

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. MIRA - Bejaïa



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Alimentaires

Spécialité Qualité des produits et sécurité Alimentaire

Réf

.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Essai de culture du champignon pleurote

Présenté par :

GHELLAF Nabila & HESSAS Imene

Soutenu le : **15 septembre 2021**

Devant le jury composé de :

Mme TAMENDJARI Soraya	MCA	Président
Mme MERZOUK Hafida	MCB	Encadreur
Mme TOUATI Naima	MCB	Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie théorique

Chapitre I. Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les champignons.....3

I.1. Caractères généraux.....3

I.2. Les champignons comestibles3

I.2.1. Définition3

I.2.2. Importance alimentaire et médical des champignons comestibles4

II. Généralités sur *pleurotus ostreatus*5

II.1. Définition5

II.2. Description.....5

II.3. Systématique.....5

II.4. Bio cycle de reproduction de *pleurotus ostreatus*.....6

II.5. Importance des pleurotes7

II.5.1. L'agriculture.....7

II.5.2. L'environnement.....7

II.5.3. Intérêts nutritionnels et médicales.....7

II.5.4. Intérêt économique et écologique.....8

II.6. Saveur.....8

II.7. Facteurs influençant la croissance et la fructification des pleurotes.....9

II.7.1. Facteurs nutritifs.....9

II.7.2. Facteurs physiques.....	9
II.7.3. Facteurs chimiques.....	9
III. Substrats utilisés pour la culture des <i>pleurotus ostreatus</i>	10
III.1. Paille de blé	10
III.1.1. Composition chimique.....	10
III.1.2. Valorisation de la paille de blé.....	10
III.2. Marc de café.....	11
III.2.1. Composition chimique	11
III.2.2. Valorisation de marc de café.....	12
III.3. Sciure de bois.....	12
III.3.1. Composition chimique.....	12
III.3.2. Valorisation de la sciure de bois.....	13
III.4. Carton.....	13
III.4.1. Composition chimique	13
III.4.2. Valorisation du carton.....	14
IV. Conservation des champignons pleurotes.....	14
IV.1. Séchage.....	14
IV.2 Transformation en marinade.....	15
IV.3. Congélation	16
V. Les maladies et les insectes qui peuvent toucher les champignons	16
Activités biologique des extraits de <i>pleurotus ostreatus</i>	
VI. Activité antioxydante de <i>pleurotus ostreatus</i>	17
VI.1. Molécule responsables de l'activité antioxydante.....	17
VI.2. Méthodes d'évaluation de l'activité anti oxydante.....	17

VI.2.1. Piégeage du radical 1-1' diphényle-2-picrylhydrazyl (DPPH•).....	18
VI.2.2. Piégeage du radical ABTS.....	18
VI.2.3 Capacité réductrice du fer... ..	18
VI.2.4 Méthode de décoloration du bêta-carotène.....	18
IV.2.5 Inhibition de la peroxydation lipidique.....	19
VII. Activité antibactérienne de <i>PleurotusOstreatus</i>	19
VII.1. Mécanismes et molécules responsables de l'activité antibactérienne.....	19
VII.2. Méthodes de détermination de l'activité antibactérienne.....	20
VII.2.1. Méthode de diffusion en disque dans un milieu gélosé.....	20
VII.2.2.1. En milieu liquide.....	20
VII.2.2.2. En milieu solide.....	20

Partie expérimental

Chapitre II. Matériels et méthodes

Partie 1 : culture de champignon <i>pleurotus ostreatus</i>	22
I. Matériel utilisé.....	22
I.1. matériel mycologique	22
I. 2. Substrats utilisés.....	23
I.2.1. La paille de blé.....	23
I.2.2. La sciure de bois.....	23
I.2.3.Le marc de café.....	23
I.2.4. Le carton.....	24
II. Méthodes d'études.....	24
II.1. Préparation des substrats de culture	24

II.2. Remplissage des boîtes.....	25
II.3. La fructification	25
II.4. La récolte des pleurotes.....	26
Partie 2 : analyses physicochimique et quantitative.....	28
III. Analyses effectués sur les pleurotes.....	28
III.1. Détermination de pH.....	28
III.2. Détermination de l'acidité titrable.....	28
III.3. taux d'humidité.....	29
III.4. Dosage des cendres.....	29
III.5. Dosage des protéines	30
III.6. Dosage des polyphénols totaux.....	31
III.7. Dosage des flavonoïdes.....	32

Chapitre III. Résultats et discussion

III. Résultats et discussion.....	33
III.1. Détermination de pH.....	33
III.2. Détermination de l'acidité titrable	33
III.3. Taux d'humidité	33
III.4. Dosage des cendres.....	33
III.5. Teneur en protéines totales.....	34
III.6. Teneur en polyphénols totaux	35
III.7. Teneur en flavonoïdes.....	36
Conclusion	38
Références bibliographiques	
Annexe	
Résumé	

Liste des figures

Figure01 : Différentes espèces de champignons comestibles.....	4
Figure02 : Différentes couleurs du genre pleurote en huître : <i>Pleurotus ostreatus</i> ; c) <i>Pleurotus citrinopileatus</i> ;b) <i>Pleurotus djamor</i> ;d) <i>Pleurotus eryngii</i>	5
Figure 03 : Cycle de reproduction de <i>Pleurotus ostreatus</i>	7
Figure 4 : Détermination de la CMI par dilution en milieu gélosé.....	21
Figure 05 : Présentation géographique de la région de Tagroudja, SEMAOUNE.....	22
Figure 06 : Mycélium de <i>pleurotes ostreatus</i> utilisé.....	22
Figure 07 : Paille de blé neuve et saine.....	23
Figure 08 : Sciure de bois fine.....	23
Figure 09 : Marc de café neuf.....	24
Figure 10 : Carton utilisé pour la culture des pleurotes.....	24
Figure 11 : Les étapes de stérilisation des substrats utilisés pour la culture du pleurote.....	25
Figures12 : Boîtes remplies et mis en incubation	26
Figure13 : Les boîtes après 8 jours.....	26
Figure 14 : Boîtes au moment de la fructification.....	27
Figure 15 : pH mètre	29
Figure 16 : Dosage de l'acidité titrable.....	30
Figure 17 : Pleurotes séchés dans l'étuve pour la mesure de taux d'humidités	30
Figure 18 : Four à moufle	31
Figure 19 : Protocole de préparation de l'extrait pour le dosage des protéines.....	31
Figure 20 : Etapes de l'extraction des polyphénols par macération.....	32

Liste des tableaux

Tableau I : Classification de champignons <i>Pleurotus ostreatus</i>	6
Tableau II : Composition chimique de <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
Tableau III : Composition chimique de la paille de blé.....	10
Tableau IV : Principaux composés du marc de café.....	12
Tableau V : Pleurotes cultivé sur différent milieux.....	28

Liste des abréviations

ABTS : acide 2-2'-azino-bis (3-éthyl-benz-thiazoline-6-sulfonique)

AlCl₃ : chlorure d'aluminium

BSA : L'albumine de sérum bovin

CMI: Concentration Minimale Inhibitrice.

DPPH: 1-1'-diphényle-2-picrylhydrazyl.

ES : extrait sec

EQ : équivalent quercitine

EAG : équivalent d'acide gallique

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Potential.

HOMO: Hight Occupied Molecular Orbital.

IC₅₀ : Concentration inhibitrice de 50% des radicaux libres.

MS : matière sèche

MF : matière fraîche

MPE : Malnutrition Protéino Energétique

NaOH : L'hydroxyde de sodium

PCP : Pentachlorophénol.

PLE : Pressurized Liquid Extraction.

PloEFe : Pleurotes Enrichi en Fer.

PloEli : Pleurotes Enrichi en Lithium.

PloEZn : Pleurotes Enrichi en Zinc.

P.Ostreatus: *Pleurotus Ostreatus*.

SFE: Supercritical Fluid Extraction

Remerciements

Nos remerciements s'adressent d'abord à ALLAH le tout puissant pour les chances qui nous sont offertes pour réaliser ce travail.

On tient à remercier sincèrement Madame MERZOUK Hafida qui, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous tenons à remercier aussi techniciennes de laboratoire microbiologie alimentaire pour leurs aides tout au long de ce travail.

Nos remerciements vont également au membre des jurys Mme TAMENDJARI Soraya et Mme TOUATI Naima qui ont sacrifiée leurs temps pour nous corriger ce travail et tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie, particulièrement, les enseignants de notre département Science alimentaire

Enfin, les mots les plus simples étant les plus forts, nous adressons toute notre affection à nos familles et nos amis.

DEDICACES

Je dédie ce travail

A ma chère maman

Qui est pour moi la source de tendresse, le symbole de la bonté, et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ses prières m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A mon père

Qui s'est sacrifié pour mon éducation, ma formation et mon bien être.

A mon mari SAMIR

Pour sa présence, ses encouragements et son soutien indéfectible toute au long de mon travail et qui est toujours fière de me voir réussir

A mes frères et sœurs

Qui m'ont toujours donné le courage pour continuer vers l'avant, avec tous mes vœux de santé, de bonheur et de réussite

A tous les membres de la famille GHELLAF et m'a belle famille KASMI

Avec mon profond respect et mon affection je vous remercie infiniment.

A mes amies

Auxquele je souhaite le bonheur et la réussite dans leur vie professionnelle.

A tous mes professeurs

Qui nous ont prodigués de conseils et de sagesse pour réussir notre parcours et consolider notre formation. Je vous remercie pour vos encouragements et votre entière disponibilité.

NABILA

DEDICACES

Je dédie ce travail

A mes chers parents qui ont consacré leur vie pour nous élever et nous enseigner, et nous conférer une vie meilleure.

A mon cher mari AIMED pour sa présence, ses encouragements et son soutien indéfectible et qui est toujours fière de me voir réussir.

A ma belle-famille SEBAHI, spécialement m'a belle-mère KHADIDJA,

A tous les membres de ma famille Avec mon profond respect et mon affection.

Je ne peux oublier de remercier chaleureusement mes très chères amies et collègues avec lesquels j'ai partagé d'agréables moments.

Ainsi que tous les gens qui m'ont aidé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

A tous nos professeurs qui nous ont prodigués de précieux conseils pour réussir notre parcours et consolider notre formation. Je vous remercie pour vos encouragements et votre entière disponibilité.

Introduction

Introduction

Plusieurs personnes dans le monde souffrent de famine et de malnutrition (**Mahroug, 2010**). La malnutrition protéino-énergétique également connue sous le nom de malnutrition protéino-calorique, est à l'heure actuelle, le plus grave problème nutritionnel auquel se heurtent l'Afrique et d'autres régions en développement (**Savado, 2007**).

La malnutrition est une maladie liée à la nutrition causée par une alimentation excessive ou au contraire insuffisante. On peut restreindre le terme de malnutrition à la sous-alimentation ou insuffisance des apports en énergie, en micronutriments et en protéines qui font partie des trois grandes familles de macronutriments avec les glucides et les lipides. Elles jouent, également un rôle crucial dans la structure de notre organisme et contribuent à l'apport énergétique. Elles jouent un rôle structural et participent au renouvellement des tissus musculaires, des phanères (cheveux, ongles, poils), de la matrice osseuse et de la peau. Elles participent à de nombreux processus physiologiques, par exemple sous la forme d'enzymes digestives, d'hémoglobine, d'hormones, de récepteurs ou d'immunoglobulines (**Mahroug, 2010**).

Au niveau mondial, une convergence nutritionnelle a lieu, quels que soient le niveau de vie et les pratiques alimentaires, ce qui a fait apparaître le végétarisme (**Guéguen et al., 2016**). Tendances soutenues par la conviction selon laquelle une alimentation sans protéines animales serait bénéfique pour la santé. Ces dernières années, les produits d'origine animale font effectivement face à une déficience généralisée. En cause, les nombreux scandales de l'agroalimentaire, la présence de substances chimiques (métaux lourds, hormones, antibiotiques, OGM, etc.) ou encore les risques de maladies cardiovasculaires et de cancers (surconsommation de viande rouge) (**Wollenberg, 2018**).

Ce qui a provoqué la naissance de concepts de protéines dites alternatives telles que les protéines d'insectes, d'algues, de levures ou encore issues de cultures cellulaires. Le coût élevé de production des micro-algues et des levures les confine à des marchés de niche pour l'alimentation humaine. Le secteur des cultures cellulaires est encore trop expérimental pour pouvoir conclure (**Cgaaer, 2019**).

