

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

UNIVERSITE de TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département Biologie

MEMOIRE

Présenté par

TAHIR Fatima Zahra
Et
BENALI Souad

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER en Sciences alimentaires

En Nutrition et diététique

Thème

Effet de l'addition des résidus du café dans la culture de *Pleurotus ostreatus*

Soutenu le Dimanche 28 juillet 2019 devant le jury composé de :

| | | | |
|-----------|--------------------|-------|-----------------------|
| Président | BENAMAR Chahid | M.C.A | Université de Tlemcen |
| Encadreur | TEFIANI Choukri | M.C.A | Université de Tlemcen |
| Examineur | BENYOUB Nor-Eddine | M.A.A | Université de Tlemcen |

Année universitaire 2018/2019

REMERCIEMENT :

Tout d'abord nous tenons à remercier DIEU le tout puissant et le miséricordieux de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience nécessaire pour entreprendre et achever ce modeste travail.

Qu'il nous soit permis d'exprimer nos sincères remerciement au Monsieur *TEFIANI CHOUKRI* pour la qualité de son encadrement exceptionnel , pour sa patience , pour sa disponibilité comme pour sa rigueur durant l'élaboration de ce mémoire

Nous tenons gratifier aussi les membres de jury Mr BENAAMAR et Mr BENYOUB pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail.

Nous remercions chaleureusement tout le personnel pédagogique ayant concouru à notre formation durant notre cursus universitaire.

Enfin, on adresse nos sincères sentiments de gratitude et de reconnaissance à toutes les personnes qu'ils ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACE :

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, la lumière de ma vie :

C'est grâce a vos efforts et votre soutiens que j'ai pu tracer mon chemin, et surmonter toutes les épreuves difficiles que j'ai rencontré tout au long de ma vie, que DIEU vous protège, je vous aime.

A mes sœurs et mon frère

Pour leurs aides et leurs soutiens qui m'ont permis de surmonter mes difficultés et de m'encourager afin d'arriver, je vous souhaite plein de bonheur et de réussite.

A mes meilleures copines Mimi et Sousou

Je vous remercie pour les meilleurs moments que nous avons partagés et pour toute la complicité et l'entente qui nous unis.

A Housseem , Adil , Kadirou , Rabah , Houda et tous les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant

Pour les liens d'effort d'amitié qui nous unissent et pour le plaisir dont j'ai joies avec vous. Merci pour votre amour et votre encouragement.

TAHIR Fatima Zahra

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Ma très chère mère pour tout son amour et son dévouement, à mon meilleur père qui a toujours été là pour moi et qui m'a donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

Ma plus belle chaïma.

Mes sœurs meriem et khadidja et mes chers frères lamine, fethi et houssem pour ces encouragements indéfectibles.

Mes meilleurs maria et youssef.

Mes meilleures copines tamtam, mimi et à toutes ses famille.

Mon oncle abed.

Aïssa , houssem, adil, kadirou, rabah et tous mes amis.

Toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment.

BENALI OUAD

Résumé

Le MARC et la PARCHE de café qui sont issus de la consommation du café sont deux résidus lignocellulosiques produits en grandes quantités en Algérie. L'objectif de notre travail consistait donc à la valorisation de ces deux déchets par la culture du champignon comestible qui reste l'une des sources en protéines pour un pays comme l'Algérie à forte démographie croissante. La pleuroculture étant une technologie simple et peu onéreuse, notre choix s'est fixé sur la culture d'une souche commerciale de Pleurote en huître.

Les rendements obtenus avec tous les substrats utilisés sont significatifs et encourageants à plus d'un titre (carpophores consistants et de bonne qualité) à l'exception de ceux obtenus avec la parche 100 %. La pleuroculture demeure donc l'une des perspectives à développer en production limitée ou industrielle.

Mots clés : parche de café - Marc de café – valorisation - champignons comestibles – Pleurote en huître

الملخص

التلوة و برشمان القهوة المشتقة من استهلاك القهوة هما من المخلفات اللينوسليلوزية المنتجة بكميات كبيرة في الجزائر. الهدف من عملنا هو تثمين هاذين المخلفين من خلال زراعة الفطر الصالح للأكل ، والذي لا يزال أحد مصادر البروتين في بلد مثل الجزائر مع نمو سكاني متزايد. زراعة الفطر المحار تعتبر تكنولوجيا بسيطة وغير مكلفة، فكان خيارنا يركز على زراعة سلالة تجارية من الفطر المحار.

الانتاجات التي تم الحصول عليها مع جميع الركائز المستخدمة كبيرة ومشجعة في أكثر من طريقة (إسفنج ثابت وجيد الجودة) باستثناء تلك التي تم الحصول عليها مع البرشمان 100 ٪. وبالتالي، لا تزال زراعة الفطر المحار أحد احتمالات التطور في الإنتاج المحدود أو الصناعي.

الكلمات المفتاحية : برشمان القهوة- تلوة القهوة- تثمين- الفطر الصالح للأكل- الفطر المحار.

Abstract

The Marc and Parchement of coffee that are derived from coffee consumption are too lignocellulosic residues produced in large quantities in Algeria. The aim of our work was therefore to valorize these too wastes by the cultivation of the edible mushroom, which remains one of the protein sources for a country like Algeria with a growing demography. The pleuroculture is a simple and a maxpensive technology, our choice is based on the cultivation of a commercial strain of oyster pleurote.

The yields obtained with all the substrates used are significant qns encouraging in more ways than one (consistent and good quality carpophores) with the exception of those obtained with 100% parchment.

The pleuroculture therefore remains one of the prospects to develop in limited on industrial production.

Keywords: coffee Parchement- coffee Marc-valorization- edible mushroom- oyster mushroom.

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Liste des tableaux | X |
| Liste des figures..... | XI |
| Liste des abréviations..... | XII |
| Introduction..... | 01 |
| Partie bibliographique | |
| Chapitre 1 : le café | 03 |
| 1. Définitions..... | 03 |
| 2. Description botanique..... | 03 |
| 3. Les différentes variétés de café..... | 06 |
| 4. L'obtention-du café..... | 08 |
| 4.1. La cueillette..... | 08 |
| 4.2. Le tri..... | 08 |
| 4.3. Torréfaction des grains de café..... | 09 |
| 4.4. La décaféination..... | 12 |
| 4.5. La mouture des grains..... | 12 |
| 5. Composition du café..... | 13 |
| 5.1. Caféine..... | 14 |
| 5.2. Les lipides, protéines et glucide..... | 14 |
| 5.3. Les minéraux..... | 14 |
| 5.4. Les vitamines..... | 15 |
| 5.5. Les fibres..... | 15 |
| 5.6. Les composants volatils..... | 15 |
| 5.7. Antioxydants du café..... | 15 |
| 5.7.1. La trigonelline..... | 15 |
| 5.7.2. Les diterpènes..... | 16 |
| 5.7.3. Les polyphénols..... | 16 |
| 5.7.4. Les Mélanoïdines..... | 16 |
| 6. Les résidus de l'industrie du café..... | 16 |
| 6.1. Le marc de café..... | 17 |
| 6.1.1. Définition..... | 17 |
| 6.1.2. Composition chimique..... | 17 |
| 6.1.3. Valorisation du marc de café..... | 18 |
| 6.2. La parche du café..... | 19 |
| 6.2.. Définition..... | 19 |
| 6.2.2. Composition chimique de la parche..... | 20 |
| Chapitre 2 : les champignons..... | 21 |
| 1. Généralités sur les champignons..... | 21 |
| 1.1. Modes de reproductions des champignons..... | 22 |

| | |
|--|----|
| 1.1.1. Reproduction asexuée..... | 22 |
| 1.1.2. Reproduction sexuée..... | 23 |
| 1.2. Modes de vie des champignons..... | 24 |
| 1.2.1. Parasites..... | 24 |
| 1.2.2. Saprophytes..... | 24 |
| 1.2.3. Symbiotique..... | 24 |
| 1.3. Classification des champignons..... | 25 |
| 2. Les champignons comestibles..... | 25 |
| 2.1. Définition..... | 25 |
| 2.2. La culture des champignons comestibles..... | 26 |
| 2.3. Identification des champignons comestibles..... | 26 |
| 2.4. Valeurs nutritives des champignons comestibles..... | 26 |
| 3. Le genre <i>Pleurotus ostreatus</i> (pleurote en huître)..... | 27 |
| 3.1. Généralité..... | 27 |
| 3.2. Description..... | 28 |
| 3.3. Classification..... | 29 |
| 3.4. Caractéristiques nutritionnelles et propriétés médicinales..... | 29 |
| 3.4. 1. Valeurs nutritionnelles..... | 29 |
| 3.4.2. Valeurs médicinales..... | 30 |
| Partie expérimentale | |
| Matériels et méthodes..... | 31 |
| I- MATERIEL UTILISE..... | 31 |
| 1- MATERIEL MYCOLOGIQUE..... | 31 |
| 2- MATERIEL VEGETAL UTILISE..... | 31 |
| 2.1- la paille..... | 31 |
| 2.2- le marc de café..... | 32 |
| 2.3- la parche..... | 32 |
| 3- AUTRE MATERIEL..... | 32 |
| II - METHODES D'ETUDE..... | 33 |
| 1- Humidification des substrats..... | 33 |
| 1.1- La paille..... | 33 |
| 1.2- La parche du café..... | 34 |
| 1.3- Le marc du café..... | 34 |
| 2- Remplissage des sachets par les substrats..... | 34 |
| 3- Le lardage..... | 35 |
| 4- Récolte et mensurations des carpophores..... | 40 |
| 5- Test de l'activité antioxydante..... | 41 |
| 5.1- Préparation des extraits..... | 41 |
| 5.2 Test de piégeage du radical libre DPPH..... | 43 |
| 1. Résultats..... | 44 |
| 1.1. Envahissement des substrats..... | 44 |
| 1.2. Mensuration des carpophores des champignons..... | 51 |
| 1.3. Etude de l'activité antioxydante..... | 55 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 2. Discussion..... | 56 |
| Conclusion et perspective..... | 60 |
| Référence bibliographique..... | 62 |
| Résumé | |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 01 : Comparaison de la composition chimique du <i>Coffea arabica</i> et <i>Coffea Robust</i> | 07 |
| Tableau 02 : Composition des grains de café verts et torréfiés selon la variété (en pourcentage de la matière sèche)..... | 13 |
| Tableau 03: Composition chimique du marc de café..... | 18 |
| Tableau 4: Composition de la parche de café..... | 20 |
| Tableau 5: Morphologie du champignon <i>Pleurotus ostreatus</i> | 28 |
| Tableau 6: Classification du champignon <i>Pleurotus ostreatus</i> | 29 |
| Tableau 7: répartition de la contenance en substrats de chacun des lots constituant les sachets de culture..... | 35 |
| Tableau 8 : développement du mycélium et fructification de <i>Pleurotus ostreatus</i> dans la <i>Parche de café</i> 75% et 25% de paille..... | 45 |
| Tableau 9: développement du mycélium et fructification de <i>Pleurotus ostreatus</i> dans le <i>Marc de café</i> 50 %..... | 46 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 01 : Le caféier..... | 04 |
| Figure 02 : Fleurs du caféier..... | 04 |
| Figure03 : Cerises du café..... | 05 |
| Figure 04 : Coupe de la cerise du café..... | 06 |
| Figure 05 : Le triage des drupes..... | 09 |
| Figure 06 : Aspect des graines du café au cours de la torréfaction à différents degrés..... | 10 |
| Figure 07 : Un torréfacteur..... | 11 |
| Figure 08 : Café en poudre (A), marc de café séché (B), marc de café frais (C)..... | 17 |
| Figure 09 : Différentes voies possibles de création de valeurs à partir du marc de café..... | 19 |
| Figure 10 : Présentation morphologique d'un champignon..... | 22 |
| Figure 11 : Morphologie des hyphes de champignons..... | 23 |
| Figure 12 : Le cycle de reproduction des champignons..... | 23 |
| Figure 13 : Différentes couleurs du genre pleurote en huître..... | 28 |
| Figure 14 : blanc du champignon <i>Pleurotus ostreatus</i> | 31 |
| Figure 15 : paille de blé utilisée | 31 |
| Figure 16 : marc de café..... | 32 |
| Figure 17 : les sachets en plastique | 32 |
| Figure 18 : trempage de la paille dans l'eau bouillante (photo originale)..... | 33 |
| Figure 19 : épandage de la paille (photo originale)..... | 33 |
| Figure 20 : épandage de la parche (photo originale)..... | 34 |
| Figure 21 : remplissage des sachets | 34 |
| Figure 22 : pesée du blanc de champignon (photo originale)..... | 36 |
| Figure 23 : exécution d'un trou dans les substrats | 36 |
| Figure 24 : inoculation du blanc de champignon (photo originale)..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Figure 25 : perforation et pose des tiges de coton sur les sachets (photo originale)..... | 37 |
| Figure 26 : la salle de culture (photo originale)..... | 38 |
| Figure 27 : Organisation des sachets en fonction des substrats (photo originale)..... | 38 |
| Figure 28 : pulvérisation en eau des sachets (photo originale)..... | 39 |
| Figure 29 : le thermo-hygromètre utilisé (photo originale)..... | 39 |
| Figure 30 : la pesée des champignons | 40 |
| Figure 31 : mesure de la longueur du pied des champignons..... | 40 |
| Figure 32 : mesure de la largeur du carpophore des champignons..... | 41 |
| Figure 33 : les extraits des champignons | 41 |
| Figure 34 : filtration des extraits (photo originale)..... | 42 |
| Figure 35 : dilution des extraits (photo originale)..... | 42 |
| Figure 36 : Réduction du radical DPPH..... | 43 |
| Figure 37 : colonisation totale et apparition des premiers primordia | 44 |
| Figure 38 : Evolution de l'envergure du mycélium dans les différents substrats en Marc de café..... | 47 |
| Figure 39 : Evolution de l'envergure du mycélium dans les différents substrats en Parche de café..... | 48 |
| Figure 40 : Evolution de l'envergure du mycélium dans la Paille..... | 49 |
| Figure 41 : Evolution de l'envergure du mycélium dans différents substrats..... | 50 |
| Figure 42 : poids total des champignons produits dans chaque substrat culture..... | 51 |
| Figure 43 : diamètre des carpophores des champignons produits dans chaque substrat de culture..... | 52 |
| Figure 44 : largeur des pieds des champignons produits dans chaque substrat de culture..... | 53 |
| Figure 40 : longueur des pieds des champignons produits dans chaque substrat de culture..... | 54 |
| Figure 46 : piégeage des radicaux libres par les différents extraits hydro-méthanoliques des champignons cultivés sur différents substrats..... | 55 |

Liste des abréviations

CO₂ : Dioxyde de carbone

DPPH : 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

PP vitamine : pyridine-3-carboxylic acid

USDA : Département de l'Agriculture des États-Unis

Introduction

D'après les recommandations de la FAO, les champignons comestibles sont assimilés à des protéines supplémentaires plus spécialement dans les pays en voie de développement dépendants des céréales (**Islam et al, 2009**).

Selon **Babu & Subhasre, 2010** la matière nutritive des carpophores des espèces de *Pleurotus* se localise entre celle des légumes de haute qualité et celle des viandes de moindre qualité, alors que la majorité des champignons comestibles ont une valeur nutritive plus élevée que les légumes et légumineuses voire égales à celle des viandes et du lait (**Marian, 1977**).

Selon (**Fourré, 1990**) le champignon Pleurote dont la valeur nutritive est élevée reste un champignon saprophyte comestible à croissance aisée dans le substrat, et dont le développement est facilité dans les conditions rustiques.

La culture des Pleurotes occupait la 3^{ème} place à l'échelle mondiale, et se limitait aux seuls pays asiatiques (Chine comprise) (**Courvoisier, 1993; Chan, 1999**), alors qu'en Algérie elle est encore méconnue.

Ce champignon est appelé champignon lignocellulolytique (décomposeur primaire) (**Durrieu, 1993; Velazquez-Cedeno et al., 2002**) grâce aux enzymes du même nom qui permettent une dégradation facile de la lignine et de la cellulose contenues dans le bois et des substrats végétaux utilisés pour sa culture ; de ce fait ce champignon est facilement cultivé dans les pailles, l'herbe, la sciure de bois, la coquille de noix de coco, la graine de maïs, le marc du café et la parche (**Durrieu, 1993**).

L'Algérie produit au quotidien des résidus solides, en quantités importantes notamment la parche et le marc de café issu de la consommation de café boisson.

En matière de statistiques, l'Algérie qui est le premier consommateur de café parmi les pays arabes et africains reste classée 11^{ème} mondialement pour une importation annuelle de 125000 tonnes de café en moyenne et se classe donc au 7^{ème} rang des importateurs dans le monde (USDA).

Vu l'importance des quantités de sous-produits industriels et alimentaires et spécialement de nature lignocellulosiques, il est judicieux et nécessaire de trouver un

moyen d'en faire des produits à valeur ajoutée : ainsi donc la culture des champignons comestibles nous donne cette opportunité à procéder également à des recyclages de déchets organiques lignocellulosiques au moindre coût **Mandeeel et al (2005)**

Ce mémoire de fin d'étude constitue donc un des aboutissements des travaux de recherche sur la valorisation des résidus du café par la culture de champignons comestibles en utilisant une souche de *Pleurotus ostreatus*.

Dans ce cadre nous avons scindé le travail en deux grandes parties, A et B:

Partie A : La synthèse bibliographique que nous avons subdivisée en deux chapitres. Le premier chapitre est relatif aux différents substrats que nous avons utilisé au cours de notre expérimentation et à leurs origines à savoir la parche et le marc de café. Le deuxième chapitre est quant à lui relatif au champignon auquel nous nous sommes intéressés ainsi qu'aux généralités sur les pleurotes.

Partie B : La partie expérimentale

la valorisation du parche et du marc de café consiste en la réalisation d'un lardage avec du mycélium du champignon pleurotus oestreatus , afin de produire des champignons destinés à l'alimentation humaine .

Partie
bibliographique

Chapitre 1 :

Le café

Chapitre 1 : le café

1) Définitions

Selon **le Journal officiel de l'Union européenne(2008)**, la signification du mot «café» est liée au grain et à la cerise du caféier, qu'il soit vert, en parche, ou torréfié, et est constitué de café décaféiné , de café moulu , de café soluble et de café liquide .

