)		15,23	

Le test de Newman –Keuls au seuil 5% indique que les substrats paille 100%, paille 75% + alfa 25% et paille 50% + alfa 50%, où la différence n'est pas significative, appartiennent au groupe A, et les deux substrats paille 25% + alfa 75% et alfa 100% dépendent du groupe B.

On peut conclure que la culture de pleurotes dans l'alfa sans ajouter la paille donne une faible productivité, et cela dû à leurs faibles ressources minérales malgré leur richesse en lignocellulose et également elle contient une bonne quantité de flavonoïdes (EL Bouchti, 2021) qui entravent l'action des microorganismes qui favorise la croissance des carpophores. Mais, avec l'ajout de la paille à un pourcentage de 50% ou 75 enrichit le milieu en minéraux et renforce la teneur en cellulose et donne de meilleurs résultats.

Les résultats de notre travail sont similaires à ceux de **Jesri ,2018**.

Pour faire le choix du champignon à cultiver, il est important de considérer les rapports de conversion biologiques (ou efficacité biologique) qui sont différents pour chacune des espèces.

Parmi les paramètres qui peuvent améliorer le taux de conversion biologique on peut citer : le choix de la souche du pleurote, l'ajout de suppléments dans le substrat, la quantité de mycélium utilisée pour l'inoculation et le nombre de récoltes pour un même substrat.

III.5. Les rendements

On rappelle que les résultats ne représentent que les valeurs de 300g de substrat.

Les résultats obtenus indiquent que le substrat paille 75% + alfa 25% a donné le rendement le plus élevé (190,33±5,81), suivit du mélange paille 50% + alfa 50% (187,00 ± 26,21), le substrat alfa 100% a donné le rendement le plus faible (81,33±12,73).

L'analyse de l'ANOVA a montré une différence significative entre les substrats testés. Le coefficient de variabilité est de 17,30 ;

Tableau 12 : Résultats du test de Newman –Keuls au seuil 5% des substrats utilisés.

SV	ddl	SCE	CM	F	p
Substrat	4	26612,4	6653,1	10,3480	0,001402** Très significatif
Erreur	10	6429,3	642,9		
Total	14	33041,7			
CV (%)	17,30				

Le test de Newman –Keuls au seuil 5% a mis en évidence 3 groupes statistiques homogènes A, B et C.

Le groupe A rassemblé les substrats paille 75% + alfa 25% et paille 50% + alfa 50%, le substrat paille 100% et paille 25% + alfa 75% sont intermédiaire entre les deux mélanges précédents, par contre le substrat alfa 100% se trouve dans le groupe C.