Les pleurotes font partie des solutions les plus simples et écologiques à ce problème de protéines, ce qui nous a incité à faire cette étude dont l'objectif est la culture de champignons *Pleurotes Ostreatus* pour satisfaire les besoins croissants de la population en protéines non animales, puisqu'elle est très adaptée à l'agriculture durable et a plusieurs avantages :

- ✓ Elle utilise les déchets agricoles (paille de blé, sciure de bois, carton, marc de café...)
- ✓ Elle donne une production élevée par surface cultivée ;
- ✓ Après la récolte, le substrat utilisé fournit un excellent amendement du sol (**Peter et Bram, 2005**).

L'objectif de notre étude a été donc d'effectuer un essai de culture du champignon *Pleurotus ostreatus* sur différentes substrats au niveau du laboratoire et analyser le fruit après fructification.

Nous avons devisé ce travail en trois parties

- Une partie bibliographique portant sur les résidus agricoles à valoriser à savoir le carton, la sciure de bois, le marc de café et la paille de blé et la souche locale du champignon *Pleurotus ostreatus*
- Une partie expérimentale, dans laquelle, nous avons procédé à la culture des pleurotes sur les différents substrats.
- Récolte des champignons après fructification et mesurer certains facteurs à savoir le pH, le taux d'humidité et de matière sèche, taux de protéines, teneur en polyphénols et en flavonoïdes.

I. Généralités sur les champignons

I.1. Caractères généraux

Les champignons représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (Mueller et al., 2007). Ils appartiennent au règne des Fungi, un groupe qui se distingue nettement des végétaux, des animaux et des bactéries. Il leur manque la caractéristique principale des végétaux : la capacité d'utiliser directement l'énergie du soleil grâce à la chlorophylle. Ils doivent donc assurer leur alimentation à partir d'autres organismes, en absorbant les substances nutritives du matériau organique dans lequel ils vivent. L'organisme vivant des champignons est un mycélium constitué d'un fin réseau de filaments appelés hyphes. Sous certaines conditions, les hyphes sexuellement compatibles fusionnent et forment des spores. Les structures les plus grandes (supérieures à 1 mm) produisant des spores sont appelées champignons (Peter Oei, 2005).

D'après Jean-Jacques Paul, les champignons sont classés en deux groupes principaux :

- 1) Les champignons microscopiques dits inférieurs appelés micromycètes notamment mildiou, rouille, moles et champignons supérieurs appelés macro mycètes notamment le bolet, amanite, pleurotes, etc.
- 2) Cela étant, le champignon dont il est question dans cette étude appartient à la sous-classe de macro mycètes ou champignon supérieure, etc (Willy, 2012).

I.2. Champignons comestibles :

I.1. Définition :

Les champignons comestibles sont des champignons destinés à la consommation, car contrairement aux champignons toxiques, leur consommation ne présente aucun risque pour la santé. Il existe des milliers de variétés de champignons : sur plus de 16.000 espèces répertoriées, on estime qu'environ 1.400 sont comestibles. Le choix est donc vaste ; Voici quelques champignons cultivables :

- Les pleurotes : C'est l'espèce la plus facile à cultiver. Il en existe différentes variétés.
- Le champignon de Paris.
- Le shiitake : C'est le deuxième champignon le plus cultivé après le champignon de Paris.

La figure 01, présente quelque espèce différente des champignons.

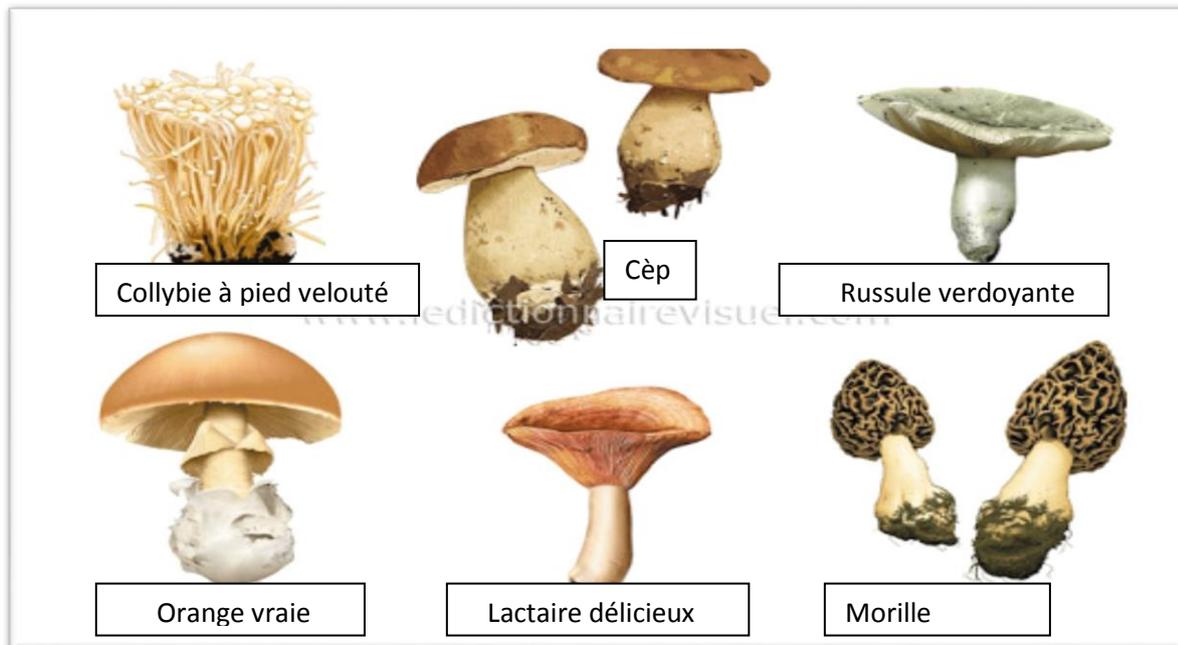


Figure01 : Différentes espèces de champignon comestible (**anonyme**).

I.2.Importance alimentaire et médicale des champignons comestibles

Les champignons comestibles contiennent plus de protéines que n'importe quel légume et sont riches en vitamine du groupe B. Il peut être pris régulièrement dans le cadre du régime alimentaire humain ou être traité comme un aliment sain ou aliment fonctionnel. Les produits extractibles à partir de champignons médicinaux, conçus pour compléter le régime alimentaire, non pas comme un aliment ordinaire, mais comme une amélioration de la santé et de la forme physique, peuvent être classés dans les catégories suivantes : catégorie de compléments alimentaires /nutraceutiques aux champignons. (**Chaffai et Ouchene, 2018**).

L'augmentation de la consommation d'aliments entiers non transformés, tels que les champignons, semble réduire le risque d'obésité, diabète, les maladies cardiaques et la mortalité globale. Les champignons contiennent beaucoup d'antioxydants. Le sélénium est un minéral qui n'est pas présent dans la plupart des fruits et des légumes, mais que l'on trouve dans les champignons. Il joue un rôle dans la fonction des enzymes hépatiques et contribue à la détoxification de certains composés cancérigènes dans le corps. De plus, le sélénium prévient l'inflammation et diminue également les taux de croissance de la tumeur. La vitamine D présente dans les champignons inhibe également la croissance des cellules cancéreuses en contribuant à la régulation du cycle de croissance cellulaire. Le folate dans les champignons joue un rôle important dans la synthèse et la réparation de l'ADN, empêchant ainsi la formation de cellules cancéreuses à partir de mutations dans l'ADN (**Chaffai et Ouchene, 2018**).

II. Généralités sur *Pleurotus ostreatus* :

II.1. Définition

Les Pleurotes sont des organismes eucaryotes, thallophytes, non chlorophylliens. Leur Corps généralement filamenteux appelé mycélium. Ce dernier est de couleur blanche et Septé . Il forme, en période de fructification, des sporophores ; (Le sporophore est la partie la plus visible du micromycète) ou carpophores ;(Carpophore : pied étroit qui porte le fruit, comme chez les silènes.) appelés communément champignon (**Maublanc, 1976 et Monnier, 1997**).

Parmi les espèces de Pleurotes se trouve *Pleurotus ostreatus* (**Jacq. ex. Fries, Kummer**), appelé couramment Pleurote en forme d'huitre ou Pleurote en huitre, champignon Saprophyte comestible. C'est un Basidiomycète lignocellulolytique, c'est à dire décomposeur primaire ; il pousse sur le bois ou la paille et offre la possibilité de valoriser divers déchets agro-industriels (**Mansour et al ., 2007, 2010 , 2016**).

La culture du Pleurote occupe la deuxième place dans le monde après *Agaricus bisporus* (**Rühl et al ., 2008**).Il fait l'objet de nombreux travaux de recherche dans différents domaines. En France, sa culture ne date que des années 70, alors qu'elle remonte à des temps beaucoup plus anciens en Chine (**Olivier et al., 1991**).

II.2.Description

On reconnaît le Pleurote en forme d'huitre à son chapeau beige clair jusqu'à gris clair en forme d'éventail, dont le diamètre mesure entre 5 et 15 cm, son pied court et les lamelles bien visibles sous le chapeau. La chair est blanche, filandreuse et molle. A part la variété blanche, il existe également des Pleurote en forme d'huitre rose et jaune ; figure02 (**Olivier et al., 1991**).



Figure02 : Différentes couleurs du genre pleurote en huître : *Pleurotusostreatus* ;c) *Pleurotuscitrinopileatus* ;b) *Pleurotusdjamor* ;d) *Pleurotuseryngii* (**anonyme**).

II.3 Systématique

L'origine du nom de champignon *Pleurotus* est grecque signifiant croissance de branche ou emplacement latéral, tandis que, le mot *ostreatus* se réfère à lui comme une coquille de coquillages dans sa forme et sa couleur. Sa classification est la suivante tableau I:

Tableau I : Classification du champignon *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm, 1871)

Règne	Fungi
Division	Basidiomycota
Classe	Agaricomycetes
Ordre	Agaricales
Famille	Pleurotaceae
Genre	<i>Pleurotus</i>
Espèce	<i>P. ostreatus</i>

II.4. Biocycle de reproduction de *Pleurotus ostreatus* :

D'après **Delmas (1989)**, **Olivier et al., (1991)** et **Oei., (1993)**, le cycle biologique des Pleurotes est composé de deux phases distinctes :

- une phase végétative qui synchronise la croissance et le développement d'un mycélium primaire monocaryotique, issu de la germination d'une basidiospore,
- une phase fructifère qui correspond à la formation des carpophores. Elle démarre avec la conjugaison (plasmogamie) de deux mycéliums monocaryotiques haploïdes compatibles, donnant naissance à un mycélium secondaire dicaryotique caractérisé par la formation de boucles d'anastomoses, et qui, à son tour, rentre en phase de croissance.

Lorsque les conditions environnementales changent et deviennent contraignantes, ce mycélium s'agrège et s'organise en primordia qui évoluent en carpophores au sein desquelles s'individualisent des cellules spéciales : les basides, sièges de la reproduction sexuée (caryogamie). Suite à la méiose, il se forme des basidiospores mononuclées haploïdes qui se détachent puis germent lorsque les conditions sont favorables. Elles sont à l'origine d'une nouvelle génération.

La figure 03 représente le cycle de production de *pleurotus ostreatus* .

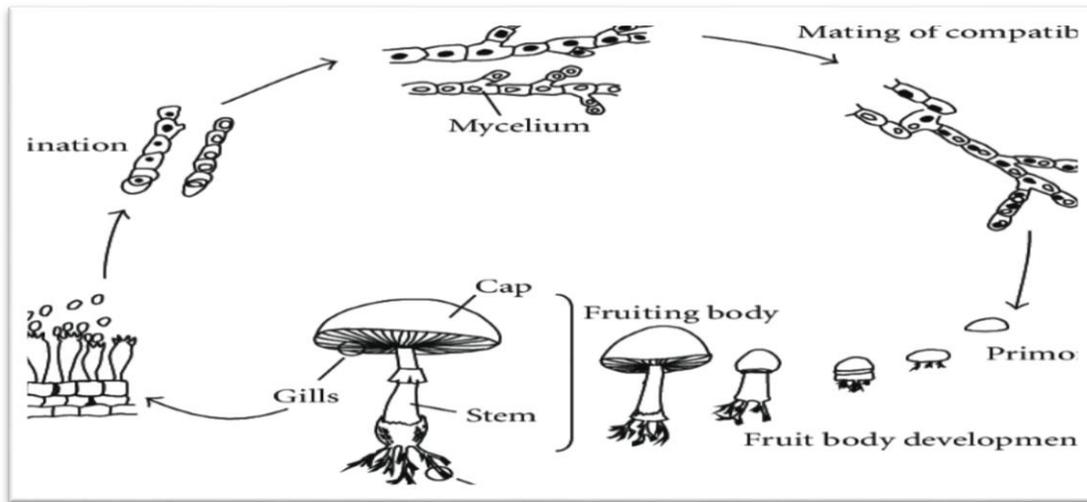


Figure 03 : Cycle de reproduction de *Pleurotus ostreatus* (anonyme, 2000).