2) Description botanique

Le caféier est un arbre fragile originaire de l'Éthiopie dont les hauts plateaux lui permettent de se développer lentement en adéquation avec ses caractéristiques botaniques de la famille des Rubiacées représentée par 73 espèces. (**Mary et al., 2001**).

Sa classification botanique est la suivante (**Al-Murish et al, 2013**) :

Classe : Dicotyledoneae.

Sous - classe : Sympetalae ou Metachlamydeae.

Ordre : Rubiales.

Famille : Rubiaceae.

Genre : Coffea

Le caféier pousse dans les zones intertropicales (Figure01) , son envergure peut atteindre jusqu'à 12 mètres de hauteur ; sa durée de vie est généralement de 20 à 50 ans et il peut être productif après 5 ans.

La tolérance de température pour le développement du caféier est généralement située entre 10 à 30 degrés pour un climat préférentiel subtropical. (**Penilleau, 1864**)

Ce n'est qu'après la troisième année que la floraison s'effectuera durant quelque jours pour donner des fruit verts ovales ou ronds qui n'arriveront à maturité qu'après 10 mois donnant ainsi un fruit rouge très vif, charnus, semblables à des cerises (d'où leur appellation« cerises de café ») (**Penilleau, 1864**) (**Figure 01**)



Figure 01 : Le caféier (Fredot, 2012)

Le caféier est reconnaissable par ses feuilles simples, odorantes qui sont portée par une courte tige. Ses fleurs sont groupée à l'aisselle des feuilles par groupes de 8 à 15, généralement de couleurs blanches, tubuleuses, de petites tailles, régulières (**figure2**), la particularité de sa floraison est qu'elle se produit au même moment pour l'ensemble des cafiers de la région (Denis& Bernard, 2003).



Figure 02 : Fleurs du caféier (Denis& Bernard, 2003).

Le fruit du caféier est une drupe rouge (fruit charnu) ou ‘cerise’ à deux noyaux très minces ayant une face aplatie (**Campa et al., 2005**). (**figure 03**).

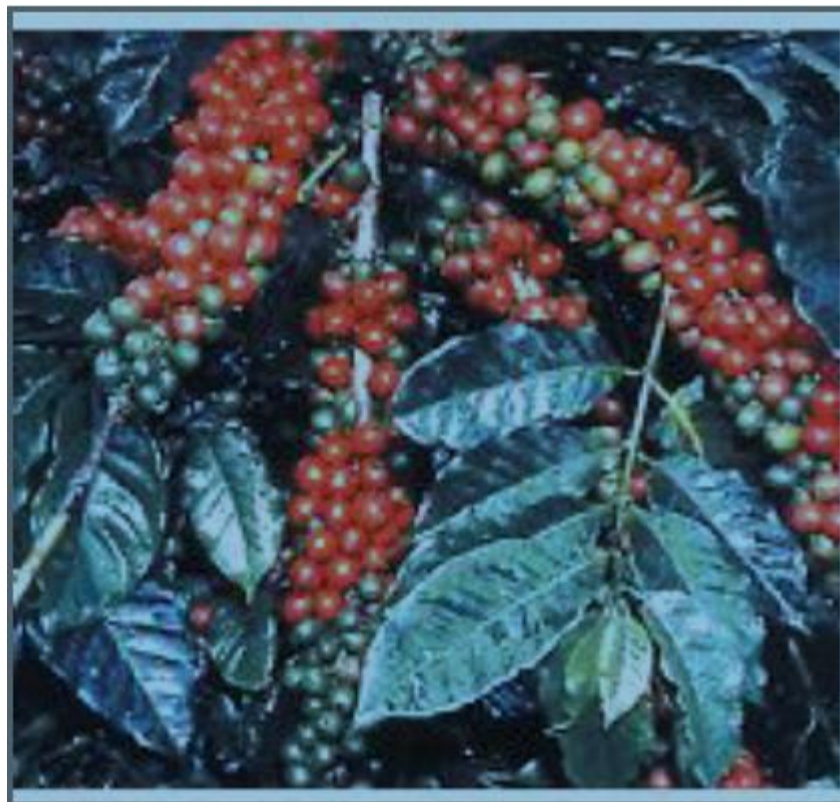


Figure 03: Cerises du café (**Michel, 2008**)

Le noyau est constitué d'une graine à albumen corné avec un repli ventral (le sillon) et est recouverte d'une pellicule argentée qui à son tour est entourée par une peau jaune non adhérente qui protège les grains : la « parche ». A noter que l'ensemble est recouvert par une enveloppe extérieure : «la pulpe»(**Justin Koffi, 2007**) (**figure 04**).

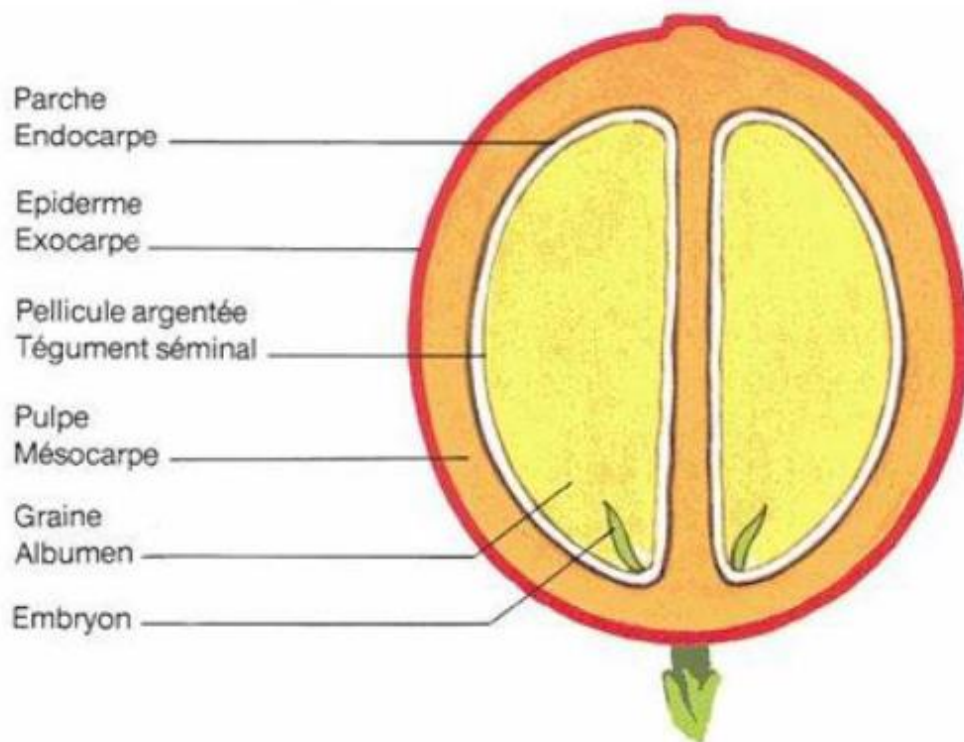


Figure 04: Coupe de la cerise du café (Del Castillo et al., 2002)

3) Les différentes variétés de café

Il est recensé pas moins de 73 espèces de *coffea* à travers le monde, dont une grande partie non comestibles, difficilement domesticables ou encore trop fragiles pour les cultures intensives exigé par leur commercialisation (Joackim, 2000).

Les deux seules variétés de caféier qui sont réellement exploitées et commercialisées dans le monde sont: *Coffea arabica* L. et *Coffea robusta*. (Campa et al., 2005) :

Coffea arabica : s'accommode dans les zones montagneuses de forte altitude (200 à 2000 mètres) , à climats frais sans gel (Justin Koffi, 2007). Sa graine, qui est plate et allongée donne un goût suave et équilibré, légèrement acide. A noter que sa multiplication se fait par semis (Joackim, 2000)

Coffea robusta : comme son nom l'indique ; elle est résistante aux excès de climats et aux parasites phytopathogènes, tout en préférant des altitudes plus basses avec climat chaud et humide de type équatorial (il pousse dans les mêmes conditions que le cacaoyer et le bananier). Sa reproduction se fait par boutures (**Vantal, 1999**). Sa graine est arrondie mais de taille inférieure que celle de l'arabica d'un gout moins raffiné et plus amer mais à forte teneur en caféine avec une teneur à presque le double de celle de l'arabica (**FAO, 2011**).

Tableau 01 : Comparaison de la composition chimique du *Coffea arabica* et *Coffea robusta* (**Nehlig , 2012**)

| Composants | Pourcentage de matière sèche | | Pourcentage d'extraction par eau |
|---|------------------------------|---------|----------------------------------|
| | Arabica | Robusta | |
| Caféine | 1,3 | 2,4 | 75-100 |
| Trigonelline | 1,0 | 0,7 | 85-100 |
| Minéraux | 4,5 | 4,7 | 90 |
| Acides | | | |
| Chlorogénique | 2,5 | 3,8 | 100 |
| Quinique | 0,8 | 1,0 | 100 |
| Sucres | | | |
| Saccharose | 0 | 0 | |
| Sucre réducteurs | 0,3 | 0,3 | 100 |
| Polysaccharides | 3,3 | 37 | 10 |
| Lignine | 2,0 | 2,0 | 0 |
| Pectines | 3,0 | 3,0 | |
| Protéines | 10 | 10 | 15-20 |
| Lipides | 17 | 11 | 1 |
| Produits caramélisés (ex mélanoidines) | 23 | 22,5 | 20-25 |
| Substances volatiles | 0,1 | 0,1 | 40-80 |

4) L'obtention-du café

L'obtention de grains de café nécessite Plusieurs étapes :

4.1. La cueillette

Avant la récolte des fruits du caféier : veiller à ce qu'ils soient bien mûrs ; Sachant que pour l'espèce *Coffea arabica*, il faut 6 à 8 mois après floraison, tandis que pour *Coffea robusta* il faut davantage de temps, entre 9 et 11 mois (**Letellier, 1988**).

Lors de la cueillette: certains exploitants utilisent la cueillette manuelle dite picking. Cette méthode consiste à faire un tri préalable des fruits (**Letellier, 1988**). Par contre d'autres producteurs utilisent la technique de l'égrappage, consistant en une méthode mécanisée. Plus rapide, elle donne néanmoins un mélange hétérogène de fruits. (**Thorn, 2002**)

4.2. Le tri

Consiste à écarter les fruits de moindre qualité, tout en débarrassant la partie charnue des fruits. Pour cela, deux procédés sont couramment utilisées : la voie humide qui permet d'obtenir le café parche sec et la voie sèche, par laquelle on obtient le café coque (**Letellier, 1988**).

- La voie sèche qui est plus couramment utilisée pour l'espèce robusta qui consiste à laisser les fruits sécher au soleil durant une vingtaine de jours. Sans avoir recourt à l'eau la cerise se déshydrate, notamment l'ensemble des enveloppes (la peau, la pulpe et la parche) qui forme alors la coque (**Codex alimentarius, 2012**).

- la voie humide qui est utilisée pour l'espèce arabica qui nécessite des apports en eau pour le lavage. Elle comporte plusieurs étapes : le dépulpage, la dé mucilagination, le lavage et la classification densimétrique sous eau et en dernier lieu le séchage (**Codex alimentarius, 2012**).

Le tri consiste donc à débarrasser le fruit de sa peau sans abimer le grain qui, entouré de sa seule parche, est mis à sécher et se déshydrate nous donnant un grain de bonne qualité (**Codex alimentarius, 2012**). Après cette étape, il faut encore éliminer une petite couche de

peau entourant les grains de café avant d'effectuer un nouveau tri, pour éliminer impuretés, poussières et grains anormaux (Thorn, 2002) le décorticage du café coque donne le café vert nature alors que le déparchage du café parche donne le café vert lavé. (Codex alimentarius, 2012).



Figure 05 : Le triage des drupes (Lashermes & Anthony (2007)).

4.3. Torréfaction des grains de café

Cette technique consiste à amener le grain de café vert à son degré de grillage (José Alfredo, 2002).

Le procédé utilisé est basé sur la chaleur sèche et élevée pour rendre les grains de café aptes à la consommation (José Alfredo, 2002 ; Michelle et al., 2003).

La durée et le degré de torréfaction jouent un rôle primordial dans la qualité finale du produit suivant les nuances recherchés (Michelle et al., 2003).



Figure 06. Aspect des grains de café au cours de la torréfaction à différents degrés
(Michelle et al., 2003)

Selon Pittia, et al.,(2001) on peut globalement distinguer trois méthodes de torréfaction

- **Méthode traditionnelle**

18 à 20 minutes

180 à 204 °C

De 10 à 250 kg / broche

Refroidissement rapide à l'air

1 % d'humidité maximum dans le café torréfié .

- **Méthode rapide**

Environ 10 minutes

Au moins 400 °C

Torréfacteur d'aspect différent à la méthode traditionnelle

- **Méthode flash**

90 secondes

Tunnel avec chaleur en continu

Air pulsé à plus de 800°C

Café peu aromatique et acide

Très économique

Le refroidissement est assuré uniquement par l'eau



Figure 07: Un torréfacteur (Coste, 1989)

4.4. La décaféination

Elle est réalisée pour obtenir un café décaféiné, mais qui reste un *café torréfié* en grains dont la teneur en *caféine* est inférieure ou égale à 0,1%, cette opération consiste donc à diminuer fortement la caféine contenue dans les grains, tout en conservant les autres composants (**Edwards, 1992**).

Procédés de décaféination

D'après **Edwards (1992)**, la décaféination est effectuée sur le café vert en grains. Pour cela quatre principales méthodes peuvent être employées et la différence entre ces méthodes réside dans les substances utilisées à savoir l'eau, le CO₂ liquide ou supercritique, le chlorure de méthylène et l'acétate d'éthyle.

Les étapes de décaféination sont résumées comme suit :

- Gonflement des grains à l'eau ou à la vapeur pour faciliter l'extraction de la caféine.
- Extraction de la caféine des grains.
- Lavage à la vapeur pour enlever les résidus de solvant (le cas échéant)
- Séchage du café en grains décaféiné pour qu'il retrouve son taux d'humidité normal.

(**Edwards, 1992**).

4.5. La mouture des grains

Par cette opération les grains de café torréfiés sont moulus soit de manière industrielle ou chez le consommateur. Au cours de la mouture, le dioxyde de carbone inclus dans le grain de café s'échappe. Pour éviter toute éventuelle perte d'arôme le café ainsi moulu est directement emballé (**Michelle et al., 2003**).

Vanier (1983) a proposé que les grains de cafés torréfiés soient moulus à une granulométrie précise et très homogène, ni trop fine, ni trop grosse, pour que l'eau chaude puisse entraîner le maximum de composés aromatiques. En général, on emploie une mouture moyenne pour les cafetières à filtre, une mouture fine pour les appareils à dépression, une mouture plus fine et tassée pour les percolateurs (caféexpresso), et une mouture ultra-fine pour le café à la turque. (**Michelle et al., 2003**)

5) Composition du café

La composition du café est complexe et variable, car les espèces, les variétés végétales et les procédés technologiques concourent à la diversité des caractéristiques organoleptiques des cafés ([Michelle et al., 2003](#))

Il y a lieu de signaler que le facteur influençant le plus fortement possible la composition du café est avant tout l'espèce et la variété de café vert. Pour une même variété, la composition du café est également fonction, à un degré moindre, de la méthode de culture, du degré de maturation des cerises et des conditions de stockage des grains verts. Ainsi la teneur des constituants des grains de café varient sensiblement avec les procédés de préparation (dépulpage, déparchage) et de traitement industriel (torréfaction) des grains verts ([Michelle et al., 2003](#)).

Le tableau 02 nous donne une idée sur la composition chimique des grains de café vert et torréfié de *Coffea arabica* et *Coffeacanephora*.

Tableau 02 : Composition des grains de café verts et torréfiés selon la variété (en pourcentage de la matière sèche). ([Clarke 1987 ; Viani1993 ; Debry 1995; Ky et al. 2001](#)); ([Vasconcelos et al., 2007](#)).

| Composants | Coffea arabica | | Coffea robusta | |
|---------------------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | Vert | Torréfié | Vert | Torréfié |
| Caféine | 0,8 - 1,4 | 0,9 - 1,6 | 1,7- 4 | 1,2 – 2,6 |
| Trigonelline | 0,6 - 1,2 | 0,1-1,2 | 0,3 – 1 | 0,1 – 1,2 |
| Acide aliphatiques | 1 – 3 | 1 - 4,6 | 1 – 2 | 1 – 4,6 |
| Acides chlorogéniques totaux | 5,5 – 9 | 0,2 - 3,5 | 7 – 12 | 0,2 – 4,6 |
| Oligosaccharides | 6 – 8 | 0 -3 ,5 | 5 – 7 | 0- 3,5 |
| Polysaccharides totaux | 50 – 55 | 24 – 39 | 37 – 47 | -- |
| Protéines | 11 – 14 | 13 – 15 | 11 – 14 | 13 – 15 |
| Acides aminés | 2 | 0 | 20 | 0 |
| Lipides totaux | 10 – 18 | 14 – 20 | 8 – 13 | 8,3 – 16 |
| Minéraux | 3 - 4,2 | 3,5 - 4,5 | 3,5 – 4,5 | 4,6 – 5 |
| Eau | 5-12 | 0 – 5 | 5 – 12 | 0 - 5 |

5.1. Caféine

La caféine est une base purique de la famille des méthylxanthines, c'est la 1, 3,7—triméthylxanthine, avec une formule brute de $C_8H_{10}N_4O_2$ et une masse molaire de 194,19 g/mol.

Elle reste le principe actif le plus connu dans le café, mais on la retrouve également dans les boissons énergisantes et autres aliments comme le chocolat et le thé. (Chabaud, 2010).

5.2. Les lipides, protéines et glucide

Comme les autres graines, le café contient des lipides, acides stéarique, oléique palmitique et linoléique (11 à 17 % de la matière sèche).

Au niveau protéique (10 % de la matière sèche), on retrouve des acides aminés, et plus exactement l'acide glutamique, l'acide aspartique et divers acides aminés neutres.

Le café contient également des glucides (comme les pectines qui représentent 3 % de la matière sèche) et surtout des polysaccharides (lignine, 2 %) (Nehlig, 2014).

5.3. Les minéraux

Selon Nehlig (2014), dans 100 ml de café on retrouve :

- 55mg de potassium (55 mg),
- 7 mg de magnésium (7 mg),
- 7 mg de calcium (7 mg),
- 0,7 mg de sodium (0,7 mg),
- et de faibles quantités de fer (0,1 mg),
- De zinc (0,01 mg) et de cuivre (0,001 mg).