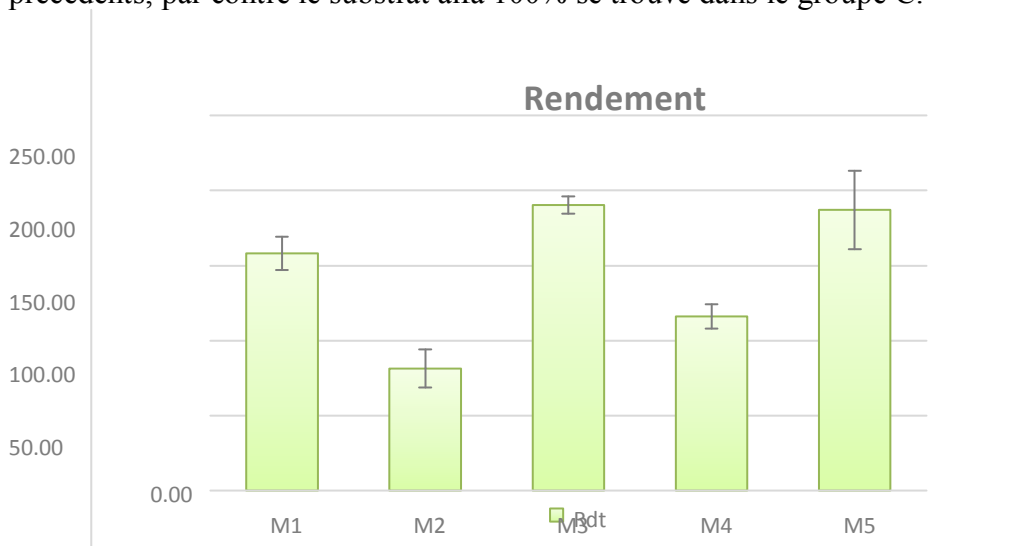


Figure 20 : Le rendement moyen des différents substrats.

Le contrôle de l'humidité pendant toute la durée de la culture et particulièrement durant la fructification est très importante pour les champignons. Elle doit être maintenue élevée (80 – 90%) en pulvérisant de l'eau plusieurs fois par jour, et on a même ajouté, dans le box, des cartons imbibés d'eau pour maintenir cette humidité. Il faut arrêter de pulvériser directement sur les champignons quand ils sont prêts à être récoltés pour augmenter leur durée de conservation.

Mansour-Benamar et al (2013), ont noté que la paille possède trois rôles importants :

- le premier est un structurant pour le substrat, qui améliore la circulation de l'air à travers les chaumes, activant ainsi le développement de Pleurotus qui est un champignon aérobic.

- le deuxième est sa capacité de rétention d'eau élevée ($\approx 75\%$), donc c'est une réserve d'humidité pour le champignon
- le troisième est nutritif grâce à sa richesse en éléments minéraux.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Le présent travail, portant sur la multiplication de *Pleurote* qui un champignon lignicole de la pourriture blanche sur des substrats celluloses, a été réalisé au niveau du laboratoire de microbiologie, Département des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV), de l'Université Mohamed Boudiaf de Msila.

La culture du *Pleurotus* n'est réellement pas très exigeante en moyens matériels et elle ne nécessite que deux étapes pour avoir le fruit de *pleurote*.

Dans le cas de notre étude, la première étape a porté sur la culture du mycélium dans des mélanges de substrats composés d'alfa et de paille de blé mais dans des proportions différentes. Les résultats enregistrés montrent que les milieux contenant de l'alfa indiquent que la vitesse de croissance du mycélium est plus rapide que chez les autres milieux.

Quant à la deuxième étape qui est la fructification, elle a constitué le point essentiel de notre travail de mémoire. Les résultats que nous avons obtenus indiquent que la croissance, ainsi que la fructification du *Pleurote* est plus importante que sur le mélange paille 75% et paille 50%.

Selon la recherche bibliographique, les résultats des expériences réalisées dans le monde, sur milieu paille de blé seul, indiquent que la productivité du champignon est plus élevée que sur le même milieu auquel il est ajouté un autre substrat.

Les résultats du présent travail, réalisé pour la première fois dans le laboratoire de microbiologie de l'université de M'sila ouvre et identifie, combien même l'étude n'a pas recherché à complexifier, pour des raisons de moyens matériels et d'assistance multiformes. Le nombre de paramètres abordé, des perspectives intéressantes notamment en matière de recherche au plan de l'amélioration telle que :

- Des conditions de fructification et de production des Pleurotes particulièrement de certaines espèces soient comestibles soient fortement recherchées en applications médicales
- La mise au point d'un mélange de substrats spécifiques au développement d'un type de souche et/ou à une qualité de production ;

Conclusion

- Des conditions et du type de composé de substrats permettant à certaines souches de Pleurote de se développer tout en résistant à certains facteurs environnementaux (T° élevée, sécheresse,)
- La sélection et l'isolement de souches de Pleurotes locales productives ou fortement recherchées pour leur qualité de production et produire des blancs de semences pour assurer leurs disponibilités et réduire ainsi le coût de production ;
- La valorisation de substrats disponibles localement, découlant des nombreux et variés
- Types de déchets issus de l'agriculture ou de l'industrie de la transformation et la réduction des effets néfastes à l'environnement.

References Bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

Agridaksh (2011), Technology for hybrid seed production, oyster mushroom cultivation. from http://agridaksh.iasri.res.in/html_file/mushroom/15_Mush_oyster_cult.html.

Ahmed, M., Abdullah, N., Ahmed, K.U., Bhuyan, M.H.M.B., 2013. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Pesq. Agropec. Bras.* 2, p197-202.

Akkache S., 2010. Effet de deux aliments granulés sur les performances de la reproduction des lapines de populations locales. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques option Aliment Animal et Produits Animaux, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, p. 60.

Alvarado, P., Moreau, P. A., Sesli, E., Khodja, L. Y., Contu, M., & Vizzini, A., 2018. Phylogenetic studies on *Bonomyces* (Tricholomatineae, Agaricales) and two new combinations from Clitocybe. *Cryptogamie, Mycologie*, 39(2), p. 149-168.

AMGA., 2004, The Australian Mushroom Growers Association (AMGA).

Amrane T., Belkacemi T., 2017. Valorisation de résidus agricoles par la culture d'une souche locale d'un champignon comestible. Mémoire de Master 2 en Science Biologique. Spécialité : Protection de l'Environnement. Département de Biologie Animale et Végétale, Faculté Des Sciences Biologiques et Des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p.05 et p21-33.

Arturo Pardo-Giménez., Diego Cunha Zied., Diego Cunha., 2017. Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications, p.241.

-B-

Bao, D., Kinugasa, S., & Kitamoto, Y., 2004. The biological species of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) from Asia based on mating compatibility tests. *Journal of Wood Science*, 50(2), p162-168.

Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., & Ribani, R. H., 2019. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), p 633-646.

Blandeau E., 2012. Etat des lieux du potentiel anticancéreux de neuf champignons Macroscopiques. Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Pharmacie, UFR Sciences Pharmaceutiques et Ingénierie de la santé, P. 112 p.

Boudouma, D., 2009. Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. *Cellulose*, 2(90), p 6-48.

Boulmareka, A. H. L. O., Chaouch, N., & Dehimat, L., 2017. Multiplication and production of oyster mushroom on laboratory scale on different substrates. *European Journal of Physical and Agricultural Sciences* Vol, 5(1).

Références bibliographiques

Brassard, A., 2009. Développement durable: tableau de bord de la Forêt modèle du Lac-Saint-Jean.p3-7.

-C-

Campbell, C. A., Zentner, R. P., Basnyat, P., Wang, H., Selles, F., McConkey, B. G., & Cutforth, H. W., 2007. Water use efficiency and water and nitrate distribution in soil in the semiarid prairie: Effect of crop type over 21 years. *Canadian Journal of Plant Science*, 87(4), 815-827

Chan, X. Y., Saeidi, N., Javadian, A., Hebel, D. E., & Gupta, M., 2021. Mechanical properties of dense mycelium-bound composites under accelerated tropical weathering conditions. *Scientific reports*, 11(1),p1-10.

Chang, Shu-ting; Miles, Philip G., 2004. " *Pleurotus* - Un champignon de large adaptabilité". *Champignons : culture, valeur nutritionnelle, effet médicinal et impact environnemental* (2e éd.). Presse CRC. p. 315-325.

Cohen R, Persy L, Hadar Y., 2002. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 58: 582–594.

-D-

Darwish G.A., Bakr A.A. & Abdallah M.M., 2012. Nutritional value up grading of maize stalk by using *Pleurotus ostreatus* and *Saccharomyces cerevisiae* in solid state fermentation. *Annals of Agricultural science* 57: 47-51.

David Garon., Jean-Christophe Guéguen., 2015. Biodiversité et évolution du Monde Fongique, EDP Sciences, p.59-60.