II .5. Importance des pleurotes :

Comme tous les champignons comestibles, l'importance du pleurote n'est pas à démontrer. Il joue un rôle sans pareil dans la vie de chaque jour et marque les avantages sur les aspects de la vie quotidienne suivants :

II.5.1 L'agriculture :

Faute de chlorophylle, les pleurotes dégradent la matière organique pour obtenir de l'énergie. Ainsi, ils minéralisent cette dernière nécessaire aux plantes vertes. Ils sécrètent des cytokinines endogènes qui interviennent dans la régulation de croissance des plantes hôtes. La zéaline et la zéaline-riboside qui sont des phytohormones ont été extraites des carpophores des pleurotussajor-caju (Lushiuk, 2012).

II.5.2 L'environnement :

Les champignons peuvent être utilisés comme moyen de lutte biologique contre les parasites de plantes au lieu des pesticides aux conséquences parfois dangereuses. Puis facilitent le recyclage des déchets organiques des plantes et animaux morts (Gbolo, 1998). En outre, ils jouent aussi un rôle considérable dans les cycles de : carbone, azote, phosphore, soufre (Lushiuk, 2012).

II.5. 3. Intérêts nutritionnels et médicinales :

Le pleurote est une excellente source de vitamines B (notamment les vitamines B1, B2, B3, B6 et B9). Il contient également du cuivre, du fer, du zinc et du phosphore. D'autre

part, le champignon pleurote contient jusqu'à 5 fois plus de protéines que la plupart des légumes. Le pleurote est également riche en polysaccharides, dont des bêta (1-6) glucanes. (laboratoire-lescuyer,,2019).

De nombreuses propriétés pharmacologiques ont été attribuées à *Pleurotus ostreatus*, comme des activités anticancéreuses rapportées par **Givelet, (2011)** et **Blandeau, (2012)**, des activités anti-cholestérols (**Radha et Lakshmanan., 2013**) et des activités antioxydantes Puissantes (**Jayakumar et al., 2007**).

Contrairement aux végétaux, les champignons renferment tous les acides aminés essentiels qui ne peuvent pas être synthétisés par l'Homme (isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine) et qu'il doit trouver dans son alimentation.

Le pleurote représente environ 25% de la production mondiale de champignons. Le pleurote en coquille (ou en forme d'huître) est le plus connu. Il se consomme frais ou séché. Ce champignon renferme des quantités appréciables de vitamines et de minéraux, en particulier des vitamines du complexe B et du cuivre. Il est aussi peu calorique, bonne source de protéines végétales, teneur intéressante en fibres alimentaires, pouvoir antioxydant, vertus anti-cancer (**Léa, 2021**).

Le tableau II résume la composition chimique de *pleurotus ostreatus*

Tableau II : Composition chimique de *Pleurotus ostreatus* (**Blandeau, 2012**).

Éléments	Taux de présence%
Protéines brutes	27 ,4
Lipides	1
Hydrates de carbone totaux	65
Fibres	8,3
Cendres	6,6

II.5.2.Intérêt économiques et écologiques :

Le premier intérêt des Pleurotes est dans la possibilité de valoriser les matières premières de faible coût à savoir des résidus de l'agriculture ; de plus les résidus de cette culture peuvent être, à leur tour, valorisés en les utilisant comme engrais (**Flandroy, 1993**). (**Kara. et Khendriche., 2013**) ou être intégrés dans l'alimentation animale (**Akkache., 2010**).

De nombreuses recherches ont été entreprises pour l'utilisation des Pleurotes dans la bio-remédiation des sols contaminés par les pentachlorophénols (PCP) (**Cannon et Kirk, 2007**).

II.6. Saveur :

Selon **Deepalakshmi et Mirunalini, (2014)**, les composés aromatiques présents dans le champignon stimulent l'appétit et donnent aux plats cuisinés avec *P. Ostreatus* une saveur caractéristique. Sur différentes espèces de champignons comestibles, environ 150 composés Aromatiques ont pu être identifiés ; les carbonates d'alcools octavalants et les composés Carbonyles seraient responsables de cette saveur unique. Parmi ces composés se trouvent l'octanol, le 3-octanone et le 1-octynol-3-ol.

Le goût du champignon dépend, également, des acides aminés présents, des nucléotides, d'autres éléments comme l'azote, le fer, le soufre, le zinc et le potassium mais aussi de l'auto-oxydation des acides gras insaturés (**Deepalakshmi et Mirunalini, 2014**).

II.7. Facteurs influençant la croissance et la fructification des Pleurotes

Différents facteurs influent sur la croissance mycélienne et la fructification des Pleurotes. Ils sont d'ordre, nutritif, physique et chimique.

II.7.1. Facteurs nutritifs :

Le Pleurote en forme d'huitre exige un milieu de vie dans lequel il doit trouver toutes les substances nécessaires au développement de son mycélium et à sa croissance et à la formation des carpophores.

Il a besoin d'une source de carbone. La meilleure source pour le Pleurote, selon **Delmas, (1989)** et **olivier et al., (1991)**, est, l'amidon, le mannose, le glucose et le maltose. Il a également besoin d'une source d'azote retrouvée dans le sulfate d'ammonium et l'urée ainsi que des éléments minéraux comme le phosphore, le potassium, le magnésium, le calcium et des oligo-éléments comme le zinc, le cuivre, le fer et le manganèse. Les Pleurotes ont également besoin de thiamine (**Delmas., 1989**).

II.7.2. Facteurs physiques :

Les principaux facteurs physiques ayant une influence sur la croissance du Pleurote sont la température, l'humidité, la lumière et l'aération. Le développement du mycélium est optimal à une température avoisinant 25° et bonne entre 20 et 25°C (**Olivier et al ., 1991**).

La fructification requiert une température d'environ 15°C et l'induction fructifère nécessite un abaissement de la température (**Olivier et al., 1991**).

L'humidité de l'air doit se situer entre 80 et 85% pendant la phase d'incubation du mycélium alors qu'elle doit se situer entre 80 à 90% en phase de fructification (**Olivier et al., 1991**).

La lumière n'est nécessaire qu'au cours de la fructification (**Oei, 2005**).

II.7.3. Facteurs chimiques :

Les facteurs chimiques qui influencent la croissance mycélienne et la fructification sont : les gaz et le pH.

Les champignons cultivés, étant des organismes aérobies, exigent de l'oxygène pour respirer et pour la dégradation de certaines substances comme la lignine (**Olivier, 1991**). Au cours de la fructification, le taux de CO₂ dans le substrat de culture doit être inférieur à 0.1%.

En effet, une forte concentration en CO₂ est favorable à la croissance mycélienne mais non à sa fructification (**Oei, 2005**).

Pour l'acidité (pH) du milieu, les champignons se développent sur des supports légèrement acides (pH 5 à 6.5), mais ces derniers présentent l'inconvénient d'être également favorables au développement de moisissures concurrentes d'où la recommandation d'un pH basique (pH 9) par l'addition de la chaux qui joue un rôle de régulateur de pH et un stérilisateur (**Philipoussis, 2009**).

III. Substrats utilisés pour la culture des *pleurotes ostreatus* :

III.1. Paille de blé :

La paille de blé est constituée par la tige avec les feuilles et l'épi ou rachis à son sommet sec (**Zeitoun, 2011**).

III.1.1 Composition chimique :

Les pailles de céréales sont riches en constituants pariétaux, fort incrustés de lignine, riche également en minéraux dont une partie de silice, mais pauvres en matières azotées et en matières grasses (**Février et Willequet, 2009**).

Tableau III : Composition chimique de la paille de blé (Février et Willequet, 2009)

Composé	Pourcentage de matière sèche %
Hémicelluloses	31.7 ± 2.2
Lignine	10.0 ± 1.3
Cellulose	40.8 ± 3.0
Protéines	2.4 ± 0.4
Cendres	5.9 ± 1.0

III.1.2 Valorisation de la paille de blé :

Lorsqu'elle est laissée au champ, la paille de blé est soit directement enfouie, soit brûlée. La première solution permet de restituer au sol une partie de la matière organique exportée par la croissance et la récolte du blé. Dans le cas de la seconde solution, qui concerne environ 20 % de la paille, l'apport au sol se réduit, essentiellement, aux éléments minéraux (surtout du potassium) (Dumon, 1986).

Lorsqu'elle est récoltée, l'utilisation traditionnelle de la paille tend à valoriser la forte part de matières lignocellulosiques qu'elle contient. Quatre-vingt-douze pour cent des pailles de céréales récoltées sont utilisées comme litière pour bétail et forment ainsi la base du fumier qui peut être utilisé comme fertilisant biologique (Ademe, 1998) ou la culture du champignon de Paris (*Agaricus bisporus*) (Zeitoun, 2011).

Les pailles peuvent aussi être vouées à l'alimentation des animaux, mais leur qualité nutritionnelle est assez faible ce qui n'en fait pas une valorisation très intéressante (Ademe, 1998).

Parmi les domaines d'application, pouvant être notamment cités, il y'a l'agroalimentaire (substitution du saccharose), les adhésifs, les épaississants, les stabilisants et les émulsifiants (Fang et al., 1999).

Elle peut être aussi utilisée comme substrat de culture aux Pleurotes, seule ou en mélange avec du grignon d'olive ou du marc de café (Mansour et al., 2013, 2014).

III.2. Marc de café :

Le marc de café est le résidu de la consommation du café soluble obtenu après torréfaction et mouture des grains de café marchands et extraction à l'eau bouillante ou à la vapeur d'eau (Mansour., 2016). Il représente, selon Barbera (1965), les 3/5 du café vert.

III.2.1 Composition chimique du marc de café :

Selon **Kondamudi et al., (2008)** et **Ballesteros et al., (2010)**, le marc de café est essentiellement composé de polysaccharides ; il est riche en cellulose, en hémicellulose et en lignine.

Dans le tableau VI sont présentées les proportions des principaux composés retrouvés dans le marc de café.

TableauVI : Les principaux composés du marc de café (**Mantell, 1975 et Musatto et al., 2011**et **Limousy et al., 2013**)

Composantes	Quantités%
Glucides	[45 ,3]
Lignine	[23,90]
Lipides	[9,3-16,2]
Protéines	[14]
Minéraux	[6800mg /kg de matiere sèche]
Polyphénols	[13-18 mg acides galliques]
Carbone	[49,7]
Azote	[2,3]
C/N	[22]

III .2.2. Valorisation du marc de café :

Au cours des dernières décennies, la prise de conscience croissante de la nécessité de réduire les déchets, en vue de protéger l’environnement, a stimulé la recherche de méthodes de valorisation du marc de café en usage directe en compostage(**Liu et Price, 2011**) ou pour la production d’énergie sous forme d’agro-pellets pour combustion (**Jeguirim et Limousy,2014**).

Certaines études ont permis de mettre en évidence les propriétés adsorbantes du marc de café vis-à-vis des colorants (**Kai Shen, 2013**). D’autres études ont démontré qu’il est possible d’extraire jusqu’à 15% d’huile de marc de café en utilisant des solvants organiques.

Celle-ci peut être utilisée pour de nombreuses fins en raison de sa richesse en molécules à haute valeur ajoutée (**Narasimharao et al, 2008**).

Le marc de café a été également utilisé comme substrat de culture de champignons comestibles du genre *Pleurotus* par **Wong et Wang, (1991)**, **Mansour et al., (2007 ; 2014)**, **Ammerlaan et al., (2012)** et **Mansour, (2016)**.

Le marc de café est utilisée comme un substrat de champignons grasse a sa richesse en éléments minéraux, on participe activement à l’économie circulaire locale et nationale. En effet,

une fois le marc de café enrichi par la culture de champignons, les maraîchers le récupèrent pour fertiliser leurs sols. **Mansour, (2016).**

III.3. La Sciure de bois :

La sciure est le résidu généré par les dents de scie lorsque le bois est coupé. Dans le passé, il a été utilisé de manière limitée par l'industrie des pâtes et papiers.