5.4. Les vitamines

On retrouve les vitamines suivantes pour une tasse de café :

- 400 à 1200 mg de vitamine B3
- 2 mg de vitamine B2
- 80 mg de B5
- 0,6 mg de B6

A signaler que les vitamines B1 et C sont dégradées lors de la torréfaction (Nehlig, 2014).

5.5. Les fibres

Les fibres déterminent la viscosité du café et permettent notamment la rétention des composés aromatiques. Le café contient des fibres alimentaires solubles (arabinogalactane de type II, galactomannane...) et insolubles (cellulose). ; leur quantité diffère en fonction du mode de préparation du café, car on peut y trouver de 0,47 jusqu'à 0,75 g dans une tasse de 100 mL. (Iowa et Blackwell, 2012).

5.6. Les composants volatils

Presque inexistant dans les grains de café vert, ils se forment par des réactions telles que la pyrolyse et les réactions de Maillard lors de la torréfaction. Ces composants volatils sont essentiels pour l'arôme du café. (Diáz Rubio et Saura Calixto, 2012).

5.7. Antioxydants du café

Les propriétés antioxydants du café sont parmi les plus élevées de toutes les boissons, et sont même supérieures à celles du thé.

5.7.1. La trigonelline

La trigonelline ou N-méthyle-nicotinate est un alcaloïde à noyau pyridinique. Sa formule brute est $C_7H_7NO_2$ avec sa masse molaire est 137,14 g/mol.

La trigonelline est un composé amer du café dépendant du degré et de la chaleur de torréfaction, car une torréfaction plus rapide produit un café avec plus de trigonelline, une grande partie de la trigonelline est alors transformée en produits volatils comme des pyrroles et des pyridines et il y a également formation d'acide nicotinique aussi appelé vitamine B3 ou PP ou niacine, au-delà de 160°C, par diméthylation de la trigonelline. Par perte de la fonction

carboxylate, il y a formation de l'N-méthylpyridinium (NMP). (Fredholm et al., 1999).

5.7.2. Les diterpènes

Les diterpènes représentent presque 20% de la fraction lipidique du café. Les diterpènes sont représentés par le kahwéol et le cafestol, sont considérés comme les principales molécules antioxydantes du café et sont présentes en grandes quantités dans les grains et l'huile de café. D'un point de vue chimique, il s'agit de deux alcools di-terpéniques et penta-cycliques. La formule brute du cafestol est $C_{20}H_{28}O_3$ et son poids molaire est de 316,44 g/mol et la formule brute du kahwéol est $C_{20}H_{26}O_3$ et son poids molaire est de 314,42 g/mol. (Sid Ahmed, 1992.)

5.7.3. Les polyphénols

Le café est la première source alimentaire de polyphénols (36,9 %), avant le thé (33,6 %), le chocolat (10,4 %) et les fruits et légumes (7,4 %).

L'acidité du café à la boisson est ainsi obtenue grâce aux polyphénols formés lors de la torréfaction qui jouent un rôle dans les qualités organoleptiques du café (William, 2004).

5.7.4. Les Mélanoidines

Selon Huber et al., (2002), les mélanoidines résultent lors de la torréfaction du café et de sa conservation prolongée et elles possèdent un pouvoir antioxydant (23 % de la matière sèche)

6) Les résidus de l'industrie du café

L'industrie du café laisse derrière elle de nombreux résidus : la parche, la pellicule argentée et en dernier lieu le marc de café. Compte tenu de l'importance de ces déchets et des sous-produits du café devenus source importante de pollution pour les pays producteurs de café qui doivent s'atteler à ce grave problème écologique, il a été entrepris la production de vinaigre, boisson, caféine, enzymes pectine et d'aliment avec ces déchets comme matière première (Bressani, 1978).

En effet pour la préparation de la boisson du café on n'utilise que 5,8% du poids de la cerise de café fraîche ; le reste (94,2%) est constitué d'eau et de produits récupérateurs de café torréfié. Dans le cas du traitement par voie humide les résidus récupérés sont la pulpe, le mucilage (les pectines) et la parche (Houessou en 2007). ; D'un autre côté, dans le cas du

traitement par voie sèche, les résidus obtenus sont la coque des cerises séchées et le marc de café (Bressani, 1978).

6.1. Le marc de café

6.1.1. Définition

La consommation du café soluble obtenu après torréfaction des grains de café, suite à sa mouture et extraction à l'eau bouillante ou à la vapeur d'eau nous donne le marc comme résidus (figure 08) et qui représente selon Barbera (1965) les 3/5 du café vert.



Figure 08: Café en poudre (A), marc de café séché (B), marc de café frais (C) (Coste, 1989)

Le marc de café est composé de beaucoup d'éléments dont la valorisation permet l'obtention de différents produits tels que le compost, le biocarburant, le charbon actif et les biomatériaux.

6.1.2. Composition chimique :

Le marc de café est composé essentiellement de cellulose, d'hémicellulose et de lignine qui constituent les polysaccharides ; en outre il est relativement riche en protéines (Tab.03) (Dadant, 1954 ; Ballesteros *et al.*, 2014).

Tableau 03 : Composition chimique du marc de café (**Dadant, 1954 ; Ballesteros et al., 2014**)

| Composé chimique | Quantité (g/100g de matière sèche) |
|------------------|------------------------------------|
| Hémicellulose | 39,90 |
| Phosphore | 0,06 |
| Potassium | 0,6 |
| Lignine | 23,90 |
| Protéines | 17,44 |
| Lipides | 2,29 |
| Azote (N) | 2,79 |
| Magnésium | 0,22 |
| Calcium | 0,03 |
| pH | 6,2 |
| C/N | 22 |

6.1.3. Valorisation du marc de café

Selon **Pujol et al. (2013)**, la richesse du marc de café en acides gras, lignine, cellulose, hémicellulose et autres polysaccharides est un avantage considérable pour sa valorisation, d'autant plus qu'il est produit en quantité importante chaque année.

De nombreuses études ont été menées pour donner une valeur commerciale pour le marc de café, comme charbon actif et biosorbant pour l'enlèvement des xénobiotiques (**Charrier A., 1982.**), comme source d'antioxydants (**Pujol et al, 2013**), comme engrais organique (**Cruz, 1982 ; Gomes et al, 2013**), pour la production de biodiesel (**Ammerlaan et al, 2012 ; Caetano et al, 2012**) et la production de champignons comestibles (**Wong & Wang, 1991; Mansour-Benamar et al., 2007 ; Ammerlaan et al., 2012 ; Mansour-Benamar et al., 2014**).

Puisque le marc de café représente 3/5ème des grains de café vert (**Barbera, 1965**) et étant donné qu'environ 125000 tonnes de café sont importées par l'Algérie (**Mansour-Benamar et al., 2010**), 75000 tonnes sont donc jetés à la poubelle sous forme de marc de café.

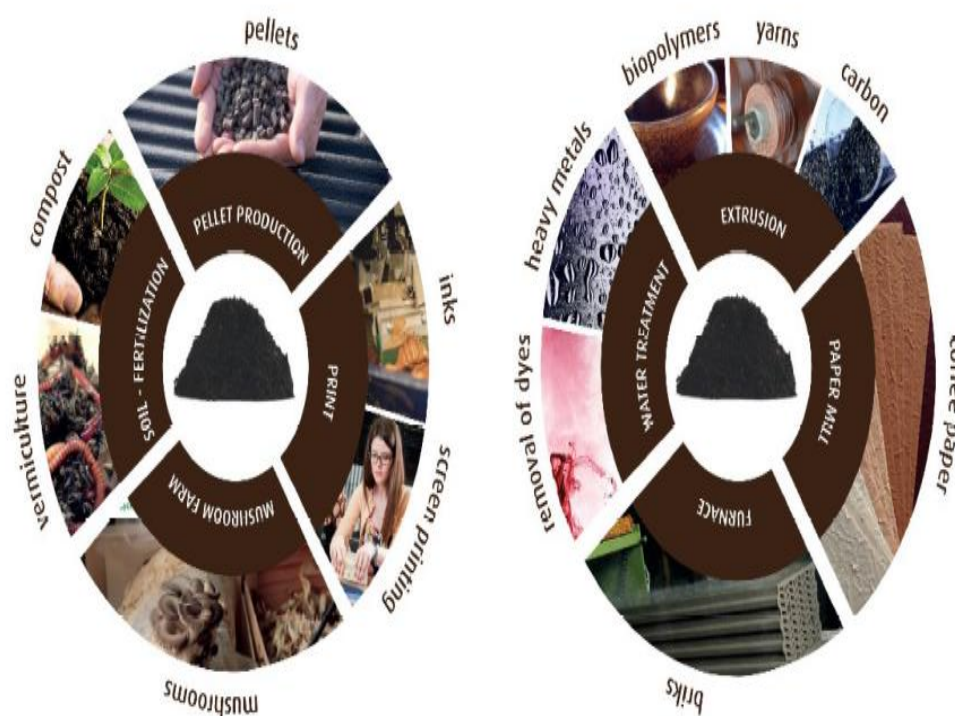


Figure 09: Différentes voies possibles de création de valeurs à partir du marc de café
(Barbero et Flore, 2015)

6.2. La parche du café

6.2.1. Définition

L'endocarpe ou parche est la partie interne du fruit qui est dure, mince et de texture scléreuse (Justin Koffi, 2007.)

Dans le traitement par voie humide, la graine séparée de ses enveloppes, nous donne la parche en tant que produit principal et la pulpe en tant que sous-produit. Le mucilage qui enrobe la parche est éliminé par fermentation puis lavé. Après le retrait du mucilage, la parche est généralement séchée au soleil (Codex alimentarius, 2012).

Après le processus de séchage, la peau du parche est parfaitement sèche et friable et se décortique facilement. Le café est parfois vendu et expédié en parchemin, mais le plus souvent, une machine appelée décortiqueuse sert à déchirer la peau du parchemin avant l'expédition des grains. (Nadim et celia , 2004)

6.2.2. Composition chimique de la parche

Les parches de café sont constituées essentiellement d'hémicellulose et de lignine (Pietinen *et al.*, 1990 ; Viani 1993) comme l'illustre le tableau 04.

Tableau 04 : Composition de la parche du café (Pietinen *et al.*, 1990 ; Viani, 1993)

| Composé chimique | Quantité (g/100g de matière sèche) |
|------------------|------------------------------------|
| Hémicellulose | 53,96 |
| Protéine | 1,25 |
| Lignine | 32,96 |
| Phosphore | 0,1 |
| Potassium | 2,75 |
| Azote | 2,74 |
| Calcium | 1,14 |
| Magnésium | 0,30 |
| pH | 7,49 |
| C/N | 18.50 |

Ainsi les composants résiduels de la parche constitue des éléments fertilisants en matière organique, azote minéral, potassium, magnésium, phosphore et qui peuvent être considérés comme des compléments de fertilisation dans une exploitation agricole (Debry, 1995)

Chapitre 2 :
Les champignons

Chapitre : les champignons

1) Généralités sur les champignons

Selon [Sulman et al. \(2011\)](#), Un champignon est considéré comme un organisme eucaryote uni ou pluricellulaire, existe généralement dans des endroits frais et humides, Puisqu'il est non chlorophyllien il est incapable d'effectuer la photosynthèse ce qui le rend obligatoirement symbiotique, saprophyte ou parasite. On le retrouve surtout dans les pâturages et dans les forêts.

Le champignon appartient au règne des Fungi, un groupe qui se distingue nettement des végétaux. Il possède une forme d'un macroorganisme avec un corps fructifère particulier qui peut être soit épigée ou hypogée et assez grand pour être vu à l'œil nu et être cueilli à la main ([Chang, 2006](#)) (**Figure10**).

Les champignons sont classés parmi les plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes ([Mueller et al., 2007](#)). Ils ont un mode de reproduction sexuée ou asexuée. Les spores produites jouent un rôle dans la dispersion de l'espèce des champignons et aussi dans la survie de l'organisme lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables ([Madelin, 1994](#)). Pour se nourrir, les champignons libèrent des enzymes hydrolytiques vers le milieu envahi par ses mycéliums afin de dégrader les macromolécules pour qu'elles soient absorbées. La partie apparente du champignon (qu'on voit au-dessus du sol) ne constitue pas uniquement l'organisme vivant d'un champignon mais la partie majeure du champignon se trouve sous forme de mycélium enfouie sous le sol à l'intérieur des plantes mortes ou vivantes ou du bois ([Oei, 2005](#)). Ces organismes sont tous réputés de par leurs modes de nutrition hétérotrophes, le glycogène constitue le principal polysaccharide de réserve de ces organismes. D'un point de vue structural, les champignons peuvent être formés par plusieurs structures. Généralement on les classe sous deux grandes catégories : forme levure unicellulaire et forme mycélienne pluricellulaire constituée d'hyphes. De point de vue métabolique, ils sont considérés principalement comme des chimiohétérotrophes, ce qui signifie qu'ils utilisent le carbone organique comme source d'énergie ([Carlile et al., 1994](#) ; [Redecker, 2002](#)).

La majorité des champignons possèdent un métabolisme aérobie, mais quelques levures peuvent avoir un métabolisme aéro-anaérobie en participant à des processus fermentaires (Carlile *et al.*, 1994).

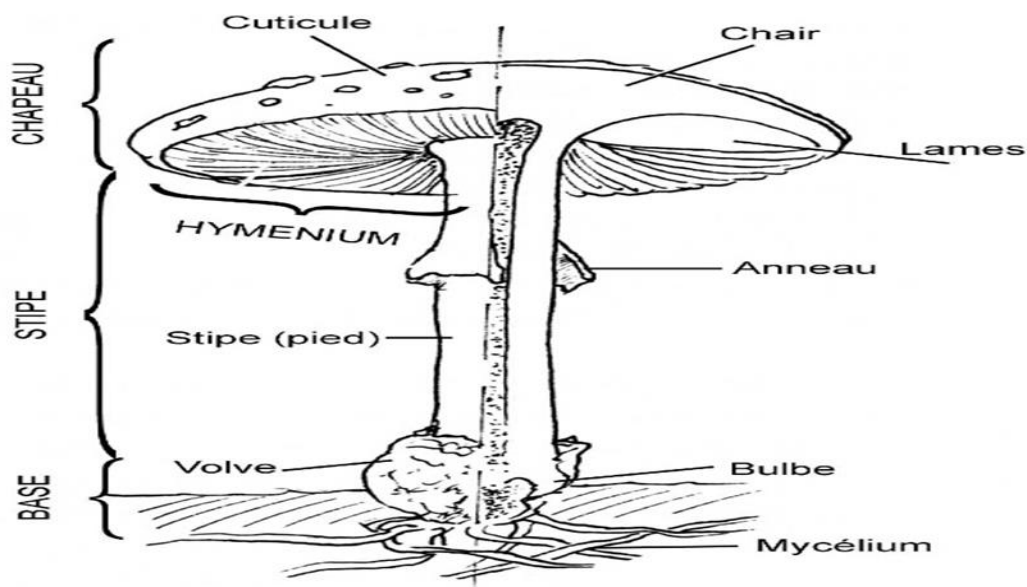


Figure 10 : Présentation morphologique d'un champignon (Gévry, 2009).

1.1. Modes de reproductions des champignons

La majorité des champignons possèdent deux modalités de reproduction : la reproduction asexuée (imparfaite ou végétative), et la reproduction sexuée (parfaite) (Larousse Agricole, 1981).

1.1.1. Reproduction asexuée

La reproduction asexuée ou végétative des champignons se fait sans fusion de gamètes, est un résultat d'une fragmentation du thalle ou d'une sporulation. Elle représente une source principale de dissémination du parasite lors de la segmentation du thalle. Les spores représentent le mode de reproduction asexué le plus commun chez les champignons : elles sont produites soit dans des sporanges, soit à partir de cellules d'hyphes appelées cellules conidiogènes (Raven *et al.*, 2000) (Figure 11).

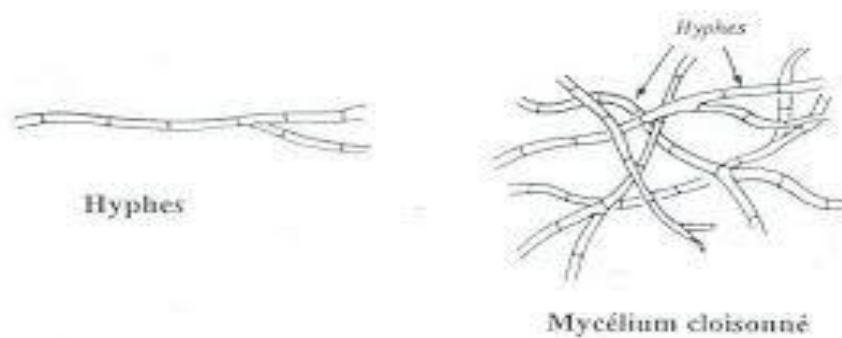


Figure 11 : Morphologie des hyphes de champignons (Simon et al., 1994).

1.1.2. Reproduction sexuée

Elle est effectuée par la fusion des noyaux qui donne la naissance des gamètes ou des spores à la suite d'une méiose. La reproduction sexuée est très variable tant sur le plan de la diversité des organes que sur celui des cycles de développement. La fécondation peut se réaliser chez un même individu (homothallisme) ou entre deux individus génétiquement différents (hétérothallisme) (Stanier et al., 1966) (Figure 12) .

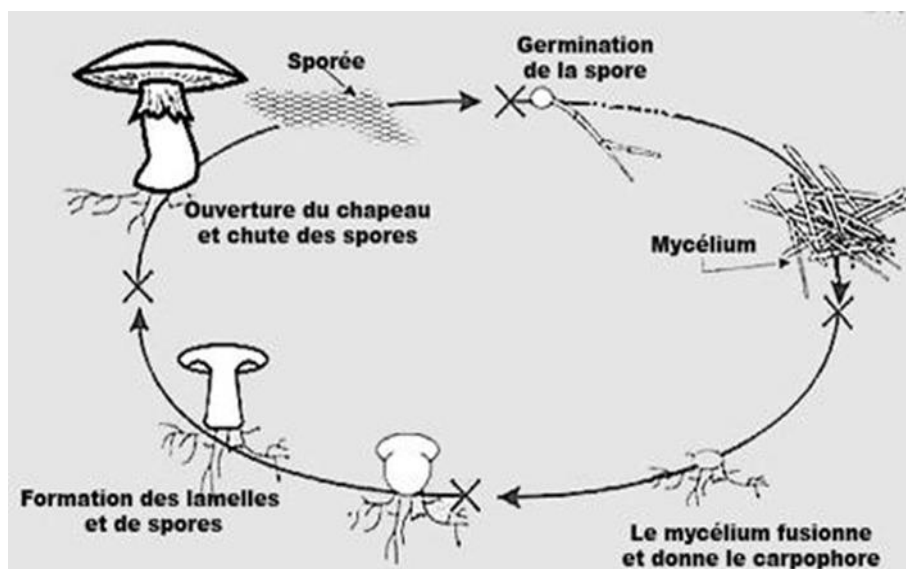


Figure 12 : Le cycle de reproduction des champignons (Gévry, 2009).