Dallel, M., 2012. Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima* L.): Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil (Doctoral dissertation, Université de Haute Alsace-Mulhouse), p.25-45.

De Kesel, A., Kasongo, B., & Degreef, J., 2017. Champignons comestibles du Haut-Katanga. *RD Congo) AbcTaxa*, 17, p1-290.

Deepalakshmi, K., & Sankaran, M., 2014. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biochemical Technology*, 5(2), p718-726.

Delmas J., 1989. Les champignons et leur culture. Culture actuelle et potentielle des champignons supérieurs. La Maison Rustique, p940.

Després, J., 2012. L'Univers des champignons, les presses de l'Université de Montréal, p.19, p.81 et p.205.

Didier Borgarino, Christian Hurtado., 2001. Champignons de Provence, Edi sud, p. 216.

Dike, K. S., Amuneke, E. H., and Ogbulie, J. N., 2011. Cultivation of *Pleurotus ostreatus*: an edible mushroom from agro base waste products, *J. Microbiol. Biotech.* 1 (3):1 – 14

Références bibliographiques

Donini, L.P., Bernardi, E., Minotto, E., Nascimento, J.S. , 2009. Growing Shimeji on elephant grass substrate supplemented with different types of sharps. *Sci. Agraria* 1, p 67-74.

-E-

Eira, A. D., 2003. Cultivo do cogumelo medicinal *Agaricus blazei* (Murrill) SS Heinemann ou *Agaricus brasiliensis* (Wasser et al.). Viçosa, Aprenda Fácil, p398.

El Bouchti, M., Bourhia, M., Alotaibi, A., Aghmih, K., Majid, S., Ullah, R., & Gmouh, S.,2021. *Stipa tenacissima* L.: a new promising source of bioactive compounds with antioxidant and anticancer potentials. *Life*, 11(8), 757, p.02-12

-F-

Février C.A. & Willequet F., 2009. Valorisation par l'alimentation animale in Moletta René. Le traitement des déchets. Editions TEC & DOC, Lavoisier.

Flandroy L., 1993. Savez- vous planter des champignons à la mode des chinois ? *Biofutur* N°123, p. 38-43.

Féréo, F .,2020. *Fiche de pleurotus.* p.1-4.

Fons, F., Roumestan, C., & Rapior, S., 2005. Biodiversité, règne fongique et thérapeutique. Connaissances actuelles et perspectives. In *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault* ,Vol. 145, No. 4, p.87-89.

Fourret , G., 1990. Dernières nouvelles des champignons. Edité par l'auteur, p. 337.

-G-

Gévry, M. F., Simard, D., & Roy, G., 2009. Champignons comestibles du Lac-Saint-Jean, p.4.

Girmay Z., Goremz W. & Zewdie S., 2016. Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus*. *AMB Express*, 87 (6).

Givelet P.H., 2011. Compléments alimentaires à base de champignons. Diplôme d'études spécialisées de Docteur en Pharmacie. Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille. Université de Lille 2.p.92.

Gupta,V. k. Gupta., Gauri D.Sharma.,Maria G.Tuohy ., Raheeva.Gaur, 2016.*Pleurotus* as an Exclusive Eco-Friendly Modular Biotool, *The Handbook of Microbial Bioresources*, CAB International, p. 180–203.

-H-

Hernández, D., Sánchez J.E. & Yamasaki K., 2003. A simple procedure for preparing substrate for *Pleurotus ostreatus* cultivation. *Bioresour Technol*, vol 90, 145-150.

Hoa, H.T., Wang, C., 2015. The Effects of Temperature and Nutritional Conditions on

Références bibliographiques

Hydrothermal marin profond, thèse de doctorat ; Université de Rennes 1, p.100.

Jayakumar T., Thomas P.A. & Geraldine P., 2007. Protective effect of an extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on antioxidants of major organs of aged rats. *Exp Gerontol.* 42(3):183-91.