La sciure de bois est un déchet de l'industrie du bois et du bois. Comme il possède une capacité de cuisson, il est normalement utilisé comme source de combustible dans les processus thermiques (biomasse). Il est également utilisé comme matériau isolant. **(Demir, 2008 ; Duchan et Kopar, 2001 ; Low et al., 1984).**

III.3.1. Composition chimique :

Les principaux composants chimiques de la sciure de bois sont le carbone (60,8%), l'hydrogène (5,2%), l'oxygène (33,8%) et l'azote (0,9%). Le bois sec est principalement composé de cellulose, de lignine, d'hémicelluloses et de quantités mineures (5 à 10%) de matières étrangères **(Horisawa et al., 1999).**

III.3.2. Valorisation de la sciure de bois :

La sciure peut être utilisée comme substrat de base avec succès, mais toutes les sciures ne peuvent pas être utilisées pour faire pousser des champignons, les résineux peuvent être utilisés mais il est préférable d'utiliser de la sciure de bois dur. La sciure de pin n'est pas bonne car elle n'est pas facilement dégradable par le champignon. La production est le meilleur moyen d'utiliser la sciure, car de nombreux arbres peuvent être utilisés, l'eucalyptus est très bon pour la culture des champignons. Il faut faire attention à la taille des particules de sciure ; si elles sont trop fines, le bloc sera anaérobie. Il est important d'ajouter du gypse pour une bonne aération **Sbah et al., (2006).**

L'une des choses les plus importantes à noter est que la sciure seule ne peut pas donner lieu à des cultures commercialement viables, il est recommandé d'ajouter certains compléments nutritionnels, comme le son de blé, le tourteau de coton, le tourteau de soja et bien d'autres. Il est important de bien ajuster le rapport carbone/azote, il faut donc connaître la teneur en azote des compléments ajoutés. **Sbah. et al., (2006)**

III.4 Le carton :

Le carton est souvent issue de la filière de recyclage du papier et autres cartons. 60% du papier est recyclé ce qui participe à la fabrication de nouvelle caisse en carton. Dans ce cas, 91% de la cellulose provient de matière recyclée et 19% est de la fibre nouvelle issue de scierie ou de matériaux de forêt durablement gérée (Spyridon. et al., 2017)

III.4.1 Composition chimique du carton :

Le carton est formé par des feuilles de papier contrecollées. La composition du carton est très proche de celle du papier. Il est composé majoritairement de matériaux naturels. On y recense : de la cellulose, un agent collant et une charge. La cellulose est une macromolécule très répandue car elle représente la moitié de tout le carbone organique contenu dans les êtres vivants. Le carton est composé de 40 à 50% de cellulose. Ce sont les chaînes formées par les molécules de cellulose qui constituent la matière du carton. Les cartons de moins bonne qualité comporte de la lignine qui est un ingrédient des parois cellulaires végétales. La lignine offre la rigidité au carton, il s'agit d'un polymère qui est décomposé par les champignons du sol. Un agent collant empêche le carton de prendre l'humidité, il s'agit du sulfate d'aluminium (alun) ou de colophane extrait de la résine de conifères (Spyridon et al., 2017).

En plus de ses 3 composants principaux, le carton renferme du kaolin (silicate naturel), du gypse (sulfate de calcium) et du talc. Ils sont incorporés à la pâte pour réduire la porosité de la fibre ou donner de la blancheur. Pour donner son aspect au carton, on utilise de l'amidon provenant du blé, de l'orge, du maïs, de la pomme de terre, de la patate douce, du riz et du manioc principalement (Spyridon et al., 2017).

Au final, le carton n'est composé que de molécules issues du végétal que l'on rencontre à l'état naturel.

III.4.2 Avantage du carton :

Pourquoi le carton est-il un si bon matériau pour faire pousser les champignons

- C'est facile et bon marché.
- Il retient bien l'humidité.
- Le carton est un produit à base de bois, c'est donc une substance facile et familière à coloniser pour de nombreux types de mycélium.

- Les ondulations permettent un échange d'air. Un mauvais échange d'air peut empêcher le mycélium de coloniser, un problème avec des substances plus fines telles que la sciure de bois.
- Favorable pour la production (rendement).

IV. Conservation des champignons :

Les champignons frais ne se conservent que très peu de temps, ne dépassant rarement plus de 2 à 3 jours au frais pour la majeure partie des espèces comestibles. Afin de pouvoir profiter pleinement des fines saveurs des champignons à tout moment de l'année, il faut respecter quelques modes de conservation proposés par **Gévry et al., (2009)**.

IV.1 Le séchage

Le séchage est sans doute le plus vieux et le plus simple des modes de conservation. Bien séchés, les champignons se gardent durant des années (5ans), sans rien perdre de leur arôme en vieillissant **Gévry et al., (2009)**.

Première étape : Préparation des champignons

Les champignons sont nettoyés et couper en couches minces.

Deuxième étape : le séchage

Les champignons sont séchés à une température constante de 40-45°C, pour préserver la couleur et éviter le noircissement des tranches il ne faut pas dépasser 60 °C. De même à plus de 60°C, une modification des cellules des tranches, nuisant à la réhydratation subséquente.

Après un séchage 30 minutes à une heure à une température de 55°C, pour éliminer toutes les bactéries ou insectes qui auraient pu survivre les tranches de champignon sont conserver dans des pots ou des sacs hermétiques, car les champignons peuvent facilement se ré-humidifier. Idéalement, les champignons seront séchés dans un séchoir ou un déshydrateur alimentaire, mais il est également possible de les faire sécher sur une grille, une moustiquaire ou de les suspendre à une corde dans un endroit sec et bien aéré par un ventilateur. Assurez-vous de faire des tranches très minces afin d'assurer un séchage optimal. Avant la mise en pot, vous pouvez également étaler les champignons sur une tôle à biscuits et les réchauffer quelques

minutes au four en faisant attention à ne pas les cuire, il s'agit seulement d'éliminer toute trace d'humidité **Gévry et al., (2009)**.

IV.2 Transformation en marinades

Il faut tout d'abord blanchir les champignons (6 mois à 1 an), c'est-à-dire de les plonger dans une eau bouillante, assaisonnée de vinaigre et de sel, pour environ 10 minutes. On peut également les passer à la poêle avec quelques épices (thym, romarin, oignons émincés...) pendant quelques minutes, le temps de les ramollir un peu. Égouttez ensuite les champignons et déposez-les dans un bocal préalablement stérilisé. On recouvre le tout d'huile d'olive, et on ajoute une cuillère à café de vinaigre avant de fermer hermétiquement. Pour une conservation plus longue, on chauffe préalablement l'huile et stériliser le tout 20 minutes à 105°C. On peut également ajouter des épices. Cette méthode n'est toutefois pas recommandée à grand échelle pour le commerce.

IV.3 Congélation

(Conservation environ 6mois) Il est déconseillé de congeler les champignons crus. Pour optimiser la conservation, il est préférable de les faire cuire à feu vif dans une casserole quelques minutes. Egouttez-les ensuite dans une passoire et conservez-les dans des sacs de congélation **Gévry et al., (2009)**.

V. Les maladies et les insectes qui peuvent toucher les champignons

Les champignons peuvent être exposés à différentes maladies, insectes et bactéries ; ces maladies sont causées généralement par la contamination bactérienne et divers types de virus et moisissures, le grand dommage causé par les bactéries est la formation des taches jaunes sur le fruit, peuvent également provoquer la maladie connue sous le nom de Mummy où le fruit devient fibreux comme si elle a été momifiée **Ahmad et al., (2010)**.

Le fruit peut être attaqué aussi par des champignons parasites qui attaquent les fructifications au début ou ils les tuent ou réduisent leur qualité. La maladie la plus dangereuse du champignon est la moisissure humide. Quant aux virus, ils peuvent vivre dans le mycélium, et lorsqu'il infecte l'hôte, sa photosynthèse change à son avantage ce qui permet au virus de se multiplier à la place des cellules de l'hôte lui-même, ce qui provoque une diminution remarquable dans le rendement de fructification, comme il change aussi les formes du fruit. **Ahmad et al., (2010)**.

D'autre part les parasites tels que les mouches, les acariens et les nématodes consomment les parties du champignon et cela augmente les risques de contamination par divers microbes. Le champignon peut être infecté par des termites et un manque d'expérience entraîne une mauvaise culture ou une mauvaise sélection des matériaux de désinfection. Comme il n'est pas souhaitable d'utiliser des produits chimiques dans la pulvérisation de la ferme, il faut suivre des méthodes d'hygiène générales en utilisant des souches résistantes **Ahmad et al., (2010)**.

VI- Activités biologique des extraits de *Pleurotus ostreatus*

VI- Activité antioxydant de *Pleurotus ostreatus* :

VI.1 Molécules responsables de l'activité antioxydante :

Tous les végétaux contiennent des composés phénoliques (**Sarni et Cheynier,2006**), maintenant reconnus dans des domaines variés, notamment en pharmacologie à savoir la lutte contre l'athérosclérose, l'action anti cancérogène, et la forte action antioxydante grâce aux flavonoïdes par piégeage des radicaux libres en formant des radicaux moins réactifs, cette capacité est expliquée par leur propriété de donation d'un atome d'hydrogène à partir de leur groupement hydroxyle (**Zeghad, 2009**).

VI.2 Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante :

Actuellement, une grande diversité des méthodes analytiques pour la détermination de la capacité antioxydant est disponible. Ces analyses diffèrent entre elles en termes de mécanismes de réaction, oxydants et espèces cibles, états des réactions et la forme dont sont exprimés les résultats.

En plus, lorsqu'une de ces analyses est envisagée, cela engendre d'autres paramètres à prendre en considération tels que : le solvant, le temps de réaction et le pH (**Magalhaes et al., 2008**). Il est important d'indiquer ces méthodes en précisant leurs mécanismes.

VI.2.1. Piégeage du radical 1-1' diphényle-2-picrylhydrazyl (DPPH•) :

Cette méthode est également dite inhibition du radical DPPH. Dans cette analyse, le DPPH• de couleur pourpre est réduite par les antioxydants en hydrazine jaune pâle. La capacité de piégeage est généralement évaluée dans des milieux organiques en surveillant la diminution de l'absorbance à 515-528 nm jusqu'à ce que l'absorbance demeure constante. De nombreux auteurs ont utilisé cette méthode pour évaluer la capacité antioxydant de plusieurs espèces de

champignons. Dans l'ensemble, les extraits de champignon ont été préparés dans du méthanol ou de l'éthanol (Anno,2016).

VI.2.2. Piégeage du radical ABTS [acide 2,2'-azino-bis (3-éthyl-benz-thiazoline-6-sulfonique) :

En réagissant avec le persulfate de potassium ($K_2S_2O_8$), l'ABTS [acide 2,2'-azino-bis(3éthylbenz-thiazoline-6-sulfonique)] forme le radical $ABTS\cdot$ de couleur bleue à verte. L'ajout d'antioxydant va réduire ce radical et provoquer la décoloration du mélange. La décoloration du radical mesurée par spectrophotométrie à 734 nm est proportionnelle à la concentration en antioxydants. Cette deuxième méthode de piégeage de radicaux a été l'objet de détermination *in vitro* de la capacité antioxydante des extraits de champignons comestibles (Anno, 2016).

VI.2. 3 Capacité réductrice du fer :

Cette méthode désignée méthode FRAP en anglais (ferric reducing antioxidant potentiel), mesure la capacité des antioxydants à ramener le complexe ferrique de la tripyridyl-s-triazine 2.4.6 [Fe (III) - (TPTZ) $2]^{3+}$ intensément au complexe ferreux coloré par le bleu [Fe (II) - (TPTZ) $2]^{2+}$ dans un milieu acide. Les valeurs sont calculées en mesurant l'augmentation de l'absorbance à 595nm et en la rapportant à une solution étalon d'ions ferreux ou à une solution étalon d'antioxydants.

La méthode FRAP a été considérablement utilisée pour l'analyse *in vitro* des extraits de champignons comestibles (Anno, 2016).

