

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA de BEJAIA

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en

Génie des procédés
Option : génie alimentaire

Thème

Etude d'un champignon comestible de types pleurotus ostreatus et résultat de sa culture sur le grignon d'olive et le marc de café.

Présenté par :

AISSOU Sonia.

BENSAFIA Assia.

Encadré par:

M^{me} **BEY.Z**

Soutenu le 29/09/2020

Devant le jury composé de :

Président

Examinatrice

Promotrice

M^r. FATMI Sofiane

M^{me}. CHIBANI Nacera

M^{me} BEY Zakia

Maitre de conférences B

Maitre de conférences B

Maitre-assistant A

Promotion septembre 2020

AVANT-PROPOS

Ce mémoire a été rédigé en pleine pandémie du COVID-19.

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 BEY Zakia 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 remercions notre Co-promotrice Madame MOHELLEBI Nassima pour ses conseils.

Nous tenons à remercier aussi mademoiselle BELHAMEL Chiraz pour son aide tout au long de ce travail.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants de la faculté Génie des Procédés, particulièrement, les enseignants de notre département Génie 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 frère Sammy et ma sœur Manel

Avec tous mes vœux de santé, de bonheur et de réussite.

A ma chère tante Souhila

Qui m'encourage toujours et qui m'a beaucoup aidé.

A tous les membres de la famille AISSOU et SAIDANI

Avec mon profond respect et mon affection.

A mes amis Abdennaceur, Amel, Assia, Hanna, Ouardia et Les deux Massinissa

Auxquels 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.

Sonia

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 mes chère frères et sœurs particulièrement wahiba pour leur aide et leur soutien durant tout ce travail.

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

A ma belle-famille : Dda lhachemi, Nana zahia, Mourad, babi et Massi.

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 (Amel, Manel, Samy, Mounia, Samia, wardia, hana et les deux Massinissa, Lylia et ma chère binôme Sonia) 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.

Assia

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

Partie théorique

CHAPITRE I. Généralités sur les champignons

PARTIE 1. Les champignons macroscopiques

I.1.1. Définition d'un champignon (macroscopique)3

I.1.2. Toxicité et comestibilité d'un champignon macroscopique.....4

I.1.3. Caractéristique structurale6

I.1.3.1. Reproduction et cycle de vie.....7

I.1.3.2. Mode de vie9

I.1.3.3. Respiration.....10

I.1.3.4. Classification10

I.1.4. La culture d'un champignon comestible11

I.1.5. Physiologie des champignons.....11

I.1.6. Importance des champignons dans différents domaines.....12

I.1.6.1. D'un point de vue biochimique et nutritionnel.12

I.1.6.2. Importance des champignons dans le domaine écologique12

I.1.7. Importance des champignons dans l'industrie alimentaire.....13

I.1.8. Identification des champignons comestibles14

I.1.8.1. Caractère macroscopiques14

I.1.8.2. Caractère microscopiques14

I.1.8.3. Caractère organoleptiques.....14

I.1.8.4. Autres caractères15

PARTIE 2. Généralités sur *Pleurotes ostreatus*.

I.2.1. Définition16

I.2.2. Description16

I.2.3. Classification17

I.2.4. Bio-cycle des pleurotes ostreatus17

I.2.5. Facteurs influencent la croissance et la fructification des pleurotes.....18

I.2.5.1.Facteurs nutritifs.....	18
I.2.5.2.Facteurs physique.....	19
I.2.5.3.Facteurs chimique	19
I.2.6.Croissance et production des pleurotes	19
I.2.7.Valeurs nutritives	20
I.2.8. Saveur.....	20
I.2.9. Conservation.....	21
I.2.9.1. Le séchage.....	21
I.2.9.2. Transformation en marinades.....	22
I.2.9.3. La congélation	22
I.2.10.Composition chimique	22
I.2.11.Intéret des pleurotes	22
I.2.11.1.Intéret alimentaire	22
I.2.11.2.Intéret économique et écologique.....	23
I.2.11.3.Intéret médicinale.....	23
I.2.12. Substrats utilisés pour la culture des pleurotes ostreatus.....	23
I.2.12.1.La paille de blé	25
I.2.12.1.1.Composition chimique	25
I.2.12.1.2.Valorisation de la paille de blé	24
I.2.12.2. Le marc de café	24
I.2.12.2.1. Composition chimique du marc de café.....	24
I.2.12.2.2.Valorisation du marc du café	25
I.2.12.3. Le grignon d'olive.....	25
I.2.12.3.1.Composition physique le grignon d'olive.....	26
I.2.12.3.2. .Composition chimique le grignon d'olive.....	26
I.2.12.3.3.Valorisation de grignon d'olive	27

Partie expérimental

CHAPITRE II. Culture Des *Pleurotes Ostreatus*.

II.1. Matériel et méthodes

II.1.1. Matériel biologiques.....	28
II.1.1.1. Mycélium.....	28
II.1.1.2.Marc de café.....	28
II.1.3.1. Grignon d'olive	28

II.1.2. Etapes de cultures.....	28
II.1.2.1. Préparation des substrats	28
II.1.2.1.1. Humidification.....	28
II.1.2.1.2. Pasteurisation.....	29
II.1.2.1.3. Refroidissement.....	30
II.1.2.1.4. Addition de la chaux	30
II.1.2.2. Lardages des substrats.....	31
II.1.2.3 Incubation et envahissement du blanc.....	31
II.1.2.4. Fructification	32
II.1.2.5. Récolte	33
II.1.3. Efficacité biologique	33
II.1.4. Conservation.....	34
II.1.4.1. Stérilisation des bocaux.....	34
II.1.4.2. Blanchiment des pleurotes.....	34
II.1.4.3. Remplissage des bocaux.....	35
II.2. Discussion des résultats obtenus.....	35
II.2.1. Incubation et envahissement du blanc	35
II.2.2. Fructification.....	36
II.2.3. Efficacité biologique.....	36

CHAPITRE III : analyse des résultats des études antérieurs sur *Pleurotus* *Ostreatus*.

III.1. Teneur en protéines totales	38
III.2. Activité antioxydant de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	38
III.2.1. Molécules responsables de l'activité antioxydant.....	38
III.2.1.1. Polyphénols.....	39
III.2.1.2. Flavonoïdes	39
III.2.1.3. Tanins	40
III.2.2. Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité anti oxydante	40
III.2.2.1. Piégeage du radical 1-1' diphényle-2-picrylhydrazyl (DPPH•)	40
III.2.2.2. Piégeage du radical ABTS.....	40
III.2.2.3. Puissance antioxydante de réduction du fer	41
III.2.2.4. Méthode de décoloration du bêta-carotène	41

III.2.2.5. Méthodes d'inhibition de la peroxydation lipidique	41
III.2.3. Résultats et discussions	42
III.3. Activité antibactérienne de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	45
III.3.1. Mécanisme et molécules responsables de l'activité antibactérienne	45
III.3.2. Méthodes de détermination de l'activité antibactérienne.....	45
III.3.2.1. Méthode de diffusion en disque dans un milieu gélosé	45
III.3.2.2. Méthode de dilution.....	46
III.3.2.2.1. En milieu liquide	46
III.3.2.2.2. En milieu solide	47
III.3.3. Résultats et discussions.....	48
Conclusion.....	50

Références bibliographiques

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : quelques composantes de la morphologie d'un champignon.

Figure 2 : Schéma présent la reproduction asexuée d'une moisissure.

Figure 3 : Cycle de vie des champignons en milieu naturel.

Figure 4 : Mode de vie : saprophytisme (plutée, coprin, bolbitiel) (a), parasitisme (polypore, Cordy ceps, bolet parasite) (b), symbiose : mycorhize, avec détail de la relation mycélium-radicelle (c).

Figure 5 : Morphologie d'un champignon.

Figure 6 : Cycle de reproduction de *Pleurotus ostreatus*.

Figure 7 : culture de *Pleurotus* sur différents déchets végétaux.

Figure 8 : Mycélium dans des sacs hermétiquement fermés.

Figure 9 : Teste de pression.

Figure 10: Pasteurisation des substrats ; (a) : pasteurisation du marc de café, (b) : pasteurisation du grignon d'olive.

Figure 11: Refroidissement des substrats.

Figure 12 : Addition de la chaux aux substrats utilisés.

Figure 13: Lardage des substrats par le mycélium.

Figure 14: Envahissement du mycélium sur les substrats ; (a) : envahissement sur le marc de café, (b) : envahissement sur le grignon d'olive à raison de 2% de chaux, (c) : envahissement sur le grignon d'olive à raison de 1%, (d) : envahissement sur le grignon d'olive sans addition de chaux, (e) : envahissement sur grignon d'olive datant d'une année.

Figure 15 : Ouverture des sacs pour la fructification.

Figure 16 : Champignons récoltés (9 jours après l'ouverture des sacs).

Figure 17 : Conservation des pleurotes dans du vinaigre et de l'huile d'olive.

Figure 18 : Envahissement du substrat par le mycélium ; (a) : début d'envahissement, (b) : envahissement quasi-total, (c) : envahissement total.

Figure 19 : Etapes de fructification.

Figure 20 : Schéma représentatif de la méthode de détermination de l'activité antibactérienne par la diffusion en disque dans un milieu gélosé.

Figure 21 : Détermination de la CMI par dilution en milieu gélosé.

Liste des tableaux

Tableau I : Quelques espèces toxiques.

Tableau II : classification simplifiée du règne fongique.

Tableau III : Composition chimique de *P. ostreatus*.

Tableau IV: Composition chimique de la paille de blé.

Tableau V: les principaux composés du marc de café.

Tableau VI: composition physique du grignon d'olive.

Tableau VII: caractéristiques chimiques de grignon d'olive.

Tableau XIII : teneur en protéines totales de *Pleurotus Ostreatus*.

Tableau IX: Activité antioxydant de *Pleurotus Ostreatus* enrichis en fer, zinc ou lithium.

Tableau X: Activités antioxydants des polysaccharides de *Pleurotus Ostreatus*.

Tableau XI : Activité antioxydant de *Pleurotus Ostreatus* cultivé sur différents substrats par la méthode de piégeage des radicaux DPPH.

Tableau XII : Résultats de l'activité antioxydant d'extrait de *Pleurotus Ostreatus*.

Tableau XIII : Activité antibactérienne d'extraits de pleurotus ostreatus exprimé en diamètre de la zone d'inhibition (mm).

Liste des abréviations

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

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice.

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

Fe : Fer.

FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Potential.

GO : Grignon d'Olive.

HOMO : Hight Occupied Molecular Orbital.

IC₅₀ : Concentration inhibitrice de 50% des radicaux libres.

Li : Lithium.

MC : Marc de Café.

MPE : Malnutrition Protéino Energétique.

PCP : Pentachlorophénol.

pH : Potentiel Hydrogène.

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.

TBA : Thiobarbituric acide.

UAE : Ultrasound Assisted Extraction.

Introduction

Introduction

La protection de l'environnement est l'un des piliers du développement durable qui constitue un enjeu majeur pour l'avenir de l'homme et de la planète, en considérant que la sauvegarde des intérêts des générations future est aussi important que le bien-être de la génération actuelle dans toute sa composante d'où la nécessité de la valorisation des déchets produits par les populations **(Rebahi et Khelloufi, 2015)**.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés aux résidus générés par le secteur agroalimentaire et plus spécifiquement le grignon d'olive et le marc de café.

L'extraction de l'huile d'olive pose des sérieux problèmes des rejets liquides et solides (margine et grignons) sans aucun traitement préalable. **(Belkebir, 2007)**.

Le marc de café qui est un résidu solide obtenu après infusion dans l'eau, généralement chaude. Une génération annuelle mondiale pour ce résidu est estimée à 6 millions de tonne **(Mohellebi, 2017)**.

D'autre part plusieurs personnes dans le monde souffrent de famine et de malnutrition à cause des phénomènes naturels dévastateurs, généralement imprévisibles qui détruisent les cultures et anéantissent les cheptels : tremblements de terre, inondations, sécheresse, maladies épidémiques des plantes ; et des comportements humains : les guerres , boycott économique organisé contre un Etat —ce qui a pour conséquences une situation de pénurie extrême, impliquant la famine pour les populations pauvres de l'Etat concerné **(Lucereau, 2016)**.

La malnutrition est une maladie liée à la nutrition causés 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 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'immunoglobuline (anticorps) **(Mahroug, 2010)**.

La malnutrition protéino-énergétique (MPE) 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. Ses deux grandes formes cliniques sont la kwashiorkor et le marasme. Dans le premier cas, il s'agit surtout d'une carence protéique, et dans le second, d'une carence énergétique **(Savado, 2007)**.

Au niveau mondial, une convergence nutritionnelle a lieu, quels que soient le niveau de vie et les pratiques alimentaires. **(Guéguen et al, 2016)** ce qui a fait apparaître le végétarisme (sans viande et poisson) et le végétalisme (qui exclut les produits d'origine animale incluant donc les œufs, le lait ou le miel).Tendance soutenue 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 défiance généralisée. En cause, les nombreux scandales de l'agroalimentaire (vache folle, grippe aviaire, conditions d'élevage et d'abattage contestables, etc.), 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 concept 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.

Quant aux protéines d'insectes et aux protéines végétales, la situation est très contrastée entre le secteur de l'alimentation humaine et celui de l'alimentation animale, au profit de ce dernier. La question de l'acceptabilité sociétale des protéines alternatives ne se pose en occident que pour la consommation de protéines d'insectes, dans la mesure où ceux-ci suscitent peur ou dégoût. **(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 (marc de café et grignon d'olive)
- ✓ Elle donne une production élevée par surface cultivée ;
- ✓ Après la récolte, le substrat utilisé fournit un excellent amendement du sol **(Peter Oei et Bram Van Nieuwenhuijzen, 2005)**.