-J-

Jesri Hala ,2018.Effect of several substrates on yield oyster mushroom *pleurotus ostreatus* (Jacquin ExFries) Kummer, mémoire Magister en Génie Agriculture, Université d'Alep Syrie, p 40-55

-K-

Kabatakaka, B., Kabasele, E., Kazadi, A., Kalulambi, M., Tubene, S., &Banjikila, T. B. 2020, LE SEMEUR DU KASAÏ Revue pluridisciplinaire,p5.

Kalmis E., Nuri A., Hasan Y. & Fatin K., 2008. Feasibility of using olive mill effluent (OME) as a wetting agent during the cultivation of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* on wheat straw. *Bioresour. Technol.* vol99, 164-169.

Kara-Ali N. & Khendriche S., 2013. Essai d'amélioration de la germination et de la croissance de *Vigna unguiculata* L. Walp et de *Zea mays* L. par un résidu de culture d'un champignon comestible. Mémoire de Master II en Sciences de la Nature et de la Vie, option Génétique et Amélioration des Plantes, Département de Biologie Végétale et Animale, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie; p. 67.

Khodja, Lounis Youcef, et al., 2020."First check-list with the occurrence of new records of Agaricomycetes (Fungi, Basidiomycota) in Babors Kabylia (Northern Algeria)." *Ecologia mediterranea: Revue internationale d'écologie méditerranéenne= International Journal of Mediterranean Ecology* 46.2: p. 5-26.

Kim, M. K., Ryu, J. S., Lee, Y. H., & Kim, H. R., 2013. Breeding of a long shelf-life strain for commercial cultivation by mono-mono crossing in *Pleurotus eryngii*. *Scientia horticultrae*, 162, p. 265-270.

Knop, D., Yarden, O., & Hadar, Y., 2015. The ligninolytic peroxidases in the genus *Pleurotus*: divergence in activities, expression, and potential applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(3), p.1025-1038.

Kong, W. S.,2004. Description of commercially important *Pleurotus ostreatus*, Mushroom Growers' Handbook 1, Rural Development Administration, Korea, MushWorld. from <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

Kues U, Liu Y., 2000. Fruiting body production in basidiomycetes. *Appl Microbiol Biotechnol* 54: p.141-152.

Références bibliographiques

-L-

Larraya, L. M., Idareta, E., Arana, D., Ritter, E., Pisabarro, A. G., & Ramírez, L., 2002. Quantitative trait loci controlling vegetative growth rate in the edible basidiomycete *Pleurotus ostreatus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(3), p. 1109-1114.

Larraya, L. M., Pérez, G., Peñas, M. M., Baars, J. J., Mikosch, T. S., Pisabarro, A. G., & Ramírez, L., 1999. Molecular karyotype of the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Applied and environmental microbiology*, 65(8), p. 3413-3417.

Le Calvez, T., 2009. Diversité et fonctions écologiques des champignons en écosystème hydrothermal marin profond (Doctoral dissertation, Université Rennes 1).

Li, W., Li, X., Yang, Y., Zhou, F., Liu, L., Zhou, S., et al., 2015. Effects of different carbon sources and C/N values on nonvolatile taste components of *Pleurotus eryngii*. *Int. J. Food Sci. Technol.* 50, p. 2360-2366

Luz, J.M., Nunes, M.D., Paes, S.A., Torres, D.P., Silva C.S.M., Kasuya, M.C., 2012. Ligno-cellulolytic enzyme production of *Pleurotus ostreatus* growth in agroindustrial wastes. *Braz. J. Microbiol.* 43, p.1508-1515.