VI.2.4 Décoloration du bêta-carotène (β -carotene bleaching method) :

Cette technique consiste à mesurer à 470 nm, la décoloration du bêta-carotène résultant de son oxydation par les produits de décomposition de l'acide linoléique. La dispersion de l'acide linoléique et du bêta-carotène dans la phase aqueuse est assurée par du Tween. L'oxydation de l'acide linoléique est catalysée par la chaleur (50°C) de manière non spécifique. L'addition d'antioxydants purs ou sous forme d'extraits végétaux ou fongiques induit un retard de la cinétique de la décoloration de la bêta-carotène. Cette méthode, bien que sujette au parasitage de composés absorbants dans la fenêtre spectrale du bêta-carotène à une interprétation pas assez aisée des données du fait que la bêta-carotène est elle-même est un

antioxydant, a été abondamment utilisée dans l'estimation in vitro de l'activité antioxydant des extraits de champignons comestibles (Anno, 2016).

VI.2.5 Inhibition de la peroxydation lipidique :

La peroxydation lipidique est un processus complexe et se produit en plusieurs étapes. Il est bien admis que les antioxydants retardent la peroxydation des lipides dans les aliments et les échantillons biologiques. Par conséquent, de nombreuses techniques sont disponibles pour la mesure du degré d'oxydation des membranes, des lipides alimentaires, des lipoprotéines, des acides gras, qui sont particulièrement utiles pour l'évaluation de la capacité antioxydant.

Le test de l'acide Thio barbiturique (TBA: thiobarbituricacid en anglais) est l'un des tests les plus anciens et les plus fréquemment utilisés pour la peroxydation lipidique. Un autre test utilisé est l'inhibition de l'hémolyse des érythrocytes à travers les radicaux peroxylibres (Ali et al., 2008).

VII. Activité antibactérienne de *Pleurotus Ostreatus*

VII.1. Mécanisme et molécules responsables de l'activité antibactérienne

Les polyphénols sont bien connus pour avoir des activités antimicrobiennes contre un grand nombre de bactéries pathogènes. Les polyphénols oxydés ont également une activité inhibitrice contre la croissance bactérienne. Le mécanisme de la toxicité des polyphénols contre les microbes peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (protéases et carbohydrases) ou à d'autres interactions pour inactiver les adhésines microbiennes, les protéines de transport de l'enveloppe cellulaire, les interactions non spécifiques avec les glucides, etc. (Karou et al., 2005).

Les polyphénols sont doués d'activité antimicrobienne importante, probablement dus à leurs diversités structurales. Les sites et le nombre des groupements hydroxyles sur les constituants phénoliques sont supposés être reliés à leur toxicité relative envers les microorganismes avec l'évidence que le taux d'hydroxylation est directement proportionnel à la toxicité. Leur activité est probablement due à leur capacité à se complexer avec des protéines extracellulaires et faire des complexes avec les parois cellulaires bactériennes. Les quinones et les flavonoïdes les plus lipophiles peuvent également rompre les membranes microbiennes. Les flavane-3-ols, les flavonols et les tannins ont reçu plus d'attention dû à leur large spectre et forte activité antimicrobienne par rapport aux autres polyphénols, à leur capacité de supprimer un nombre de facteurs de virulence microbienne telles que l'inhibition de la formation de

biofilms, la réduction de l'adhésion aux ligands de l'hôte et la neutralisation des toxines bactériennes ainsi qu'à leur capacité d'agir synergiquement avec certains antibiotiques (Ferdjioui, 2014).

VII.2. Méthodes de détermination de l'activité antibactérienne

VII.2.1. Méthode de diffusion en disque dans un milieu gélosé

La technique consiste à utiliser des disques de papier imprégnés des différents extraits, puis déposés à la surface d'une gélose uniformément ensemencés avec une suspension de la bactérie à étudier. Après incubation, les colonies se développent à la surface de la gélose laissant des zones d'inhibition autour des disques (Biyiti *et al.*, 2004).

VII.2.2. Méthode de dilution

Ces méthodes peuvent être appliquées en gélose ou en bouillon, à partir desquelles nous pouvons déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI). Il existe une relation simple entre les diamètres des zones d'inhibition et les CMI mesurées par les techniques de dilution. Cette relation, appelée droite de concordance ou droite de régression dont la zone d'inhibition correspond inversement à la CMI de l'essai (Azzi, 2016).

VII.2.2.1. En milieu liquide

L'inoculum bactérien est distribué dans des cupules (méthode de micro dilution) ou dans une série de tubes (méthode de macrodilution) contenant l'agent antimicrobien. Après incubation, la CMI est indiquée par le tube ou la cupule qui contient la plus faible concentration d'agent antimicrobien ou aucune croissance n'est visible (Azzi, 2016).

VII.2.2.2. En milieu solide

L'agent antimicrobien est incorporé dans un milieu gélosé coulé en boîtes de Pétri. La surface de la gélose est ensemencée avec un inoculum microbien à étudier. Après incubation, la CMI de chaque souche est déterminée par l'inhibition de la croissance sur le milieu contenant la plus faible concentration d'agent antimicrobien (figure 04) (Azzi, 2016).

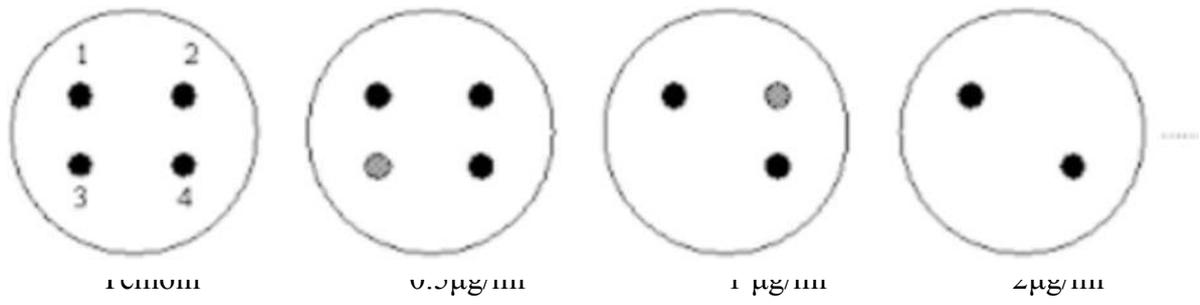


Figure 04 : Détermination de la CMI par dilution en milieu gélosé (Azzi, 2016).

Partie 1 : Culture de champignon

I. Matériel utilisé :

I.1. Matériel biologique :

Dans cette étude nous avons utilisé un mycelium que nous avons acheté chez un producteur de la commune Tagroudja, Semaoun wilaya de Béjaia, Algérie. C'est un mycelium de pleurotes gris (*pleurotes ostreatus*). (Figure 06)

La commune de Semaoun possède un climat méditerranéen chaud avec un été sec. (Figure 05). Selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Semaoun est de 17.8°C, la nuit les températures chutent à 14°C et les précipitations sont en moyenne de 733.1 mm Elle possède un taux d'humidité qui dépasse les 90% en hiver et descend jusqu'à 50% en été (weather avenue., 2021)



Figure 05 : Présentation géographique de la region de Tagroudja , à Semaoun (googl erthe)



Figure 06: Mycelium de *pleurotes ostreatus* utilis

I.2. Substrats utilisés :

Quatre substrats de culture ont été utilisés selon cette étude à savoir paille de blé, sciure de bois, marc de café et carton.

I.2.1.Paille de blé :

La paille de blé (figure 07), utilisée a été achetée chez un éleveur de bétail à Bejaïa ville. Comme la paille est très riche en matière carbonée qui constitue un excellent carburant pour les pleurotes, on a choisi celle qui est saine et de bonne qualité pour donner un bon rendement, afin d'éviter toute contamination avec des moisissures.



Figure 07 : Paille du blé neuve et saine

I.2.2.Sciure de bois :

La sciure utilisée (figure 08), a été achetée au niveau d'un atelier de menuiserie de la commune de Toudja, wilaya de Béjaia, Algérie.



Figure 08 : Sciure de bois fine

I.2.3.Marc de café :

Le marc de café utilisé a été collecté dans un café public. (Figure 09)



Figure 09 : Marc de café neuf

I.2.4. Carton :

Le carton utilisé a été collecté dans une boutique d'alimentation générale, après avoir choisi la partie intérieure pour s'assurer que ce dernier ne soit pas touché par l'encre utilisé pour le marketing et ce pour garantir un carton non toxique (figure 10).



Figure 10 : Le carton utilisé pour la culture des pleurotes

II. Méthode d'étude

II.1. Préparation du substrat de culture :

- **La paille :**

La paille a été coupée en petits fragments de 3 à 5cm, ensuite portée à ébullition pendant 30min en lui ajoutant 4% de chaux afin d'équilibrer le pH de substrat et le stériliser des bactéries et des moisissures acidophiles.

- **Le carton :**

Le carton a été coupé en petits morceaux, mélangé à 4% de chaux et portée à ébullition pendant 30min.

- **La sciure de bois :**

La sciure a été portée à ébullition avec 4% de chaux pendant 30min au minimum.

- **Le Marc de café :**

Le marc de café mélangé avec 4% de chaux a été stérilisé dans une couscoussière par la vapeur pendant 30 min

NB : Après stérilisation, les quatre substrats ont été égouttés et étalés sur du papier absorbant pour se débarrasser de l'excès d'eau tout en gardant une certaine humidité.

Les images suivantes figure 11 présentent les étapes de la préparation des substrats et leur stérilisation. Ce travail est réalisé au niveau du laboratoire de microbiologie alimentaire à l'université de BEJAIA.



Figures 11 : Les étapes de stérilisation des substrats utilisés pour la culture du pleurote.

II.2. Remplissage des boîtes (Lardage) :

Le substrat a été entassé en couche dans de petites boîtes en plastique trouées pour assurer l'aération, chaque couche est recouverte d'une quantité importante du mycélium, la quantité de lardage représente environ 10% du poids du substrat, une fois le remplissage et le lardage effectués, les trous ont été fermés avec du coton, les boîtes ont été couvertes d'un grand sac noir et mises en incubation dans un placard. Le processus d'incubation a été assuré à une température de 25°C à l'obscurité pendant 8 jours. Une fois les boîtes colonisées complètement par le mycélium, il est temps de préparer et suivre la fructification (figure 12)



Figure 12 : Les boîtes remplies et mise en incubation **Figure 13 :** Les boîtes après 8 jours

II.3. La fructification :

Lorsque le substrat est entièrement blanc, cela veut dire qu'il a été colonisé. Il est donc prêt à être déplacé pour initier la fructification. La fructification est par définition le développement d'un fruit, dans notre cas un champignon. Le processus de stimulation de la fructification se fait par :(figure 13)

1. Entraînement d'un choc thermique par abaissement brusque de la température jusqu'à atteindre moins de 16°C. Ce choc peut être effectué à l'aide des sacs de glace.
2. Eclairage entre 8 et 10 heures par jour avec une lumière blanche ou avec la lumière naturelle
3. Pulvérisation continue des sacs pour maintenir l'humidité entre 80 et 90%.
- 4 La durée d'incubation (poste récolte) peut varier de 2 à 3 semaines dans les conditions citées précédemment.

NB : Pour maintenir l'humidité entre 80 et 90%, les boîtes ont été déposées sur un carton mouillé et couvertes d'un sac transparent, avec pulvérisation continue (figure 14).



Figure 14 : Boîtes au moment de la fructification

II.4. La récolte des pleurotes :

Au bout d'une petite semaine, les fruits du Pleurote atteignent la taille adulte, ils sont détachés délicatement du substrat ou de la couverture par un mouvement circulaire. Une seule culture peut donner 3 à 4 récoltes avec des masses différentes.

➤ Pour une conservation optimale :

Le pleurote étant l'un des champignons les plus périssables, il faut le consommer dans les plus brefs délais. On pourra le conserver quelques jours au réfrigérateur, dans un récipient ou un sachet en plastique partiellement ouvert, afin de le laisser respirer

Dans le tableau V les photos illustrent les différentes étapes de culture sur les quatre substrats testés

Tableau V : Pleurotes cultivés sur différents milieux.

Substrat	Début de la fructification	La fin de la fructification
Paille de blé		
Sciure de bois		
Carton		
Marc de café		
Sciure de bois + marc de café		

Le fruit cueilli est utilisé ensuite pour effectuer des analyses physicochimiques au niveau du laboratoire.

Partie 2 : Analyse physicochimique et quantitative

III. Analyses effectuées sur *Pleurotus ostreatus* :

III.1. Détermination du pH :

Le pH a été déterminé en utilisant un pH-mètre (figure 15), préalablement étalonné par des solutions tampon pH 4 et pH 7. Un gramme du broyat de champignon a été introduit dans 10 ml d'eau physiologique. La valeur du pH a été lue à 24,8°C (AOAC., 1995).