Chapitre I
Généralités sur les
champignons

Chapitre I. Généralités sur les champignons

PARTIE 1: Les champignons macroscopique

I.1.1. Définition d'un champignon macroscopique

Les champignons constituent un vaste et important groupe d'organismes présentant un très large éventail de formes. Ils ont la particularité d'avoir un mode de nutrition semblable à celui des animaux, alors que leur structure se rapproche de celle des plantes. Ils dépendent donc, pour leur nutrition et leur croissance, de complexes organiques synthétisés par d'autres organismes. Les champignons trouvent ces substances en se développant sur de la matière vivante ou morte.

Les champignons sont constitués essentiellement de fins filaments, généralement ramifiés, appelés **hyphes**, formés de cellules tubulaires mises bout à bout ces hyphes croissent dans un substrat tel que le sol, le bois ou autre matière végétale ou occasionnellement sur des animaux vivants ou morts, d'où ils puisent les aliments nécessaires pour leur constitution. Les hyphes se rassemblent en filaments très fins, ténus, flexibles et entremêlés, appelés **mycélium** ou blanc de champignon, normalement à peine visible à l'œil nu sauf lorsqu'ils se trouvent groupés. Le mycélium est l'organe végétatif du champignon et, en gros, l'équivalent des racines, tiges et feuilles des plantes à fleurs. Mais il est ordinairement caché dans le sol ou dans d'autres substrats où il croît. Ce qui est, en général, désigné sous le vocable de champignon est en fait la fructification ou **carpophore**. Cette partie est normalement la seule visible. Elle correspond aux fleurs et aux fruits des plantes à fleurs, et produit les spores par lesquelles les champignons sont disséminés. Beaucoup de champignons ont un carpophore minuscule, dont la structure ne peut être observée qu'à l'aide d'une loupe ou d'un microscope. Généralement appelés **microchampignons** ou **micromycète**, ils comprennent les levures, les moisissures, les mildious, les rouilles, les charbons et caries, etc. les champignons supérieurs appelés **macro-champignons** ou **macro-mycètes** comprennent les organismes dont le carpophore peut aisément se voir à l'œil nu. Seul ce groupe sera traité dans cet ouvrage (**Figure 01**) (**R.Rayner, 1979**)



Figure 01. Quelques composantes de la morphologie d'un champignon (Site espace pour la vie montréal, www.espacepourlavie.ca).

I.1.2. Toxicité et comestibilité d'un champignon macroscopique

Contrairement aux champignons toxiques pouvant être néfaste pour la santé, les champignons comestibles sont des champignons que l'on peut consommer sans danger sur la santé du consommateur.

Connaître le nom scientifique d'un champignon fournit une bonne indication sur sa comestibilité. Dans quelques cas, seul le genre suffit ; par exemple, toutes les espèces de chanterelles (*Cantharellus*) sont toutes comestibles (quoique inégales en saveur). D'autres parts, le genre *Amanita* contient des espèces comestibles et des espèces mortelles et vénéneuses.

Les intoxications par consommation de champignons supérieurs sont en général des intoxications involontaires, liées principalement à deux facteurs :

- La confusion entre une espèce toxique et une espèce comestible ;
- La méconnaissance ou l'ignorance des caractères botaniques spécifiques qui permettent d'identifier les différentes espèces.

Ci-après un récapitulatif des espèces comestibles et toxique (**Tableau I**).

Tableau I. Quelques espèces des champignons toxiques et comestibles (Mohellebi, 2018).

Espèces	Toxique / comestible	Image de l'espèce
Amanita phalloides	Toxique et mortelle	
Russula olivacea	Toxique	
Tricholoma equestre	Toxique et mortelle	
Lepiota brunneoincarnata	Toxique et mortelle	
Galerina marginata	Toxique et mortelle	

Leucoagaricus leucothites	Comestible	
Entoloma clypeatum	Comestible	
Russula heterophylla	Comestible	
Tricholoma portentosum	comestible	

I.1.3. Caractéristique structurale

La cellule d'un champignon se compose des différents organites d'une cellule eucaryote (noyau, mitochondries, réticulum endoplasmique, des ribosomes, l'appareil de Golgi, ribosomes, microbodies et vésicules, paroi ...) (Nwe et Stevens, 2008).

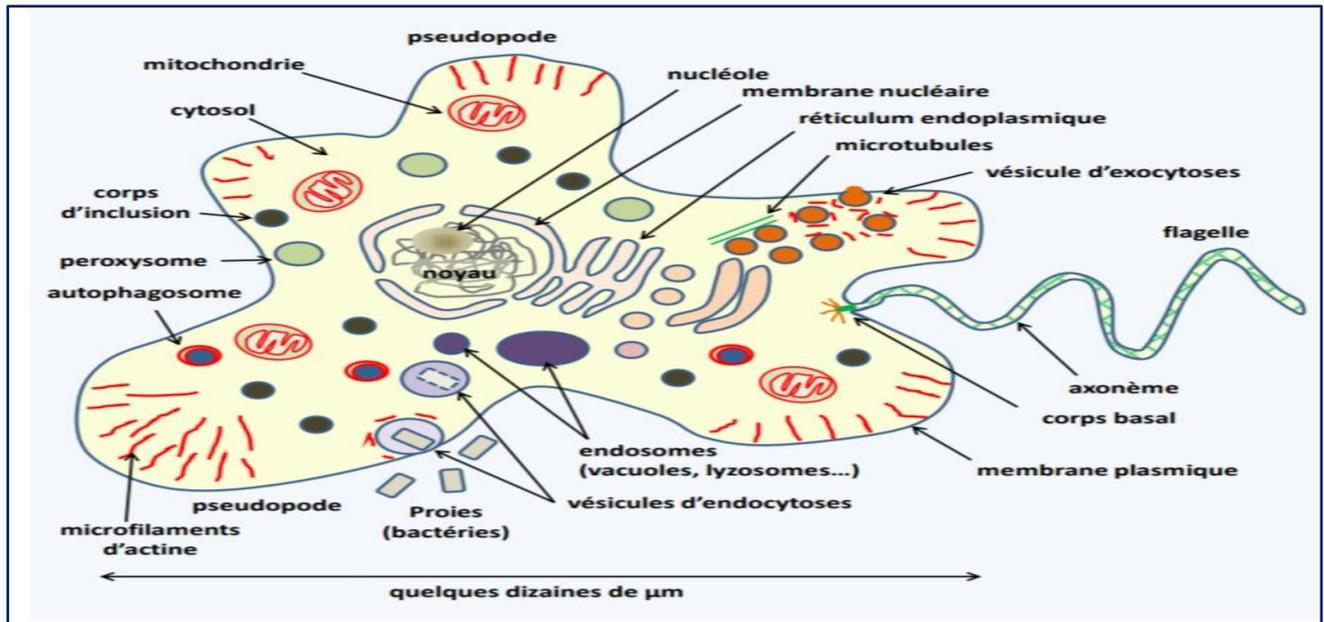


Figure 02. Représentation schématique d'une cellule eucaryote (Philippe Silar, 2016).

Deux formes structurales existent chez les champignons : la forme unicellulaire représentée par les cellules de levure et la structure à forme filaments. Les filaments individuels sont connus sous le nom hyphes. Collectivement les hyphes sont nommés mycélium. Ce dernier est la phase végétative des champignons qui, subséquemment, donne naissance aux structures reproductives. Qu'ils soient sous forme de cellules de levure ou sous forme de filaments constitués en hyphes. (Nwe et Stevens, 2008).

I.1.3.1. Reproduction et cycle de vie

La reproduction chez la plupart des champignons est de deux types : la reproduction asexuée (imparfaite ou végétative), et la reproduction sexuée (parfaite), dans ce dernier cas les spores sont souvent produites dans des structures spécialisées appelées conidiophores qui portent des conidies ou dans des sporanges qui contiennent des sporangiospores ou dans des organes de fructification à formes variées comme les asci qui contiennent des ascospores, ou les acervuli d'où naît une autre sorte de conidies (Jennings et Lysek, 1996).

Les types de reproduction varient avec les types de champignons. Cependant, les champignons se reproduisent le plus souvent par reproduction asexuée soit par fragmentation de cellules, par scission binaire ou par bourgeonnement (Carlile et Watkinson, 1994).

Pour se reproduire, les champignons ont besoin d'un sol chaud et humide, la période idéale est donc l'automne. Une particularité remarquable des champignons est leur aptitude à former des types de spores extrêmement variés. La spore est le moyen de reproduction des champignons qui n'est que la partie aérienne, le « fruit » d'un organisme qui vit le plus généralement sous terre ou sur

un organisme vivant ou mort. Les spores présentes dans les lamelles du chapeau du **carpophore** se dispersent sur le sol pour former du nouveau **mycélium**.

Supposons notre graine emportée par le vent, tombe sur le substrat idéal. La spore germe, elle émet un petit tube, une cellule qui s'allonge, se ramifie plusieurs fois, chaque sommet devenant un nouveau centre de croissance ...etc. Cet ensemble de cellules, ce filament se nomme **hyphe**, l'ensemble des hyphes constituant **le mycélium**. Ce mycélium dit primaire est stérile. Pour qu'il y ait reproduction, il doit rencontrer un autre **mycélium primaire** de polarité complémentaire pour s'associer, fusionner par plasmogamie, et former le **mycélium secondaire**. Lorsque ce mycélium a accumulé suffisamment de réserves et que les conditions de déclenchement sont au maximum, un **primordium** se développe jusqu'à former un **sporophore** (le champignon que généralement nous voyons) (**J.Y.Bernoux, site champyves**).

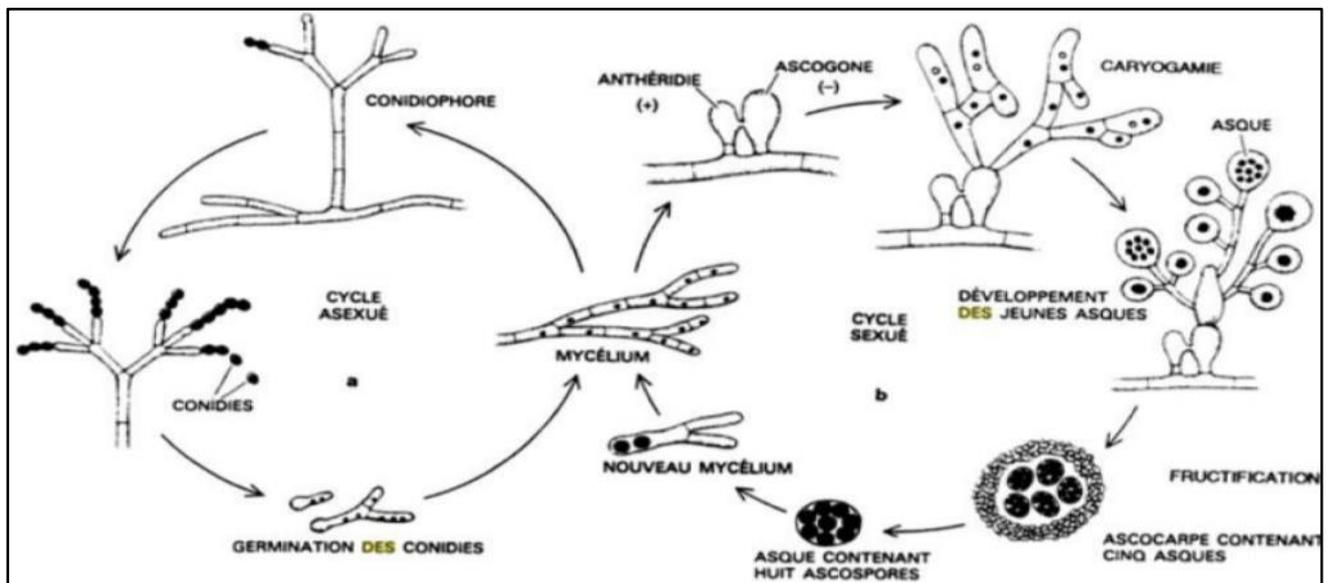


Figure 03. Schéma présent la reproduction asexuée d'une moisissure (Jennings et Lysek, 1996).

