

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Mémoire de Master II en Sciences Agronomiques

Spécialité : Production Végétale

**Production d'une souche de champignon
comestible,
Pleurotus ostreatus (Jacq. ex. Fries) Kumm.
sur résidus agricoles et agroindustriels.**

Présenté le 23/09/2021 par : TAHIR Imane.

Jury:

M. ARKOUB Mouloud

MAA (UMMTO): President

Mme MANSOUR-BENAMAR Malika

MCB (UMMTO): Promotrice

Mlle BACHI Karima

MCB (UMMTO): Examinatrice

Remerciements

Je remercie Allah de m'avoir aidé à réaliser ce travail.

Ce mémoire a été réalisé au Laboratoire de Production, Amélioration et Protection des Végétaux et des Denrées Stockées (LPAPVDS) de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques (FSBSA) de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO) sous la direction du Docteur MANSOUR-BENAMAR Malika.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma promotrice, Madame Mansour-Benamar Malika Maître de Conférences classe B (FSBSA, UMMTO). Je la remercie de m'avoir encadrée, guidée, conseillée et suivie attentivement dans la réalisation de ce mémoire de Master II.

Je remercie Monsieur ARKOUB Mouloud, Maître Assistant classe A (FSBSA, UMMTO), qui me fait honneur de présider le jury, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Mes sincères remerciements s'adressent également à Mademoiselle BACHI Karima, Maître de Conférences classe B (FSBSA, UMMTO) qui me fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.

Un grand merci à Mademoiselle Ammar-Khodja Nadia, pour son aide précieuse de tous les instants.

Un grand merci à Madame Smail-Saadoun Noria pour les analyses statistiques.

Pour finir, je tiens à remercier particulièrement mes chers parents ainsi que toute ma famille pour leur soutien et leurs encouragements.

Liste des abréviations

ANOVA : Analyse de la variance.
CaCO₃ : Carbonate de calcium.
CIO : Conseil Oléicole International.
CM : Carré des moyennes.
cm : Centimètre.
CO₂ : Dioxyde de carbone.
C.V : Coefficient de variation.
°C: Degré Celsius.
DDL : Degré de liberté.
DMC : Diamètre moyen des chapeaux.
DP : Déchets de papiers.
DSA : Direction des Services Agricoles.
E.T.R : Ecart Type résiduel.
F : Test de Fisher.
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FSBSA: Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques.
Kg:kilogrammes.
g :Grammes.
GC: Graines de coton.
GO :Grignond'olive.
H : Humidité.
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.
LMP : Longueur moyenne des pieds.
Imp : Largeur moyenne des pieds.
LPAPVDS : Laboratoire de Production, Amélioration et Protection des Végétaux et des denrées stockées.
MC : Marc de café.
MF : Matière fraîche.
MM : Matière minérale.
MO : Matière organique.
MS : Matière sèche.
M1 : Mélange de résidus 1.
M2 : Mélange de résidus 2.
M3 : Mélange de résidus 3.
NBC : Nom du bloc de culture.
N₂ : Azote organique.
P: Probabilité.
PB : Paille de blé.
PB-AB : Paille de blé d'Amrane et Belkacemi.
PB-G : Paille de blé de Girmay.
pH : Potentiel Hydrogène.

PMC : Poids moyens des champignons.
PMc : poids moyen des chapeaux.
PMP : Poids moyen des pieds.
POC-A : *Pleurotus ostreatus* commerciale n°A.
POL : *Pleurotus ostreatus* local.
ppm : Partie par million.
RMC : Rendements moyens en carpophores.
SB : Son de blé.
SB-G : Son de blé de Girmay.
SC : Somme des carrés.
SCB : Sciure de bois.
SCB-G : Sciure de bois de Girmay.
SFC : Syndicat Français du Café.
UGCAA : Union Générale des Commerçants et Artisans Algériens.
 μm : Micromètre.
UMMTO : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
USDA : United States Département of Agriculture.
UV : Ultra-violet.
% : Pourcentage ou pourcent.

Liste des figures

Figure 1 : Carpophore d'une souche locale de <i>Pleurotus ostreatus</i>	5
Figure 2 : Cycle de reproduction de <i>Pleurotus ostreatus</i>	6
Figure 3: Grignon d'olive à sa réception d'une huilerie à trois phases.....	11
Figure 4 : <i>Olea europea</i> var. chemlal.....	13
Figure 5 : Coupe longitudinale d'une olive.....	14
Figure 6: Café en poudre (A), marc de café séché (B), marc de café frais (C).....	15
Figure 7 : Grains de café vert (A) et torréfiés (B).....	15
Figure 8 : Grain de marc de café observé au microscope électronique à balayage.....	16
Figure 9 : Caféier avec ses fruits.....	18
Figure 10: Fleurs, fruits et graines de caféiers.....	19
Figure 11: Son de blé dur provenant de Ain-Zaouïa (wilaya de Tizi-Ouzou).....	22
Figure 12 : Blé tendre.....	24
Figure 13 : Sciure de bois.....	24
Figure 14: Structure d'un bois de résineux: de l'arbre à la molécule.....	25
Figure 15: Les plans et couches anatomiques du bois.....	26
Figure 16: Le grignon d'olive sec utilisé.....	28
Figure 17 : Le marc de café sec utilisé.....	29
Figure 18: Paille de blé hachée.....	29
Figure 19: Traitement thermique des substrats et du CaCO ₃ à l'aide d'un couscoussier.....	32
Figure 20 : Inoculation des substrats (couleur sombre) par du blanc de POC-A (grains de couleur blanchâtre) par système de strates.....	33
Figure 21 : Pesées et mensurations faites sur les carpophores.....	35
Figure 22 : pH moyens (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et à la fin de la culture de POC-A.....	40
Figure 23: Taux moyens d'humidité (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A.....	41

Figure 24 : Pourcentages moyens de matière sèche (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A.....	42
Figure 25: Pourcentages moyens de matière minérale (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A.....	43
Figure 26: Pourcentages moyens de matière organique moyenne initiaux et finaux (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A.	44
Figure 27 : Le développement du mycélium de POC-A sur PB.	45
Figure 28 : Le développement du mycélium de POC-A sur M2.....	45
Figure 29 : Apparition des premiers primordia de POC-A sur PB.	45
Figure 30 : Mise en fructification des blocs de culture de POC-A.	45
Figure31: Fructification de POC-A sur PB avec chapeaux des carpophores complètement ouverts (après le weekend).....	46
Figure 32: Carpophore de POC-A récolté, durant la semaine, sur PB.	46
Figure 33 : Fructification de POC-A sur M2.	46
Figure 34: Nombre moyens de champignons de POC-A (\pm écart type) produits par bloc de culture en fonction des substrats.	47
Figure 35: Rendements moyens (\pm écart type) de POC-A(en grammes) par bloc de culture en fonction des substrats.	49
Figure 36 : Poids moyen (\pm écart type) des carpophores de POC-A produits sur les substrats M2 et PB.....	50
Figure 37: Poids moyens (\pm écart type) des chapeaux des carpophores récoltés sur les substrats M2 et PB.....	51
Figure 38: Poids moyen des pieds des carpophores de POC-A récoltés (\pm écart type) sur les substrats M2 et PB.....	52
Figure 39: Diamètre moyen des chapeaux des carpophores de POC-A (\pm écart type) récoltés sur les substrats M2 et PB.	53
Figure 40: Longueur moyenne des pieds des carpophores de POC-A (\pm l'écart type) récoltés sur les substrats M2 et PB.	54
Figure 41: Largeurs moyennes des pieds des carpophores (\pm l'écart type) récoltés sur les substrats M2 et PB.....	56

Liste des tableaux

Tableau 1:Composition physique du grignon d'olive.	11
Tableau 2: Caractéristiques chimiques du grignon d'olives.	12
Tableau 3: Composition chimique du marc de café.	17
Tableau 4: Composition chimique de la paille de blé.	22
Tableau 5 : Composition chimique du son de blé.	23
Tableau 6:Répartition moyenne (% en masse) des différents composés dans le bois de feuillus et de résineux.....	27
Tableau 7: Composition des substrats formulés, M1, M2, M3 et PB.	31
Tableau 8: Tableau de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) du nombre moyen de champignons produits par bloc de culture en fonction des substrats.	47
Tableau 9: Tableau de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) des rendements moyens de POC-A (g) par bloc de culture sur substrats les substrats M2 et PB.....	49
Tableau 10 : Tableau de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) pour le poids moyen des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB.	50
Tableau 11: Tableau d'analyse de la variance au seuil de 5% pour le poids moyen des chapeaux des carpophores récoltés sur les substrats M2 et PB.....	52
Tableau 12: Tableau d'analyse de la variance (Stat Box 6.4) au seuil de 5% pour le poids moyen des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB.....	53
Tableau 13: Tableau d'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre diamètre moyen des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB.....	54
Tableau 14: Tableau d'analyse de la variance (Stat Box 6.4) au seuil de 5% pour la longueur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB.....	55
Tableau 15: Tableau d'analyse de la variance (Stat Box 6.4) au seuil de 5% pour le paramètre largeur des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB.....	56

Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Partie 1 : *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kumm.