Figure 15 : pH-mètre

III.2. Détermination de l'acidité titrable :

Pour la réalisation de cette manipulation, 5g de champignon ont été broyés et homogénéisés dans 50 ml d'eau distillée. Le broyat a été filtré sur du papier filtre.

Le filtrat a été titré sous agitation par la solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N), en utilisant une solution à 0,1 % de phénolphaléine comme indicateur. Le volume de NaOH (0,1 N) nécessaire à la neutralisation des acides présents et la déterminé. L'acidité est exprimée en acide citrique, donnée par la relation suivante (figure 16) (Capita et al., 2006)

$$\text{Acidité (\%)} = V \times 0,9$$

Avec ; **V** : volume de NaOH utilisé.

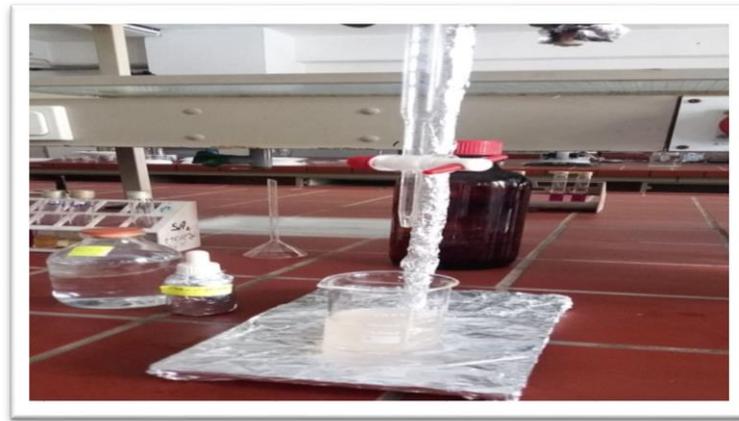


Figure16 : Le dosage de l'acidité titrable

III.3. Taux d'humidité :

La méthode de séchage à l'étuve est une méthode thermogravimétrique (perte par dessiccation) où l'échantillon est séché à température constante pendant une durée définie (figure 18). La teneur en humidité est déterminée en pesant l'échantillon avant et après le séchage et en calculant la différence par la formule suivante :

$$\mathbf{H(\%) = (P_0 - P_1/P_0) \times 100}$$

Avec ; H : taux d'humidité

P0 et P1 : le poids de l'échantillon avant et après séchage.



Figure 17 : Pleurotes séchés dans l'étuve pour la mesure de taux d'humidités

III .4. Détermination du taux de cendres :

1 g de champignon a été pesé avec précision dans un creuset. Le creuset a été placé dans un four à moufle (figure18) pendant environ 5~6 heures à 545°C, il a ensuite été refroidi dans un dessiccateur et pesé.

Pour s'assurer de la fin de la carbonisation, la cendre doit être presque blanche ou blanc grisâtre. Ensuite, les cendres totales ont été calculées comme suit :

Teneur en cendres% = Poids des cendres/poids de l'échantillon prélevé × 100 (Raghuramulu et al., 2003)



Figure18 : Le four à moufle

III.5. Dosage des protéines :

La teneur en protéines dans l'extrait aqueux de *Pleurotus ostreatus* est mesurée par la méthode de Lowry.

La méthode de Lowry est une autre méthode de dosage colorimétrique des protéines, complémentaire à celle de Biuret. En effet, la protéine réagit tout d'abord avec le réactif cuivrique alcalin (réactif de Gornall de la méthode du biuret), puis un second réactif dit phosphotungstonybdique (réactif de folin ciocalteu) est rajouté. Ce réactif permet la réduction des acides aminés aromatiques (tyrosine et tryptophane) conduisant à la formation d'un complexe coloré bleu foncé dont on mesurera l'absorbance à 750 nm.

- **Mode opératoire :**

Préparation de l'extrait :

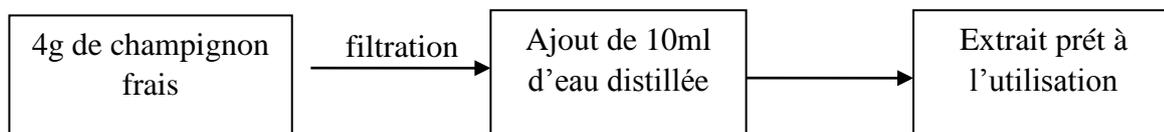


Figure 19 : Le protocole de préparation de l'extrait

A partir d'une dilution au 1/10 du l'extrait :

-Prélever 0,4 ml et ajouter 2ml du réactif de Gornal.

-Agiter et laisser reposer 10min.

-Ajouter 0,2 ml du Folin- ciocalteu, incubation pendant 30min.

-Centrifugation pendant 5min à 3000tr /min

- Lecture à 750nm

Le taux de protéine est exprimé en mg E BSA/g de champignon frais à partir une courbe d'étalonnage (fig. annexe)

III.6. Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait.

- **Mode opératoire :**

- **Extraction des polyphénols :**

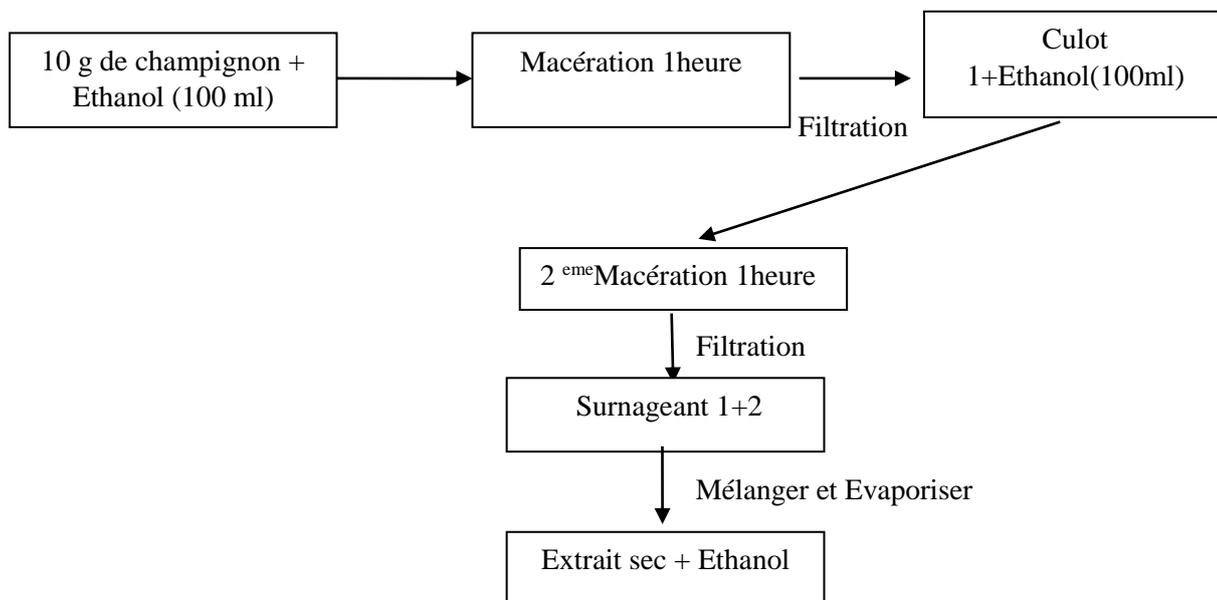


Figure 20 : Etapes de l'extraction des polyphenols par macération

- **Protocole de dosage :**

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par **Singleton et Ross, 1965**

- 200µL de l'extrait dilué en 1/10

- on ajoute 800µl de carbonate de sodium (Na_2CO_3) 7,5% et 100 µl de folin ciocalteu dilué 10 fois

- Mettre en incubation pendant 30 min et faire une lecture de l'absorbance à 765 nm.

La teneur en polyphénols est exprimée en mg EAG/ g de champignon frais à partir d'une courbe d'étalonnage (fig. annexe)

III.7. Dosage des flavonoïdes :

Le réactif utilisé est le chlorure d'aluminium (AlCl_3 , 2 %). Le principe de la méthode repose sur l'oxydation des flavonoïdes par ce réactif, entraînant la formation d'un complexe jaune qui absorbe à 430 nm. La comparaison de l'absorbance observée à celle obtenue par un étalon de quercétine de concentration connue permet d'évaluer la teneur totale en flavonoïdes.

- **Mode opératoire : Bahuran et al., (1997)**

-On prélève 1ml de l'extrait dilué à 1/10 et on rajoute 1ml de AlCl_3 (2% méthanol)

- incubation 30min

- lecture d'absorbance à 430nm

La teneur en flavonoïdes est exprimée en mg EQ/ g de champignon frais à partir d'une courbe d'étalonnage (fig. annexe)

III. Résultats et discussion

III.1. Détermination du pH

Le pH est un paramètre essentiel en raison de la manière dont il affecte les caractéristiques des aliments, telles que la texture, la saveur, les arômes, etc. Le pH joue un rôle crucial dans l'inhibition de la croissance des microorganismes.

Dans le cas du champignon *Pleurotus ostreatus* son pH est de 6,04 à T= 24,8°C.

On constate que ce champignon est légèrement acide, proche de la neutralité, donc il est facilement périssable, et c'est pour cela qu'il doit être correctement conservé après sa récolte.

III.2. Acidité titrable :

Selon les analyses effectuées au niveau du laboratoire, le champignon *pleurotus ostreatus* a un taux d'acidité de 0,08 qui signifie que les pleurotes sont très faiblement acides ce qui confère aux pleurotes leur texture veloutée et leur saveur douce et délicate cuits ou frais.

III. 3. Taux d'humidité :

La teneur en eau des aliments peut avoir un impact important sur des facteurs tels que le goût, la texture, l'apparence, la forme, et le grammage du produit. Elle a des implications sur des conditions permissibles et marquantes, des conditions économiquement importantes, la durée de conservation de la nourriture ou des produits alimentaires, des mesures de qualité des produits, et des fonctionnements de transformation des denrées alimentaires.

Le taux d'humidité trouvé dans *pleurotus ostreatus* est 87,83 % \pm 0,45 ce résultat est proche de celui trouvée par (Balazs, 1979) sur la même espèce qui est égal à 84,2 %.

D'autre part Luo et Lin, (1999) ont obtenu un résultat plus élevé pour des *Pleurotus ostreatus* cultivés sur la paille de blé soit 92,5 %, ce résultat est très proche et semblable au résultat trouvé par OKA et al., (2020) pour l'espèce *Pleurotus geesteranus* qui est égal à 90,1 % \pm 0,0.

Le taux d'humidité différent entre les espèces selon les conditions de culture et les conditions environnementales.

III.4. Cendres totales

Dans le domaine de la nutrition, l'expression cendres totales désigne la partie minérale solide d'un échantillon alimentaire par opposition à sa partie organique.

La masse correspondante est déterminée par pesée du résidu obtenu après minéralisation, c'est-à-dire par calcination de l'aliment à 550 °C environ pendant une durée déterminée par un protocole spécifique. Ce résidu contient des sels minéraux tels que le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium et des oligo-éléments tels que le fer, le zinc, le manganèse, etc.

La teneur en cendre totale dans le champignon *Pleurotus ostreatus* étudié est de : (13,7 ± 4,8)%. Cette valeur est relativement plus élevée que celle trouvée par **Luo et Lin, (1999)** qui est égal à 7% pour la même espèce de pleurote cultivée sur la paille de blé.

OKA et al., (2020) a trouvé un résultat proche et semblable à celui de **Luo et lin 1999** ; soit (8,0 ± 0,0)% pour une autre espèce de pleurotes au Côte d'Ivoire (*pleurotus geesteranus*).

Dans une autre étude sur deux espèces de champignon ; *Termitomyces letestuiet Volvariella volvace* effectuée par **Kouame et al ., (2018)**, signalent un résultat semblable au notre (12,36 ± 0,14) pour la première espèce et une teneur plus élevée (27,87 ± 0,62)% pour la deuxième espèce.

Le pourcentage en cendres varie d'une espèce à une autre, ainsi que de la région et le substrat où il est cultivé (**Anonyme 2021**).