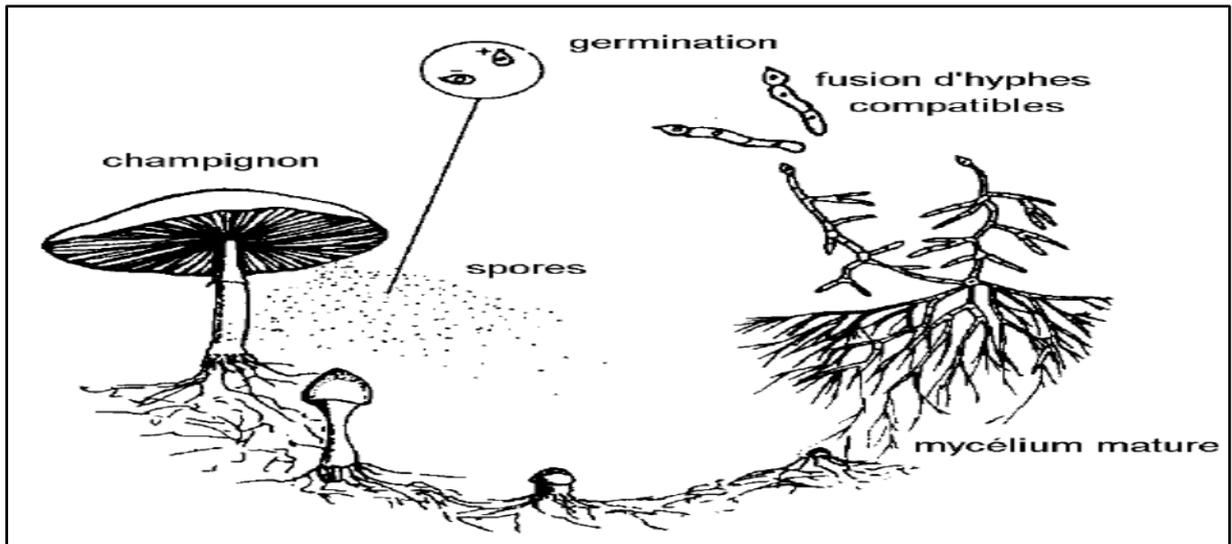


Figure 04. Cycle de vie des champignons en milieu naturel (Peter oei et Bramvan nieuwenhijzen, 2005).

I.1.3.2. Mode de vie (le type trophique) :

Les champignons ont un rôle très important dans la dégradation de la matière organique et constituent une part importante des décomposeurs sur terre. De plus, certains champignons peuvent être phytopathogènes ou provoquer des mycoses chez les animaux . Un troisième mode de vie, symbiotique, est également très répandu (**Lutzoni et al, 2004**).

Le saprophytisme (fig. 3a) : les espèces saprophytes se développent aux dépens des substances mortes d'origines animale ou végétale (**Bouchet et al, 1999**). Ces espèces jouent un rôle essentiel au sein des cycles biologiques en minéralisant les matières végétales ou animales mortes (**Marouf et Reynaud, 2007**).

Le parasitisme pathogène (fig. 3b) ; Plusieurs champignons mènent une vie parasite vis-à-vis des substances organiques on trouvera des parasites obligatoires, facultatifs ou opportunistes . Les opportunistes sont des organismes saprophytes qui vont s'attaquer aux organismes dont les défenses sont affaiblies. Les champignons peuvent attaquer tous les groupes du vivant, comme par exemple les plantes, les insectes, les animaux mais aussi les bactéries et les autres champignons (**Lutzoni et al, 2004**).

La symbiose (fig. 3c) : Selon **Marouf et Reynaud, (2007)**, La symbiose est une association étroite et durable entre les organismes d'espèces différentes, pouvant appartenir à des règnes différents, vivant en équilibre les uns avec les autres et tirant les bénéfices mutuels de cette union, mais pouvant vivre séparément.

Les lichens : sont constituées d'une association entre champignon (principalement du phylum Ascomycota) et une cyanobactérie. L'algue, capable de photosynthèse, va fournir les molécules organiques carbonées au champignons qui en retour fournira les éléments minéraux à l'algue.

Les mycorhizes : sont constituées d'une association entre un champignon et la racine d'une plante. Les mycorhizes constituent la forme de symbiose la plus répandue à l'échelle planétaire. On estime que 90% des végétaux contractent spontanément cette association. Les champignons vont développer un réseau de filaments mycéliens à partir de la racine et vont être impliqués dans la nutrition minérale des plantes. C'est d'ailleurs une association symbiotique qui aurait permis aux plantes de coloniser le milieu terrestre (Nasraoui, 2006).

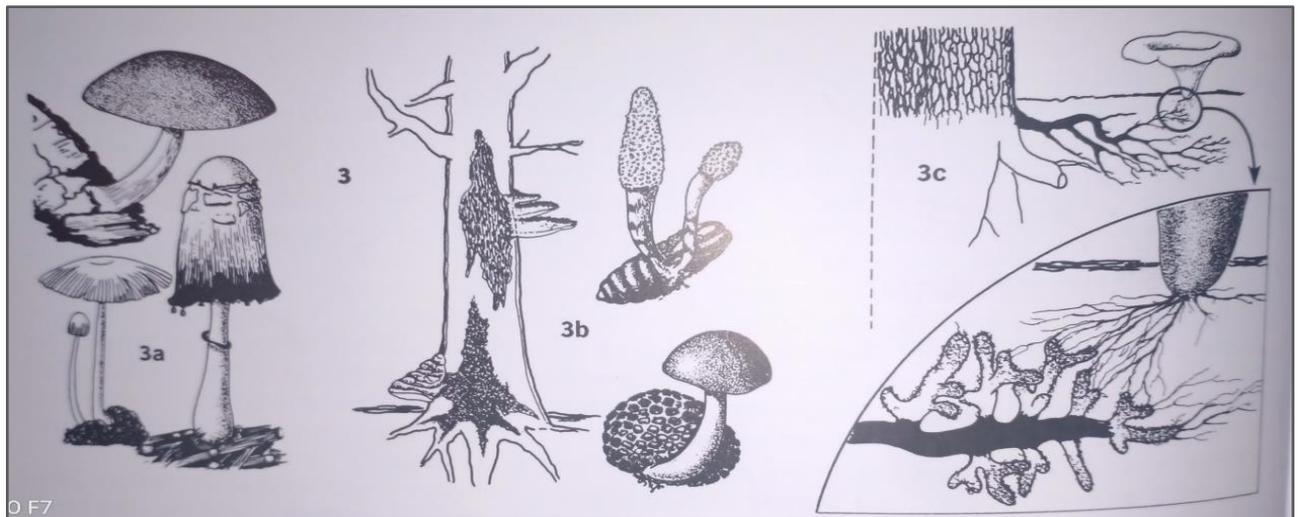


Figure 05. Mode de vie : saprophytisme (plutée, coprin, bolbitiel) (a), parasitisme (polypore, Cordyceps, bolet parasite) (b), symbiose : mycorhize, avec détail de la relation mycélium-radicelle (c) (Régis et Bernard, 2013).

I.1.3.3. Respiration

Les champignons transforment leur source de carbone pour produire de l'énergie pour le métabolisme dans la mitochondrie comme toutes les cellules eucaryotes, à travers les voies métaboliques suivantes : la glycolyse, le cycle de krebs ; et la chaîne de transport électrique est la voie principale utilisée pour la production d'énergie cellulaire (Larpent, 1997).

I.1.3.4. Classification

La classification des espèces appartenant au règne de Frungi a connu de nombreuses modifications. Actuellement, la classification des champignons s'est considérablement simplifiée et le règne fongique est divisé en cinq phyla : **Chytridiomycota**, **zygomycota**, **Ascomycota**, **Basidiomycota**, **Deutreromycota**, définis par le caractère cloisonné ou non du thalle, la présence ou l'absence de gamètes ou de spores mobiles et les caractères morphologiques des des organes

différenciés de la reproduction sexuée et l'absence de gamètes ou de spores mobiles et les caractères morphologiques des organes différenciés de la reproduction sexuée (**Leclere et al, 1983**).

Tableau II. classification simplifiée du règne fongique (Chasseur et al, 2003).

Champignons primitifs	Vrais champignons ou eumycètes (chitine)	
	Reproduction sexuée	Reproduction asexuée
Myxomycètes Oomycètes	1. Chytridiomycètes (aquatiques et rudimentaires) 2. Zygomycètes 3. Basidiomycètes 4. Ascomycètes	1. Deutéromycètes Ascomycètes et Basidiomycètes

I.1.4. La culture d'un champignon comestible

L'homme cultive des champignons depuis l'antiquité. Malgré les perfectionnements progressifs en la matière, peu d'espèces sont obtenues avec succès de manière industrielle ou semi-industrielle. Les espèces principales de culture sont cultivées sur une variété de substrats organiques, à l'exemple des déchets de la production de fumier de cheval, coton, marc du café... etc. Les technologies sont bien établies et des industries de champignon à succès ont été développées dans beaucoup de pays. Le nombre d'espèces saprophytes cultivées augment régulièrement et des conseils et des informations pratiques sont facilement accessibles.

Parmi les saprophytes comestibles assez facilement cultivables, on peut citer le champignon de paris (*Agaricus bisporus*), les pleurotes (*pleurotus ostreatus*) (**Arzani et Boussioud, 2018**).

I.1.5. Physiologie des champignons

Dans le domaine de la physiologie, C'est-à-dire des paramètres physico-chimiques régissant la vie des champignons, de nombreuses variations existent également d'un groupe, d'une espèce à l'autre.

D'une manière générale, les champignons sont **hétérotrophes vis-à-vis du carbone**. Ils doivent donc impérativement trouver du **carbone organique** dans leur environnement. Le comportement par rapport à **l'azote** est plus variable, certaines espèces étant autotrophes (capable de se contenter d'azote minéral), d'autres éléments sont nécessaires à la vie des champignons : citons **l'oxygène** (bien que certains champignons soient anaérobies, en particulier la mycoflore

associée au système digestif des ruminants), **l'hydrogène**, le **phosphore**, le **potassium**, le **magnésium**, le **soufre**, le **manganèse**, le **cuivre**, le **fer**, le **zinc**, des **vitamines**, etc. on sait aussi que les champignons ont besoin d'eau, au moins durant une partie de leur cycle de développement. Des paramètres thermiques et lumineux interviennent également dans leur physiologie.

Les champignons ont un grand **potentiel métabolique**, grâce à des réactions enzymatiques nombreuses et variées. Ils peuvent ainsi s'adapter à de nombreux milieux, mais aussi, ils sont de remarquables chimistes, synthétisant des molécules extrêmement variées et complexe, dont certains sont hautement toxiques pour l'homme, alors que d'autre lui sont extrêmement bénéfiques (**Régis et Bernard, 2013**).

I.1.6. Importance des champignons dans différents domaines

I.1.6.1. D'un point de vue biochimique et nutritionnel

Les champignons sont composés à 90% d'eau. Les 10% restants correspondent à 10-40% de protéines, 2-8% de lipide (toutes les classes lipides avec une part relativement importante en acides gras essentiels). 3-28% de glucides (sucres simple, disaccharides, polysaccharides), 3-32% de fibres, 8-10% de cendres avec en majorité du potassium, sodium, phosphore, calcium, magnésium, fer, zinc et cuivre (**Arzani et Boussioud, 2018**).

La plupart des champignons renferment des vitamines essentiellement du groupe B (vitamines B3, B1, B2, et B8) et de la vitamine C, il y a également des provitamines A et D. leurs concentrations dépendent des espèces et des conditions de culture. Tous les acides aminés essentiels sont retrouvés, mais avec une très faible concentration en acides aminés soufrés. Leur concentration varie au cours de la vie du champignon et est très dépendante de la nature du substrat sur lequel il pousse ; de plus ils sont pauvres en graisses et apportent des sels minéraux en proportion à peu près égale à la viande (**Arzani et Boussioud, 2018**).

I.1.6.2. Dans le domaine écologique

Les espèces symbiotiques permettent la régénération forestière par des mycorhizes adaptées. Les champignons font office d'antagonistes chimiques vis-à-vis des parasites, prédateurs, et concurrents divers. Certains protègent des Nématodes qui sont friands des radicelles de certains chlorophylliens. Les champignons participent alors à l'équilibre biocénotique au même titre que tous les êtres vivants. Ils subissent une certaine pression anthropique liée aux pollutions et aux perturbations du milieu (**Arzani et Boussioud, 2018**).

I.1.7. Importance des champignons dans l'industrie alimentaire

Les champignons sont une source unique de composés tels que les polyphénols, les acides aminés (l'ergothionéine), les polysaccharides (β -glucanes), les terpénoïdes, les vitamines (la vitamine D2) et les stérols (l'ergostérol) qui ont été liés à des propriétés anti oxydantes, anticancéreuses, antidiabétiques, anti-inflammatoires, hépatoprotectrices, antiallergiques, antimicrobiennes et antivirales. En raison de leurs propriétés bénéfiques, les champignons sont devenus attractifs comme aliments fonctionnels ou comme source de composés pouvant être extraits et incorporés dans les produits alimentaires.

Extraction assistée par ultrasons (*Ultrasound-assisted extraction (UAE)*), extraction par fluide supercritique (*Supercritical fluid extraction (SFE)*) et l'extraction liquide pressurisé (*extraction pressurized liquid extraction (PLE)*) sont des techniques d'extraction durables qui ont été utilisées pour la récupération de divers composés bioactifs à partir des champignons, *UAE* et *SFE* ont été utilisées pour extraire les polyphénols, les sucres et les vitamines tandis que *PLE* a été utilisé pour extraire les polyphénols, les pigments, les huiles et les stérols.

Dans l'extraction de l'ergostérol et de la vitamine D2 des champignons, la saponification peut être effectuée soit sur des échantillons, soit sur des extraits issus de différentes méthodes d'extraction. Lorsque l'hydrolyse est appliquée sur des échantillons de champignons, elle brise la structure complexe de champignons et améliore la récupération de l'ergostérol et de la vitamine D2 de la matrice environnante.

Les champignons génèrent de grandes quantités de déchets (représentant jusqu'à 20 % de la production totale). Des efforts ont été faits pour valoriser les déchets de champignons grâce à leur utilisation comme aliment pour animaux, comme combustible ou pour extraire des composés précieux qui peuvent être utilisés comme ingrédients alimentaires sûrs, tels que la chitine, le chitosan, β -glucan, les stérols et les polysaccharides prébiotiques.