1. Définition de <i>Pleurotus ostreatus</i>	4
2. Sa systématique	4
3. Sa morphologie	4
4. Description d'un carpophore de pleurote	4
5. Son cycle de vie	5
6. Son mode de vie	6
7. Ses besoins nutritifs	7
7.1. Carbone	7
7.2. Azote	7
7.3. Eléments minéraux	7
8. Les facteurs physico-chimiques influents sur la croissance et la fructification	7
8.1. Humidité	8
8.2. Température	8
8.3. L'acidité du milieu ou pH	8
8.4. La lumière	8
8.5. Les gaz	9
9. Répartition géographique	9
10. Intérêts de <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
10.1. Sa valeur nutritive	9
10.2. Ses propriétés pharmacologiques	10
10.3. Ses intérêts économiques et écologiques	10

Partie 2 : Résidus agricoles et agro-industriels utilisés

1. Le grignon d'olive	11
1.1. Définition du grignon d'olive	11
1.2. Composition du grignon d'olive	11
1.2.1. Sa composition physique	11
1.2.2. Sa composition chimique.....	12
1.3. Son origine: l'olive, fruit de l'olivier.....	13
1.3.1. L'olivier	13
1.3.2. L'olive.....	14
1.3.2.1. Description de l'olive	14
1.3.2.2. Les systèmes d'extraction de l'huile d'olive et production de grignon. 14	
2. Le marc de café	15
2.1. Définition du marc de café	15
2.2. Composition du marc de café	16
2.2.1. Sa composition physique	16
2.2.2. Sa composition chimique	16
2.3. Son origine: les graines de caféier	18
2.3.1. Le caféier	18
2.3.2. La cerise de café	19
2.3.3. Traitement des cerises pour récupérer les grains de café.....	20
2.3.3.1. La récolte des cerises de café.....	20
2.3.3.2. Traitement des cerises de café	20
2.3.3.3. La torréfaction, la mouture et la préparation de la boisson café.....	20
2.3.3.4. Les résidus de l'industrie du café	21
3. Les coproduits du blé : la paille et le son	21
3.1. La paille de blé.....	21
3.1.1. Définition de la paille de blé.....	21
3.1.2. Sa composition chimique.....	21
3.2. Son de blé.....	22
3.2.1. Définition du son de blé.....	22
3.2.2. Sa composition chimique.....	23
3.3. Origine de la paille et du son de blé.....	23

4. La sciure de bois	24
4.1. Définition de la sciure de bois	24
4.2. Définition du bois	25
4.3. La structure anatomique du bois	25
4.4. La composition chimique du bois	26

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Le matériel utilisé	28
1.1. Le matériel mycologique : le blanc de <i>Pleurotus ostreatus</i> commerciale	28
1.2. Les substrats de culture	28
1.2.1. Le grignon d'olive	28
1.2.2. Le marc de café	28
1.2.3. La paille de blé	29
1.2.4. La sciure de bois	30
1.2.5. Les additifs aux substrats de culture	30
1.2.5.1. Le carbonate de calcium	30
1.2.5.2. Le son de blé	30
2. Méthodes d'étude	30
2.1. Préparation des substrats de culture	30
2.1.1. Découpage de la paille de blé	30
2.1.2. Humidification des quatre résidus agricoles et agroindustriels	30
2.1.2.1. Humidification de la paille et de la sciure de bois	30
2.1.2.2. Humidification du grignon d'olive et du marc de café	31
2.1.3. Formulation des substrats de culture de POC-A	31
2.1.4. Traitement thermique	32
2.2. Culture	32
2.2.1. Préparation au lardage	32
2.2.2. Le lardage ou ensemencement	33
2.2.3. Incubation	33
2.2.4. Choc thermique et mise en fructification	33
2.3. Récolte des carpophores formés et estimation de leur qualité et des rendements	34
2.3.1. Récolte des carpophores et estimation des rendements	34

2.3.2. Mensurations réalisées sur les carpophores	34
2.4. Analyses physico-chimiques.....	35
2.4.1. Mesure du pH dans les substrats de cultures	36
2.4.2. Mesure de l'humidité et des matières sèche et minérale	36
2.4.2.1. Calcul du taux d'humidité	36
2.4.2.2. Estimation du taux de matière sèche	37
2.4.2.3. Estimation du taux de matière minérale	37
2.4.2.4. Estimation du taux de matière organique	37
2.5. Analyse statistique	38

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Les paramètres physico-chimiques	39
1.1. pH initiaux et finaux moyens dans les substrats de culture de POC-A	39
1.2. Taux initiaux et finaux, moyens, d'humidité dans les substrats de culture de POC-A	41
1.3. Taux initiaux et finaux, moyens, de matière sèche dans les substrats de culture de POC-A	42
1.4. Taux initiaux et finaux, moyens, de matière minérale dans les substrats de culture de POC-A.....	43
1.5. Taux initiaux et finaux, moyens, de matière organique dans les substrats	44
2. Paramètres de fructification	45
2.1. Nombre moyen de carpophores produits par bloc de culture	46
2.2. Rendement moyen (g / bloc de culture de 1kg).....	48
2.3. Poids moyen des carpophores récoltés	50
2.4. Poids moyen des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés	51
2.5. Poids moyen des pieds des carpophores de POC-A récoltés.....	52
2.6. Diamètre moyens des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés.....	53
2.7. Longueur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés	54
2.8. Largeur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés	55
3. Discussion générale des résultats obtenus	57
Conclusion	60
Références bibliographiques	62

Introduction

Les champignons comestibles constituent une partie intégrale du régime alimentaire humain et les quantités et les variétés de champignons consommées ont augmentées considérablement, ces dernières années (Mirunalini & Deepalakshmi, 2014)

Le genre *Pleurotus* comporte environ 40 espèces différentes appelées communément les Pleurotes. Parmi ces espèces, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kumm, espèce cosmopolite, est consommée un peu partout dans le monde, en raison de son goût, de sa saveur et de sa valeur nutritive élevée (protéines, vitamines et éléments minéraux) ainsi que pour ses propriétés médicinales (Lindequist et al, 2005). Cette espèce présente l'avantage de posséder une grande capacité à coloniser et à dégrader une grande variété de résidus lignocellulosiques, avec un temps de croissance plus court par rapport à d'autres espèces de champignons comestibles, en plus de ses exigences moindres en conditions de cultures et sa technologie de culture relativement plus simple, à savoir la fermentation en milieu solide (Velázquez – Cedeño, 2005 ; Mansour Benamar, 2016).

La culture industrielle des Pleurotes, champignons saprophytes, lignocellulolytiques, s'est développée grâce à l'utilisation de substrats constitués de sous-produits agricoles (Fourre, 1990) comme la paille de blé et agro-industriels, comme le grignon d'olive, le marc de café, utilisés seuls ou en mélange (Mansour-Benamar, 2016).

La paille de blé est un coproduit de la récolte des grains de blé et le son de blé est un coproduit de la mouture des grains de blé (Zeitoun, 2011). Le grignon d'olive est le résidu solide de l'industrie oléicole (Nefzaoui, 1984). Le marc de café, quant à lui, est le résidu final de l'industrie de la transformation du café, généré après la préparation de la boisson café (Chuck, 2019). Quant à la sciure de bois, elle désigne l'ensemble des résidus et des copeaux produits par le sciage de bois (Gandini & Belgacem, 2002).

En plus de la qualité de la souche de champignon comestible qui doit être performante, la formulation d'un substrat est, également, une étape cruciale dans la culture de cette souche et influe significativement sur les rendements et la qualité des carpophores (champignons) produits (Mansour-Benamar, 2016; Amrane & Belkacemi, 2017).

Du fait de leur hétérotrophie au carbone, le substrat de culture doit fournir au champignon tous les éléments nécessaires à son développement, azote, carbone, vitamines, et éléments minéraux (Olivier, 1991).