-M-

Mansour-Benamar M., Ammar-Khodja N. & Chavant L., 2010. Valorisation du grignon d'olive par la culture d'une souche de champignon comestible, *Pleurotus ostreatus* (Jacq Ex Fries) Kummer, isolée à Oued-Aissi (Tizi-Ouzou, Algérie) Les Journées Internationales de Biotechnologie 2010 de l'Association Tunisienne de Biotechnologie 19 - 22 Décembre, Yasmine Hammamet, Tunisie

Mansour-Benamar M., 2016. Valorisation de résidus agricoles par la culture de deux souches de champignons comestibles du genre *Pleurotus* Thèse de doctorat en Sciences Biologiques, option Biologie Végétale, Département de Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p.5-257.

Mansour – Benamar M., Savoie J-M. & Chavant L., 2013. Valorization of a solid olive mill wastes by cultivation of a local strain of edible mushroom. *Comptes Rendus Biologies*, 336, 407- 415.

Mansour-Benamar M., Aoudia S. & Ammar-Khodja N., 2014. Valorization of coffee-grounds supplemented with wheat straw by cultivation of a *Pleurotus ostreatus* local strain, Chapter 12 In *Mushrooms: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits*, Editor: Grégoire PESTI, Nova Science Publishers, Inc, 227-242.a

Mandee, Q. A., Al-Laith, A. A., & Mohamed, S. A., 2005. Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21(4), p. 601-607.

Manzi P., Marconi S., Aguzzi A. & Pizzoferrato L., 2004. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chem.* vol 84, 201-206.

Références bibliographiques

Maréchal, P., 2001. Analyse des principaux facteurs impliqués dans le fractionnement combiné de pailles et de sons de blé en extrudeur bi-vis – Obtention d’agro-matériaux. Thèse, INP Toulouse, p. 16-76.

Marrakchi, Z., Khiari, R., Oueslati, H., Mauret, E., & Mhenni, F., 2011. Pulping and papermaking properties of Tunisian Alfa stems (*Stipa tenacissima*) —effets of refining process. *Industrial Crops and Products*, 34(3), p. 1572-1582.

Maublanc, A., 1976. Les champignons comestibles et vénéneux, p

Mazoyer, M., Aubineau, M., Bermond, A., Bougler, J., Ney, B., Rojer-Estrade, J., 2002. Larousse Agricole. Le Monde Agricole Au XXI^e SIECLE. Canada Monreal (Qubec) . P.488.

Mushroom Growers Union 2022, Société Européenne.

-N-

Neelam, S., Chennupati, S., Singh, S., 2013. Comparative studies on growth parameters and physio-chemical analysis of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus florida*. *Asian J.Plant Sci. Res.* 3, p.163-169.

-O-

Obodai, M., Cleland-Okine, J., & Vowotor, K. A., 2003. Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30(3), p. 146-149.

Oei, P., 2003. Mushroom Cultivation-Appropriate Technology for Mushroom Growers (Third Edition). Backhuys Publishers, Leiden. Netherland, p. 10-50.

Oei, P., Nieuwenhuijzen, B.V., 2005. Small-scale mushroom cultivation: oyster, shiitake and wood ear mushrooms, first ed. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen, p. 10-14.

Olivier J M, Laborde J, Guimberteau J, Poitou N, Houdeau G, Delmas J., 1991. La culture des champignons. Ed. Armand Colin, p.160.

Olivier J.M., Labore J., Guimberteau J., Poitou N. & Houdeau G., 1991. La culture des champignons .Ed. Armand Colin, p.157.

Olivier, J. M., Mamoun, M., & Munsch, P., 1997. Standardization of a method to assess mushroom blotch resistance in cultivated and wild *Agaricus bisporus* strains. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 19(1), p. 36-42.

-P-

Pandey, A., Soccol, C.R., Larroche, C., 2008. Current developments in solid-state fermentation, first ed. Asiatech Publishers, New Delhi.

Patel, H., Gupte, A., Gupte, S., 2009. Effect of different culture conditions and inducers on production of laccase by a basidiomycete fungal isolate *Pleurotus ostreatus* HP-1 under solid-state fermentation. *BioRes.* 4,p. 268-284.