1.2. Modes de vie des champignons

Les champignons sont considérés comme des organismes hétérotrophes, ils sont classés en 3 groupes selon leur mode de nutrition : les parasites, les saprophytes et les symbiotiques ([Stanier et al., 1966](#)).

1.2.1. Parasites

Les champignons parasites vivent aux dépens des organismes vivants, se nourrissent de leurs constituants organiques ([Florent, 1993](#)). Le phénomène de parasitisme est souvent nocif. Il existe des champignons qui provoquent aux animaux et aux végétaux des mycoses ou maladies cryptogamiques tel que l'oïdium (blanc) ([Bouchet et al ; 1999](#)).

1.2.2. Saprophytes

Les champignons du genre saprophytes s'alimentent de leurs matières organique mortes en décomposition végétales (le bois pourri, les feuilles tombées au sol, les excréments) ou animales (cadavres), ils représentent la majorité des macromycètes ([senn-Irlet et al., 2012](#)).

1.2.3. Symbiotique

c'est un phénomène complexe d'association entre plusieurs organismes d'espèces appartient des règnes différents caractérisées par une relation étroite et durable ([Jennings et al., 1996](#)). On les appelle aussi mycorhiziens, cette relation symbiotique est responsables des échanges entre la plante et le champignon qui ont lieu au niveau de minuscules racelles ([Smith et al., 1997](#)).

Les champignons du genre symbiotiques vont développer une chaîne de filaments mycéliens à partir de la racine pour l'amélioration de la nutrition minérale et le développement des plantes. Cette amélioration passe par une colonisation optimale milieu terrestre qui augmente la surface d'échange dans les racines, outre leur capacité à augmenter l'exploration du milieu extérieur ([Simon et al., 1994](#)).

1.3. Classification des champignons

Les champignons ont une classification multiple avec une constante évolution (**Barnett et Barry, 1972 ; Botton et al, 1990 ; Bouchet et al, 1999**).

Le règne fongique des champignons se divise en cinq classes principales :

- **Oomycètes** : ils ont généralement une forme à deux flagelles dissemblables (pareilles à ceux de certains algues, caractérisés par la formation des cellules reproductrices (sexuées ou non) (**Ecarta, 2005**).

- **Zygomycètes**: Espèces à thalle coenocytique (type de cellules qui ne sont pas séparées de cloisons avec de nombreux noyaux cohabitent dans un même siphon) ou siphonné non flagellées avec une reproduction asexuée (**Courtecuisse, 2011**).

-**Ascomycètes et Basidiomycètes**: espèces produisent des spores non flagellés de reproduction sexuée en forme de sacs (asques) à l'extérieur de la cellule fertile nommée baside. Ils ont un mycélium bien développé et cloisonné (**Courtecuisse, 2011**).

-**Deuteromycètes** : sont des champignons imparfaits pour lesquels on n'a pas pu mettre encore en évidence de mode de reproduction. Aujourd'hui ces champignons sont inclus dans les ascomycètes ou les basidiomycètes (**Fournier et al., 1983**).

2) Les champignons comestibles

2.1. Définition

Le champignon comestible est un champignon consommable, sa consommation ne présente aucun risque pour la santé, contrairement aux champignons toxiques (**Blandeau, 2012**).

2.2. La culture des champignons comestibles

Les champignons comestibles peuvent être cultivés dans une culture domestique, en extérieur comme en intérieur, dans une cave, un garage ou n'importe quel endroit couvert, dont il doit être aéré sans courant d'air avec une température constante, mais elle diffère d'une espèce à autre. Les champignons comestibles se cultivent également en extérieur par exemple sur des souches ou sur des bottes de paille. Parmi les espèces comestibles cultivées, on peut citer les pleurotes (*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii*), le champignon de Paris (*Agaricus bisporus*), le shiitaké (*Lentinula edodes*) (Courtecuisse., 2011).

2.3. Identification des champignons comestibles

Un champignon peut être identifié à partir de ses caractères macroscopiques (Hyménophore, Chapeau, Pied ou Stipe, Chair « couleur, consistance et texture »), microscopiques (le diamètre des spores, forme, couleur et ornementation), ses propriétés organoleptiques (son odeur, son goût), et autres caractères comme l'étude des spores (Gévry et al., 2009 ; Gévry., 2011).

2.4. Valeurs nutritives des champignons comestibles

Les champignons comestibles caractérisés par une forte teneur en glucides, qu'on peut apparenter aux fibres (Yoshioka et al., 1975). Ils apportent le potassium et les minéraux pour assurer un bon équilibre acido-basique. Ils portent aussi le sélénium et le phosphore qui ont un rôle antioxydant assure une protection contre le cancer et le vieillissement cellulaire (Bano et al., 1982).

La plupart des champignons comestibles riches en vitamines, surtout les vitamines du groupe B (B1, B2, B3 et B8). Leurs concentrations dépendent des espèces et des conditions de culture (Crisan et al., 1976).

3) Le genre *Pleurotus ostreatus* (pleurote en huître)

3.1. Généralité

Le Pleurote est un champignon comestible saprophyte, se développe dans un habitat lignicole qui facilite son identification, il est caractérisé par ses pieds excentrés. C'est un champignon à forte compétitivité, Il se consomme frais ou sec (Durrieu., 1993). Ce type de champignon représente environ 25 % de la production mondiale de champignons. Le pleurote en coquille (ou en forme d'huître) est le plus connu (Guzman et al., 2000).

Les pleurotes poussent naturellement sur les vieux troncs d'arbres, sur les souches ou sur les zones tempérées en automne et en hiver. Mais ils sont facilement cultivés en assurant un kit de culture prêt à l'usage (Farr et al., 1989).

La culture des espèces de *Pleurotus* est 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 (Huang, 1997).

Il existe plus de 1000 espèces de champignons d'huîtres ont été décrites dans le monde entier, mais seulement environ 50 espèces valides sont reconnues dans le genre *Pleurotus*. Parmi les espèces les plus connus on trouve le *Pleurotus ostreatus*, mais ils existent d'autres espèces couramment cultivées incluent: *P. cystidiosus* (champignons d'ormeaux), *P. ostreatus* (champignons d'huîtres blanches), *P. sajor-caju*. (Champignons d'huîtres gris ou champignon à queue de phoenix), *P. flabellatus* (champignons d'huîtres roses), *P. citrinopileatus* Sing. (Champignons d'huîtres d'or) et *P. sapidus* (champignon noir d'huîtres) (Guzman et al., 2000) (Figure 13).



Figure 13 : Différentes couleurs du genre pleurote en huître (Delmas,1989).

3.2. Description

La description du champignon *Pleurotus ostreatus* peut être résumée dans le **tableau 5**.

Tableau 05 : Morphologie du champignon *Pleurotus ostreatus* (Bon., 2004).

| | |
|--------------------|--|
| Les pieds | oblique et excentrique ou latéral |
| Le chapeau | en forme de coquille ou convexe puis se déprimant un peu en vieillissant, de 5 à 20 cm, en forme d éventail, blanc pâle , gris, brun clair, marron |
| Les lamelles | Longuement décurrentes, blanchâtres |
| La chair | blanche à la saveur douce |
| Période de récolte | à partir du début de l'été et jusqu'à la fin de l'automne |

3.3. Classification

Selon [Courtecuisse \(2011\)](#), la classification de *Pleurotus ostreatus* est résumé dans le **tableau 6**.

Tableau 06: Classification du champignon *Pleurotus ostreatus* ([Courtecuisse, 2011](#)).

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| Règne | Fungi |
| Division | Basidiomycota |
| Classe | Agaricomycetes |
| Sous classe | Agaricomycetideae |
| Ordre | Agaricales ou Thricholomatales |
| Famille | Pleurotaceae |
| Genre | Pleurotus |
| Espèce | <i>P. ostreatus</i> |

3.4. Caractéristiques nutritionnelles et propriétés médicinales

3.4. 1. Valeurs nutritionnelles

Le pleurote est parmi les champignons les plus légers, sa teneur en protéine est différente selon les espèces, elle varié entre 10 et 30 %, il contient jusqu'à 5 fois plus de protéines que dans les autres champignons. De plus, on peut noter sa bonne constitution en minéraux surtout le fer, potassium et le phosphore et sa richesse en fibres. le pleurote est une excellente source de vitamines B et notamment la vitamine B12 ([Burns et al., 1994](#)).

3.4.2. Valeurs médicinales

Le pleurote possède une activité antioxydante grâce à ses composés, il participe à prévenir certaines pathologies cardiovasculaires comme l'hypertension, mais aussi le diabète (Babitskatya et al., 1999). Ainsi, le pleurote aidait à lutter contre les cellules cancéreuses et permettrait de prévenir l'évolution de la maladie d'Alzheimer. Il ralentit encore le processus de vieillissement et renforcent le système immunitaire avec des hématologiques, antivirales, antibiotiques, et antibactériennes (Gunde-Cimerman, 1999).

Partie
expérimentale

Matériels

et

méthodes

I- MATERIEL UTILISE

1- MATERIEL MYCOLOGIQUE

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé le mycélium (appelé aussi blanc du champignon) de la souche commerciale de *Pleurotus ostreatus* provenant d'un fournisseur domicilié à Ain Defla.



Figure 14 : blanc du champignon *Pleurotus ostreatus* (photo originale)

2- MATERIEL VEGETAL UTILISE

Le matériel végétal utilisé dans cette expérimentation a été soit directement collecté soit acheté dans la wilaya de Tlemcen (Algérie).

2.1- la paille

La paille de blé provient d'un point de vente commercial qui nous a livré l'équivalent d'une demi-botte d'un poids de 11 kg.

Cette paille est de couleur jaune doré, exempte de toute moisissure et présente les qualités d'une bonne conservation puisque stockée dans un endroit sec et aéré, durant un temps court pour éviter toute contamination microbienne due à une longue conservation.



Figure 15 : paille de blé utilisée (photo originale)

2.2- le marc de café

Le marc de café provient d'une collecte effectuée quotidiennement au niveau de la cafétéria de la ville de Tlemcen, à raison d'une moyenne de 2 kg/jour à l'état humide.



Figure 16 : marc de café (photo originale)

2.3- la parche

La parche a été récupérée de l'usine 'Africafé' de Tlemcen qui procède à la mouture et conditionnement du café destiné à la revente.

3- AUTRE MATERIEL

Compte tenu de leur résistance au différent traitement thermique, le sachet en plastique a été utilisé pour contenir la culture du champignon.



Figure 17 : les sachets en plastique (photo originale)

II - METHODES D'ETUDE

Les étapes suivies au cours de la culture du champignon en sachets ont été inspiré du protocole réalisé par **Benamar (2016)**.

1- Humidification des substrats

1.1- La paille

- a été trempé dans de l'eau portée à ébullition dans de grandes marmites pendant une durée de 1 heure.
- Egouttage de cette paille dans des passoires jusqu'à épuisement de l'écoulement de l'eau.
- Epannage de la paille par petites quantités sur papier journal.
- Découpage de la paille en longueurs appropriés suivant les sachets contenant.



Figure 18 : trempage de la paille dans l'eau bouillante (photo originale)



Figure 19 : épannage de la paille (photo originale)

1.2- La parche du café

- La parche a été trempé dans de l'eau bouillante jusqu'à ébullition dans des marmites de grande capacité pendant une durée de 1 heure.
- Egouttage de cette parche dans des passoirs en tissu jusqu'à épuisement de l'écoulement de l'eau.
- Epannage de la parche par petites quantités sur papier journal.



Figure 20 : épannage de la parche (photo originale)

1.3- Le marc du café

Compte tenu de son état humide, le marc du café a été étalé sur papier journal pour éviter tout développement de moisissures probables en rapport avec son état initial lors de sa collecte.

2- Remplissage des sachets par les substrats

Les substrats ainsi traités comme décrits précédemment sont mélangés d'une manière homogène et suivant les proportions indiquées dans le tableau 1 puis mis dans des sachets.



Figure 21 : remplissage des sachets (photo originale)

Tableau 07 : répartition de la contenance en substrats de chacun des lots constituant les sachets de culture.

| Lots de 3 sachets \ substrats | PAILLE Pourcentage En poids | MARC Pourcentage En poids | PARCHE Pourcentage En poids | POIDS TOTAL (g) |
|---|--|--|--|---------------------------|
| Lot 1 | 100 | – | – | 500 g |
| Lot 2 | – | 100 | – | 500 g |
| Lot 3 | 25 | 75 | – | 500 g |
| Lot 4 | 50 | 50 | – | 500 g |
| Lot 5 | 75 | 25 | – | 500 g |
| Lot 6 | – | – | 100 | 500 g |
| Lot 7 | 25 | – | 75 | 500 g |
| Lot 8 | 50 | – | 50 | 500 g |
| Lot 9 | 75 | – | 25 | 500 g |

Pour éviter toute perte de données conséquente à une détérioration possible ou contamination d'un sachet, et par mesure de sécurité, chaque lot est constitué de 3 sachets identiques.

Tous les sachets de culture ainsi préparés subissent manuellement une évacuation de l'air avant fermeture puis sont soumis à une stérilisation dans un autoclave à une température de 120°C durant 30 min. Cette stérilisation a pour but d'éliminer tous les germes microbiens contenus dans les substrats de culture afin d'éviter tous genre de compétitivité du mycélium.

3- Le lardage

Le lardage est l'étape consistante à l'inoculation d'un substrat de fructification (stérilisé ou pasteurisé) avec une source de mycélium pure.

Pour se faire, on a tout d'abord procédé à l'asepsie de tous les matériels et milieu en relation avec cette opération.

Par la suite on a procédé à la pesée du blanc de champignon (mycélium sur blé) pour en faire des "semis" de 50g chacun à inoculer dans les sachets préparés pour l'occasion.



Figure 22 : pesée du blanc de champignon (photo originale)

Les sachets récepteurs fermés en leur état initial, sont à nouveau ouverts pour procéder à l'inoculation du blanc de champignon, inoculation ayant nécessité la réalisation d'un trou dans les substrats contenus dans les sachets.



Figure 23 : exécution d'un trou dans les substrats (photo originale)



Figure 24 : inoculation du blanc de champignon (photo originale)

Après évacuation de l'air contenu dans les sachets, il a été procédé à la fermeture de ces derniers.

Nous avons perforé les deux parties inférieures du sachet et nous avons mis des morceaux de coton afin de permettre l'évacuation de l'eau qui peut être cause d'une contamination, tout en permettant d'un autre côté un échange gazeux pour la respiration du mycélium,



Figure 25 : perforation et pose des tiges de coton sur les sachets (photo originale)

Une fois le remplissage et le lardage effectués, les sachets ont été mis en incubation dans une pièce fermée non aérée. Le processus d'incubation a été assuré à une température comprise entre 21 et 25° C, à l'obscurité pendant une durée de quatre semaines.

Ensuite il a été procédé dans un premier temps à une pulvérisation d'eau sur les sachets, comme à l'arrosage du plancher de la salle, et ce une fois tous les 3 jours, augmentant ainsi progressivement le taux d'humidité nécessaire au développement et fructifications du champignon.



Figure 26 : la salle de culture (photo originale)



Figure 27 : Organisation des sachets en fonction des substrats (photo originale)

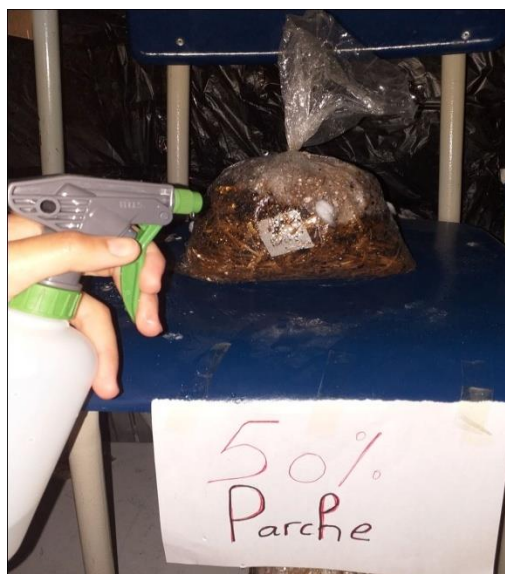


Figure 28 : pulvérisation en eau des sachets (photo originale)

Parallèlement, la fructification a été stimulée par :

1. l'éclairage de la salle avec la lumière naturelle durant toute la journée.
2. l'augmentation de la cadence de pulvérisation en eau des sachets à un rythme quotidien pour maintenir l'humidité entre **80 et 90%**.
3. L'ouverture des fenêtres de la salle assurant une aération du milieu.

La vérification de la constance du degré de température comme celle du taux d'humidité est assurée par un thermo-hygromètre.

La durée d'incubation (avant récolte) peut varier de 2 à 3 semaines tout en respectant les conditions citées précédemment.



Figure 29 : le thermo-hygromètre utilisé (photo originale)

4- Récolte et mensurations des carpophores

Une fois les champignons ou carpophores sont bien développés, nous avons procédé à leur récolte manuellement. Les champignons cueillis étaient mesurés et pesés. Leur poids a été exprimé en grammes (**Figure 27**).