Le blanc (semence) de la souche de *Pleurotus ostreatus*, que nous avons cultivé, nous a été fourni par un producteur de champignon de la wilaya de Tizi-Ouzou, Aghiles Madani, et nous l'avons appelé POC-A (*Pleurotus ostreatus* commerciale numéro A).

Les cultivateurs de champignons s'entendent pour dire que pour la bonne rentabilité d'une salle de culture, il faut arriver à faire plusieurs cycles de culture dans l'année. Cela ne peut se faire que si, d'une part, le blanc de champignon est disponible et d'autre part, le substrat ne constitue pas un facteur limitant (Mansour-Benamar, 2013).

Actuellement, en Algérie, avec les nombreux petits producteurs qui se sont lancés dans sa production, le blanc de Pleurote ne devrait pas constituer une entrave à cette culture. Concernant, les substrats de culture, les résidus agricoles, lignocellulosiques, sont, théoriquement inépuisables et renouvelables selon Raimbault (1981).

L'objectif principal de notre étude réalisée au laboratoire de PAPVDS (FSBSA, UMMTO) est de nous initier à la culture des Pleurotes. Pour cela, nous avons procédé à la culture de POC-A, sur de la paille de blé, substrat habituel de production de cette souche de champignon comestible, et, parallèlement, déterminer la combinaison de substrats agricoles et agro-industriels qui permettrait d'obtenir un meilleur rendement en carpophores avec des carpophores de meilleure qualité. Nous avons appelé PB le substrat contenant 98% paille de blé (PB) et qui peut être considéré comme le substrat témoin. Nous avons formulé 3 substrats de culture, mélanges, M1, M2 et M3 de composition suivante : M1 (40% grignon d'olive (GO) +40% marc de café (MC) + 9% paille de blé (PB) + 9% son de blé SB)), M2 (9% GO +9% MC + 40% PB + 40% sciure de bois (SCB)) et M3 (49% PB + 49% SCB) supplémentés, chacun, par 2% de carbonate de calcium pour optimiser le pH.

PB, GO, MC, SB et SCB sont d'origine locale (wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie)

Pour réaliser cette étude, nous avons adopté le plan suivant :

Après une introduction au sujet, nous avons divisé ce travail en trois chapitres :

- Le chapitre I, qui est consacré à la synthèse bibliographique, elle-même subdivisée en deux parties :
 - une première partie sur les généralités sur *Pleurotus ostreatus*.

- une deuxième partie consacrée aux principaux résidus agricoles et agro-industriels, utilisés pour la culture de POC-A.
- Le chapitre II est réservée aux matériel et méthodes d'étude utilisés pour procéder à cette culture.
- Le chapitre III a été consacré à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus.

Pour finir le mémoire, nous avons présenté une conclusion avec des perspectives.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Partie 1

***Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kumm**

1. Définition de *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus (Jacq. ex. Fries) Kumm, 1871, appelé aussi Pleurote en forme d'huître ou Pleurote en huître ou encore Oyster Mushroom par les anglo-saxons, fait partie des champignons comestibles, destinés à l'alimentation humaine. Il appartient à l'embranchement des Basidiomycota (Olivier et al, 1991).

Selon Thuillier (2013), les champignons représentent un des groupes d'organismes vivants eucaryotes le plus abondant sur terre.

2. Sa systématique

La systématique du Pleurote en forme d'huître, selon Guimberteau en 1995, Matheny et al (2006), Kalamees (2007), courtecuisse & Duhem (2011), Hibbet et al (2014) et Saar & Parmasto (2014) est la suivante:

Règne : Fungi
Division : Basidiomycota
Classe : Agaricomycètes
Sous classe : Agaricomycetidae
Ordre : Agaricales
Famille : Pleurotaceae
Genre : *Pleurotus*
Espèce : *P. ostreatus* (Jacq. Ex. Fries) Kumm (1871)

3. Sa morphologie

Le mycélium constitue le corps et la forme active du champignon. Il est formé par des filaments pluricellulaires, non photosynthétiques, de couleur blanche qui s'étendent et se ramifient d'une façon plus ou moins régulière en déterminant un certain degré d'occupation de son substrat (Olivier et al, 1991). Il existe deux types de mycélium, le mycélium primaire monocaryotique haploïde et le mycélium secondaire dicaryotique (voir biocycle à la figure 2).

4. Description d'un carpophore du Pleurote

Selon Mansour-Benamar (2016), le Pleurote en huître local (figure.1) présente les caractéristiques suivantes:

- **Le chapeau** : légèrement bombé, s'étalant en éventail, charnu, marron grisâtre, de 4 à 15 cm de diamètre. Les marges du chapeau sont incurvés et lisses.
- **Les lamelles** : sont blanchâtres, serrés et longuement décurrentes, plus espacées vers le pied.

- **Le pied (ou stipe)** : est excentré, très court, plein, poilu à la base. Pas d'anneau et pas de volve.
- **La chair** : blanche, épaisse et tendre sauf le pied qui est coriace.
- **Les basides** : avec quelques rares basidiospores (7.5-11 x 3-4 μ m).
- **Sporée** : de couleur crème.

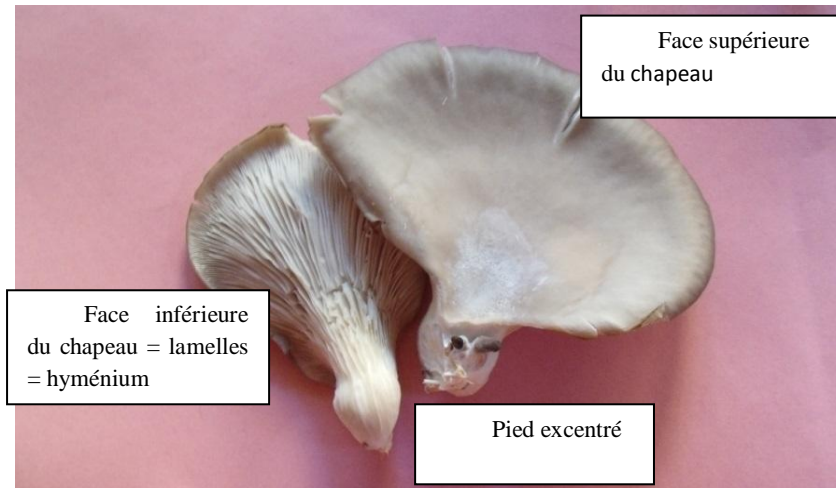


Figure 1 : Carpophore d'une souche locale de *Pleurotus ostreatus*
(Source : photo LPAPVDS, 2017).

5. Son cycle de vie

Les Basidiomycota regroupent des champignons qui se reproduisent essentiellement par voie sexuée. Le biocycle du Pleurote en huître est représenté dans la figure 2 (Delmas, 1989). Il comprend deux phases:

- **La première phase est la phase végétative.** Elle correspond à la croissance et au développement du mycélium primaire monocaryotique issu de la germination d'une basidiospore (figure 2.1 et 2.2). Par la suite, deux mycéliums primaires compatibles fusionnent par plasmogamie et donnent un mycélium secondaire dicaryotique (figure 2.3) caractérisé par la formation de boucles d'anastomoses au cours de sa phase de multiplication et de croissance (figure 2.4).
- **La deuxième phase est la phase fructifère.** Elle correspond à la formation des carpophores. Lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables, ce mycélium dicaryotique s'agrège et forme des primordia qui évoluent en carpophores

(figure 2.5), au sein desquels s'individualisent les basides, siège de la caryogamie (figure 2.6). Cette dernière est suivie par la méiose. Quatre basidiospores mononuclées haploïdes se forment à l'extrémité de stérigmates (figure 2.7). Par la suite, elles se détachent (figure 2.1) et germent lorsque les conditions de vie sont favorables (figure 2.2) et le biocycle reprend.

La culture in vitro du Pleurote se fait par multiplication du mycélium dicaryotique (figure 2.8).