Les déchets des champignons sont principalement composés de champignons dont le chapeau est déformé et/ou qui ne répondent pas aux spécifications fixées. Ces sous-produits de champignons ont une valeur nutritionnelle élevée. En outre, leur élimination est liée à la gestion des coûts et de l'impact environnemental élevé, notamment au niveau mondial le réchauffement, l'appauvrissement abiotique, l'acidification, l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'eutrophisation, la toxicité pour l'homme, l'écotoxicité, l'épuisement des ressources naturelles et la consommation d'énergie. Par conséquent, de nouvelles solutions alternatives et rentables Des solutions doivent être explorées. Les déchets de champignons pourraient être utilisés par l'industrie alimentaire comme ingrédient supplémentaire dans les aliments (**Konstantinos Papoutsisa et al, 2020**).

I.1.8. Identification des champignons comestibles

L'identification d'un champignon n'est pas une démarche aisée, elle nécessite des connaissances en mycologie et des caractéristiques essentielles de chaque groupe de champignons. L'approche classique de l'identification des champignons est fondée sur les caractères microscopiques et organoleptiques des sporophores (Gévry et al, 2009 ; Gévry 2011).

I.1.8.1. Caractère macroscopiques

Pour étudier les caractères macroscopique du champignon (Figure .5), on décrit les composantes suivantes (annexe 1) :

- ❖ **Hyménophore**: partie fertile du champignon où se trouvent les spores, elle peut présenter des lames, des pores ou des aiguillons ainsi ou distingue :
- **Les champignons à lames** : portant des lamelles et lamelles intermédiaires : description de la forme, couleur et type d'insertion au pied la forme de l'arête, son intégrité, sa couleur et éventuellement les changements de couleur au froissement ou à la dessiccation.
- **Les champignons à aiguillons à pores** : la densité des pores, leur forme, la couleur de la face des tubes ; l'insertion vue en coupe ainsi que le changement de la couleur au froissement ou à la dessiccation.
- ❖ **Chapeau** : forme (convexe, conique, ombiliquées...), hauteur et diamètre, couleur, marge (lisse, enroulée, ondulée...), le revêtement et la topographie du chapeau (écailleux, granuleux, fibrilleux...).
- ❖ **Pied ou stipe** : forme, couleur, longueur, diamètre (à la base, au milieu et au sommet si sa forme est variable), consistance, la présence d'anneaux et son emplacement, présence d'éléments détectifs provenant du voile général ou du voile partiel, mode d'attachement au chapeau, structure interne et revêtement
- ❖ **Chair** : couleur, consistance et texture.

I.1.8.2. Caractère microscopique

La caractérisation microscopique des champignons porte sur le diamètre des spores (longueur et largeur), forme couleur et ornementation. D'autres observations microscopiques sont effectuées sur la chaire, le stipe et l'hyménium.

I.1.8.3. caractères organoleptiques

- ❖ **Odeur et goût** : Il peut être caractérisé par une nouvelle odeur de champignon que l'on ne connaît pas. Au-delà de l'odeur du bon champignon, les odeurs des champignons peuvent parfois être surprenantes : ail, agrumes, amande, anis, cannelle, chlore, érable, farine, fétide, florale, poisson, thé des bois,...etc. Ainsi le goût d'un champignon peut être neutre, doux à âcre, piquant, acide...etc.

I.1.8.4. Autres caractères

- ❖ **Spore** : Pour se reproduire, les champignons répandent des spores.
Ces dernières sont spécifiques à chaque champignon et peuvent être reconnues à l'aide d'un microscope, mais pour la plupart des champignons, la couleur de spores est suffisante pour les identifier.
- ❖ **Latex** : certains champignons comme les lactaires présentent un lait après leur coupe ou froissement, la couleur, le gout, la viscosité et l'abondance de ce lait sont des caractères importants pour déterminer l'espèce (**Romagnesi, 1995 ; Roger, 1981 ; Eyi Ndong et al, 2011 ; Gévry et al, 2009 ; Bâ et al, 2011**).

Partie 2: Généralités sur *Pleurotes Ostreatus*

I.2.1 Définition

Les *Pleurotes* sont des organismes eucaryotes, thallophytes, non chlorophylliens, à corps généralement filamenteux appelé mycélium. Ce dernier est de couleur blanche et est septé. Il forme, en période de fructification, des sporophores ou carpophores appelés communément champignon (**Maublanc, 1976 ; Mounier, 1997**).

Le mot *Pleurote* désigne le nom générique d'un groupe de champignons caractérisés en général par un pied latéral, des lames anastomosées vers le pied formant l'hyménium (tissus fertile), un chapeau charnu et des spores blanchâtres pouvant être parfois colorées (**Ghezal et Chemam, 2017**).

Pleurotus ostreatus est le champignon qui a 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 temps beaucoup plus ancien en Chine (**Banamar, 2016**).

Les *Pleurotes* sont des champignons *Basidiomycètes* saprophytes cellulolytiques car ils sont aptes à s'alimenter et à se développer sur substrat riche en cellulose (**Boulmerka et Laoufi, 2017**) *Pleurotus ostreatus* appelé communément Pleurote en forme d'huître ou Pleurote en huître est un champignon comestible qui pousse aussi bien sur le bois que sur la paille et offre ainsi la possibilité de valoriser divers déchets agro-industriels (paille de céréale, marc de café, grignon d'olive ...etc) (**Benamar, 2016**).

La culture du *Pleurote* occupe la deuxième place dans le monde après *Agaricus Bisporus* (**Benamar et al, 2010**).

I.2.2 Description

Selon **Benamar (2016)** le *Pleurote* en huître locale qui fait l'objet de cette étude présente les caractéristiques suivantes :

- Le chapeau : légèrement bombé, s'étalant en éventail, charnu, marron grisâtre, de 4 à 15 cm de diamètre. Les marges du chapeau sont incurvées et lisses ;
- Les lamelles : sont blanchâtres, serrées et longuement décurrentes, plus espacées vers le pied ;
- Le pied (ou stipe) : est excentré, très court, plein, poilu à la base, ayant 1-10cm de longueur et 1-3cm de diamètre. Il est dépourvu d'anneau et de volve ;
- La chaire : blanche, épaisse et tendre sauf le pied ;
- Les basides avec quelques rares basidiospores (7.5-11 x 3-4 μm) ;

- Pousse en touffes ;
- Bon comestible.

I.2.3 Classification

Selon **Thibault et Tweddell (2016)** La systématique du Pleurote en huître est la suivante:

Règne : *Fungi (Eumycètes)*

Classe : *Basidiomycota (Basidiomycètes)*

Sous-classe : *Hollobasidiomycetidae*

Famille : *Pleurotaceae*

Ordre : *Agaricales*

Genre : *Pleurotus*

Espèce : *Pleurotes ostreatus*

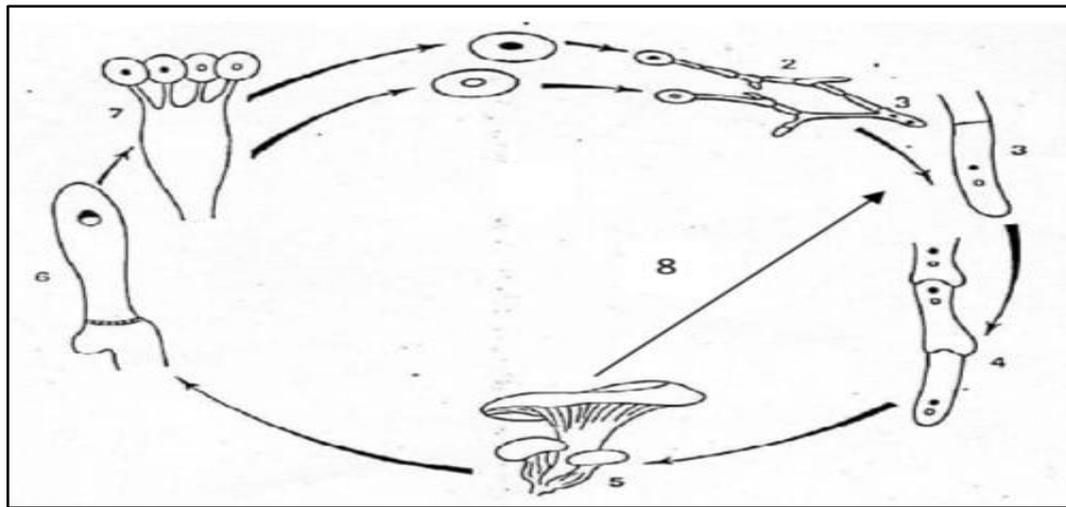
I.2.4 Bio-cycle des Pleurotes ostreatus

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.

Dans la **(figure 06)**, nous avons repris la représentation schématique du cycle de vie du Pleurote en forme d'huître, selon **Delmas (1989)**.



1. Basidiospores ;
2. Mycéliums primaires monocaryotiques ;
3. Fusion de deux mycéliums primaires compatibles ;
4. Mycélium secondaire dicaryotique, fructifère à anses d'anastomose ;
5. Carpophore ;
6. Cellule basidiogène dans laquelle s'effectue la fusion des deux noyaux puis la méiose ;
7. Baside portant les quatre basidiospores contenant chacune l'une des quatre noyaux haploïdes issus de la méiose ;
8. Développement du mycélium dicaryotique à partir du carpophore.

Figure 06. Cycle de reproduction de *Pleurotus ostreatus* (Delmas, 1989).

I.2.5 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.

I.2.5.1 Facteurs nutritifs

Le *Pleurote* en forme d'huître 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.

I.2.5.2 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°C et bon 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 (Mohellebi, 2018).

I.2.5.3 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. 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 (Olivier et al, 1991).

Pour l'acidité 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 Philipoussis (2009).

I.2.6 Croissance et production des pleurotes

La culture des espèces *Pleurotus* est relativement facile et d'une grande adaptabilité. De ce fait, elles sont cultivées dans le monde entier et leur production a augmenté rapidement au cours des dernières années. En 1997, les techniques de croissance et de culture de *Pleurote* sont simples et peu coûteuses. Une large gamme de déchets végétaux (Figure 07), tels que la sciure de bois, la paille de riz, la bagasse, les essences de maïs, le coton usé, les tiges et les feuilles de bananes, peuvent tous être utilisés pour la production des champignons en absence de méthodes coûteuses de traitement et d'enrichissement. En matière de rendement, certaines espèces de *Pleurotus* produisent des rendements très élevés en quelques semaines, ces champignons peuvent convertir 100g de matières végétales à déchets secs en 50 à 70g de champignons *Pleurotus* frais (Boulmerka et Laoufi, 2017).



(a) Croissance sur la sciure de bois ; (b) Croissance sur le composé de paille mélangée de riz ; (c) Croissance sur le marc de café ; (d) Croissance sur le déchet de coton

Figure 07. Culture de *Pleurotus* sur différents déchets végétaux (Boulmerka et Laoufi, 2017).

I.2.7 Valeur nutritive

Pleurotus ostreatus est la troisième espèce de champignons, après le shiitake et le champignon de Paris, cultivé à travers le monde à des fins culinaires. Il est riche en protéines, fibres, carbohydrates, minéraux et vitamines et présente l'avantage d'être pauvre en matière grasse (Tableau II) d'où l'intérêt de son utilisation dans les repas de régime (Delmas, 1989).

Selon Deepalakshmi et Mirunalini (2014), cette composition diffère selon que le champignon soit d'origine commerciale ou sauvage ; elle dépend également des conditions de culture, de la nature et de l'origine de substrat de culture utilisé ainsi que du procédé d'extraction des composés.

I.2.8 Saveur

D'après Deepalakshmi et Mirunalini (2014), les composés aromatiques présents dans le champignon simulent 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**).

I.2.9. Conservation

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, nous vous présentons quelques modes de conservation proposés par **Gévry et al en 2009**.

I.2.9.1 Le séchage (conservation 5ans)

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, sans rien perdre de leur arôme en vieillissant.

Première étape : Préparation des champignons

- Nettoyez les champignons avec une brosse
- Coupez les champignons en tranches minces

Deuxième étape : le séchage

- Séchez les champignons à une température constante de 40-45°C
- Evitez de dépasser de dépasser 60°C pour préserver la couleur et éviter le noircissement des tranches. De même à plus de 60°C, on observe aussi une modification des cellules des tranches, nuisant à la réhydratation subséquente.
- A la toute fin de séchage, faites sécher de 30 minutes à une heure à une température de 55°C, pour éliminer toutes les bactéries ou insectes qui auraient pu survivre.
- Conservez dans des pots <Masson> 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.

I.2.9.2 Une transformation en marinades (6 mois à 1 an)

Vous devez tout d'abord blanchir les champignons, c'est-à-dire de les plonger dans une eau bouillante, assaisonnée de vinaigre et de sel, pour environ 10 minutes. Vous pouvez 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. Recouvrez le tout d'huile d'olive, ajoutez une cuillère à café de vinaigre et fermez hermétiquement. Pour une conservation plus longue, chauffez préalablement votre huile et stérilisez le tout 20 minutes à 105°C. Vous pouvez également être originaux et y ajouter vos épices préférées ou même du vin blanc. Cette méthode n'est toutefois pas recommandée à grand échelle pour le commerce.

I.2.9.3 La 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.

I.2.10 Composition chimique

P. ostreatus se compose de plusieurs éléments représentés dans le (tableau III).

Tableau III. Composition chimique de *P. ostreatus* (Blandeau, 2012).