Références bibliographiques

Philippoussis, A., Zervakis, G., Diamantopoulou, P., 2001. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybeaegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus spp.* *World J. Microbiol. Biotechnol.* 17, p.191-200.

Plantdrew.,12 December 2021. Centre américain pour les informations biotechnologiques, p.1<https://fr.wikipedia.org/wiki/Pleurotus>https://fr.wikipedia.org/wiki/National_Center_for_Biotechnology_Information

-R-

Radha K.V. & Lakshmanan D., 2013.A review: lovastatin production and Applications. *Asian J Pharm Clin Res*, Vol 6, Issue 3, 21-26.

Raimbault M., 1981. Fermentation en milieu solide, croissance de champignons filamenteux sursubstrat amylicé. *Travaux et Documents de L'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer.*p. 150.

Raman, J., Jang, K. Y., Oh, Y. L., Oh, M., Im, J. H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2021). Cultivation and nutritional value of prominent *Pleurotus spp.*: An overview. *Mycobiology*, 49(1), p. 1-14.

Rossi, I. H., Monteiro, A. C., & Machado, J. O., 2001. Desenvolvimento micelial de *Lentinula edodes* como efeito da profundidade e suplementação do substrato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36, p.887-891.

Royse, D.J., 2003. Cultivation of Oyster Mushrooms, Penn State's College of Agricultural Sciences, The Pennsylvania State University, 201 Willard Building, University Park, PA 16802-2801, V, 814-863-1150/TTY, USA, Retrieved August 20, 2007. Available at <http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/UL207.pdf>. p.11.

Ruiz-Rodriguez, A., Soler-Rivasb, C., Polonia, I., Wichers, H.J., 2010. Effect of olive mill waste (OMW) supplementation to oyster mushrooms substrates on the cultivation parameters and fruiting bodies quality. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 64, p. 638-645.

-S-

Sánchez, C., 2009, Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology advances*, 27(2), p.185-194.

-T-

Tarquaji, H., 2018. The effect of the initial treatment and the methods of drying with hot air and lyophilization on some quantitative physical and chemical evidence of oystre mushroom (*pleurotus ostreatus*). Master's thesis, University of Agriculture. Alepp University, p. 68.

Thorn, R. G., & Barron, G. L., 1984. Carnivorous mushrooms. *Science*, 224(4644), p76-78.

Torres-Martínez, B. D. M., Vargas-Sánchez, R. D., Torrescoano-Urrutia, G. R., Esqueda, M., Rodríguez-Carpena, J. G., Fernández-López, J., ... & Sánchez-Escalante, 2022. A *Pleurotus* Genus as a Potential Ingredient for Meat Products. *Foods*, p. 2.

Références bibliographiques

-U-

Urban, A. F., 2004. Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada. *Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Desenvolvimento.*

-Y-

Yahiaoui, I., 2020. Evaluation de la croissance mycélienne de *Pleurotus eryngii* (De Cand.: Fr) Quélet, 1872 en boîte de Pétri (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Yang W., Guo F. & Wan Z., 2013. Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. *Saudi J Biol.Sci.* 20: 333-338.

Yildiz, S., Yildiz, Ü. C., Gezer, E. D., & Temiz, A. 2002. Some lignocellulosic wastes used as raw material in cultivation of the *Pleurotus ostreatus* culture mushroom. *Process Biochemistry*, 38(3), p. 301-306.

-Z-

Zeitoun, R., 2011. Procédés de fractionnement de la matière végétale : application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé (Doctoral dissertation), p. 26-27

Zervakis George.,2020. Cultivation of Mushrooms and Their Lignocellulolytic Enzyme Production Through the Utilization of Agro-Industrial Waste, Review, p.04-05 *Molecules* 2020, 25, 2811; doi:10.3390/molecules25122811 www.mdpi.com/journal/molecule.