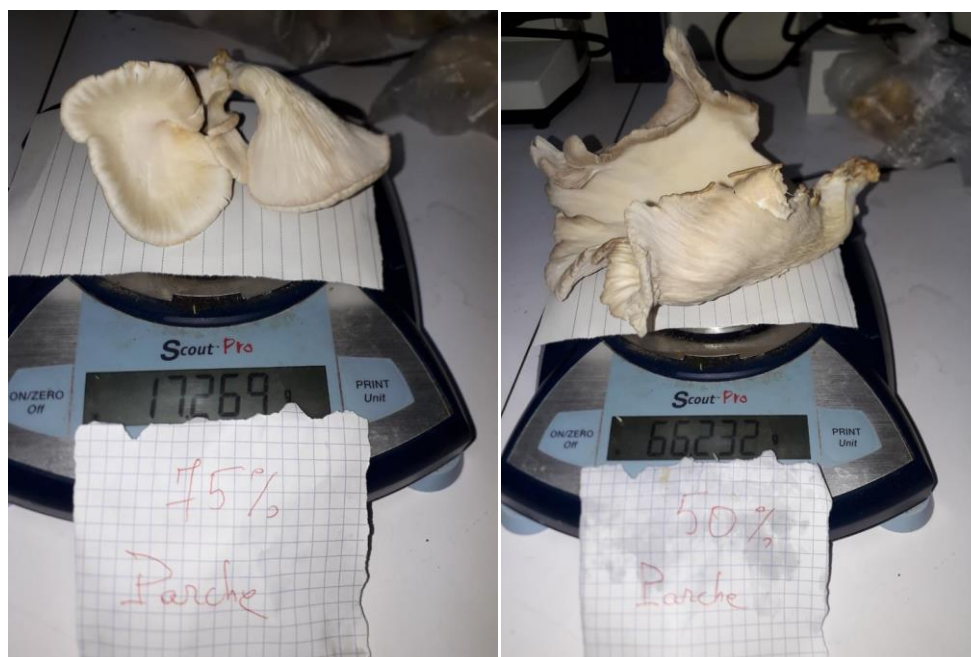


Figure 30 : la pesée des champignons (photo originale)

Les mesures du diamètre moyen des chapeaux ainsi que la largeur et la longueur des pieds exprimées en centimètres.



Figure 31: mesure de la longueur du pied des champignons (photo originale)



Figure 32: mesure de la largeur du carpophore des champignons (photo originale)

5- Test de l'activité antioxydante

5.1- Préparation des extraits

Le protocole de [Yilmaz et al. \(2016\)](#) a été suivi avec des modifications mineures pour l'obtention des extraits des pleurotes.

Le protocole se base sur une extraction solide liquide de 10 g de champignon récolté et coupé en petits morceaux et mis dans 100 ml de mélange hydro-méthanolique (à raison de 60 ml méthanol + 40 ml d'eau distillée)

- Ensuite une filtration des extraits obtenus a été réalisée à l'aide d'un papier filtre Whatman et récupération du filtrat.
- E dernier lieu une gamme de dilutions a été préparée à partir de chaque filtrat en allant du 1/4 jusqu'à 1/4096.



Figure 33 : les extraits des champignons (photo originale)



Figure 34 : filtration des extraits (photo originale)



Figure 35: dilution des extraits (photo originale)

5.2 Test de piégeage du radical libre DPPH

Principe

L'activité antiradicalaire a été évaluée en utilisant le 2,2 -diphényl -1-picrylhydrazyl (DPPH), qui fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydante (Brand et al., 1995).

Le DPPH est un radical libre stable possédant un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. Cette délocalisation empêche la polymérisation du composé, qui reste sous forme monomère relativement stable à température ambiante. Ainsi, cet état induit l'apparition d'une couleur violet foncée bien caractéristique de la solution DPPH (Figure 36). Cette couleur disparaît en présence d'antioxydant lorsque le DPPH est réduit, passant au jaune pâle du groupe picryl; l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons. Le suivi de la délocalisation est réalisé par spectrophotométrie à 517nm (Gulcin et al., 2003 ; Molyneux, 2004 ; Roginsky et Lissi 2005).

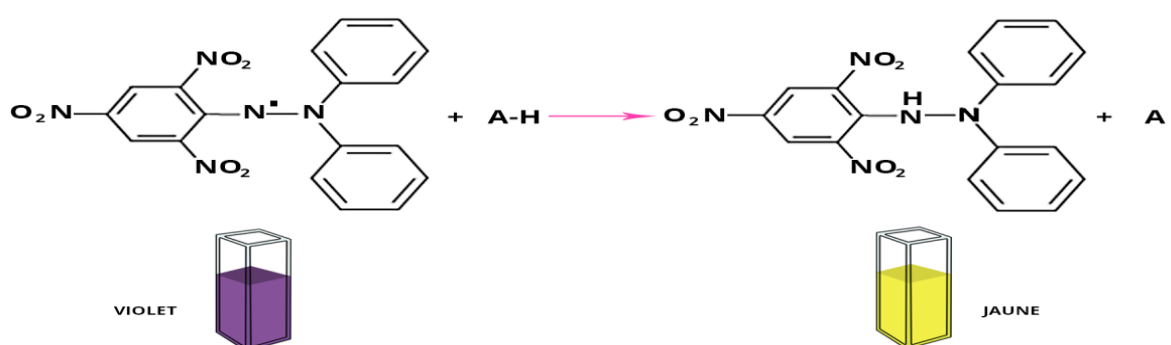


Figure 36 : Réduction du radical DPPH (Yılmaz et al., 2016)

Mode opératoire

Le pouvoir antiradicalaire a été testé en employant la méthode dictée par Tefiani et al. (2016). La solution de 60µM de DPPH a été préparée par la solubilisation du DPPH dans du méthanol (elle ne se conserve pas plus de 4-5 jours à -5C° et à l'obscurité).

On a mélangé 25 µl de différente concentration des extraits avec 975 µl de la solution méthanolique de DPPH, Après 1 heure d'incubation à une température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 517nm à l'aide de spectrophotométrie UV-visible.

Résultats
et
discussion

1) Résultats

1.1. Envahissement des substrats

Après inoculation et incubation dans l'obscurité à une température comprise entre 20 et 25°C pendant une durée de 1 mois, le mycélium des Pleurotes a complètement couvert les différents substrats dans lesquelles il a été inoculé (**Figure 37**).

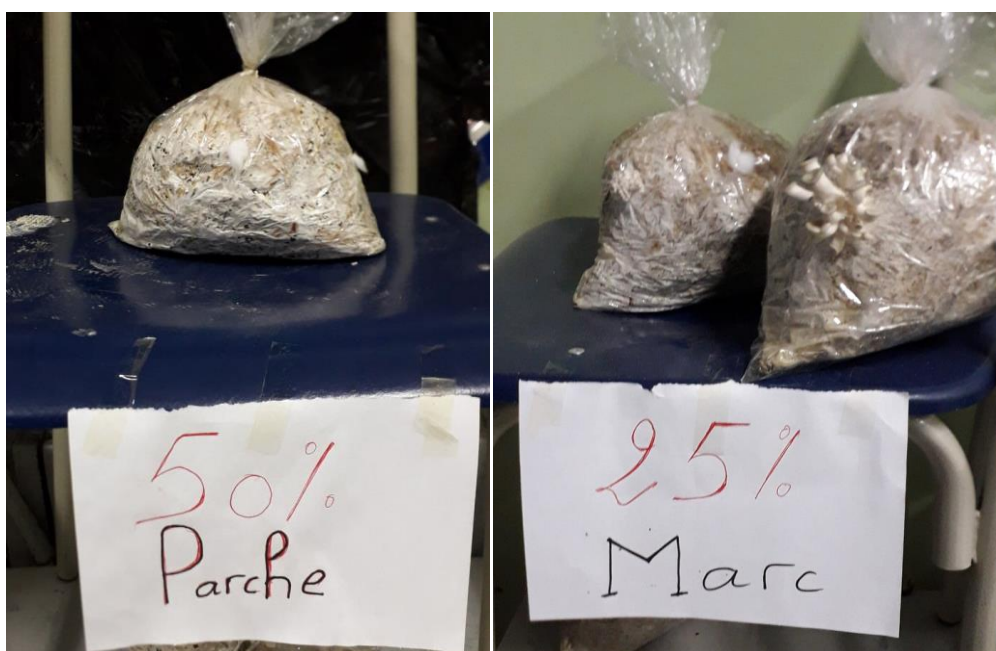


Figure 37 : colonisation totale et apparition des premiers primordia (photo originale)

Après 1 mois de mise en conditions de fructification, période pendant laquelle il a été respecté scrupuleusement les conditions s'y afférentes (éclairage, aération et humidification), l'apparition des primordia a été observée dans tous les substrats utilisés à l'exception de la parche à 100 %.

Les résultats obtenus aux différents stades de développement du mycélium et de fructification des pleurotes dans la parche de café à 75% et dans le marc de café à 50% du poids total du substrat sont résumés dans les tableaux 4 et 5.

Le tableau 4 montre que le mycélium a envahi le substrat de 75% Parche après 16 jours d'inoculation et l'apparition des premiers carpophores a nécessité 15 jours après création des conditions de température et d'aération.

Tableau 08 : Développement du mycélium et fructification de *Pleurotus ostreatus* dans la Parche de café à 75 % et 25% de paille.











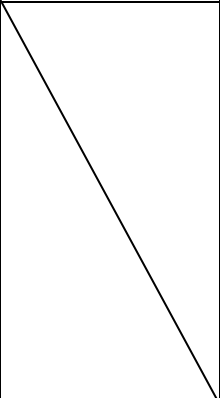
| Les Stades de développement | 1 ^{er} jour de l'incubation | 7 ^{ème} jour de l'incubation | 16 ^{ème} jours de l'incubation | 7 ^{ème} jours de la fructification | 15 ^{ème} jours de la fructification |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|
| 75% Parche+ 25 % Paille |  |  |  |  |  |
| Observations | / | Apparition du blanc sur les sacs. | Colonisation complète du mycélium dans les sacs. | Apparition des chapeaux blancs en forme de bâtonnet. | Atteinte de la taille adulte du Pleurote (les bords des chapeaux apparaissent en couleur beige). |

Tableau 09 : Développement du mycélium et fructification de-*Pleurotus ostreatus* dans le Marc de café à 50%.

| Les Stades de développement | 1 ^{er} jour de l'incubation | 7 ^{ème} jour de l'incubation | 16 ^{ème} jours de l'incubation | 7 ^{ème} jours de la fructification | 15 ^{ème} jours de la fructification | |
|-------------------------------|---|--|--|---|--|--|
| 50 % Marc de café 50 % paille |  |  |  |  |  | |
| Observations |  | | Apparition du blanc sur les sacs. | Colonisation complète du mycélium dans les sacs. | Apparition des petites boules (chapeaux) blanches | Atteinte de la taille adulte du Pleurote (les bords des chapeaux apparaissent en couleur beige). |

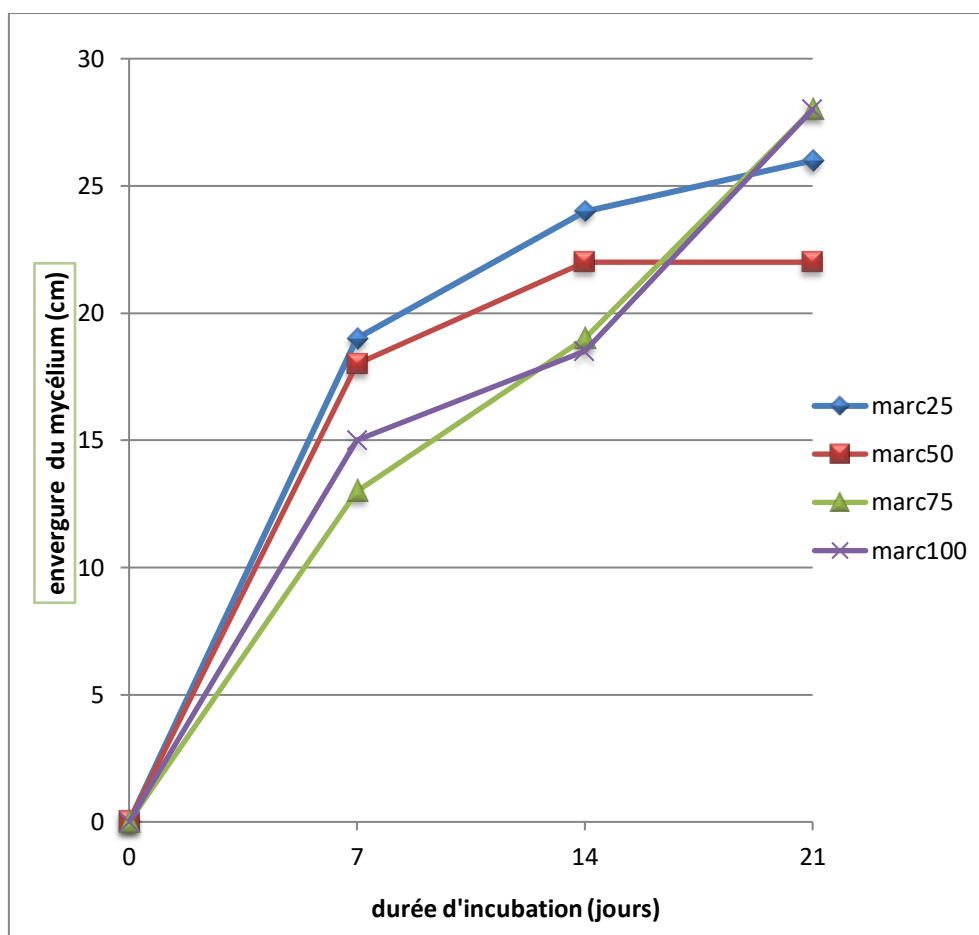


Figure 38 : Evolution de l'envergure du mycélium dans les différentes concentrations de Marc de café.

Dans la **figure 38** il apparait clairement que lors de la première semaine d'incubation, les envergures du mycélium dans les quatre substrats en Marc présentent une évolution constante avec une vitesse de croissance plus importante pour le 25% Marc et 50% Marc. Entre le 7^{ème} et 14^{ème} jour l'évolution de la vitesse d'envahissement a été presque identique sur l'ensemble des substrats à part le 100% marc de café où nous avons enregistré un léger ralentissement de vitesse d'envahissement du substrat par le mycélium.

Nous constatons qu'après 14 jours d'incubation, le Marc 100% et 75% présentent une forte progression de leur envergure, alors que le Marc 25% enregistre une baisse de sa croissance ; l'envergure du Marc 50% est en stagnation.

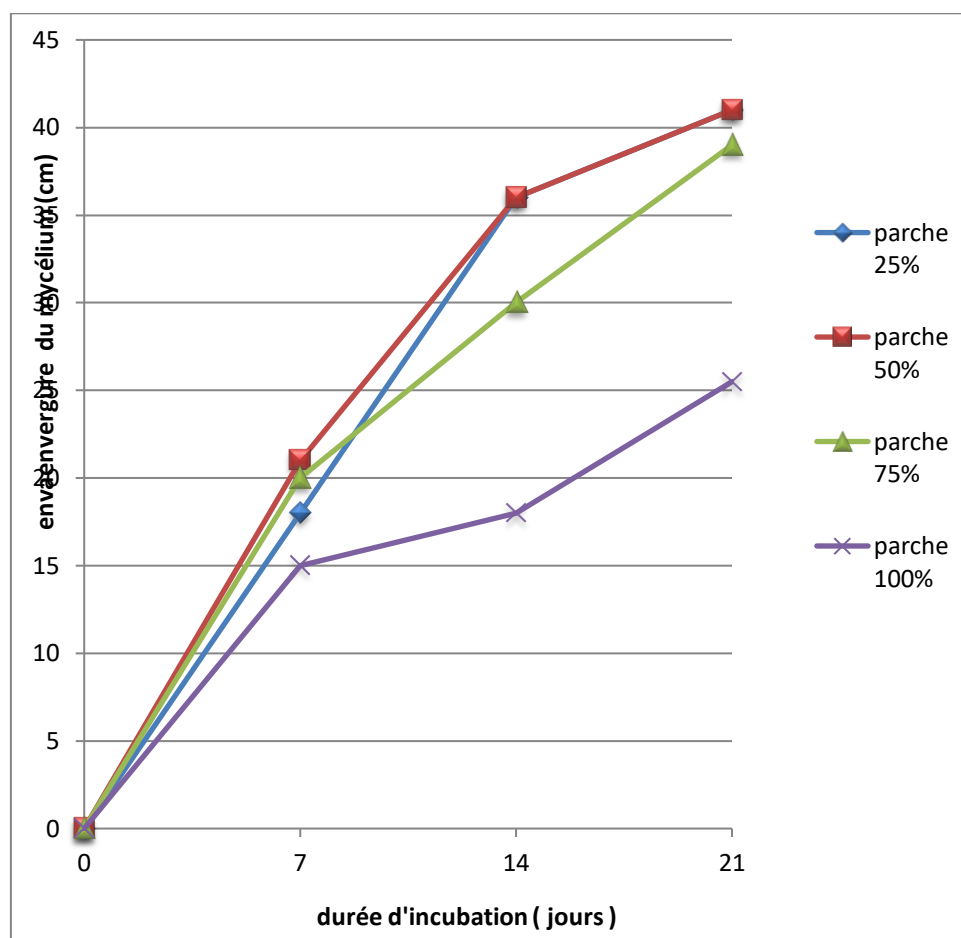


Figure 39 : Evolution de l'envergure du mycélium dans les différentes concentrations de Parche de café

D'après la **figure 39** lors de la première semaine d'incubation, les envergures du mycélium dans les quatre substrats en Parche présentent elles aussi une évolution constante, pour une croissance plus importante pour la 25% parche 50% parche et 75% parche.

A partir du 7^{ème} jour l'évolution reste constante pour les trois substrats en Parche 25%, 50% et 75% alors que la 100% parche accuse la plus faible progression.

De même, nous remarquons qu'après 14 jours d'incubation, les quatre substrats en Marc enregistrent une hausse de leurs envergures.