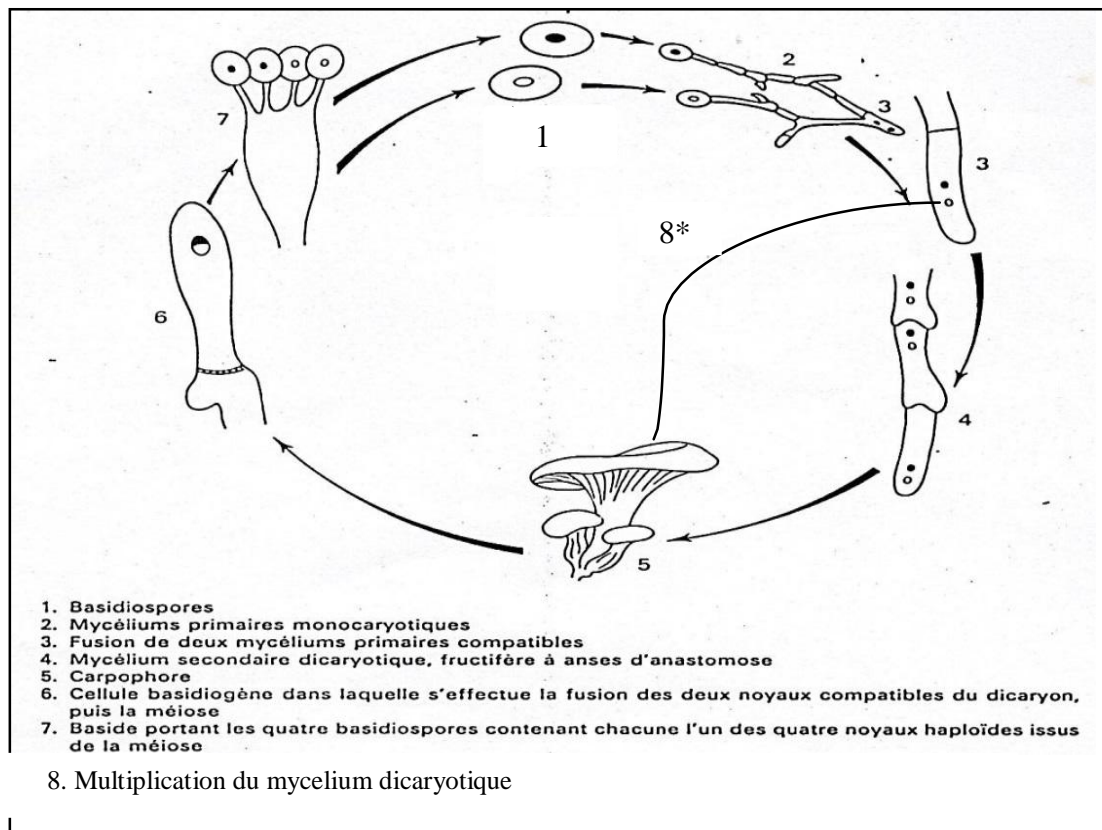


Figure 2 : Cycle de reproduction de *Pleurotus ostreatus*

(Source: Delmas, 1989 et complété par Mansour-Benamar, 2016 (8*)).

6. Son mode de vie

Le Pleurote en huître vie en saprophyte ; il pousse naturellement sur du bois mort (Obodai et *al*, 2003) et la paille des céréales (Amrane & Belkacemi, 2017 ; El Sebaaly et *al*, 2020). Il offre, ainsi, la possibilité de valoriser divers sous-produits agro-industriels (marc de café, grignon d'olive, fanes de légumineuses etc.) (Mansour-Benamar, 2016).

7. Ses besoins nutritifs

Quelque soit le mode de vie adopté, le champignon a besoin d'eau, de sels minéraux, d'oligoéléments, d'une source de carbone organique et d'azote minérale (Bouchet et *al*, 2005).

7.1. Carbone

Le carbone est utilisé comme une source d'énergie nécessaire pour le développement et la croissance du champignon, il est contenu principalement dans les sucres simples comme le glucose, le fructose, le maltose ..., et les sucres complexes comme l'amidon et la cellulose (Chang & Miles, 2004). *Pleurotus ostreatus* est un champignon lignocellulolytique (Durrieu, 1993 ; Chang & Miles, 2004) car il sécrète des enzymes comme les laccases et les cellulases qui vont dégrader respectivement la lignine et la cellulose (Velasquez-Cedeño, 2005).

7.2. Azote

L'azote est un constituant essentiel de la paroi cellulaire de nombreux champignons, il est nécessaire à la synthèse des protéines, des acides nucléiques, des purines, des pyrimidines et des polysaccharides (Belletini et *al*, 2019).

Il existe des champignons qui poussent sur des substrats à faible teneur en azote (comprise entre 0,03% et 1,0%) (Machado et *al*, 2016). Parmi les compléments des substrats de culture les plus utilisés, le son des céréales est une source d'azote organique (N₂), nécessaire à la croissance de la masse mycélienne, ce qui peut augmenter la productivité et l'efficacité biologique du champignon (Belletini et *al*, 2019).

7.3. Eléments minéraux

Les champignons, en général, ont besoin d'éléments minéraux comme le phosphore, le potassium, le magnésium, le calcium et des oligo-éléments comme le zinc, le cuivre, le fer et le manganèse (Olivier et *al*, 1991, Delmas, 1989).

8. Les facteurs physico-chimiques influents sur la croissance et la fructification

La croissance mycélienne et la fructification du *Pleurote* en forme d'huître sont sous la dépendance de nombreux facteurs qui sont, essentiellement, l'humidité, la température, le pH la lumière, et les gaz.

8.1. Humidité

L'eau est l'un des principaux facteurs qui influencent la croissance des champignons. Selon Nieuwenhuijzen & Oei (2005), au cours de la fructification, les nutriments sont transportés du mycélium vers les primordia, par un flux d'humidité constant; cependant un excès d'humidité dans le substrat entraînera une respiration difficile pour le mycélium, rendant le développement du corps fructifère impossible, et, une faible teneur en humidité entraînera la mort du corps fructifère.

La teneur en humidité optimale pour la croissance et l'utilisation du substrat dépend du champignon et du substrat utilisé pour la culture (Belletini et al, 2019).

Selon Chang & Miles (2004), l'humidité appropriée dans le substrat permettant une croissance satisfaisante de *P. ostreatus* devrait varier de 50% à 75%.

8.2. Température

La température optimale pour la croissance du mycélium dicaryotique se situe entre 25°C et 28°C. Par contre la température optimale pour le développement des primordia se situe entre 10°C et 28°C selon l'espèce ; pour *P. ostreatus*, cette dernière se situe entre 14 et 18°C (Chang & Miles, 2004).

8.3. L'acidité du milieu ou pH

Chaque champignon a sa plage de pH optimale pour son développement. Le pH optimal pour la croissance mycélienne et le développement des primordia chez *P. ostreatus* est le plus souvent basique ($\text{pH} \geq 7,5$) (Philipoussis, 2009). Avec la colonisation fongique, le pH du substrat diminue et devient acide (Mansour-Benamar et al, 2013 ; Belletini et al, 2019).

8.4. La lumière

Chez de nombreuses espèces de champignons, la lumière induit l'initiation fructifère ; celle-ci intervient aussi sur la maturation, la pigmentation et la morphogénèse (Eynard, 1975).

La photopériode n'est pas nécessaire pour induire la formation de primordia, mais elle est nécessaire pour la croissance normale et la maturation des primordia (Albertó & Colavolpe, 2014).

La croissance des carpophores nécessite une intensité lumineuse variant entre 50 et 500 lux et la couleur du chapeau est étroitement liée à cette intensité lumineuse (Chang & Miles, 2004). En effet un excès de lumière peut causer une décoloration et des déformations des carpophores et l'allongement du pied (Marino et al, 2003 ; Urban, 2004).

8.5. Les gaz

Les Pleurotes, étant des organismes aérobies, exigent de l'oxygène pour respirer mais aussi pour la dégradation de certaines substances comme la lignine (Olivier et al, 1991). Les effets du CO₂ varient selon les types et les souches des champignons (Zhang et al, 2002).

Selon Chang & Miles (2004), le mycélium de *Pleurotus* spp peut croître de manière importante à des concentrations environnantes en CO₂ allant de 15 à 20% mais quand cette concentration atteint 30%, la croissance mycélienne diminue ; les corps fructifères quant à eux, ne supportent pas un taux élevé de CO₂, en effet, quand la concentration en CO₂ est supérieure à 600 ppm (0,06%), le pied du Pleurote s'allonge et le développement du chapeau est perturbé.

9. Répartition géographique

Les Pleurotes sont cosmopolites et sont rencontrés des régions tempérées aux régions tropicales (Singh et al, 2019). Particulièrement en Europe et en Afrique du Nord (Givelet, 2011).