Eléments	Taux de présence (%)
Protéines brutes	27.4
Lipides	1
Hydrates de carbone totaux	65
Fibres	8.3
Cendres	6.6

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

I.2.11 Intérêt des *Pleurotes*

I.2.11.1 Intérêt alimentaire

Nutritionnellement, les *Pleurotes* sont considérés comme aliment sain, riche en protéines, fibre, minéraux et en vitamines (principalement les vitamines B1, B2, C et D) mais contient de

faibles teneur en calories et en matières grasses. Il possède une saveur unique et des propriétés aromatiques (Kalmis et al, 2008).

I.2.11.2 Intérêt économique et écologique

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 ou être intégrés dans l'alimentation animale.

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

I.2.11.3 Intérêt médicinal

De nombreuses propriétés pharmacologiques ont été attribuées à *Pleurotus ostreatus*, comme des activités anticancéreuses, des activités anti-cholestérol et des activités anti-oxydantes puissantes (Jayakumar et al, 2007).

Les espèces du genre *Pleurotus* sont utilisées dans la médecine traditionnelle pour prévenir ou aider plus de 30 maladies ou troubles. En effet, une activité anti tumorale a été trouvée dans les fractions polysaccharidiques des corps fruitiers de presque toutes les espèces *Pleurotus*. Ces polysaccharides appartiennent à (1→3)-β-D-glucanes. Les recherches ont prouvé que les différents glucanes de *Pleurotus* augmentaient l'activité des cellules tueuses naturelles (Natural killer) et des cellules tueuses activées par les Lymphokines. En plus de moduler le système immunitaire, les pleurotus ont une activité hypoglycémique, des effets anti thrombotiques, inhibent la croissance tumorale, réduisent l'inflammation et réduisent la pression artérielle et la concentration lipidique plasmatique (Guzman, 2000).

I.2.12 Substrats utilisés pour la culture des pleurotes ostreatus

I.2.12 La paille de blé

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

I.2.12.1.1 Composition chimique

Les pailles de céréales sont riches en constituants pariétaux, fort incrusté de lignine, riche également en minéraux dont une partie de silice, mais pauvres en matières azotées et en matières grasses (tableau IV).

Tableau IV. 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
Cendre	5.9 ±1.0
Calcium	2.5-3.1
Phosphore	0.7-0.8

I.2.12.1.2 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 le potassium) (Benamar et al 2010).

Lorsqu'elle est récoltée, l'utilisation traditionnelle de la paille tend à valoriser la forte part de matières lignocellulosiques qu'elle contient. 92% 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 (Delmas, 1989) 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 (Delmas, 1989).

Elle peut aussi être utilisée comme substrat de culture aux Pleurotes, seule ou en mélange avec du grignon d'olive ou du marc de café (Benamar et al 2010).

I.2.12.2 Le marc de café

Le marc de café est le reste du café après infusion dans l'eau, généralement chaude (Ghezal et Chemam 2017).

I.2.12.2.1 composition chimique du marc de café

Le marc de café est essentiellement composé de polysaccharides ; il est riche en cellulose, en hémicellulose et en lignine (Benamar, 2016).

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

Tableau V. les principaux composés du marc de café (Musatto et al, 2011 ; Limousy et al, 2013)

Composantes	Quantités
Glucides	45.3%
Lignine	23.90
Lipides	9.3-16.2%
Protéines	14
Minéraux	6800 mg/kg de matière sèche
Polyphénols	13-18 mg d'acide gallique
Carbone (C)	49.7%
Azote (N)	2.3%
C/N	22

I.2.12.2.2 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 ou pour la production d'énergie sous forme d'agropellets pour combustion. Certaines études ont permis de mettre en évidence les propriétés adsorbantes du marc de café vis-à-vis des colorants. 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 (Jeguirim et Limousy, 2014).

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

I.2.12.3 Le grignon d'olive

L'industrie oléicole, en plus de sa production principale qui est l'huile, laisse deux principaux résidus, l'un liquide appelé margine et l'autre solide appelé grignon d'olive.

Le tourteau ou marc d'olive, plus communément appelé grignon d'olive, est le résidu solide, issu de la première pression ou centrifugation. Il est constitué de restes de pulpes et de noyaux d'olives concassés (Ghezal et Chemam, 2017).

I.2.12.3.1 Composition physique du grignon d'olive

Le grignon d'olive renferme la plus grande partie de la matière sèche de l'olive et une certaine proportion d'eau de végétation (margines) qui contient les composants hydrosolubles de l'olive et une certaine quantité d'huile résiduelle qui favorise leur altération rapide (Cheikh, 2010).

Tableau VI. Composition physique du grignon d'olive (Cheikh, 2010).

Fraction du grignon	Epicarpe + Mésocarpe	Endocarpe	Amandon	Eau	Huile résiduelle
Pourcentage	42.30	21.20	3	25	9.5

I.2.12.3.2 Composition chimique de grignon d'olive

La composition chimique du grignon d'olive varie en fonction de la variété d'olive, des conditions de culture et du procédé utilisé pour extraire l'huile (Cheikh, 2010).

La cellulose, l'hémicellulose et lignine sont les composants principaux des grignons (Rodriguez et al, 2008).

Dans le (tableau VI) sont regroupées les principales caractéristiques chimique du grignon d'olive.

Tableau VII. Caractéristiques chimiques de grignon d'olive (Benamar et al, 2013).

Composants	Pourcentage dans le grignon
Humidité	29.80 ±0.25
Matière sèche	70.20 ±0.25
Taux de cendre	1.95 ±0.09
pH	6.80 ±0.06
Carbone	56.39 ±0.08
Matière organique	97.23 ±0.13
Cellulose	33.42
Hémicellulose	15.12
Lignine	22.1
Azote	1.06
Phosphore	0.113
Potassium	0.833
Calcium	0.820

I.2.12.3.3 Valorisation du grignon d'olive

Dans le domaine agricole, le grignon d'olive peut être employé comme fertilisant des sols après avoir subi une pré-décomposition ou compostage pour faciliter sa dégradation et éliminer ses effets phytotoxiques. Par ailleurs, l'analyse de la composition des cendres issues de la combustion des grignons d'olive ont confirmé cette utilisation possible en tant que fertilisant (**Benamar et al, 2013**).

Ce sous-produit de l'industrie oléicole peut être utilisé également en tant que complément alimentaire pour bétail (**Benamar et al, 2013**).

La fermentation du grignon d'olive en milieu solide par des champignons filamenteux et thermophiles produit une panoplie de composés d'arômes d'intérêt dans les domaines agroalimentaire, cosmétique et même pharmaceutique (**Delmas, 1989**). La fermentation anaérobique des lisiers de vaches mélangés au grignon d'olives produit du méthane à 57-65% du biogaz produit (**Zeitoun, 2011**).

Selon **Pagnanelli et al (2002)**, le grignon d'olives a une capacité élevée de rétention de plusieurs métaux lourds comme le cadmium, le plomb et le zinc.

Le grignon d'olive a été également utilisé comme substrat pour la fermentation solide dans le but de produire des champignons comestibles (**Benamar, 2016**).

Chapitre II
Culture des Pleurotes
Ostreatus

II.1. Matériel et méthodes

II.1.1. Matériels biologique

II.1.1.1. Mycélium

Le mycélium est obtenu, auprès d'un cultivateur de pleurotes au niveau du village Tighrouja, commune Semaoun, wilaya de Bejaïa, dans des sachets stériles hermétiquement fermés sur un substrat constitué d'un mélange de blé et de graines maïs (**figure 08**). Cet échantillon doit être conservé au frais jusqu'à son utilisation.



Figure 08. Mycélium dans des sacs hermétiquement fermés.

II.1.1.2. Marc de café

Le marc de café est collecté dans de plusieurs cafetières au niveau de la ville de Bejaïa. Le marc de café est nettoyé des déchets qu'il contient puis stérilisé afin d'éviter son pourrissement vu sa grande teneur en humidité.

II.1.1.3. Grignon d'olive

Le grignon d'olive est obtenu dans un moulin d'olive au niveau du village Taghrast, commune Chemini, wilaya de Bejaïa qui est aussi nettoyé des déchets ensuite stérilisé.

II.1.2. Etapes de culture

Pour obtenir nos pleurotes on a suivi la méthode utilisée par **Mohellebi en 2018**.

II.1.2.1. Préparation des substrats (marc de café, grignon d'olive)

II.1.2.1.1. Humidification

Les substrats sont humidifiés à l'eau de robinet jusqu'à une humidité d'environ 60%, celle-ci est estimée par un test de pression (**figure 09**) qui ne sera positif que quand on aura que quelques gouttelettes en exerçant une légère pression par la pomme de la main sur le substrat.

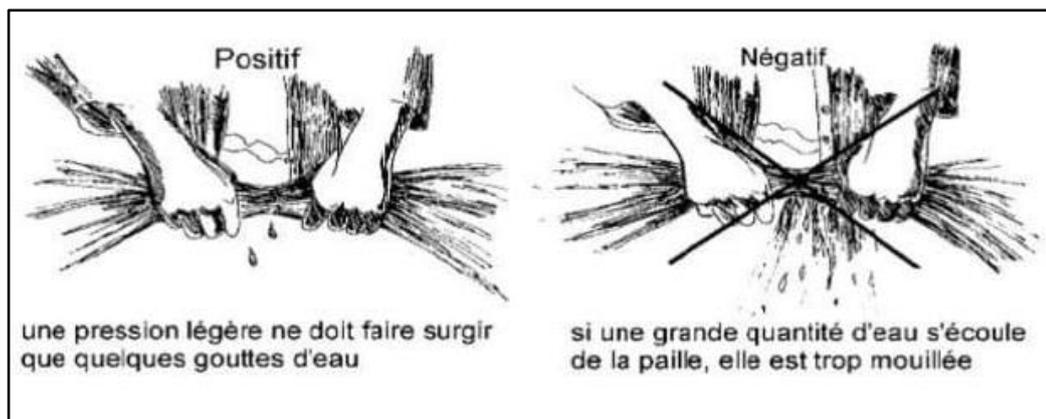


Figure 09. Teste de pression (Mohellebi 2017).

II.1.2.1.2. Pasteurisation

La pasteurisation des substrats se fait à la vapeur d'eau dans un couscoussier pendant une heure (figure 10).

Les substrats sont pasteurisés afin d'éliminer les microorganismes qu'ils contiennent pour éviter au mycélium d'éventuels compétiteurs.



Figure 10. Pasteurisation des substrats ; (a) : pasteurisation du marc de café,
(b) : pasteurisation du grignon d'olive.

II.1.2.1.3 Refroidissement

Les substrats, en étant chauds, sont transvasés dans des sacs en plastiques renfermés soigneusement (**figure 11**) et laissés se refroidir à température ambiante d'environ 30°C.

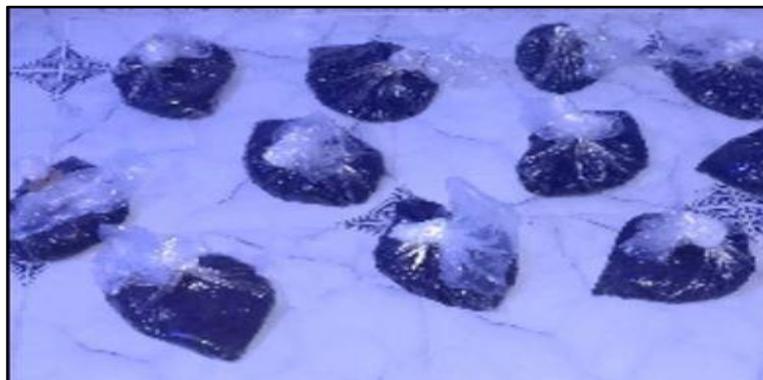


Figure 11. Refroidissement des substrats.

II.1.2.1.4. Addition de la chaux

a. Pour le marc de café

La chaux est additionnée à 1kg du marc de café à raison de 1% (10g) afin de réduire leur pH car les pleurotes préfèrent un milieu légèrement acide pour se développer. Le pH optimal de croissance est compris entre 5.5 et 6.5 (**Stamets, 2000**).

b. Pour le grignon d'olive

Face à des incertitudes concernant le taux d'acidité du grignon d'olive nous avons décidé de tester trois configurations différentes à savoir :

- 1 kg de Grignon d'olive sans adjuvant ;
- 1kg de Grignons d'olive + 10g de la chaux
- 1kg de Grignons d'olive + 20g de la chaux

NB : le grignon d'olive qui a été utilisé pour cette expérimental est récent (datant de quelques semaines).

Nous avons également testé un grignon d'olive ancien (datant d'une année).



Figure 12. Addition de la chaux aux substrats utilisés.

II.1.2.2. Lardage des substrats ou ensemencement

Une fois les substrats sont prêts, on passe au lardage qui se fait à raison de 10% du mycélium par rapport au substrat (**figure 13**). Les sacs sont bien fermés et des petits trous sont effectués dans tous les sens afin que le mycélium puisse respirer.



Figure 13. Lardage des substrats par le mycélium.

II.1.2.3. Incubation et envahissement du blanc

Cette étape se fait dans un endroit propre, à l'abri de la lumière et à une température de 25 à 28°C.

Un mois après sa culture, le mycélium envahi les substrats jusqu'à ce qu'ils deviennent dures et tout blancs, sauf pour le grignon d'olive datant d'une année, (**figure 14**), c'est là où l'étape de fructification peut avoir lieu.