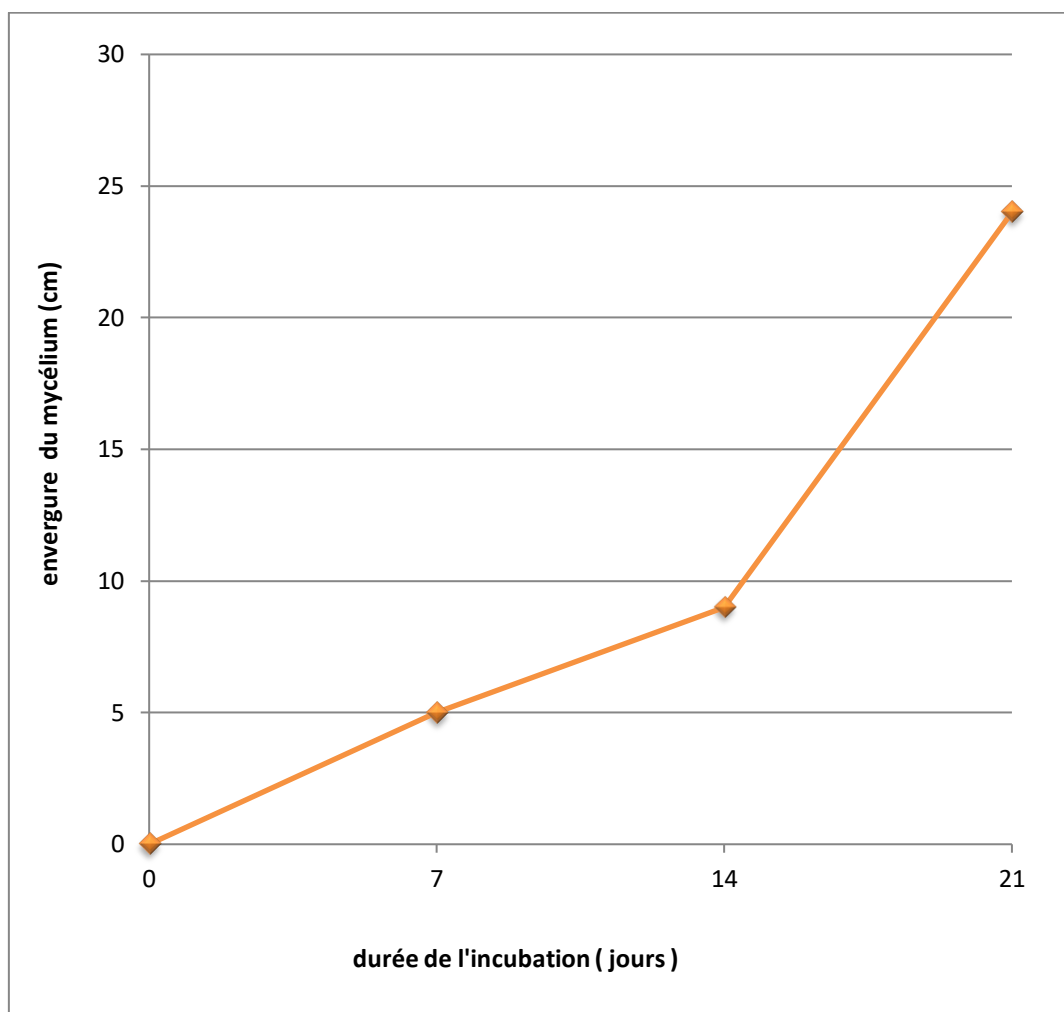


Figure 40 : Evolution de l'envergure du mycélium dans la paille

La **figure 40** nous montre que l'envergure du mycélium à envahir la paille enregistre une faible croissance jusqu'au 14^{ème} jour d'incubation et s'accélérer après pour frôler les 25 cm au 21^{ème} jour de culture.

La comparaison entre l'ensemble des substrats utilisés dans la culture de *Pleurotus ostreatus* est illustrée dans la **figure 41**.

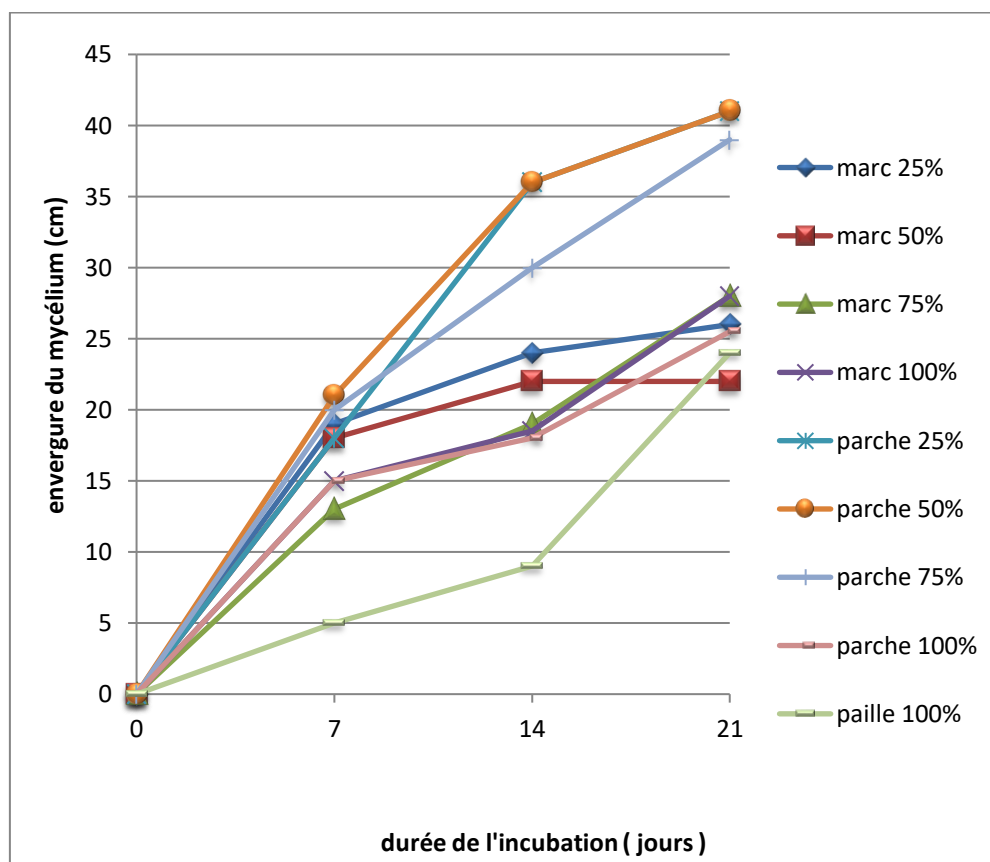


Figure 41 : Evolution de l'envergure du mycélium dans les différents substrats.

Durant la première semaine d'incubation le mycélium dans les substrats en parche présente une grande envergure de 15 à 20 cm.

Au cours de la 2^{ème} semaine, nous constatons une augmentation importante des envergures du mycélium en parche (entre 20 et 35cm) suivi du substrat en marc (de 15 à 25 cm environ) alors que celui de la parche 100 % accuse une hausse légère.

Pendant la 3^{ème} semaine d'incubation les mycéliums dans les substrats en parche 50% ,25% et 75% enregistrent les plus grandes envergures de 38 à 42 cm ; les mycéliums en substrats en Marc et paille présentent quant à eux des envergures moindres (23 à 27 cm environ)

1.2. Mensuration des carpophores des champignons

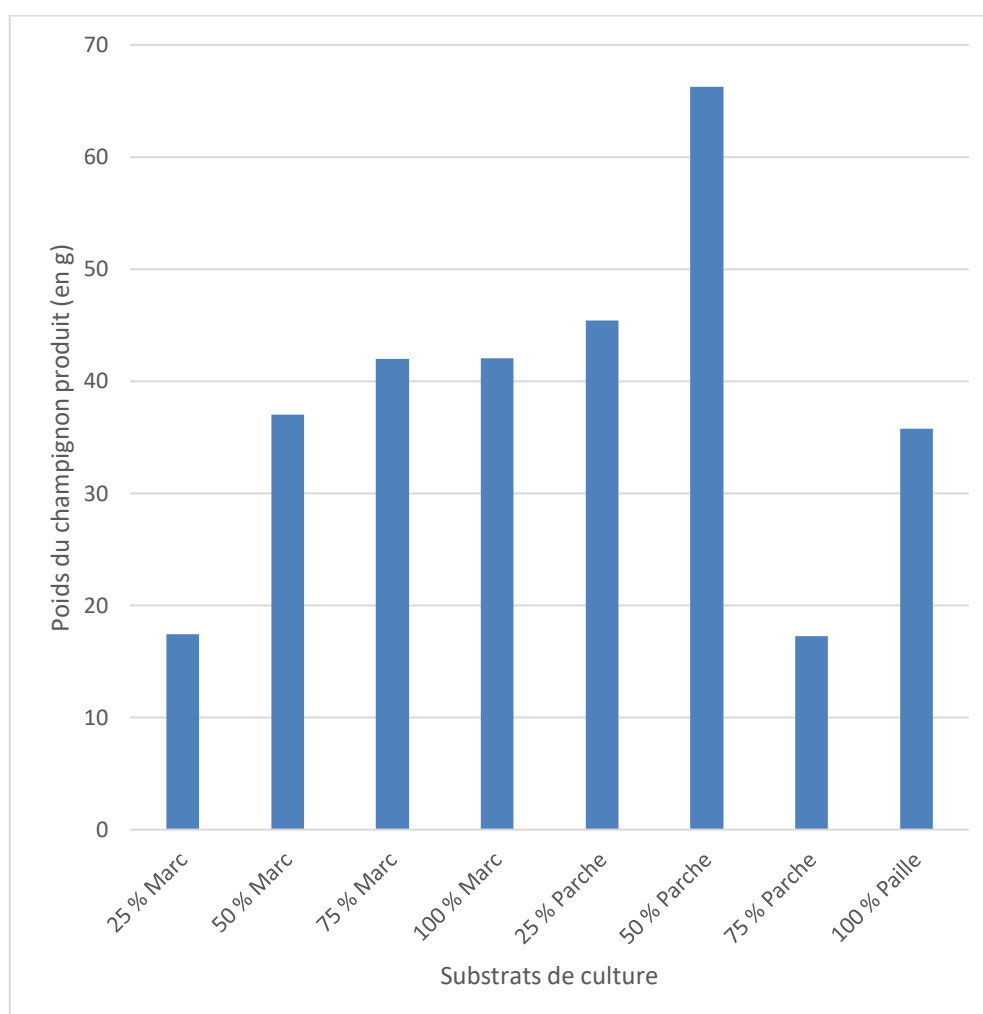


Figure 42 : Poids total des champignons produits dans chaque substrat de culture.

Comme l'indique la figure ci-dessus (**figure 42**), le champignon le plus consistant est celui obtenu avec le substrat en parche 50% pour un poids de 66.232 g ; par contre il est à remarquer que les champignons de moindre consistance ont été obtenus par la parche 75 % et marc 25% pour un poids de 17.269 g et 17,407 g, alors que ceux d'un poids moyen ont été réalisés avec les autres variantes des substrats utilisés.

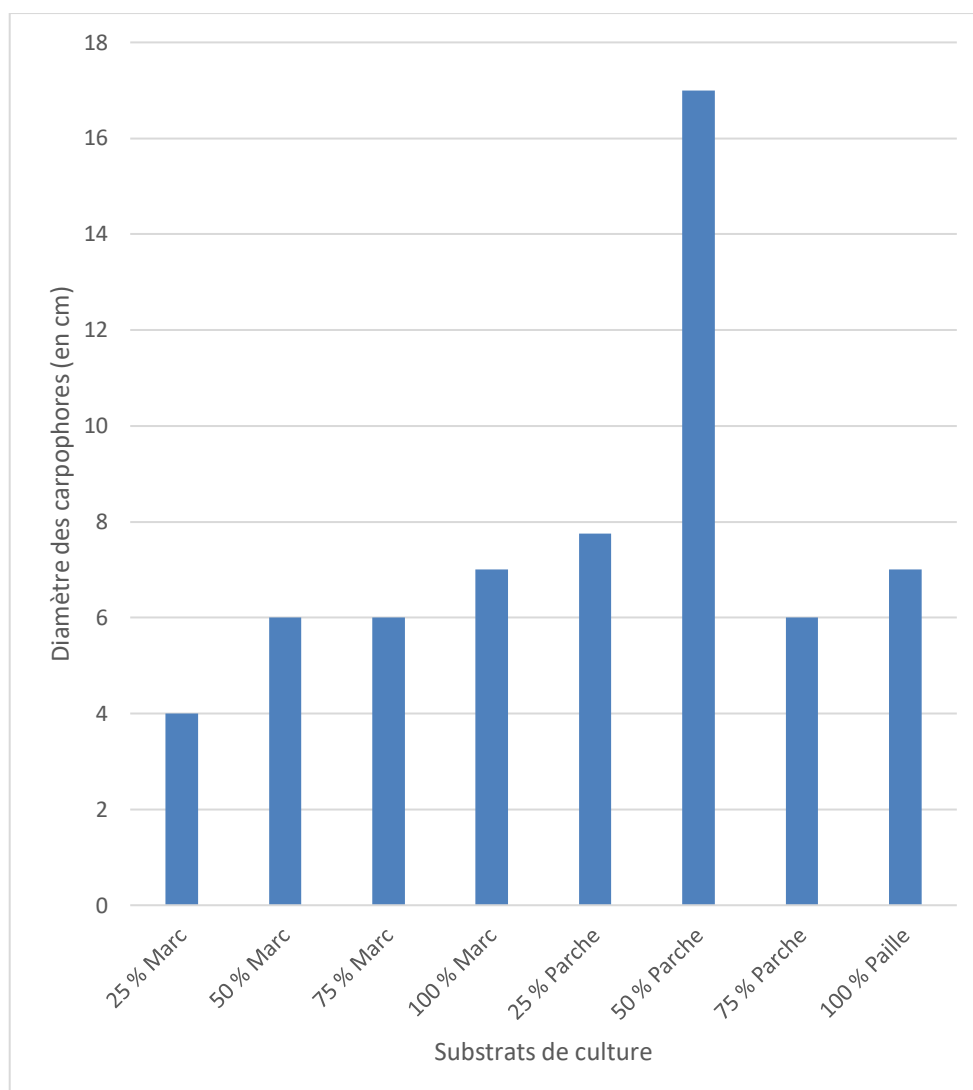


Figure 43 : Diamètre des carpophores des champignons produits dans chaque substrat de culture.

Concernant le diamètre des carpophores des champignons, on remarque que tous les diamètres varient sensiblement entre 4 et 7 cm à l'exception du champignon obtenu avec le substrat en parche 50 qui lui accuse un diamètre de 17 cm. (**figure 43**)

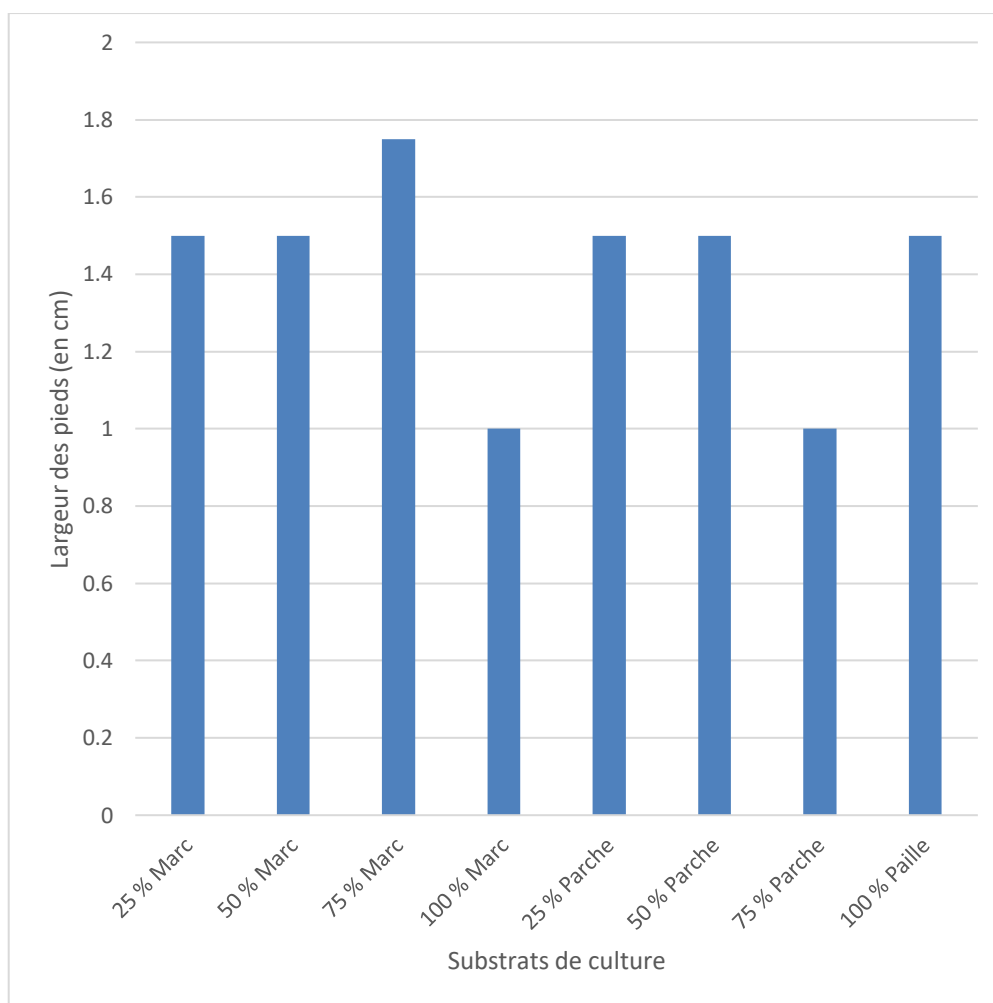


Figure 44 : Largeur des pieds des champignons produits dans chaque substrat de culture.

En ce qui concerne les largeurs des pieds des champignons produits dans chaque substrat de culture nous distinguons 3 types à savoir (**figure 44**) :

- Le pied le moins large (1 cm) obtenu avec le marc 100 et parche 75
- Les pieds moyens de 1.5 cm de largeur avec les substrats marc 75, marc 50 , parche 25 , parche 50 et paille 100
- Le pied le plus large a été réalisé avec le substrat marc 75.