10. Intérêts de *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus suscite de plus en plus d'intérêt ces dernières années, non seulement en raison de sa haute valeur nutritionnelle, mais également en raison de sa teneur élevée en polysaccharides bioactifs et autres métabolites à haute valeur médicinale (El Enshasy et al, 2019).

10.1. Sa valeur nutritive

Comme la plupart des champignons comestibles, *Pleurotus* a des caractéristiques nutritionnelles intéressantes, leur valeur nutritionnelle peut être comparée à celle des œufs, du lait et de la viande, son contenu protéique est élevé (19-35 %), et dans certaines conditions de culture, il peut avoisiner 53 % ; il est riche en fibres alimentaires (35 %) et faible en lipides (2 %), il constitue, tout comme les légumes, une bonne source d'éléments minéraux et de

vitamines, principalement du complexe B (Pacheco-Sanchez & Tweddell, 2006 ; Sánchez, 2010).

10.2. Ses propriétés pharmacologiques

Selon Rampin(2017) *P. ostreatus* a des propriétés pharmacologiques diverses:

- Une activité antiallergique due à la présence, dans le champignon, de β -glucanes à action régulatrice du système immunitaire (in vivo).
- Une activité anticancéreuse due à la présence, dans le champignon, de protéoglycanes à action régulatrice des systèmes immunitaires, anti-inflammatoires et antioxydants (in vitro et in vivo).
- Une activité anti-cholestérol protectrice du système cardiovasculaire due à la présence de diverses molécules (fibres, acides linoléique, ergostérol,...) dans le champignon (in vivo).
- Une activité hypoglycémiant par diminution de l'absorption du glucose au niveau du tractus digestif et par stimulation de la production d'insuline (in vivo).
- Une activité préventive contre les maladies du foie grâce à la présence de polysaccharides hépato-protecteurs et antioxydants (in vivo).

10.3. Ses intérêts économiques et écologiques

La culture des champignons comestibles est un procédé biotechnologique de recyclage des déchets organiques (lignocellulosiques) ; c'est un processus qui combine la production d'aliments riches en protéines avec la réduction de la pollution de l'environnement. La production de champignons est considérée comme la deuxième technologie microbienne commerciale la plus importante après la levure (Sánchez, 2010). Certains champignons comme ceux du genre *Pleurotus* peuvent être cultivés facilement et ont des marchés mondiaux importants. Ils peuvent être produits à partir de matériaux naturels issus de l'agriculture, de la forêt, de l'élevage et des industries manufacturières (Sánchez, 2010).

Partie 2

Résidus agricoles et agro-industriels utilisés

1. Le grignon d'olive

1.1. Définition du grignon d'olive

Le grignon d'olive ou tourteau d'olive ou encore marc d'olive (Figure 3) est le résidu solide de l'industrie oléicole.



Figure 3: Grignon d'olive à sa réception d'une huilerie à trois phases
(Source : Mansour-Benamar, 2016)

1.2. Composition du grignon d'olive

1.2.1. Sa composition physique

Le grignon d'olive renferme la plus grande partie de la matière sèche de l'olive et une certaine proportion d'eau de végétation (margines) qui contient les composants hydrosolubles de l'olive et une certaine quantité d'huile résiduelle qui favorise leur altération rapide (Nefzaoui, 1991). La composition physique du grignon d'olive est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1: Composition physique du grignon d'olive (Source : Theriez & Boule, 1970 ; Feretti & Scalabre, 1978) (in Mansour-Benamar, 2016)

Fraction du Grignon	Epicarpe (ou pellicule du fruit) + Mésocarpe (ou pulpe broyée)	Endocarpe (ou noyau concassé)	Amandon (ou graine)	Eau	Huile résiduelle
(%)	42,30	21,20	3	25	9,5

1.2.2. Sa composition chimique

La composition chimique du grignon d'olive varie en fonction de la variété d'olive, des conditions de culture et du procédé utilisé pour extraire l'huile (Nefzaoui, 1991).

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

Dans le tableau 2 sont regroupées les principales caractéristiques chimiques du grignon d'olive.

Tableau 2: Caractéristiques chimiques du grignon d'olives
(Source : Mansour-Benamar et al, 2013)

Composés	Pourcentage dans le grignon
Humidité	29,80 ± 0,25
Matière sèche (%)	70,20 ± 0,25
Taux de cendre	1,95 ± 0,09
pH	6,80 ± 0,06
Carbone	56,39 ± 0,08
Matière organique	97,23 ± 0,13
Cellulose	33,42
Hémicellulose	15,12
Lignine	22,1
Azote	1,06
Phosphore	0,113
Potassium	0,833
Calcium	0,820

1.3. Son origine: l'olive, fruit de l'olivier

1.3.1. L'olivier

L'olivier (*Olea europaea*) est la culture oléagineuse la plus importante économiquement dans de nombreux pays méditerranéens. Sur 750 millions d'oliviers cultivés dans le monde, 95% poussent dans la région méditerranéenne (El Sebaaly et al, 2020) dont fait partie l'Algérie.

L'olivier appartient à la famille des Oleaceae (Cronquist, 1988). C'est un arbre de 5 à 10m de haut, pouvant dépasser 15 mètres (Dugelay, 1954). Il est caractérisé par son tronc d'aspect tortueux (Figure 4A), ses feuilles opposées, oblongues à ovales-lancéolées (Figure 4B1) et à fleurs blanches légèrement odorantes, tétramères, à calice gamosépales, et à corolle gamopétales à sa base, avec 2 étamines fixées sur la corolle et à ovaire bicarpellé, biovulé mais seul un ovule est fécondé ; les fleurs sont groupées en petites inflorescences en forme de grappes dressées, naissant à l'aisselle des feuilles (Arab et al, 2013).

Selon Terral & Arnold-Simard (1996), Zohary & Spiegel-Roy ont distingués, en 1975, deux groupes d'olivier dans le bassin méditerranéen le type sauvage et les variétés cultivées :

- le **type sauvage**, l'**oléastre**, classé comme *Olea europaea* var. *oleaster* DC. Ou bien *Olea europaea* sub sp. *europaea* L. var. *sylvestris*. L'oléastre est appelé, en Algérie, Zeboudj ou Azeboudj ;
- les **variétés cultivées**, l'**olivier**, classé *Olea europaea* var. *sativa* et également classé par Breton et Berville (2012) comme *Olea europaea* sub sp. *Europaea* L. var. *sativa*.

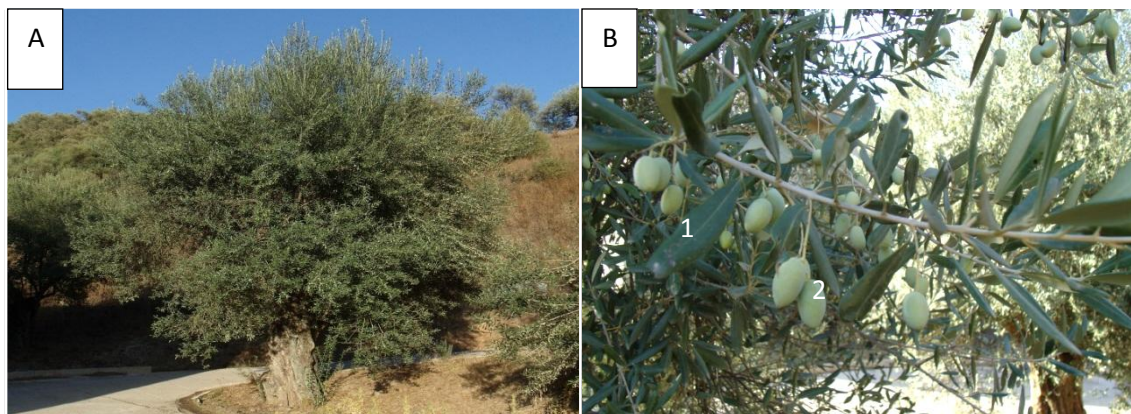


Figure 4 : *Olea europaea* var. chemlal (Source : Mansour-Benamar, 2016)

Légende : A : Port d'un olivier de la variété Chemlal ; B : Détail d'un rameau portant des feuilles(1) et des fruits (2).

L'olivier présente, par rapport à l'oléastre, plus de bois et une meilleure production de fruits, avec des olives à mésocarpe plus charnu et gorgé d'huile (Breton et Berville, 2012).

Il existe plus de 30 espèces (Kapellakis et *al*, 2008) et plus de 700 variétés d'oliviers à travers le monde (Hammami, 2013).