Figure 14. Envahissement du mycélium sur les substrats ; (a) : le marc de café, (b) : le grignon d'olive à raison de 2% de chaux, (c) : sur le grignon d'olive à raison de 1%, (d) : le grignon d'olive sans addition de chaux, (e) : le grignon d'olive datant d'une année.

II.1.2.4. Fructification

Une fois que de petites fructifications commencent à se former, les conditions de cultures sont modifiées :

Les sacs sont installés dans une salle aérée où la lumière est suffisante car les pleurotes sont très sensibles au manque d'aération et de lumière ;

Les sacs sont ouverts pour permettre aux fructifications de sortir (**figure 15**) ;

L'humidité est augmenté aux environs de 90 à 95% par deux à trois arrosages par jour avec une légère baisse de la température jusqu'à 18 à 20°C ;

Une fois que la taille des fructifications a atteint environs 1cm, l'humidité est baissée à 85% et la chambre de croissance doit être moins aérée.



Figure 15. Ouverture des sacs pour la fructification.

II.1.2.5. Récolte

La récolte des champignons se fait 7 à 10 jours après l'étape de fructification en les détachant du substrat en les tordant soigneusement en veillant à ne retirer qu'un minimum de substrats afin de permettre l'obtention des prochaines récoltes qui peuvent aller jusqu'à trois.



Figure 16. Champignons récoltés (9 jours après l'ouverture des sacs).

II.1.3. Efficacité biologique

L'efficacité biologique (EB) représente le rendement du champignon frais par kilogramme de substrat en poids sec, elle est calculée par la formule suivante (Oei, 1993) :

$$EB = (\text{poids du champignon frais} / \text{poids sec du substrat}) \times 100$$

Le rendement en *Pleurotus Ostreatus* obtenu par sac de culture de 1Kg en fonction des substrats testés (grignon d'olive et marc de café) et de nombre de récolte est représenté sur la figure 17.

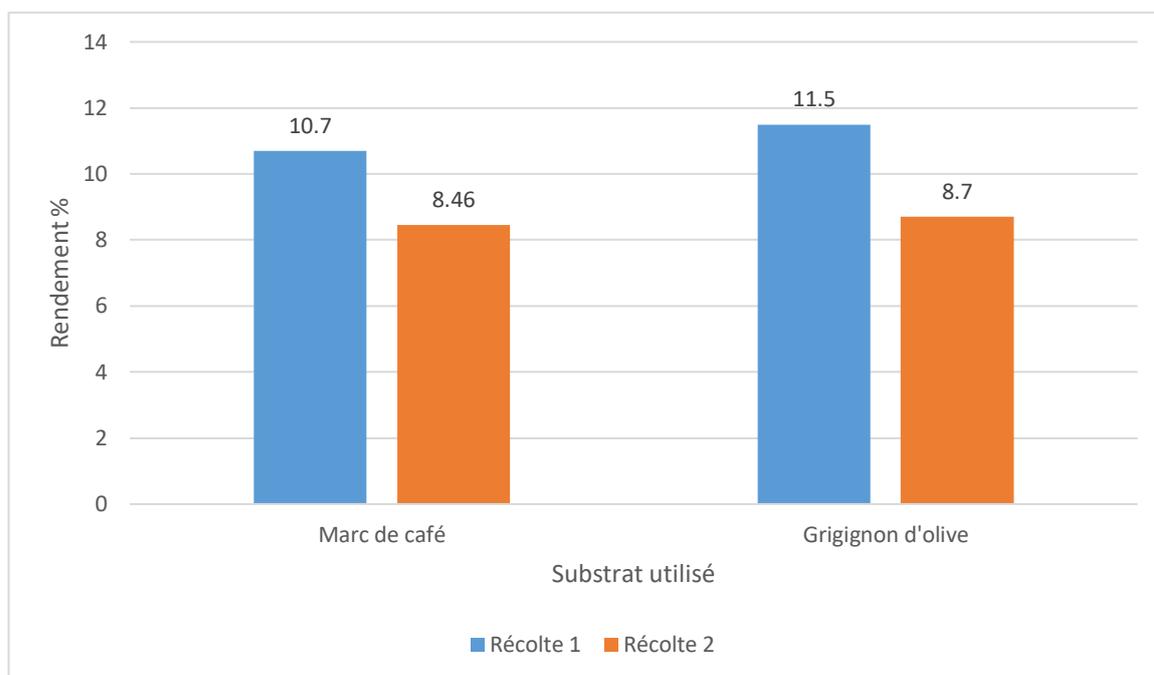


Figure 17 : Rendement en champignon de *Pleurotus Ostreatus* par sac de culture de 1Kg en fonction des substrats testés.

II.1.4. Conservation

Après la récolte et face à l'impossibilité de réaliser nos tests prévus dans le cadre du projet contenu du confinement et des mesures sanitaires liées au COVID-19, les *pleurotes* ont fait l'objet d'une conservation. L'objectif de la conservation est d'éviter la destruction des champignons.

Les pleurotes obtenus sont conservés dans de l'huile d'olive et dans du vinaigre. Selon **Mohellebi 2018**, les étapes de la conservation sont les suivantes :

II.1.4.1. Stérilisation des bocal

On stérilise les bocal en verre thermorésistant en les laissant bouillir dans de l'eau pendant une heure.

II.1.4.2. Blanchiment des pleurotes

Dans un mélange de 250ml de vinaigre commercial et de 150ml d'eau salée, les pleurotes sont bouillis pendant 10min, afin de diminuer la charge microbienne et d'arrêter les processus enzymatique, les pleurotes sont ensuite lavés à l'eau froide puis égouttés.

II.1.4.3. Remplissage des bocaux

Une quantité de 70g de pleurotes est introduite dans des bocaux contenant 200ml de liquide de conservation. Ces bocaux sont ensuite couverts par du papier aluminium pour éviter l'oxydation puis conservés au frais à 6°C.



Figure 18. Conservation des pleurotes dans du vinaigre et de l'huile d'olive.

Les champignons cultivés ont pu être conservés pour une période de trois mois et une semaine.

II.2 Discussion des résultats obtenus

II.2.1. Incubation et envahissement du blanc

Une semaine après l'ensemencement, l'envahissement de nos substrats par le mycélium commence et s'accomplit au bout d'environ un mois (**figure 19**) sauf au niveau de l'ancien grignon.

Ces résultats obtenus au niveau du grignon d'olive d'il y a un an est probablement lié à la perte de ses valeurs nutritives et de ses caractéristiques physico-chimiques nécessaires au développement des champignons car il est ancien et les conditions dans lesquelles il a été conservé n'étaient pas favorables (conservé à l'extérieur, exposé au soleil et à la pluie ...).



Figure 19. Envahissement du substrat par le mycélium ; (a) : début d'envahissement, (b) : envahissement quasi-total, (c) : envahissement total.

II.2.2. Fructification

- **Marc de café**

De petits boutons légèrement gris se forment après un ou deux jours de l'ouverture des sacs (**figure 20a**). Deux jours après, ces boutons grandissent et deviennent plus foncé (**figure 20b**) puis prennent à s'évoluer rapidement jours après jours en taille et en forme, l'état de maturité est atteint dans une semaine à dix jours maximum (**figure 20c**).

- **Grignon d'olive**

Les résultats obtenus sur l'ensemble des trois milieux testés sont similaire à ceux du marc de café.



Figure 20. Étapes de fructification.

II.2.4. Efficacité biologique

Les rendements des cultures effectuées sur le grignon d'olive sont de l'ordre de 11.5% à la première récolte et 8,7% à la deuxième. Le marc de café, quant à lui, est caractérisé par des rendements de 10.7 et 8,46% à la première et à la deuxième récolte respectivement.

Nous constatons que les rendements obtenus sont quasiment similaires pour les deux substrats et la première récolte était plus élevée que la deuxième; cela est probablement lié à la diminution des nutriments dans les substrats.

Les rendements obtenus concernant les pleurotus ostreatus cultivés sur le marc de café sont comparables à ceux obtenus suite aux deux études réalisées par Ghezal et Chemam en 2017 (10.68%), et inférieurs à ceux obtenus par Amran et Belkacemi en 2017 (15.9%). Concernant les résultats constatés pour le grignon d'olive, le rendement est supérieur à celui obtenu par Amran et Belkacemi en 2017 (7.45%) et inférieur à celui obtenu par Ghezal et Chemam toujours en 2017 (14.5%).

Chapitre III
Résultats des études
antérieurs sur Pleurotus
Ostreatus

Dans le cadre du présent projet, et après la phase de la récolte, il était prévu d'effectuer une analyse sensorielle et d'évaluer la composition des champignon comestible *Pleurotus Ostreatus* qui sont cultivés sur deux substrats très répandus et non utilisés (déchet). Toutefois, compte tenu du contexte actuel et des mesures sanitaires liées au COVID-19, l'accomplissement de l'ensemble de tâches prévues n'était pas possibles. Par conséquent, il était convenu de procéder à l'analyse et l'interprétation des résultats des études similaires et travaux de recherches antérieurs.

III.1. Teneur en protéines totales

Tableau XIII : teneur en protéines totales de *Pleurotus Ostreatus*

Teneur en protéines (g /100g de MS)	Références
23.91	Alam et al, 2008
23.41	Mohellebi, 2018
30.4	Chang et al, 1981
20.82	Chirinang et Intarapichet, 2009

Le présent tableau de synthèse des résultats issus des études antérieures met en évidence que la teneur en protéines de champignon type *Pleurotus Ostreatus* varie entre 20 et 30 g pour 100g de fruits séchés. 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 utilisées et des conditions de cultures.

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

III.2. Activité antioxydante de *Pleurotus Ostreatus*

III.2.1. Molécules responsables de l'activité antioxydante

Tous les végétaux contiennent des composés phénoliques (**Sarni-Mancado & Cheynier, 2006**), maintenant reconnus dans des domaines variés, notamment en pharmacologie à savoir la lutte contre l'athérosclérose, l'action anti cancérigène, et la forte action antioxydante grâce aux flavonoïdes (lutéoline, quercétine, kaempférol, apigénine, taxifoline) 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**).

III.2.1.1. Polyphénols

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire, largement distribués, possédant plusieurs groupements phénoliques, avec ou sans autres fonctions et comportant au moins 8000 structures connues différentes, allant des molécules phénoliques simples de faible poids moléculaire tels que les acides phénoliques à des composés hautement polymérisés comme les tannins. Ils font partie intégrante de l'alimentation humaine et animale (**Athamena, 2009**).

a. Classification des polyphénols

Les polyphénols sont répartis en plusieurs classes :

- ❖ les flavonoïdes;
- ❖ les tanins;
- ❖ les saponines (triterpénoïdes).

Les polyphénols sont associés à de nombreux processus physiologiques qui interviennent dans la qualité alimentaire et sont impliqués lorsque la plante est soumise à des blessures mécaniques. La capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques. Ces composés montrent des pouvoirs anti-inflammatoires, analgésiques, antibactériens, antiviraux, anticancéreux, anti-allergènes, vasodilatateurs et antioxydants (**Athamena, 2009**).

b. Propriétés réductrices des polyphénols

Plus un composé aromatique est substitué par des groupements donneurs d'électrons, plus l'énergie de son HOMO (Hight Occupied Molecular Orbital) est élevée, plus son potentiel d'ionisation est faible et plus son caractère réducteur est grand. Il peut alors subir une oxydation mono-électronique qui conduit au cation radicalaire correspondant (**Athamena, 2009**).

III.2.1.2. Flavonoïdes

Occupant une place prépondérante dans le groupe des phénols, les flavonoïdes sont des métabolites secondaires ubiquistes des plantes. Environ 2 % du carbone organique photosynthétisé par les plantes, soit environ 109 tonnes par an, est converti en flavonoïdes (**Athamena, 2009**). D'un point de vue structure chimique, les flavonoïdes sont des dérivés du noyau flavone ou 2-phényl chromone à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6), constitué de deux noyaux aromatiques, désigné par

les lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygéné, désigné par la lettre C, portant des fonctions phénols libres, éthers ou glycosides.

III.2.1.3. Tanins

Les **tanins** ou **tannins** sont des substances végétales de la famille des polyphénols, le plus souvent hydrosolubles, d'origine végétale et qui possèdent la capacité de précipiter les protéines, alcaloïdes et polysaccharides, à partir de leur solution aqueuse. Il y'a deux grands groupes de tanins:

- ❖ les tanins hydrosolubles ;
- ❖ les tanins condensés ou non hydrosolubles ou tannins cathéchiques dérivant des catéchols et des proanthocyanidols par condensation.

III.2.2. Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité anti oxydante

Actuellement, une grande diversité des méthodes analytiques pour la détermination de la capacité antioxydante 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.

III.2.2.1. 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 antioxydante de plusieurs espèces de champignons. Dans l'ensemble, les extraits de champignon ont été préparés dans du méthanol ou de l'éthanol (**Anno, 2016**).

III.2.2.2. 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 (3-éthylbenz-thiazoline-6-sulfonique)] forme le radical ABTS• 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).

III.2.2.3. Puissance antioxydante de réduction du fer

Cette méthode désignée méthode FRAP en anglais (ferric reducing antioxidant potential), 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 595 nm 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).

III.2.2.4. Méthode de 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 antioxydante des extraits de champignons comestibles (Anno, 2016).

III.2.2.5. Méthodes d'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 antioxydante.

Le test de l'acide thiobarbiturique (TBA: thiobarbituric acid 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).

III.2.3. Résultats et discussions

Tableau IX. Activité antioxydante de *Pleurotus Ostreatus* enrichis en fer, zinc ou lithium (Patricia A.Fontes Vieira & al, 2013).