Un taux de cendres élevé signifie une richesse en élément minéraux. Par ailleurs l'espèce *pleurotus ostreatus* est relativement riche en éléments minéraux comme le phosphore, le potassium, le zinc et le fer ...etc. (**Lidier, 1999**)

III.5. Teneur en protéines totales

Les protéines sont des macromolécules constituées par l'association d'acides aminés unis entre eux par une liaison peptidique (**Tardif., 2000**).

Les champignons sont plus riches en protéines que la plupart des légumes frais dont le taux se situe plutôt entre 1 et 2% du poids frais. Les protéines contenues dans les champignons sont riches en acides aminés essentiels (lysine, leucine, ...) mais certains, comme le tryptophane, restent cependant déficitaires. (**Vetter, 1998**). Un chercheur hongrois, a démontré que la moitié des acides aminés des protéines fongiques pouvaient être essentiels (**Tardif, 2000**). Ainsi les russules ont une valeur protéique en poids sec de 15% dont 49% d'acides aminés essentiels. Les psalliotes possèdent jusqu'à 24% de protéines par rapport au poids sec dont 46% d'acides aminés essentiels. Les acides aminés soufrés comme la méthionine et la cystine sont également bien

représentés en comparaison aux légumes frais ; ainsi que l'acide glutamique, bien connu des industriels comme exhausteur de goût, correspondant à la saveur umami (traduit par « savoureux ») dans la cuisine asiatique. Les champignons sont donc des aliments intéressants à utiliser en association (fromage, algue,...) pour avoir un apport protéique équilibré notamment dans les régimes végétariens (**Petrovska, 2001 et Reis et al., 2012**).

Cependant, les protéines fongiques, bien que considérées plus proches des protéines animales que végétales, ont une valeur biologique inférieure aux protéines issues du règne animal ; et bien qu'aillant une teneur protéique intéressante (environ 3% du poids frais), les champignons seuls ne peuvent remplacer la viande (environ 20% du poids frais) dans notre alimentation (**Bernaś et al., 2006**).

La teneur en protéine de champignon type *Pleurotus ostreatus* est de $13,68 \cdot 10^{-3}$ Eq g QSA/ g MF.

D'autre part une étude qui a été réalisée par **Chang et al., 1981** sur la même espèce à trouver $30,4 \cdot 10^{-2}$ g Eq g de BSA /g de MS

la teneur en protéine varie entre $13,68 \cdot 10^{-3}$ et $30,4 \cdot 10^{-2}$ Eq de BSA pour 1g de champignon séché. Cette variation est vraisemblablement liée aux différences physiques et chimiques du milieu de culture, à la nature et la composition du substrat et le stade de récolte. En outre, les résultats peuvent également varier en fonction des méthodes d'analyses (sensibilité, spécificité ...) utilisées et des conditions de culture.

Par ailleurs, la teneur en protéines totales du *Pleurotes* conservé diminue au cours du temps, c'est à dire, plus le champignon est conservé moins il en contient (**Mohellebi, 2018**).

III.6. Teneur en polyphénols totaux

Il s'avère que les champignons représentent une source d'antioxydants. On retrouve principalement des composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes), des tocophérols, acide ascorbique... (**Houis, 2011**).

Semblable à d'autres champignons, *Pleurotus ostreatus* comprennent une propriété antioxydante, cette activité est due à leur richesse en composés antioxydants comme l'acide ascorbique, flavonoïdes, caroténoïdes et acides phénoliques en raison de leur capacité à piéger les radicaux libres (**Laith, 2010**).

Les analyses effectuées ont montré que la teneur en polyphénols du pleurote cultivé est de : $6,44 \pm 0,30$ mg EAG /1g d'MF.

Une autre étude effectuée par **MBANG et al., 2020** menée sur d'autres espèces de champignons pleurotes qui sont *pleurotus polmonarius*, *pleurotus floridanus* et *pleurotus sajor-cajuont* présentent des résultats semblables au nôtre avec ; 6.65 ± 0.94 , 12.55 ± 2.47 , 8.59 ± 0.61 mg EGA /1g d'ES.

Ces résultats confirment que les champignons sont une très bonne source de polyphénol donc d'antioxydants qui sont important pour l'homme.

III.7. Teneur en flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été établie en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y=ax$) réalisé par un standard étalon qui est la quercitrine, Les résultats sont exprimés en microgrammes équivalent de quercitrine par milligramme d'extrait (mg EQ/g ES).

La teneur en flavonoides du pleurote cultivé est de $4,56 \pm 0,020$ mgEQ/g ES.

Un résultat similaire au notre a été rapporté par **Heleno et al., (2015)** sur la même espèce de pleurote avec une teneur de l'ordre de $3,3$ mg EQ/g ES.

Les résultats ce diffèrent entre les auteurs pour différent raison, on site par exemples la différence entes les espèces étudiée et des méthodes d'analyse et leurs sensibilités.

Conclusion

La formulation d'un substrat de culture est une étape cruciale dans la culture de Champignons comestibles et influe significativement sur les rendements. Les résultats de notre étude nous permettent d'affirmer que sur les substrats paille de blé, sciure de bois, et carton, le champignon a réussi contrairement au marc de café où il n'y a pas eu de fructification à cause de la contamination par les moisissures.

Les principaux obstacles rencontrés au cours de la culture de *Pleurotus ostreatus* sont liés à l'absence d'un système de climatisation dans la salle de culture.

Au terme de cette étude, nous pouvons affirmer que les résidus agricoles, comme cela a été signalé par de nombreux chercheurs, peuvent constituer une source de matériels à valeurs ajoutées. C'est ce que nous avons appliqué au carton, sciure de bois, marc de café et à la paille de blé.

Cette valorisation de résidus agricoles, généralement sources de pollution, par la culture de champignons comestibles, en plus des champignons produits destinés à l'alimentation humaine, les résidus de cette culture peuvent être, à leur tour, valorisés en les utilisant comme engrais ou être intégrés dans l'alimentation animale ...

En effet, suite à cette étude, les champignons récoltés ont été soumis à la recherche de taux de protéines, polyphénols et flavonoïdes. D'après l'analyse des résultats, nous pouvons conclure que les Pleurotes sont une excellente source de protéines, polyphénols et flavonoïdes. D'autres recherches seraient intéressantes à envisager parmi les nombreuses propriétés pharmacologiques attribuées à *Pleurotus ostreatus*, comme les activités anticancéreuses, des activités anti-cholesterol et des activités antioxydantes et l'activité antimicrobienne contre les bactéries Gram+ et Gram- de leur extrait

Alam N., Amin R., Khan A., Ara, I., Shim M.J., Lee M.W., lee, T.S., 2008. Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh – *Pleurotus Ostreatus*, *Pleurotus sajarcaju*, *Pleurotus Florida* and *Calocybe indica*. *Microbiology*, 36: 228-232.

Ali S S., Kasoju N., Luthra A., Singh A., Sharanabasava H., Sahu A., Bora U., 2008. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Research International*, 41: 1-15.

ANNO H., Fourier A., 2016. quatre champignons saprophytes comestibles du centre de la Cote D'Ivoire : Etude Socio-alimentaire, caractéristiques chimiques et potentialités antioxydantes; thèse de doctorat en Biochimie ; Université Nangui Abrogoua ; Cote D'Ivoire

Arzani K ., Boussioud Ch., 2018. la multiplication des *pleurotes ostreatus* sur différents substrats cellulose issus de déchets agro-alimentaire » ; mémoire de master en mycologie et biotechnologie des champignons ; Université des Frères Mentouri Constantine.

Athamena S., 2009. Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *Cuminum cyminum* et les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et l'évaluation de l'activité biologique. Mém. De Magister : Biochimie Appliquée. Faculté des Sciences de l'Université El-HADJ LAKHDAR Batna.

Azzi M., 2016. Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne de *Lavandula multifida.L* ; Mémoire de master en microbiologie appliquée ; Université de Tlemcen.

Barros L., Baptista P., Correia D. M., Casal S., Oliveira B., Ferreira I. C .F . R., 2007. Fatty acid and sugar compositions and nutritional value of five Wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chem.*, 105 : 140-145.

Belkbir Z., 2007. Valorisation des déchets agro-alimentaires cas des grignons d'olives, Mémoire de magister option technologie alimentaire, Université M'HAMED Bougara, Boumerdes.

Blandeau E., 2012. Etat des lieux du potentiel anticancéreux de neuf champignons macroscopiques. Thèse Doctorat, Univ. Angers, France : 112.

Bouchoux G., Sablier M., 1999. Spectrométrie de masse – Principes et appareillages. In *Techniques de l'ingénieur*. Paris : Editions T.I.

Boulmerka A ., Laoufi O., 2017. Essai de multiplication et culture de champignons pleurote à échelle du laboratoire, Mémoire de master en science biologiques, Université des frères Mentouri, Constantine.

Bram Van N., 2007. La culture des champignons à petite échelle-2, édition (fondationagromisa et CTA), Wageningen.

Cannon P.F., Kirk P.M., 2007. Fungal Families of the world. CABI Publishing Series: 456.

Carlile M.J., Watkinson S.C., 1994. The fungi, Academic press, London, 1-8. **CGAAER,** Diversification de la ressource protéique en alimentation humaine et animale État des lieux et perspectives Établi par Claire GAUDOT, François VEDEAU, Éric BARDON .rapport du Conseil Général de l'alimentation de l'Agriculture et des espaces ruraux(CGAAER) Rapport n° 18079.

Chang, S.-T., O.W.,Cho, K.Y.,1981. The cultivation and nutritional value of *Pleurotus sajor-caju*. European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology 12 : 58-62.

Chasseur C et Nolard N., 2003. Les champignons de l'habitat, introduction à la mycologie, pour la santé, expertises, Institut scientifique de la santé publique : 3-15.

Cheikh E., 2010. Effet de différents modes de séchage sur la stabilité des qualités nutritionnelles et microbiologiques du grignon d'olive durant 3 mois de stockage, mémoire de magister en biologie option physiologie de la nutrition et de la sécurité Alimentaire, Université Es-Senia, Oran.

Cherinang. P., Intarapichet, K.-O., 2009. Amino acids and antioxidant properties of the oysters mushrooms, *pleurotus ostreatus* and *pleurotus sajor-caju*. Science Asia 35: 326-331.

Deepalakshmi K., Sankaran M., 2014. *Pleurotus ostreatus*, an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties, Journal of Biochemical Technology 5: 718-726.

Delmas J., 1989. Les champignons et leur culture. Culture actuelle et potentielle des champignons supérieurs. La Maison Rustique : 940

FERDJIUIS ; 2014. Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits méthanoliques et de l'huile essentielle de la plante *Mentha rotundifolia* ; Mémoire de Magister en Biologie Université Ferhat Abbas ; Setif.

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

Gévry M-F., 2011. Evaluation du potentiel en champignons forestiers comestibles du Lac-Saint-Jean. Rapport final, Québec :55.

Gévry M-F., Simard D., Roy G., 2009. Champignons comestibles du Lac-Saint-Jean. Bibliothèque et Archives, Canada : 67.

Ghezal L., chemam H., 2017. Recherche d'activités antioxydants et antibactériennes chez une souche locale de champignons comestibles cultivée sur certains résidus agricoles. mémoire de master en chimie pharmaceutique, université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou

Guéguen J., Walrand S., Bourgeois O., 2016. Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humaine. Cah Nutr Diététique, 51 :177-85.

Guzman, G., 2000. Genus *Pleurotus* P. Kumm. (Agaricomycetidae): diversity. Taxonomie problems, and cultural and traditional medicinal uses, Int. J. Med. Mushrooms, 2:95-123.

Iwalokun et all., 2007. Comparative phytochemical evaluation, antimicrobial and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus*, article du Journal africain de biotechnologie, édition academic journals.

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. 42:183-91.

Jean B. Naissance d'un champignon, page champ Yves le site aux mille champignons en consultant ce site [https://champyves. Pagesperso-orange.fr](https://champyves.pagesperso-orange.fr).

Jeguirim M., Limousy L., Dutournie P., 2014. Pyrolysis kinetics and physicochemical properties of agropellets produced from spent ground coffee blended with conventional biomass. Chemical Engineering Research and Design, Vol 92: 1876-1882.

Jennings. D. H. ., Lysek. G. 1996. Fungal biology: understanding the fungal Life style, BIOS Scientific Publishers, Guildford.

Kalmis E., Nuri A., Hassan 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.