Boukhari (2014) a cité les principales variétés d'oliviers cultivées recensées par le CIO (Conseil Oléicole International) et, parmi elles, 5 variétés pour l'Algérie : Chemlal (Figure 4), Sigoise, Azaradj, Limli et Blanquette de Guelma. Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, c'est la variété Chemlal qui est la plus cultivée.

1.3.2. L'olive

1.3.2.1. Description de l'olive

L'olive est une drupe, de forme ovoïde typique, à peau lisse, cireuse (épicarpe), à mésocarpe charnu, riche en matière grasse (pulpe), renfermant un noyau ligneux (endocarpe) qui contient la graine (amandon) (Figure 5) sa couleur verte, vire au violet puis au noir à maturité complète chez la plupart des variétés.

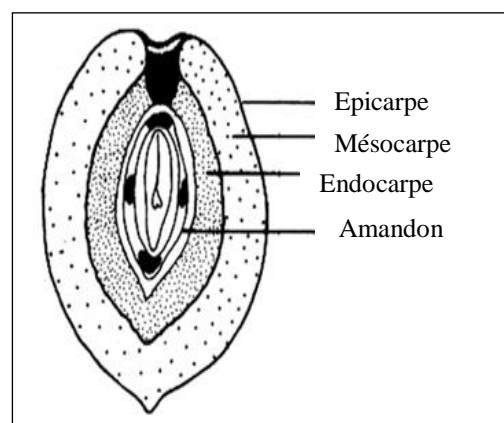


Figure 5 : Coupe longitudinale d'une olive (Source : Sansoucy, 1984).

Il existe 3 types d'olives: les olives à huile, les olives de table et les olives mixtes (Villa, 2003). La variété Chemlal (Figure 4B2) est l'exemple d'olive à huile ; comme olive de table, il y'a la variété Gordal dite Sévillane, originaire d'Espagne et comme olives mixtes, il y'a les variétés Sigoise et Azaradj (Mansour-Benamar, 2016).

1.3.2.2. Les systèmes d'extraction de l'huile d'olive et production de grignon

L'extraction de l'huile d'olive se fait dans des huileries. Les olives sont d'abord broyées puis malaxées pour obtenir une pâte d'olive. Les 3 phases de cette pâte à savoir, l'huile, les margines et le grignon d'olive sont à la fin séparées. Le système de séparation est fonction du système d'extraction de l'huile.

Il existe 3 systèmes d'extraction d'huile d'olive (CAR/PP (2000) ; Chimi (2006)):

- le système traditionnel discontinu à presse qui donne le moût, mélange d'huile d'olive et de margines qui seront séparées par décantation ou centrifugation, et le grignon d'olive;
- le système continu à centrifugation 3-phases qui donne l'huile, les margines et le grignon d'olive;
- le système continu à centrifugation 2-phases qui donne l'huile et le grignon humide formé par le grignon et les margines.

2. Le marc de café

2.1. Définition du marc de café

Le marc de café (Figure 6B et 6C) est le résidu final de l'industrie de la transformation du café, généré après la préparation de la boisson de café (Chuck, 2019), après torréfaction (Figure 7B) des grains de café marchands (Figure 7A), mouture (Figure 6A) et extraction à l'eau bouillante ou à la vapeur d'eau. Il représente, selon Barbera (1965), les 3/5 du café vert.

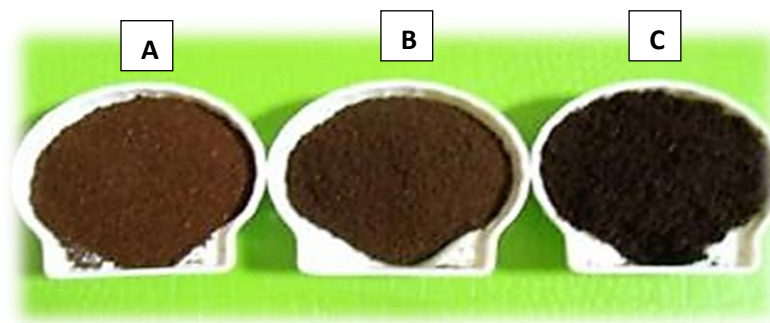


Figure 6: Café en poudre (A), marc de café séché (B), marc de café frais (C)

(Source : Mansour-Benamar, 2016)



Figure 7 : Grains de café vert (A) et torréfiés (B)

(Source : http://www.pur-cafe.com/torrefaction-du-cafe_info=45.html)

2.2. Composition du marc de café

2.2.1. Sa composition physique

Le diamètre des grains de marc de café séchés varie entre 50 et 100 μm . Cependant, ce diamètre augmente avec le taux d'humidité ; ce taux varie entre 50 et 80% dans le marc de café (Carassou, 2015). La morphologie des grains de marc de café observée par microscopie électronique à balayage est donnée dans la figure 8.

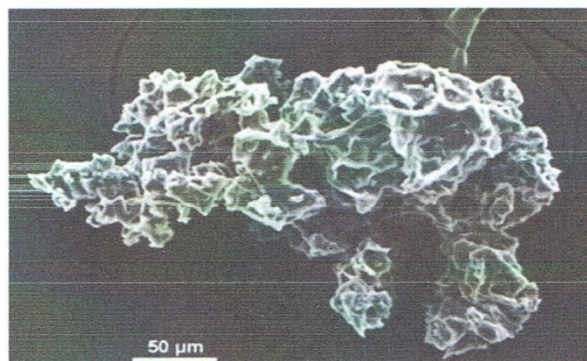


Figure 8 : Grain de marc de café observé au microscope électronique à balayage
(Source : Chen et al, 2013 ; in Carrassou, 2015).

2.2.2. Sa composition chimique

Le carbone est l'élément majoritaire du marc de café avec 49,7% alors que l'azote ne représente que 2,3% (Carassou, 2015). La composition du marc de café est essentiellement faite de polysaccharides, lipides, protéines, polyphénols et minéraux (Zamora et al, 2015). La composition chimique du marc de café selon Chuck (2019) est donnée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Composition chimique du marc de café (Source : Chuck, 2019)

Composés	Teneur en (% de matière sèche)
Hémicellulose	32-42
Cellulose	7-13
Lignine	0-26
Lipides	2-24
Protéines	10-18
Cendres	1-2
Caféine	0-0,4
Humidité	50-60
Sucres totaux	7-14
Fibres alimentaires totales	21-59

2.3. Son origine : les graines de caféier

2.3.1. Le caféier

Le caféier (Figure 9) est une plante qui appartient au genre *Coffea* à la famille des Rubiaceae. Malgré une large gamme de variétés de café identifiée dans le monde, *Coffea arabica* ou Arabica et *Coffea canephora* ou Robusta, sont les variétés qui ont une grande valeur économique et sont, le plus largement, cultivées, dans le monde (Açikalin & Sanlier, 2021). *Coffea arabica* pousse en altitude, entre 1000 et 2000m d'altitude alors que *C. robusta* pousse dans les plaines entre 0 et 700m d'altitude (COI, 2015).



Figure 9 : Caféier avec ses fruits
(Source : <https://javry.com/fr/posts/la-culture-du-cafe-un-peu-de-vocabulaire>)

A l'état sauvage, le caféier, se présente sous forme d'un arbuste unicaule (Figure 9), de 4 à 6 m de haut pour l'Arabica, et sous forme d'arbuste ou d'arbre multicaules pouvant atteindre plus de 12 m de haut pour le Robusta (COI, 2015). A l'état cultivé, grâce aux tailles, la hauteur du caféier ne dépasse pas les 3m (COI, 2015).

Le caféier porte des feuilles opposées elles sont de formes ovales, persistantes, d'un vert brillant ; les tiges principales poussent verticalement, les branches sont horizontales. Des ramifications secondaires ou tertiaires apparaissent sur les branches (COI, 2015).

2.2.2. La cerise de café

La pluie est le facteur déclenchant de la floraison (Prévot, 1964) ; le caféier se couvre alors de fleurs blanches à odeur de jasmin réunies en glomérules de 8 à 15 fleurs chez l'Arabica (Figure 10A) (Coste, 1989) et 20 à 30 fleurs chez le Robusta (Illy, 1967).

Après la fécondation, l'ovaire, bicarpellé et biloculé, avec un ovule par locule, évolue en drupe (Figure 10B-10D), la cerise de café qui est de forme ovoïde à subglobuleuse, de couleur verte puis rouge écarlate à maturité (Denis & Bernard, 2003). Les ovules fécondés évoluent quant à eux en graines (noyaux de la drupe) correspondant aux 2 fèves ou grains de café (Figure 10C– 10F) (Clifford & Wilson, 1985).