Champignon	Valeur en IC ₅₀ (mg/ml) (DPPH)	Pourcentage d'inhibition (β-carotène/acide linoléique)
PloNE	50.22 ±1.37	58.53 ±10.18
PloEFe	196.58 ±12.42	64.15 ±5.16
PloEZn	127.04 ±1.10	66.85 ±3.86
PloELi	106.29 ±1.99	65.77 ±4.10

PloNE : *pleurote* non enrichi ; PloEFe : *pleurote* enrichi en fer ; PloEZn : *pleurote* enrichi en zinc ; PloELi : *pleurote* enrichi en lithium.

L'activité antioxydante de *P. ostreatus* cultivées sur écorce de café enrichie en fer (Fe), zinc (Zn) et lithium (Li) ont été étudiées par **Patricia A.Fontes Vieira & al (2013)**. Pour le test DPPH, une différence a été observée entre les échantillons de PloNE, PloEFe, PloEZn et PloELi contrairement au test de β-carotène/acide linoléique. On peut noter que les processus d'enrichissement du champignon n'influence pas directement l'activité antioxydante par la méthode du système β-carotène/acide linoléique, à l'opposé de celle observée pour le test DPPH qui a démontré que la supplémentation minéral réduit l'activité antioxydante chez *P.Ostreatus* enrichi en fer, zinc ou lithium.

NB : Plus la valeur de l'IC₅₀ est petite plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant contrairement aux valeurs exprimées en pourcentage d'inhibition.

Tableau X. Activités antioxydantes des polysaccharides de *Pleurotus Ostreatus* (Yunxia Zhang & al, 2012).

Type de polysaccharide	Méthode utilisé	Valeur en IC ₅₀ (mg/ml)
PSPO-1a	Piégeage des radicaux DPPH	1.43 ±0.055
	Piégeage des radicaux superoxydes	2.0 ±0.066
	Piégeage des radicaux hydroxyles	FA
PSPO-4a	Piégeage des radicaux DPPH	2.3 ±0.067
	Piégeage des radicaux superoxydes	4.8 ±0.067
	Piégeage des radicaux hydroxyles	FA

FA : faible activité

Les résultats représentés dans le **tableau X** montrent les effets de piégeages des polysaccharides PSPO-1a et PSPO-4a sur trois radicaux différents (DPPH, radicaux superoxydes et radicaux hydroxyles). Le PSPO1a était composé de mannose, glucose, galactose, xylose et rhamnose avec un rapport molaire de 2,47 ; 0,91 ; 1,00 ; 1,66 ; 3,87. Le PSPO-4a était composé de seulement trois monosaccharides: le rhamnose, le mannose et le galactose avec un rapport molaire de 0,92 ; 2,69 ; 1,00. Le poids moléculaire moyen de la PSPO-1a et de la PSPO-4a déterminé par HPLC a été estimé à $1,8 \times 10^4$ Da et 1.1×10^6 Da respectivement.

Il a été constaté que les deux polysaccharides présentent une forte activité de piégeage des radicaux DPPH et des anions superoxydes mais moins efficace pour piéger les radicaux hydroxyles. Selon les résultats de cette étude, le PSPO-a1 est caractérisé par une activité antioxydante plus élevée que celle du PSPO-a4, ce qui signifie que la composition et le rapport de monosaccharides ont une influence sur l'activité antioxydante. Il a été rapporté que la base, la structure ou le poids moléculaire des polysaccharides peuvent jouer un rôle important dans leur bioactivité (Yunxia Zhang & al, 2012).

Tableau XI: Activité antioxydante de *Pleurotus Ostreatus* cultivé sur différents substrats par la méthode de piégeage des radicaux DPPH (Ghezal et Chemam, 2017).

Substrat utilisé	Valeur en IC ₅₀ (mg/ml) (DPPH)
Mélange (Grignon d'olive +Marc de café +Paille de blé)	0.04 ±0.01
Paille de blé	2.19±0.40
Marc de café	2.71 ±0.61
Grignon d'olive	6.69 ±1.24

Dans cette étude **Ghezal et Chemam (2017)** ont trouvés que les valeurs d'IC₅₀ sont croissantes en allant de l'extrait issu des carpophores développés sur le substrat mélange (GO+MC+PB) vers celui de l'extrait de champignon ayant poussé sur le grignon d'olive.

Dans cette étude, il a été conclu que l'extrait de carpophores de *P.ostreatus* ayant poussé sur le substrat de culture mélange à un bon pouvoir anti-radicalaire envers le DPPH.

Tableau XII. Résultats de l'activité antioxydante d'extrait de *Pleurotus Ostreatus*.

Méthode utilisé	Solvant utilisé	résultat	Référence
Piégeage des radicaux DPPH	Solvant méthanolique	76.11%	Mohellebi, 2018
	Solvant éthanolique	29%	Chirininang et Intarapichet, 2009
	Solvant aqueux	80%	
	Solvant méthanolique	80%	Yang et al, 2002
Activité de chélation des métaux (pouvoir chélateur)	Solvant éthanolique	6 mg/ml	T.Jayakumar & al, 2009
Effet sur la réduction de la puissance (pouvoir réducteur)		1.36 mg/ml	

Les résultats obtenus mettent en évidence une variation de l'activité antioxydante des Pleurotes en fonction de la méthode et de l'extrait employés.

Pour la méthode de piégeage des radicaux DPPH l'activité antioxydante est de 80% en moyenne pour l'ensemble des solvants utilisés excepté pour le solvant éthanolique qui est de 29%.

Il a été rapporté que cette variation est probablement due à la différence entre les méthodes et les solvants utilisés, les températures, les durées et les méthodes d'extraction ou à la différence entre les conditions de culture (**Mohellebi, 2018**).

Pour les deux autres méthodes, du pouvoir réducteur et du pouvoir chélateur les résultats sont de 6mg/ml et 1.36mg/ml respectivement, ce qui implique que l'extrait de *Pleurotes Ostreatus* étudié a un pouvoir de réduire le fer existant dans le milieu, donc cela présente un bon potentiel antioxydant.

III.3. Activité antibactérienne de *Pleurotus Ostreatus*

III.3.1. mécanismes et molécules responsables de l'activité antibactérienne

Les polyphénols sont bien connus pour avoir des activités microbicides 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**).

III.3.2. méthodes de détermination de l'activité antibactérienne

III.3.2.1. 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**).

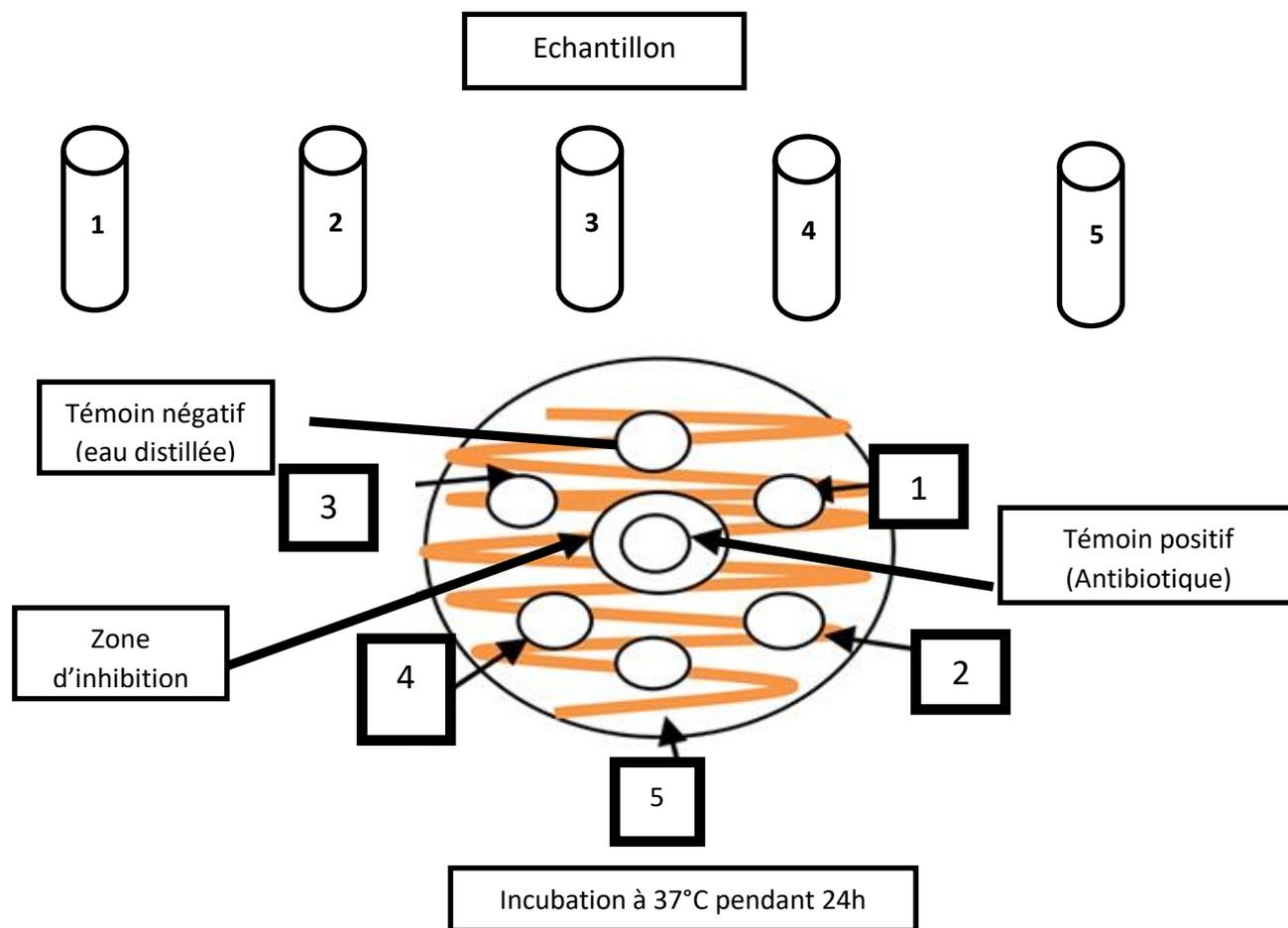


Figure 21. Schéma représentatif de la méthode de détermination de l'activité antibactérienne par la diffusion en disque dans un milieu gélosé (Ghezal et Chemam, 2017).

III.3.2.2. 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**).

III.3.2.2.1. 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**).

III.3.2.2.2. En milieu solide

L'agent antimicrobien est incorporé dans un milieu gélosé coulé en boîtes de Pétri. La surface de la gélose estensemencée 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 22**) (Azzi, 2016).

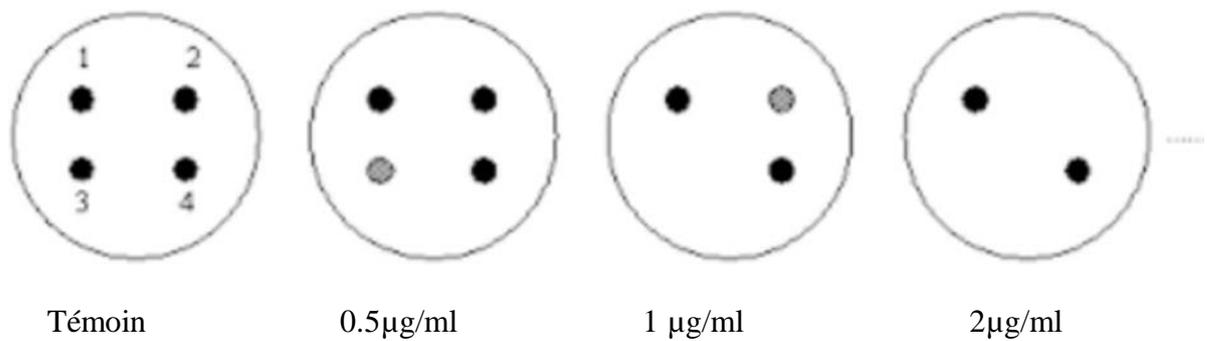


Figure 22. Détermination de la CMI par dilution en milieu gélosé (Azzi, 2016).

III.3.3. Résultats et discussions

Tableau XIII. Activité antibactérienne d'extraits de pleurotus ostreatus exprimé en diamètre de la zone d'inhibition (mm) (Iwalokun et al, 2007).