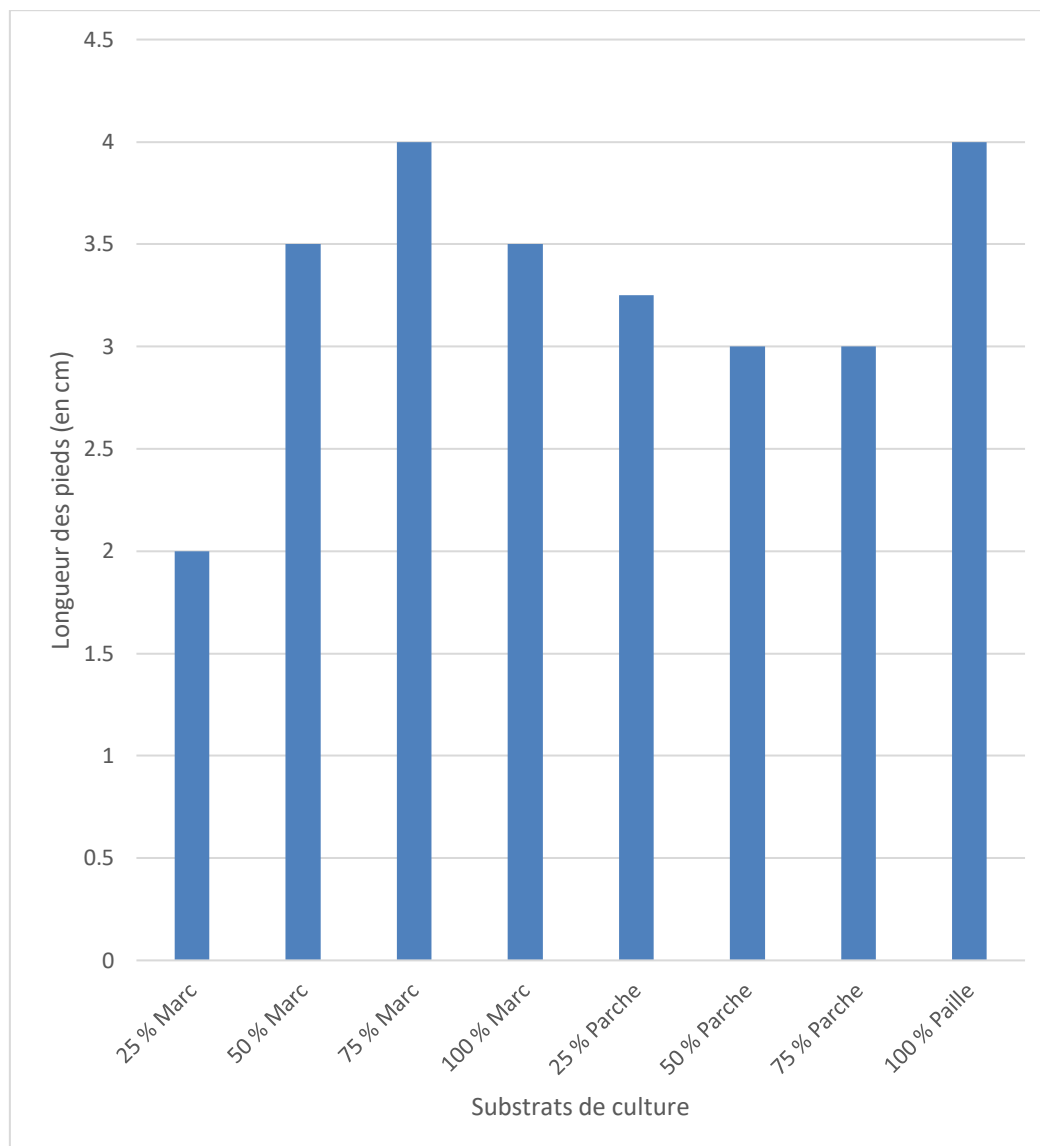


Figure 45 : Longueur des pieds des champignons produits dans chaque substrat de culture.

En ce qui concerne les longueurs des pieds des champignons récoltés, nous remarquons que ceux ayant atteint la longueur maximale sont ceux obtenus avec le Marc 75 % et la paille 100% (4cm), alors que ceux de moindre longueur ont été réalisés avec le Marc 50 et 100 % ; Le substrat en Parche a donné des résultats pour des longueurs oscillantes autour de 3 cm pour ses variantes ; A noter enfin que le pied le plus court a été obtenu avec le Marc 25 % (2cm) . **(Figure 45)**

1.3. Etude de l'activité antioxydante

La **figure 46** nous montre clairement que les différents extraits méthanoliques des pleurotes cultivés n'ont pas donné une bonne efficacité antiradicalaire vis-à-vis du radical DPPH aux différentes concentrations mises en étude car l'ensemble des extraits n'ont pas atteint 50% d'inhibition du radical DPPH.

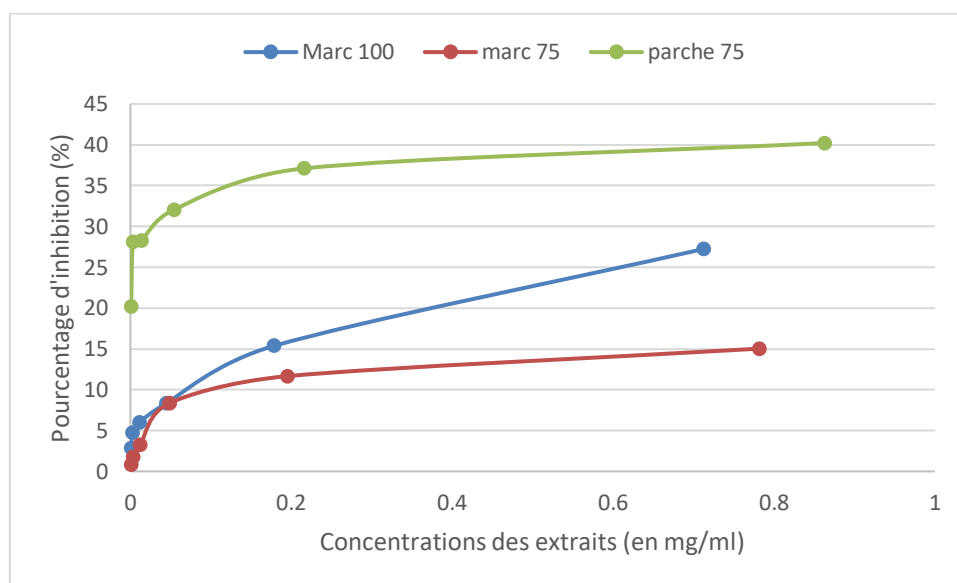


Figure 46 : Piégeage des radicaux libres par les différents extraits hydro-méthanoliques des champignons cultivés sur différents substrats.

L'extrait des pleurotes cultivé sur du 75% Marc de café n'a pas dépassé le taux de 15% d'inhibition du DPPH à la concentration de 0,78mg/ml de même l'extrait des pleurotes cultivé sur 100% marc de café a donné un taux de 27,23% à la concentration de 0,71mg/ml par contre les pleurotes cultivé sur du 75% parche de café ont donné le taux le plus élevé en enregistrant un taux d'inhibition du radical DPPH de 40,20% à la concentration de l'extrait de 0,86mg/ml.

Les autres extraits des pleurotes cultivé dans les autres substrats n'ont pas donné des taux remarquables car ils n'ont pas dépassé les 10% d'inhibition du radical DPPH c'est pour cette raison qu'ils n'ont pas fait l'objet d'une représentation graphique.

2) Discussion

Le but principal de cette étude est de vérifier la précocité et la rapidité des mycelia de pleurote en huître à se développer et à coloniser des substrats lignocellulosiques aussi complexes que le marc et la parche de café. **Lemke (1978)**, en parlant de la vitesse de croissance du mycélium d'Agaric, estime qu'elle est influencée par différents facteurs, notamment le milieu de culture, la température ambiante et la souche utilisée.

La vitesse de colonisation d'un substrat est un paramètre important en raison du problème de concurrence en cas de présence de microorganismes antagonistes suite à un traitement thermique insuffisant (**Zervakis et al, 2001**).

Mata et al. (2003) estiment que la capacité d'un champignon à croître sur un substrat lignocellulosique est liée à la force de son mycélium ainsi qu'à sa capacité à activer des mécanismes physiologiques nécessaires pour exploiter convenablement son milieu ; ils ajoutent que si les caractères de fructification sont parmi les critères permettant de déterminer la sélection des souches, un intérêt particulier doit être porté à la capacité de la souche à envahir un substrat donné. En effet, la première étape importante dans la culture d'un champignon sur un substrat solide est la vitesse de la colonisation fongique.

Dans notre présente étude, la culture du champignon *Pleurotus ostreatus* a duré en moyenne 60 à 65 jours environ dont 27 à 30 jours pour l'incubation du mycélium dans les substrats.

Les pleurotes poussent à des températures situées entre 20 et 30°C avec un taux d'humidité de 55 à 70% sur divers déchets agricoles et c'est grâce à sa nature flexible que le genre *Pleurotus* est le plus cultivé (**Ahmed et al., 2013**).

Le bon traitement thermique appliqué conformément aux consignes respectées va permettre au mycélium de coloniser «tranquillement» le substrat, sans risque de concurrence par les moisissures et les bactéries contaminants qui ont des croissances extrêmement rapides.

On peut considérer que 28°C c'est la température d'incubation optimale, mais sur le plan pratique, pour éviter tout problème de surchauffe liée à l'activité du champignon, nous avons opté pour une température de 25°C conformément aux

recommandations de **Olivier et al.(1991)**. Cette température (25°C) est celle qui est habituellement utilisée par de nombreux chercheurs pour la culture des pleurotes (**Gibriel et al., 1996**). Pour **Lelley (1984)**, la température optimale de croissance du pleurote en huitre se situe entre 20 et 24°C avec une humidité relative dans la salle de culture de 80 à 90%.

Grâce à la capacité de la paille en matière de rétention de l'eau, en plus de son pouvoir d'amélioration de la structure du substrat qui devient moins compact, donc plus aéré, et grâce essentiellement à la circulation d'air et de l'eau à travers les chaumes coupés, la paille a permis une amélioration de la croissance mycélienne de la souche de pleurote et une amélioration des rendements et de l'efficacité biologique de la dite souche de pleurote. En outre, la paille de blé apporte des éléments minéraux comme le potassium et le phosphore et constitue également une source d'alcalinité (**Gibriel et al., 1996**).

Un apport supplémentaire de 50 ou 75% de paille de blé a permis une amélioration de la croissance mycélienne de pleurotes sur la parche de café, et l'amélioration la plus importante a été observée sur Parche 50%. Quant au marc de café, l'addition de 75% de paille de blé a permis une augmentation significative dans la croissance mycélienne de pleurote dans le cas présent de cette étude, alors qu'une étude réalisée par **Mansour-Benamar et al.(2014)** a révélé qu'un complément de 10 ou 50% de paille de blé a permis une augmentation significative des rendements en carpophores des pleurotes.

Concernant le diamètre moyen des chapeaux la différence selon les substrats est très significative et c'est sur parche 50%, que nous avons retrouvé des carpophores avec les chapeaux les plus larges. Les carpophores à chapeaux les moins larges ont été formés sur Marc 75%.

Concernant la longueur du pied du carpophore, des différences ont été enregistrées pour chacun des substrats de culture utilisés. La pleurote a donné des carpophores à pieds plus longs sur Marc 50% et paille 100%, quant aux carpophores à pieds les plus courts, ils ont été obtenus sur le Marc à 75%.

La longueur des pieds serait un indicateur d'éclairage au cours de la fructification. Plus il y a un manque d'éclairage plus le pied est long (**Yildiz et al., 2002**).

Concernant la largeur des pieds des carpophores formés, c'est sur marc à 50% que les champignons à pieds les plus larges ont été obtenus.

Nous pensons que d'une manière générale, les champignons obtenus, après un apport supplémentaire de paille sur les substrats de marc et parche de café sont de bonne qualité. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par de nombreux chercheurs (Zervakis et al., 1996; Upadhyay et al., 2002; Velazquez Cedeño et al., 2002 ; Yildiz et al., 2002; Fan et al., 2006 et Mane et al., 2007).

Dans leurs expérimentations, Velázquez Cedeño et al. (2002) ont obtenu environ 1250g de champignon frais (*P. ostreatus*) par kg (sec) de pulpe de café, ce qui correspond aux rendements généralement observés dans les cultures commerciales.

Dans le volet de l'étude des activités antioxydantes plusieurs auteurs ont traité l'efficacité antioxydante des extraits des différents champignons comestibles.

Dans une étude menée par Vamanu et al. (2011), l'extrait méthanolique de *Pleurotus ostreatus* à 10 mg/ml a donné un taux de piégeage des radicaux libres de 84% pour la souche EVFB4 et 89% pour la souche EVFB1.

Dans une autre étude Yilmaz et al. (2016) ont enregistré des IC₅₀ de l'ordre de 15,473 ± 0,001 ; 8,596 ± 0,002 ; 7,641 ± 0,499 et 4,937 ± 0,001 mg/ml cultivés respectivement sur déchet de culture de pomme de terre, déchets d'arachides, sciure d'oranger et sciure de noyer.

Contrairement à notre étude Alam et al. (2010) ont trouvé une efficacité de l'extrait méthanolique de *Pleurotus ostreatus* en enregistrant des taux d'inhibition du radical DPPH de l'ordre de 49,33, 80 et de 85,13% respectivement aux concentrations de 0,125, 0,250 et 2,0 mg/ml.

L'extrait éthanolique du carpophore de *Pleurotus ostreatus* étudié par Cilerdzic et al. (2015) a révélé une très faible efficacité à piéger le radical DPPH car il a fallu une concentration allant jusqu'à 32mg/ml pour piéger 70% par contre la concentration de 16mg/ml n'a piégé que 40% de ce radical.

Les valeurs d'inhibition du radical DPPH par l'extrait éthanolique de *P. ostreatus* étudié par Venkatakrisnan et al. (2010) ont donné des taux de 12,57% 18,37% 24,62% 34,60% 40,87% 46,65% et 61,74% aux concentrations respectives de 100,

200, 400, 800, 1600, 3200 et 6400 µg/ml.

En travaillant sur l'effet antioxydant des extraits de *Pleurotus eryngii* **Liang et al. (2013)** ont enregistré des IC₅₀ de piégeage des radicaux libre du DPPH de l'ordre de 17,06 ± 0,40 mg/ml pour l'extrait éthanolique et de 6,86 ± 0,11 mg/ml pour l'extrait aqueux.

Dans l'étude de **Ramkumar et al. (2010)**, l'effet antiradicalaire des extraits méthanoliques de *Pleurotus sajor-caju* et *Pleurotus euosa* révélé une faible efficacité à piéger le radical DPPH à la concentration de 2mg/ml en enregistrant des taux de piégeage compris entre 30 et 40%, par contre la concentration de 6 mg/ml a révélé un taux de piégeage du radical DPPH supérieur à 60% pour les deux champignons ce qui prouve que la concentration utilisée dans notre étude est insuffisante pour donner une efficacité antiradicalaire.

Le travail de **Menaga et al. (2013)** a révélé une excellente efficacité de l'extrait méthanolique de *Pleurotus florida* à piéger le radical DPPH en enregistrant une IC₅₀ de 50µg/ml en plus cette efficacité s'est traduite par un taux de piégeage du radical DPPH de 78% à la concentration de 100µg/ml alors que la même concentration en acide ascorbique a donné un taux de 85,02%.

Conclusion
et
perspectives

Compte tenu de l'importance de la place occupée par les champignons grâce à la richesse de leurs valeurs nutritives, il est devenu important de développer leur culture pour satisfaire les besoins d'une population de plus en plus grandissante.

La culture des champignons comestibles sur les déchets lignocellulosiques représente l'un des procédés de recyclage de déchets organiques le plus économiquement rentable (Mandeel et al, 2005).

Vu la variété et l'abondance des quantités de résidus lignocellulosiques produits chaque année en Algérie et compte tenu de l'importance des valeurs nutritionnelles et médicinales des pleurotes comme rapporté par de nombreux chercheurs, la culture des pleurotes reste la technologie la plus facile à entreprendre et ce en rapport avec la capacité de leur développement sur divers résidus agricoles grâce notamment aux complexes enzymatiques qu'ils détiennent, et du moindre coût à l'investissement de cette culture. Ainsi il est fortement recommandé de procéder, en Algérie, à la culture de cette souche de *Pleurotus ostreatus*, à dimension expérimentale dans une première étape et voire industrielle après sa maîtrise.

Le marc et la parche du café sont des résidus lignocellulosiques issus de l'industrie et de la consommation du café. Ces déchets sont disponibles quotidiennement en très grandes quantités.

A travers cette étude, nous avons pu montrer qu'il était possible de valoriser ces deux résidus agricoles (ainsi que la paille de blé) par la culture d'une souche de champignons lignocellulolytiques comestibles du genre *Pleurotus*.

De ce fait, notre travail a consisté à trouver la meilleure formulation pour chaque substrat en fonction des meilleures conditions possibles de croissance du mycelium tout en fructifiant la souche de pleurote.

L'apport de la paille aux deux résidus a amélioré leurs structures et reste un moyen confirmé pour l'amélioration de la production des champignons.

Notre essai nous a donné des résultats encourageants et satisfaisants du point de vue économique et écologique pour la culture des pleurotes.

Nous considérons que notre travail demeure l'un des exemples de valorisation des déchets agro-industriels locaux entre autre le marc et parche du café comme

mentionné dans notre ouvrage .

Parallèlement, les résultats obtenus a travers cette étude, laissent de larges perspectives pour d'autres travaux similaires sur le champignon de paris ou champignon shiitake.

Références

bibliographiques

A

- **AHMED, Mostak, ABDULLAH, Noorlidah, AHMED, Kamal Uddin. 2013**, Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, , vol. 48, no 2, p. 197-202.
- **ALAM, Nuhu, YOON, Ki Nam, LEE, Kyung Rim. 2010**, Antioxidant activities and tyrosinase inhibitory effects of different extracts from *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies. *Mycobiology*, vol. 38, no 4, p. 295-301.
- **AL-MURISH, Taha Maked, ELSHAFEI, Adel Ahmed, AL-DOSS, Abdullah Abdulaziz. 2013**, Genetic diversity of coffee (*Coffea arabica* L.) in Yemen via SRAP, TRAP and SSR markers. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, vol. 11, no 2, p. 411-416
- **. AMMERLAAN, Thomas, BARRIÈRE, Violette, GENEST-RICHARD, Pascal. 2012**. Tales of a forgotten Bioresource : the recycling of spent coffee grounds. Department of Bioresource Engineering. McGill University, Montréal, Canada. 57p.