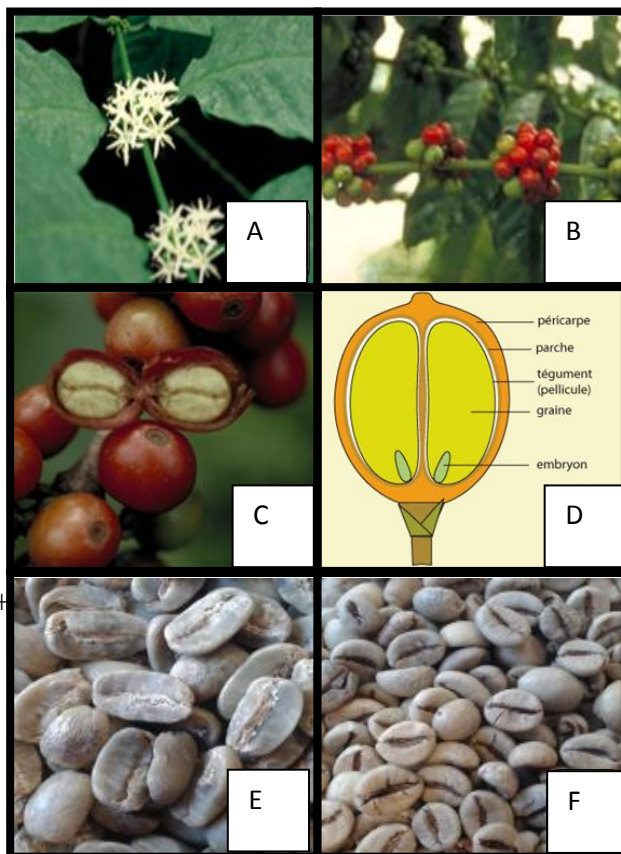


Figure 10: Fleurs, fruits et graines de caféiers

Légende :

A: Glomérules de fleurs de *Coffea arabica* L., (Source : <http://www.afd.be/~plant-ch/cafeier/sexualit/FLecafe.htm>)

B: Cerises de caféier à différents stades de maturation,

C: Glomérules de cerises de caféiers avec cerise ouverte montrant les 2 fèves enveloppées par le péricarpe et la parche.

D: Schéma d'une coupe longitudinale d'une cerise de caféier

E: Fèves ou grains de café Arabica

F: Fèves ou grains de café Robusta

2.2.3. Traitement des cerises pour récupérer les grains de café

2.2.3.1. La récolte des cerises de café

La récolte des cerises de café est, généralement, manuelle ; elle se fait par « picking », pour les cafés de qualité, en ramassant une à une les cerises complètement mures, ou par « stripping », dans le cas des cafés de moindre qualité : il faut attendre que la majorité des cerises soit mûres pour faire la récolte en une seule fois (<http://www.boitearecettes.com/cafe/recolte.htm>).

2.2.3.2. Traitement des cerises de café

Les cerise de café récoltées par picking sont généralement traitées selon la technique humide : après trempage dans de l'eau, dépulpage, démucilagination par fermentation, lavage et séchage, le café parche est obtenu. Après départage et triage, les grains de café obtenus sont appelé café vert lavés et sont presque toujours des Arabica de qualité supérieure (Houessou, 2007).

Les cerises recueillies par stripping sont traitées par la technique sèche : les cerises mûres et immatures sont séparées dans un minimum d'eau. Après séchage, le café coque ou café cerise est décortiqué, puis trié. Les grains de café obtenus sont appelés café vert nature ou café vert non lavé. La méthode sèche est plus ancienne et plus simple que la méthode humide, mais ses résultats sont moins performants (Houessou, 2007).

Les rendements finaux moyens en café marchands s'élèvent à 20% pour les deux espèces de caféiers, Arabica et Robusta, et pour les deux types de traitement des cerises (Bressani, 1978).

2.2.3.3. La torréfaction, la mouture et la préparation de la boisson café

- ❖ **La torréfaction** : Selon le Syndicat Français du Café (SFC), la torréfaction est l'étape la plus critique dans la fabrication du café. La torréfaction traditionnelle consiste à placer les grains de café dans un grilloir cylindrique muni d'un tambour et chauffé par-dessous, à 200°C. Le grain chauffé bruni, sa taille augmente de 50% et son poids diminue de 18%, devenant ainsi friable.
- ❖ **La mouture** : Selon Houessou (2007) et Haler (2013), les grains de cafés torréfiés doivent être 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 et de caféine.
- ❖ **La préparation de café boisson** : Houessou (2007) a recensé différents modes de préparation de café boisson, parmi eux, **la percolation et la décoction**. **La percolation** utilise les cafetières italiennes ; ce type de cafetière est utilisé par la plupart des ménages algériens et **la décoction** qui consiste à jeter du café moulu très finement, dans de l'eau bouillante dans une 'cafetière arabe', après trois ébullitions très courtes et ajout de sucre, le café est versé sans filtration préalable ; il s'agit de la plus ancienne méthode de préparation du « café turc ».

2.2.3.4. Les résidus de l'industrie du café

La préparation du café boisson ne met à profit que 5,8% du poids de la cerise de café fraîche ; les 94,2% restants sont constitués par l'eau et les produits des procédés utilisés pour récupérer le café torréfié à savoir la pulpe, le mucilage (les pectines), la parche et le marc de café, dans le cas d'un traitement par voie humide; par contre dans le cas d'un traitement par voie sèche, les résidus obtenus sont la coque des cerises séchées et le marc de café (Perraud-Gaime, 1995).

3. Les coproduits du blé : la paille et le son

3.1. La paille de blé

3.1.1. Définition de la paille de blé

La paille de blé (PB) est un coproduit de la récolte des grains, elle est constituée par la tige et l'épi ou rachis à son sommet (Zeitoun, 2011).

3.1.2. Sa composition chimique

Les pailles de céréales sont riches en constituants pariétaux, fort incrustés de lignine, riche également en minéraux dont une partie de silice, mais pauvres en matières azotées et en matières grasses (Tableau.4) (Février & Willequet, 2009).

Tableau 4: Composition chimique de la paille de blé
(Source : Howard et *al*, 2003 ; Février & Willequet, 2009)

Composés	Teneur en (% de matière sèche)
Hémicellulose	31,7 ± 2,2
Lignine	10,0 ± 1,3
Cellulose	40,8 ± 3,0
Protéines	2,4 ± 0,4
Cendres	5,9 ± 1,0
Calcium	02,50-03,10
Phosphore	0,70-0,80

3.2. Son de blé

3.2.1. Définition du son de blé

Le son de blé est une biomasse lignocellulosique bon marché qui représente le principal sous-produit de la production de farine de blé et représente environ 13 à 19% du poids des grains de blé et est utilisé comme matière première à faible coût pour la production d'ingrédients fonctionnels pour l'alimentation humaine et animale (Knežević-Jugović et al, 2021). Il est aussi utilisé comme source d'azote dans le substrat de culture du Pleurote (Chaya & Hadjem, 2019).



Figure 11: Son de blé dur provenant de Ain-Zaouia (wilaya de Tizi-Ouzou) (Source : photo originale)

3.2.2. Sa composition chimique

Du fait des variétés, des origines et des maturités différentes des grains de blé ainsi que des techniques de mouture et de conservation variées qui sont employées, le son de blé peut présenter des compositions très variables (Jacquemin, 2012).

En général, le son de blé contient de l'eau, des protéines, des matières grasses et des glucides. De plus, il est riche en fibres alimentaires et en minéraux (Knežević-Jugović et al, 2021). Sa composition chimique est donnée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Composition chimique du son de blé
(Source : Knežević-Jugović et al, 2021).

Composés	Teneur en (% de matière sèche)
Hémicellulose	55
Cellulose	09-12
Lignine	03-05
Protéines	13-18
Matière grasse	3,5
Eau	12%

3.3. Origine de la paille et du son de blé

Les céréales occupent une place primordiale dans le système agricole mondiale. Elles représentent la principale composante de l'alimentation humaine depuis des milliers d'années (Papageoriou & Skendi, 2018). Parmi ces céréales, le blé est classé deuxième après le riz, avec plus de 600 millions de tonnes de blé produites chaque année, dans le monde (Zeitoun, 2011).