Souches bactériennes	<i>Pleurotus Ostreatus</i>		ATB
	PE	AE	
Bactéries Gram+			
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	7.5 ± 0.1	7,6 ± 0,3	27.5 ±0.7
<i>Staphylococcus aureus</i>	7.2 ± 0.9	7,1 ± 0,7	27.7 ±0.9
<i>Staphylococcus aureus</i>	7.0 ± 0.8	7,0 ± 0,6	28.1 ±0.4
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	7.1 ± 0.8	7,0 ± 0,7	29.1 ±0.5
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	7.1 ± 0.1	7,2 ± 0,2	27.8 ±0.3
<i>Bacillus subtilis</i>	7.8 ± 0.2	7,6 ± 0,8	28.4 ±0.6
<i>Bacillus licheniformis</i>	7.7 ± 0.2	7,7 ± 0,4	27.8 ±0.4
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	3.0 ± 0.2	3,2 ± 0,1	28.9 ±0.4
Bactéries Gram-			
<i>Salmonella typhi</i> ATCC 13391	7,5 ± 0,1	7,2 ± 0,4	28.1 ±0.1
<i>Salmonella typhi</i>	7,2 ± 0,1	7,0 ± 0,1	28.4 ±1.3
<i>Escherichia coli</i> ATCC25922	7,0 ± 0,3	7,0 ± 0,0	29.5 ±0.1
<i>Escherichia coli</i>	8,2 ± 0,7	7,6 ± 0,8	28.5 ±1.0
<i>Proteus sp.</i>	6,9 ± 0,5	6,5 ± 0,6	27.8 ±0.7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7,1 ± 0,2	7,0 ± 0,1	28.0 ±0.1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5,6 ± 0,4	5,2 ± 0,2	28.2 ±0.6
<i>Haemophilus influenzae</i>	5.5 ± 0.5	5,0 ± 0,7	27.7 ±0.9

Les tests antimicrobiens préliminaires de l'extrait d'éther de pétrole de *P. ostreatus*, ont produit des zones d'inhibition de la croissance de 3,0 - 7,8 ± (0,1 - 0,9) mm pour les bactéries Gram positives, 5,5 - 8,2 ± (0,5 - 0,7) mm pour les bactéries Gram négatif. Parmi les bactéries gram-

négatives sensibles testées, les zones d'inhibition dues à l'extrait de pétrole étaient plus élevées que celles de l'extrait d'acétone.

Parmi les bactéries à Gram positif testées, des isolats locaux de *L. acidophilus* et *B. subtilis* étaient les souches les moins sensibles [$3,0-3,2 \pm (0,1 - 0,2)$ mm] et les plus sensibles [$7,6 - 7,8 \pm (0,2-0,8)$ mm] dans les deux extraits organiques. Dans les bactéries à Gram négatif, les isolats locaux de *E. coli* et *H. influenzae* présentaient les susceptibilités les plus élevées [$7,6 - 8,2 \pm (0,7 - 0,8)$ mm] et les plus faibles [$5,0 - 5,5 \pm (0,5-0,7)$ mm], respectivement. Au total, les isolats testés ont montré une sensibilité aux extraits d'acétone et d'éther de pétrole de *P. ostreatus* (**Tableau X**).

La différence entre ces résultats peut être expliquée par le fait qu'il s'agit d'extraction différente, ce qui amène à une composition chimique différente (**Plourde, 2016**).

Dans cette étude il a été suggéré que *P.Ostreatus* a une activité antibactérienne et antifongique à large spectre (**Iwalokun et al, 2007**).

Les résultats obtenus montrent que les antibiotiques utilisés présentent une forte activité antimicrobienne. Les bactéries les plus résistantes avaient un diamètre de 27.5 ± 0.7 pour les Gram+ et 27.7 ± 0.9 pour Gram-, ce qui implique que les souches bactériennes testées sont très sensibles par rapports aux antibiotiques.

Conclusion

Conclusion

Le Basidiomycète comestible, *Pleurotus ostreatus*, est facilement cultivé dans une grande variété de résidu agricoles, comme la pailles, la sciure de bois, la coquille de noix de coco, la graine de maïs, le grignon d'olive, la bagasse de canne à sucre, le marc de café et d'autres de nature organique. Il est cultivé et consommé à travers le monde pour ses bienfaits nutritionnels et ses vertus thérapeutiques et peut être qualifié d'alicament ou aliment fonctionnel.

La présente étude est consacrée à la culture du champignon *Pleurotus Ostreatus* sur le marc de café et le grignon d'olive, et à sa conservation dans du vinaigre et dans de l'huile d'olive, de calculer le rendement obtenu sur chaque substrat utilisé et à analyser des résultats antérieurs réalisé sur ce champignon.

L'efficacité biologique est estimée à 11.5% pour le grignon d'olive et 10.7% pour le marc de café par kilogramme de substrat.

Les champignons cultivés ont pu être conservé pour une période de trois mois et une semaine.

D'après l'analyse des résultats antérieurs, nous pouvons conclure que les *Pleurotes* sont une excellente source de protéines (entre 20.82 et 30.4 g pour 100g de fruits séchés.) et procèdent une bonne activité antioxydante et une activité antibactérienne contre les bactéries Gram+ et Gram-.

L'enrichissement minéral influence négativement l'activité antioxydante du champignon *P.Ostreatus* (**Patricia A.Fontes Vieira et al, 2013**).

Le champignon *P. ostreatus* ayant poussé sur le mélange de résidus agricoles est plus riche en antioxydants que celui obtenu sur un seul substrat (**Ghezal et Chemam, 2017**).

Les hétéropolysaccharides hydrosolubles isolés de *P.Ostreatus* (PSPO-1a et PSPO-4a) possèdent de puissantes activités antioxydantes (**Yunxia Zhang et al, 2012**).

Perspectives

Ouvrant la perspective de travaux supplémentaires pour :

- ✚ Procéder à une caractérisation qualitative,
- ✚ Réaliser une analyse sensorielle et
- ✚ Elargir l'étude sur d'autres types de conservation (saumurage, séchage...)

Références bibliographiques

Alam, N., Amin, R., Khan, A., Ara, I., Shim, M.J., Lee, M.W., and lee, T.S. (2008). Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh – *Pleurotus Ostreatus*, *Pleurotus sajarcaju*, *Pleurotus Florida* and *Calocybe indica*. *Mycrobiology* 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 Hermann Fourier Atta, quatre champignons saprophytes comestibles du centre de la Cote D'Ivoire : Etude Socio-alimentaire, caractéristiques chimiques et potentialités antioxidantés; thèse de doctorat en Biochimie ; Université Nangui Abrogoua ; Cote D'Ivoire ; 2016.

Arzani Karim, Boussioud Cherifa, « la multiplication des *pleurotes ostreatus* sur différents substrats celluloses issus de déchets agro-alimentaire » ; mémoire de master en mycologie et biotechnologie des fongiques ; Université des Frères Mentouri Constantine (2018).

Athamena S. 2009. Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *Cuinumcyminum* et Les feuilles de *Rosmarinusofficinalis* et l'évaluation de l'activité biologique. Mém. De Magister : Biochimie Appliquée. Faculté des Sciencesde l'Université EI-HADJ LAKHDAR Batna.

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

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 Zohra, « valorisation des déchets agro-alimentaires cas des grignons d'olives », Mémoire de magister option technologie alimentaire, Université M'HAMED Bougara, Boumerdes (2007).

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

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

Boulmerka Ahlem et Laoufi Oualide, « Essai de multiplication et culture de champignons pleurote à échelle du laboratoire », Mémoire de master en science biologiques, Université des frères Mentouri, Constantine (2017).

Bram Van Nieuwenhuzen, « la culture des champignons à petite échelle-2 », édition (fondation agromisa et CTA), Wageningen (2007).

Cannon P.F. & Kirk P.M., 2007, Fungal Families of the world. CABI Publishing Séries, 456p.

Carlile M.J. and 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., and 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, 3-15p.

Cheikh El Hachemi, « 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 (2010).

Cherinang. P., and 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., and Sankaran, M., (2014), « *Pleurotus ostreatus*, an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties », Journal of Biochemical Technology5, 718-726.

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

FERDJIQUI SIHAM ; 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 ; 2014.

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, p55.

Gévry M-F., Simard D., Roy G., 2009. Champignons comestibles du Lac-Saint-Jean. Bibliothèque et Archives, Canada, p67.

Ghezal Lynda et chemam Hassiba, « 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 (2017).

Guéguen J, Walrand S, Bourgeois O. Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humaine. Cah Nutr Diététique. 1 sept 2016;51 :177-85.

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

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

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.

Jean yves Bernoux, « Naissance d'un champignon », page champ Yves le site aux mille champignons en consultant ce site [https://champanyves. Pagesperso-orange.fr](https://champanyves.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. and 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 Papoutsisa & Simona Grassob & Ajay Menona & Nigel P. Bruntona & James G. Lynga & Jean-Christophe Jacquiera & Deep Jyoti Bhuyanc, « 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 (2020).

Larpent J. P., 1997. *Microbiologie alimentaire. Technique de laboratoire.* ED. Lavoisier, paris. 390p.

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 p.

Limousy L., Jeguirim M., Dutournié P., Kraiem N., Lajili M. & Said R., 2013. Gaseous Products and Particulate matter emissions of biomass residential boiler fired with spent coffee grounds pellets. *Fuel*, vol 107, 323-329.

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

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 Hamida ; 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 ; 2010.

Mansour-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.

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., 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-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.

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

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

Maublanc A., 1976. Les champignons comestibles et vénéneux, 6^{ème} Edition, Le Chevalier ; 107p.

Mouhellebi Nassima, « culture et conservation du champignon comestible *–pleurotus ostreatus* Mémoire de master en technologies alimentaire, université des frères Mentouri, Constantine (2018).

- Monnier G. & Courtecuisse R.,** 1997. Guide de poche des champignons. Delachaux et Nieste, 88p.
- 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., and 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. Tamura, pp.161-176, Research Signpost, India.
- Oei P.,** 1993 La culture des champignons Collection « le point sur » Guide technique Traduction Christine Nédelec, Révision Jean Laborde Ministère Français de la Coopération CTATOOLGRET, 320 p.
- Olivier J.-M., Laborde J., Guimberteau J., Poitou N., Houdeau G. & Delmas J.,** 1991. La culture des champignons. Ed Armand, 160p.
- 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 vieira and all,** "Antioxidant activities, total phenolics and metal contents in *Pleurotus ostreatus* mushrooms enriched with iron, zinc or lithium", article en technologie et science alimentaire, édition Elsevier, 2013.
- Peter OEL et Bram Van nieuwenhijzen,** « La culture des champignons à petite échelle pleurotes shitakes et auriculaires », Edition Fondation Agromisa et CTA, Wageningen(2005).
- Philippe Silar,** « Protistes Eucaryote origine, Evolution et Biologie des Microbes Eucaryote » cours destinés aux Etudiants de Master1 et Master2 de Microbiologie, université Paris Diderot, Paris(2006).
- Philippoussis A.N.,** 2009. Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates : in P.Singh nee' Nigam, A. Pandey (eds), *Biotechnology for agro-industrial residues utilization*. Springer Science+Business Media B.V. pp 163-196.

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

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

Regis Courtecuisse et Bernad Duhem, « Champignons de France et d'Europe », Edition delachaux et Niestlé, Paris(2013).

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 Abdoul Salam ; 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 ; 2007.

Schlienger J-L. Existe-t-il un modèle alimentaire optimal ? *Médecine Mal Métaboliques*. 1 mai 2017;11(3):266-71.

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

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

T.jayakumar and all, " In-vitro antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* ", article en science alimentaire innovante et technologie émergente, édition Elsevier, 2009.

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

Yang, J.-H., Lin, H.-C., and Mau, J.-L. (2002). Antioxidant properties of several commercial mushrooms. *FOOD Chemistry* 77, 229-235.

Yunxia zhang and all, " Characterization and in vitro antioxidant activities of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus*", revue internationale des macromolécules biologique, édition esleiver 2012.

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, 288p.

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.

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. Vu la courte durée post-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 deux déchets alimentaires (le marc de café et le grignon d'olive). Nous avons noté que les champignons se développent bien sur les deux substrats et le rendement en poids de champignons par kilo de substrat est de 10.7% pour le marc de café, ce qui est comparable au résultat obtenu par Ghezal et Chemam (2017) (10.68%) et inférieur à celui obtenu par Amran et Belkacemi (2017) (15.9%), et pour le grignon d'olive le rendement est de 11.5 % , ce qui est supérieur au résultat de Amran et Belkacemi (2017) (7.45%) et inférieur à celui de Ghezal et Chemam (2017) (14.5%). Concernant la partie études de travaux antérieurs, les résultats montrent la richesse des pleurotes en protéines (entre 20.82 et 30.4 g pour 100g de fruits séchés), et leur potentiel antioxydant est entre 58.53 et 80%. Les résultats révèlent aussi que les pleurotes sont douées d'activité antibactérienne (7.8mm \pm 0.2 pour *Bacillus subtilis* et 8,2mm \pm 0,7 pour *Escherichia coli*).

Mots-clés : mycélium, déchets alimentaire (marc de café, grignon d'olive), fructification, *pleurotes ostreatus*, activité antibactérienne, activité antioxydante.

Abstract

Pleurotus Ostreatus is a fungus belonging to the Basidiomycetes. It is more and more cultivated for its nutritive and medicinal virtues. Its culture is possible on several agricultural substrates. Given the short post-harvest life of this fungus, several methods of conservation are possible to extend its lifespan. In our study we have realized a culture of oyster mushrooms on two food wastes (coffee grounds and olive pomace). We noted that the mushrooms grow well on both substrates and the yield by weight of mushrooms per kilo of substrate is 10.7% for coffee grounds, which is comparable to the result obtained by Ghezal and Chemam (2017) (10.68%) and lower than that obtained by Amran and Belkacemi (2017) (15.9%), and for olive pomace the yield is 11.5%, which is higher than the result of Amran and Belkacemi (2017) (7.45%) and lower than that of Ghezal and Chemam (2017) (14.5%). Regarding the studies part of previous work, the results show the richness of oyster mushrooms in proteins (between 20.82 and 30.4 g per 100g of dried fruit), and their antioxidant potential is between 58.53 and 80%. The results also reveal that oyster mushrooms are endowed with antibacterial activity (7.8mm \pm 0.2 for *Bacillus subtilis* and 8.2mm \pm 0.7 for *Escherichia coli*).

Keywords: mycelium, food waste (coffee grounds, olive pomace), fruiting bodies, oyster mushrooms *ostreatus*, antibacterial activity, antioxidant activity.