B

- **BABU, P. Dinesh et SUBHASREE, R. S. 2010**, Valuing the suitable agro-industrial wastes for cultivation of *P. platypus* and *P. eous*. *Advances in Biological research*, vol. 4, no 4, p. 207-210.
- **BALLESTEROS, Lina F., TEIXEIRA, José A., et MUSSATTO. 2014**, Solange I. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, vol. 7, no 12, p. 3493-3503.
- **Barbera C.E., 1965**. L'utilisation du marc de café. Revue « Café, Cacao, Thé ». Vol. IK n°3; 206-217.
- **BRAND-WILLIAMS, Wendy, CUVELIER, Marie-Elisabeth, ET BERSET, C. L. W. T. 1995**, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, vol. 28, no 1, p. 25-30.
- **Bressani Ricardoed., 1978**. Subproductos del fruto de café, in Pulpa de café: composición, tecnología, y utilización, Braham J.E. & Bressani R. (Eds) INZAP, 9-17.

C

- **CAETANO, Nídia S., SILVA, Vania FM, ET MATA, Teresa M. 2012**, Valorization of coffee grounds for biodiesel production. *Chemical Engineering Transactions*, vol. 26.
- **CAMPA, Claudine, DOULBEAU, Sylvie, DUSSERT, Stéphane. 2005**, Diversity in bean caffeine content among wild *Coffea* species: evidence of a discontinuous distribution. *Food Chemistry*, , vol. 91, no 4, p. 633-637.
- **Chabaud M (2010)**. La caféine. Antenne Médicale de Prévention du Dopage.
- **CHANG, Shu-Ting.1999**, World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing, in China. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, vol. 1, no 4.
- **Charrier A., 1982**. Amélioration génétique des cafés. *La Recherche*, 136 (13) : 1006-1008
- **CILERDZIC, Jasmina, STAJIC, Mirjana, VUKOJEVIC, Jelena.2015, et al.** Antioxidant and antifungal potential of *Pleurotus ostreatus* and *Agrocybe cylindracea* basidiocarps and mycelia. *Current pharmaceutical biotechnology*, , vol. 16, no 2, p. 179-186.
- **Clarke .R.J; 1987**. "Quality Control in the Food Industry" (Coffee Technology), London.Academic Press, 4(2), pp161-191.
- **Codex alimentarius ; 2012**. Prévention et réduction de la contamination des produits de consommation humaine
- **Coste, René . (1989)**. Caféiers et cafés. Edition Maisonneuve et Larose. Paris. 373p.
- **Courvoisier M., 1983**. Production mondiale des autres champignons. Bulletin de la F.N.S.C.C. Nouvelle série n°59, 113-119.
- **Cruz G.M., 1983**. Residuos de culturae industrie informe agropectuaris. Vol 9 n°108, 32-37.

D

- **DADANT, Roger. 1954**, Le caféier en Nouvelle-Calédonie. Ses maladies. *Agro. Trop., Nogent-s-Marine*, vol. 9, no 1, p. 49-58.
- **Debry. G ; 1995**. Le café. Sa composition, sa consommation, ses incidences sur la santé.Centre de Nutrition Humaine.

- **DEL CASTILLO, María Dolores, AMES, Jennifer M., ET GORDON, Michael H. 2002**, Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, no 13, p. 3698-3703.
- **Denis. D, Bernard. F ; 2003**.Le café, des terroirs et des hommes. *CIRAD*. 1 , p 4.
- **DÍAZ-RUBIO, M. Elena et SAURA-CALIXTO, Fulgencio. (2012)**. Dietary fiber in brewed coffee. *Nutrition*. 324-329.
- **Durrieu , Guy., 1993**. Ecologie des champignons. Collection d'écologie, édition Masson, Paris Milan Barcelone Bonn ,207 p.

E

- **Edwards, Derek.1992**, *Discursive psychology*. Vol. 8. Sage Etude de la torréfaction : modélisation et détermination du degré de torréfaction,

F

- **Fan L., Soccol A.T., Pandey A. & Soccol C.R., 2003**. Cultivation of *Pleurotus* mushrooms on Brazilian coffee husk and effects of caffeine and tannic acid. *Micologia Aplicada International*, 15 1: 15-21.
- **FAO; 2011**. Food and agriculture organization of United Nations.
- **Fourret G., 1990**. Dernières nouvelles des champignons. Edité par l'auteur 337 p.
- **FRCA Picardie et COOPERENERGIE (Fédération Regionale des Coopératives Agricoles), 2008**. Exporter des pailles sans risque pour l'état organique des sols. Guide de décision à la parcelle. AGRO-TRANSFERT-ARVALIS-INRA-LDAR- Chambres d'agriculture de Picardie. 12p.
- **FREDHOLM, Bertil B., BÄTTIG, Karl, HOLMÉN, Janet.1999**, *et al*.Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological reviews*, vol. 51, no 1, p. 83-133.

G

- **Gibriel AY, Ahmed M, Rasmy N, Rizk I, Abdel-Rehem N S, (1996)** Cultivation of Oyster mushroom (*Pleurotus* spp.): Evaluation of different media and organic substrates. Mushroom Biol. Mushroom Prod., Royse (ed.) pp 415-421.
- **GOMES, Teresa, PEREIRA, José Alberto, RAMALHOSA, Elsa. 2013**, Effect of fresh and composted spent coffee grounds on lettuce growth, photosynthetic pigments and mineral composition. In: *VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*. SECH e SEAgIng,. p. 1-5.
- **GÜLÇİN, İlhami, OKTAY, Münir, KIREÇCI, Ekrem. 2003**, Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. *Food chemistry*, vol. 83, no 3, p. 371-382.

H

- **HOUESSOU, Justin Koffi. 2007**, *Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le café: mise au point de méthodes analytiques et étude de l'étape de torréfaction*. Thèse de doctorat. AgroParisTech, Paris.
- **HUBER, Wolfgang W., SCHARF, Gerlinde, ROSSMANITH, Walter, et al. 2002**, The coffee components kahweol and cafestol induce γ -glutamylcysteine synthetase, the rate limiting enzyme of chemoprotective glutathione synthesis, in several organs of the rat. *Archives of toxicology*, vol. 75, no 11-12, p. 685-694.

I

- **Iowa A, Blackwell W. 2012**, *Coffee : emerging health effects and disease prevention*. Vol. 59. John Wiley & Sons.
- **ISLAM, Md Rafiqul et SHINJO, Ryuichi.2009**, Mining-induced fault

reactivation associated with the main conveyor belt roadway and safety of the Barapukuria Coal Mine in Bangladesh: Constraints from BEM simulations. *International Journal of Coal Geology*, vol. 79, no 4, p. 115-130.

J

- **Joackim. M ; 2000.** Post- récolte gestion et traitement du café dans les pays africains COFFEE. FAO.
- **José Alfredo. H. P ; 2002.** Etude de la torréfaction : modélisation et détermination du degré de torréfaction du café en temps réel. Thèse de doctorat. École nationale supérieure des industries agroalimentaires. Massy.
- **Journal officiel de l'Union européenne ; 2008.** ACCORD INTERNATIONAL DE 2007 SUR LE CAFÉ
- **Justin Koffi. HOUESSOU ; 2007.** Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le café : mise au point de méthodes analytiques et étude de l'étape de torréfaction. Thèse de doctorat. École Doctorale ABIES, Laboratoire De Chimie Analytique. Paris

K

- **Ky C. L., Louarn J., et al. 2001** Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. *Food Chemistry*. **75**, pp 223-230.
- **LASHERMES, Philippe et ANTHONY, François. 2007**, Coffee. In : *Technical Crops*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 109-118.

L

- **Lelley J., 1984.** Les champignons dans votre jardin: culture, récolte, utilisation. Edition Delachaux et Niestlé, 134 p.
- **Lemke G., 1978.** Vitesse de croissance et températures létales du mycelium de différentes souches d'*Agaricus bitorquis* en comparaison avec différentes souches d'*Agaricus bisporus* . The International Society of Mushroom Science. 10, 539-550.
- **Letellier J, Hébert M, Morency A. 1988,** *Le Vieux-Québec: guide du promeneur*. Les éditions du Septentrion.
- **LIANG, Chih-Hung, HO, Kung-Jui, HUANG, Ling-Yi, et al. 2013,** Antioxidant properties of fruiting bodies, mycelia, and fermented products of the culinary-medicinal king oyster mushroom, *Pleurotus eryngii* (higher Basidiomycetes), with high ergothioneine content. *International journal of medicinal mushrooms*, vol. 15, no 3.

M

- **Mandeel Q.A., Al-Laith A.A., Mohamed S.A., 2005.** Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 21:601–607.
- **MANE, Vijay Panjabrao, PATIL, Shyam Sopanrao, SYED, Abrar Ahmed, et al. 2007,** Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Journal of Zhejiang University Science B*, vol. 8, no 10, p. 745.
- **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). Journées d'études: Les Journées Internationales de Biotechnologie 2010 de l'Association Tunisienne de Biotechnologie. 19 - 22 Décembre, Yasmine Hammamet, Tunisie.
- **Mansour-Benamar M., Aoudia S., Ammar-Khodja N., 2014** a 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., pp: 227-242.

- **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*. *Sciences Technologies & Développement*. A.N.D.R.U. (2):102 – 116.
- **Marian Chabaud; 2010.** La caféine. Antenne Médicale de Prevention du Dopage. *AMPD LR*, pp 1-3
- **Mary. B, Christine. M et Catherine A; 2001.**Le grand livre du café. France : Manise. Minerva. Ed 1, p 156.
- **Mata G. & Salmones D., 2003.** Edible mushroom cultivation at the Institute of Ecology in Mexico. *Micologia Aplicada International*, 15 (1): 23-29.
- **Menaga, D., Rajakumar, S., & Ayyasamy, P. M. (2013).**Free radical scavenging activity of methanolic extract of *Pleurotus florida* mushroom. *Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5, 975-1491.
- **Michel. B ; 2008.** Café : de la cerise à la tasse. *Editions Techniques de l'Ingénieur*. 1, p 4.
- **Michelle. J, Martine. S.G, Daniel. D ; 2003.** Terres de café. France : Editions Quae. Ed1, p 120.
- **Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakar J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219.

N

- **Nadim El Ghezal, Celia Sanchez ; 2004.** Le Commerce du café. Recherche réalisée dans le cadre du cours de Commerce International. Inidite. Ecole des mines de Nancy.
- **Nehlig A (2014).** Café et Médecine en 20 questions. *Expressions Santé*. 68(3): 34-67

O

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

P

- **Penilleau. A; 1864.** Etude sur le café au point de vue historique, physiologique, hygiénique & alimentaire .Ed1, 1(8), p 90.
- **Perraud-Gaime I., Lakhtar H., Aouidi F., Labrousse Y., Belkacem N., Macarie H., Artaud J., 2009.** Valorisation biotechnologique des sous produits de l'olivier par Fermentation en Milieu Solide. Olivebioteq, "Pour un secteur oléicole rénové, rentable et compétitif en Méditerranée"(For a renovated, profitable and competitive Mediterranean olive growing sector), 15 au 19 décembre à Sfax (Tunisie). Proceedings édités par Karray B. et Khecharem J.(IO, Tunisie) et Roussos S.(IRD, France), pp. 294-300.
- **Petinen. P, Aro. A, Tuomilehto. J, Uusitalo U et Korhonen H. 1990.** Consumption of boiled coffee is correlated with serum cholesterol in Finland. International Journal of Epidemiology, 19(3), pp 586-590.
- **Pittia. P, Dalla Rosa. M et Lerici. C.R; 2001.** Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions.Lebensmittel-
Prevention. Reports. P352.
- **Pujol D., Liu C., Gominho J. Olivella M.À, Fiol N., Villaescusa I., Pereir H., 2013.** The chemical composition of exhausted coffee waste Industrial Crops and Products 50: 423–429
- **Pujol D., Liu C., Gominho J. Olivella M.À, Fiol N., Villaescusa I., Pereir H., 2013.** The chemical composition of exhausted coffee waste Industrial Crops and Products 50: 423–429

R

- **Ramkumar, L., Ramanathan, T., Thirunavukkarasu, P., & Arivuselvan, N. (2010).** Antioxidant and radical scavenging activity of nine edible mushrooms extract. International Journal of Pharmacology, **6(6)**, 950-953.
- **ROGINSKY, Vitaly et LISSI, Eduardo A. 2005,** Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food chemistry*, vol. 92, no 2, p. 235-254.

S

- **Sid Ahmed GHOZALI; 1992.** Décret exécutif n° 92-30 du 20 janvier 1992 relatif aux spécifications et à la présentation des cafés.

T

- **Tefiani, C., Riazi, A., Belbachir, B., Lahmar, H., Aazza, S., Figueiredo, A. C., & Miguel, M. G. (2016).** *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. from Algeria: Effect of harvesting place and plant part (leaves and flowers) on the essential oils chemical composition and antioxidant activity. *Open Chemistry*, **14**(1), 343-350.
- **Thorn, J ; 2002.** Le Café, le guide du connaisseur, Modus Vivendi, Canada.
- **Upadhyay R C, Verma R N, Singh S K, Yadav M C ,2002.** Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* species. *Mushroom Biol. Mushroom Prod.* Sánchez et al. (ed.), p. 225-232

V

- **Vamanu E., Ene M., Vamanu A., Smarandache D., Sârbu I., Popa O., Băbeanu N., Niță S., Veaceslav B. (2011).** Antioxidant and antibacterial properties of the extracts from *Pleurotus ostreatus* EVFB1 and EVFB4. *Romanian Biotechnological Letters*, **16**(1), 41.
- **Vanier. M; 1983.** Les cafés précieux. France: Robert Laffont, 1, pp 36- 68.
- **Vantal A (1999).** Le café, Les Carnets gourmands, Éditions du Chêne-Hachette
- **Vasconcelos A. L. S., Franca A. S., et al. 2007.** A comparative study of chemical attributes and levels of amines in defective green and roasted coffee beans. *Food*

Chemistry , **101**, pp 26-32.

- **Velázquez - Cedeño M A, Mata G, Savoie J M (2002)** Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignolytic enzymes. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 18: 201- 207
- **Velázquez - Cedeño M.A., Mata G. & Savoie J.M., 2002.**Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignolytiques enzymes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18: 201- 207.
- **Venkatakrisnan, V., Shenbhagaraman, R., Kaviyarasan, V., Gunasundari, D., Radhika, K., Dandapani, R., & Jagadish, L. K. (2010).**Antioxidant and antiproliferative effect of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Phytology*, **2(1)**: 022–028.
- **Viani .R; 1993.** The composition of coffee. In: S. Garattini Ed. Caffeine, Coffee and Health. Raven Press. 1, pp 17-41.

W

- **William Mc Ardle ; 2004.** Nutrition et performances sportives. France: De Boeck, p 99.
- **Wong Y.-S., Wang X., 1991.** Degradation of tannins in spent coffee grounds by *Pleurotus sajor-caju*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, (7): 573-574.

Y

- **Yildiz S., Yildiz Ü.C., Gezer E. D., Temiz A., 2002.**Some lignocellulosic wastes used as raw material in cultivation of the *Pleurotus ostreatus* culture mushroom. *Process Biochem.* 38: 301-306.
- **Yılmaz, A., Yıldız, S., Kılıç, C., & Can, Z. (2016).**Total phenolics, flavonoids, tannin contents and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* cultivated on different wastes and sawdust. *International Journal of Secondary Metabolite (IJSM)*, 4(1).
- **Yılmaz, A., Yıldız, S., Kılıç, C., & Can, Z. (2016).**Total phenolics, flavonoids, tannin contents and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* cultivated on different wastes and sawdust. *International Journal of Secondary Metabolite (IJSM)*, 4(1).

Z

- **Zervakis G., Philippoussis A., Ioannidou S., Diamantopoulou P., 2001.** Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions of the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. *Folia Microbiol.* 46 (3): 231-233.
- **Zervakis G., Yiatras P., Balis C., 1996.** Edible mushroom from olives oil mill wastes. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* pp 237-243.

Résumé

Le MARC et la PARCHE de café qui sont issus de la consommation du café sont deux résidus lignocellulosiques produits en grandes quantités en Algérie. L'objectif de notre travail consistait donc à la valorisation de ces deux déchets par la culture du champignon comestible qui reste l'une des sources en protéines pour un pays comme l'Algérie à forte démographie croissante. La pleuroculture étant une technologie simple et peu onéreuse, notre choix s'est fixé sur la culture d'une souche commerciale de Pleurote en huître.

Les rendements obtenus avec tous les substrats utilisés sont significatifs et encourageants à plus d'un titre (carpophores consistants et de bonne qualité) à l'exception de ceux obtenus avec la parche 100 %. La pleuroculture demeure donc l'une des perspectives à développer en production limitée ou industrielle.

Mots clés : parche de café - Marc de café – valorisation - champignons comestibles – Pleurote en huître

المخلص

التلوة و برشمان القهوة المشتقة من استهلاك القهوة هما من المخلفات اللينوسليلوزية المنتجة بكميات كبيرة في الجزائر. الهدف من عملنا هو تثمين هاذين المخلفين من خلال زراعة الفطر الصالح للأكل، والذي لا يزال أحد مصادر البروتين في بلد مثل الجزائر مع نمو سكاني متزايد. زراعة الفطر المحار تعتبر تكنولوجيا بسيطة وغير مكلفة، فكان خيارنا يركز على زراعة سلالة تجارية من الفطر المحار.

الانتاجات التي تم الحصول عليها مع جميع الركائز المستخدمة كبيرة ومشجعة في أكثر من طريقة (إسفنج ثابت وجيد الجودة) باستثناء تلك التي تم الحصول عليها مع البرشمان 100 %. وبالتالي، لا تزال زراعة الفطر المحار أحد احتمالات التطور في الإنتاج المحدود أو الصناعي.

الكلمات المفتاحية : برشمان القهوة- تلوة القهوة- تثمين- الفطر الصالح للأكل- الفطر المحار.

Abstract

The Marc and Parchment of coffee that are derived from coffee consumption are too lignocellulosic residues produced in large quantities in Algeria. The aim of our work was therefore to valorize these too wastes by the cultivation of the edible mushroom, which remains one of the protein sources for a country like Algeria with a growing demography. The pleuroculture is a simple and a maxpensive technology, our choice is based on the cultivation of a commercial strain of oyster pleurote.

The yields obtained with all the substrates used are significant qns encouraging in more ways than one (consistent and good quality carpophores) with the exception of those obtained with 100% parchment.

The pleuroculture therefore remains one of the prospects to develop in limited on industrial production.

Keywords: coffee Parchment- coffee Marc- valorization- edible mushroom- oyster mushroom.