Karou D., Dicko M. H., Simporé J., Yameogo S., Sanon S. et Traoré A. S. 2005. Activités antioxydantes et antibactériennes des polyphénols extraits de plantes médicinales de la Pharmacopée traditionnelle du Burkina Faso. Maitrise des procédés en vue d'améliorer la Qualité des aliments, utilisation des OGM, analyse des risques en agroalimentaire. 8-11 Novembre. Ouagadougou.

Konstantinos P., Simona G., Ajay M., Nigel P. Bruntona., James G., Lynga., Jean J ., Deep J., 2020. Recovery of ergosterol and vitamin D2 from mushroom waste - Potential valorization by food and pharmaceutical industries”, article Tendances en science et technologie alimentaires, Edition Elsevier.

Larpen J. P., 1997. Microbiologie alimentaire. Technique de laboratoire. ED. Lavoisier, paris : 390.

Lecler J.CH., Rachard-Molard J., Lamotte M., Rougerie G., Portères R., 1980. Recensement des végétaux vasculaires des Monts Loma (Sierra Léone) et des pays de piedmont. Première partie : Annonacées-ombellifères. Boissiera 32 :301 .

Limousy L., Jeguirim M., Dutournié P., Kraiem N., Lajili M., Said R., 2013. Gaseous Projects and Particulate matte remissions of biomass residential boiler fired with spent coffee grounds pellets. Fuel, vol 107 :323-329.

Lucereau J ., 2016. Les écritures de la faim : éléments pour une ontologie de la faim ; thèse de doctorat en littérature générale et comparé ; Université Sorbonne Nouvelle ; Paris.

Lutzoni, F., Pagal, M. and reelo, V ; Major Fungal. Lincges are derived. From lichen Symbiotic ancestors. Nature., 411:937-940, 2004.

Magalhaes L. M., Segundo M. A., Reis S., Lima J., 2008. Methodological aspects about *in vitro* evaluation of antioxidant properties. Analytica Chi mica Acta, 613: 01-19.

Mahroug H., 2010. Contribution à l'étude de certaines protéines allergènes alimentaires d'origine végétale et détermination de relations entre différents paramètres physico-chimiques ; mémoire de magistère en biotechnologie végétale ; Université Mentouri ; Constantine.

Benamar M., Savoie J.M., Chavant L., Lebsir R., 2007. Valorisation du marc de café brut par la culture d'une souche locale de champignon comestible, *pleurotus ostreatus*. Science, Technologies. Développement ANDRU 2:102-116.

Benamar M., 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.

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.

Benamar M., Aoudia S., Khouja 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.

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 Végétales, Département de Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou :257.

Marouf A., Ynaudj R., 2007. La botanique de A à Z 1662 définitions Edition dunod.

Maublanc A., 1976. Les champignons comestibles et vénéneux, 6ème Edition, Le Chevalier : 107.

Mouhellebi N., 2018. Culture et conservation du champignon comestible –*pleurotus ostreatus* Mémoire de master en technologies alimentaire, université des frères Mentouri, Constantine.

Monnier G., Courtecuisse R., 1997. Guide de poche des champignons. Delachaux et Nieste : 88.

Mussatto S.I., Carneiro L.M., Silva J.P.A., Roberto I.C., Teixeira J.A., 2011. A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers*, vol 83 : 207-211.

NASRAOUI B., 2006- Les champignons parasites des plantes cultivées. Biologie, systématique, pathologie, maladie. Centre de publication universitaire. Tunisie.

Nwe N., Stevens W.F. 2008. Production of chitin and chitosan and their application in the medical and biological sector. In *Recent Research in Biomedical Aspects of chitin and chitosan*. Ed H., Research Signpost, India. Tamura :161-176

Oei P., 1993 La culture des champignons Collection « le point sur » Guide technique Traduction Christine Nédelec, Révision Jean Laborde Ministère Français de la Coopération catatoolgret :320

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

Pagnanelli F., Toro L., Veglio F., 2002. Olive mill solid residues as heavy metal sorbent : a preliminary study. Waste Manag. 22(8) : 901-907.

patricia.A., fontes v., et al 2013. Antioxidant activities, total phenolics and metal contents in Pleurotus ostreatus mushrooms enriched with iron, zinc or lithium. article en technologie et science alimentaire, édition Esleiver.

Peter O., Bram Van N., 2005. La culture des champignons à petite échelle pleurotes shitakes et auriculaires, Edition Fondation Agromisa et CTA, Wageningen.

Philippe S., 2006. Protistes Eucaryote origine, Evolution et Biologie des Microbes Eucaryote cours destinés aux Etudiants de Master1 et Master2 de Microbiologie, université Paris Diderot, Paris.

Philippoussis A.N., 2009. Production of mushrooms using agro-industrial residues as subtrates : in P.Singh nee' Nigam, A. Pandey (eds), Biotechnology for agro-industrial residues utilization. Springer Science+Business Media B.V : 163-196.

Rayner R., 1979. Les champignons de nos régions » , Edition(bordas / elsevier).

Rebahi I., Kheloufi F., 2015. Recyclage et traitement des rejets d'huilerie ; mémoire de master en chimie durable et environnement. Université Akli Mohand Oulhadj ; Bouira .

Regis C., Bernad D., 2013. Champignons de France et d'Europe, Edition de la chaux et Niestlé, Paris.

Rodriguez G., Lama A., Rodriguez R., Jiménez A., Guillén R., Bolanos J.F., 2008. Olive

stone an attractive source of bioactive and valuable compound. *Bioresource Technol.*, vol 13,5261-5229.

Romagnesi H., 1995. Atlas des champignons d'Europe. Ed.Bordas, Paris, p290.

Savadogo A., 2007. La malnutrition chez les enfants de 0-5 ans à l'hôpital Nianankoro Fomba de Séjour ; Thèse de docteur en médecine ; Université de bamako ; Mali.

Schlienger J-L., 2017. Existe-t-il un modèle alimentaire optimal Médecine Mal Métaboliques. 11(3) :266-71.

Thibault M., Tweddell R.J., 2016. Champignons : molécules bioactives d'intérêt médical et pharmacologique (Québec, Canada : MultiMondes).

Thomas H., Extraction des mycoprotéines par ultrasons, Article publié par le site Hielscher ultrason technology (www.hielscher.com).

jayakumar T., et al ., 2009. In-vitro antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. Article en science alimentaire innovante et technologie émergente, édition Esleiver.

Singleton V.L., Rossi J.R., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphothungstic acid *Am.J.Enol.Vitic*, ,Vol.(16):144.

Wollenberg., 2018. Le régime végétarien : apports en protéines et effets sur le risque cardiovasculaire Morgane Wallenberg.

Yang J.-H., Lin H.-C., Mau J.L. 2002. Antioxidant properties of several commercial mushrooms. *food Chemistry*,77 : 229-235.

Yunxia z., et al., 2012. Characterization and in vitro antioxidant activities of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus*, revue internationale des macromolécules biologique, edition esleiver.

Zeitoun R., 2011. Procédés de fractionnement de la matière végétale. Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé. Thèse Doctorat de l'Université de Toulouse (France), Institut National Polytechnique de Toulouse, Sciences des Agro-ressources : 288.

Zeghad N. 2009. Etude du contenu poly phénolique de deux plantes médicinales d'intérêt Économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité Antibactérienne. Mémoire de magister : Biotechnologie végétale. Faculté des sciences de la Nature et de la vie de Constantine.

Référence numérique :

http://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/static/qc/les_champignons_comestibles

<http://www.lycaeum.org/drugs.old/plants/mushrooms/french/manuel/tous.htm>

Résumé

Pleurotus Ostreatus est un champignon appartenant aux Basidiomycètes. Il est de plus en plus cultivé pour ses vertus nutritives et médicinales. Sa culture est possible sur plusieurs substrats Agricoles. Vue la courte durée poste-récolte de ce champignon, plusieurs méthodes de conservation sont possibles pour prolonger sa durée de vie. Dans notre étude nous avons réalisé une culture de pleurotes sur des déchets agroalimentaires (la paille de blé, le marc de café, la sciure de bois et le carton). Nous avons noté que les champignons se développent bien sur tous les substrats sauf pour le marc de café. Après la récolte, on a procédé à une analyse physicochimique pour déterminer la qualité nutritionnelle de ce champignon *pleurotus ostreatus*. Les résultats obtenus montrent la richesse du pleurote en protéines ($13,68 \cdot 10^{-3}$ et $30,4 \cdot 10^{-2}$ Eg de BSA pour 1g de champignon séchés), en polyphénols ($6,44$ mg d'AGE /1g d'EX $\pm 0,30$) et en flavonoïdes ($4,56 \pm 0,020$ mg EQ/g ES).

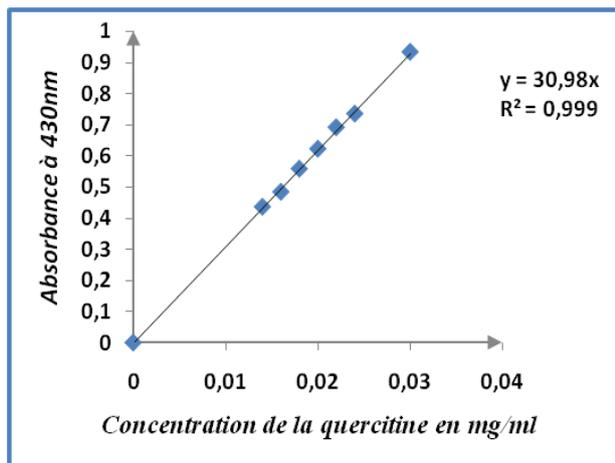
Mots-clés : culture, déchets agroalimentaires, fructification, mycélium, *pleurotes ostreatus*, protéines, valeur nutritionnelle

Abstract

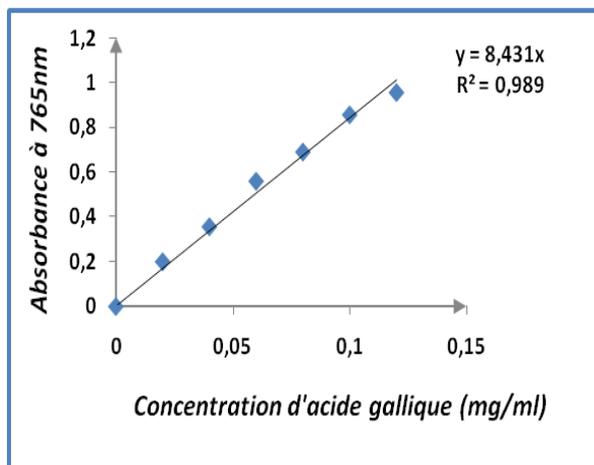
Pleurotus Ostreatus is a mushroom belonging to the Basidiomycetes. It is more and more cultivated for its nutritional and medicinal virtues. Its culture is possible on several substrates Agricultural. Considering the short post-harvest period of this mushroom, several conservation methods are possible to extend its life. In our study, we have carried out a culture of oyster mushrooms on agri-food waste (wheat straw, coffee grounds, sawdust and cardboard). We noted that the mushrooms grow well on all substrates except for coffee grounds. After harvesting, a physicochemical and quantitative analysis was carrying out to determine the nutritional quality of the mushroom *pleurotus ostreatus*. The results obtained show the richness of oyster mushrooms in protein (between 13 and 30 for 1g of dried mushroom), polyphenols (6.44 mg EFA /1g EX ± 0.30) and flavonoids (4.56 ± 0.020 mg EQ/g EX).

Keywords: agri-food waste, culture, fruiting, mycelium, nutritional values, *Pleurotus ostreatus*, proteins.

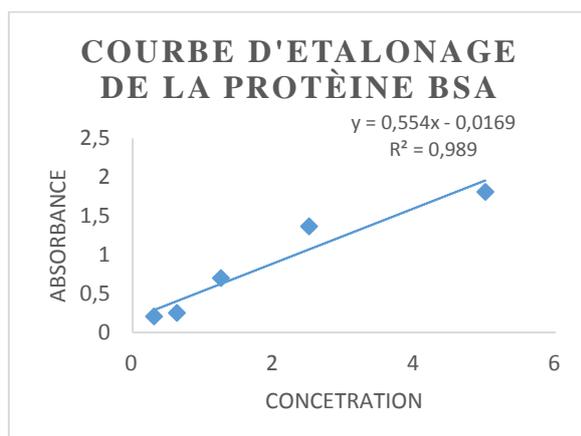
Annexes:



Courbe d'étalonnage des flavonoïdes



Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux



Courbe d'étalonnages des protéines totaux