Le blé (Figure12) est une plante annuelle, appartenant au genre *Triticum* et à la famille des Poaceae. La tige est creuse et forme un chaume (Figure12A2 et Figure12B), avec des feuilles rubanées distiques et ligulées (Figure12A3). Les inflorescences sont des épillets multiflores (Figure12A4), protégés par deux glumes, et groupés en épis (Figure12A5) ; chaque fleur est entourée par 2 glumelles et 2 glumellules ; le grain de blé est un fruit sec indéhiscent, appelé caryopse (Jacquemin, 2012).

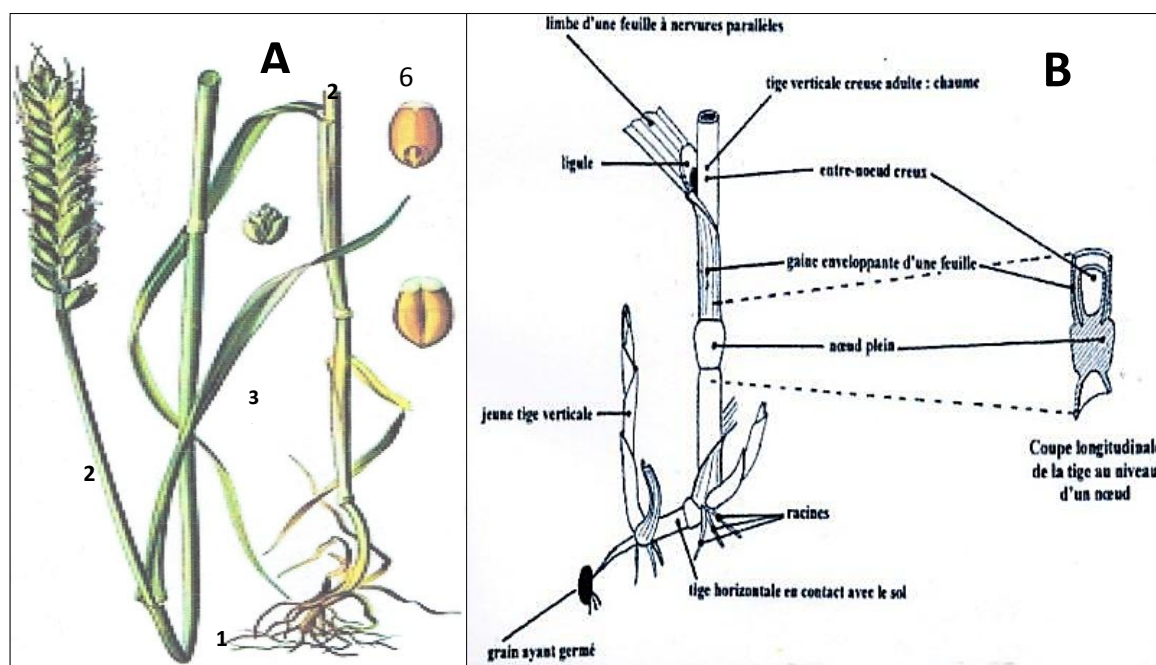


Figure 12 : Blé tendre

Source (A) : <https://fr.wikipedia.org>

Source: (B): Clerget (2012)

Légende A :

A1 : Système racinaire.

A2 : Tige ou chaume sectionné.

A3- Feuille rubannée.

A4 : Epi de blé.

A5- Epillet.

A6- Grains de blé.

4. La sciure de bois.

4.1. Définition de la sciure de bois

La sciure de bois (Figure13) désigne l'ensemble des résidus et des copeaux produits par le sciage de bois. Sa structure est cellulaire et poreuse, il existe une grande biodiversité dans les différentes espèces d'arbre, mais, la principale distinction se fait entre résineux (ou conifères) à bois tendre (les **Pinophyta**) et feuillus à bois dur (les **Magnoliophyta**) (Gandini & Belgacem, 2002).



Figure 13 : Sciure de bois

(Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sciure>)

4.2. Définition du bois

Le bois est une matière organisée et complexe qui est produite par un organisme vivant: l'arbre (Avat, 1993). Un arbre comprend des racines, un tronc, des branches et un feuillage (houppier) ; « le bois » ou grume (figure 14 et 15) constitue l'essentiel du tronc et des branches. Il est obtenu après élimination des racines, du feuillage et des branches des arbres abattus (Candelier, 2013). Dérivé d'un tissu cellulaire, il est anisotrope (propriétés changeantes selon l'orientation choisie), hétérogène, hygroscopique, instable dimensionnellement et biodégradable (Avat, 1993).

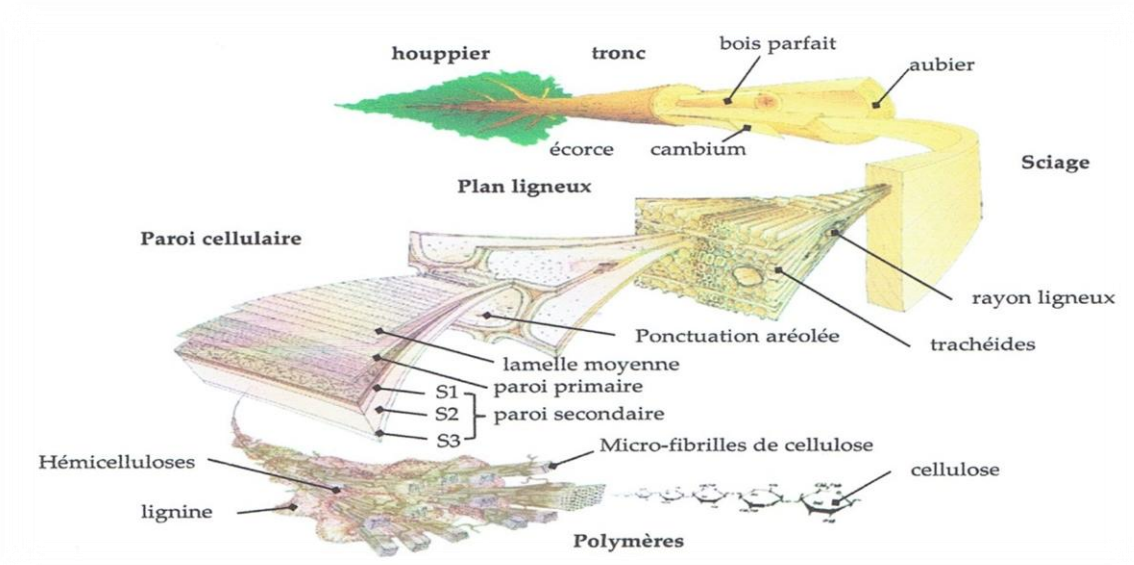


Figure14: Structure d'un bois de résineux: de l'arbre à la molécule (Source : Lemonon, 2013)

4.3. La structure anatomique du bois

Les caractéristiques morphologiques des cellules et la façon dont elles sont disposées les unes par rapport aux autres définissent le plan ligneux d'une espèce (Candelier, 2013). L'apparence macroscopique du bois diffère en fonction du plan selon lequel le bois est coupé et examiné (Avat, 1993). Le bois possède 3 plans ligneux : le **plan transversal** qui est perpendiculaire à l'axe de la tige, on peut y observer les cernes annuels ; le **plan radial** qui passe au centre de la tige et le **plan tangentiel** qui est parallèle à l'axe de la tige, tangent aux cernes annuels (figure14) (Lemonon, 2013).

La cellule est l'élément principal du plan ligneux de l'arbre. Elle doit assurer différentes fonctions. Selon Lemonon (2013), il y'a des différences entre résineux et feuillus :

- **les résineux** sont constitués de deux types de cellules, les trachéides et les cellules parenchymes. Les cellules longitudinales (trachéides) assurent la conduction de la sève et jouent un rôle de soutien. Quant aux parenchymes, ils assurent la répartition et le stockage des substances nutritives.
- **les feuillus** présentent une structure d'une diversité supérieure à celle des résineux et possèdent un plus grand nombre de types de cellules différents : vaisseaux, trachéides et cellules parenchymes. Ce sont des vaisseaux spécialisés qui transportent la sève et les parenchymes (longitudinaux et radiaux) qui stockent les substances nutritives. La résistance mécanique et de soutien est assurée par des fibres.

Après duraménisation, le bois n'est plus constitué que de parois cellulaires. Quelle que soit la nature de l'essence, la paroi cellulaire est constituée de deux parties (Figure 14) : la paroi primaire et la secondaire divisée en trois sous-couches (S1, S2 et S3), et un ciment intercellulaire, appelé lamelle moyenne, qui relie les parois cellulaires, les unes aux autres (Figure14) (Lemonon, 2013).

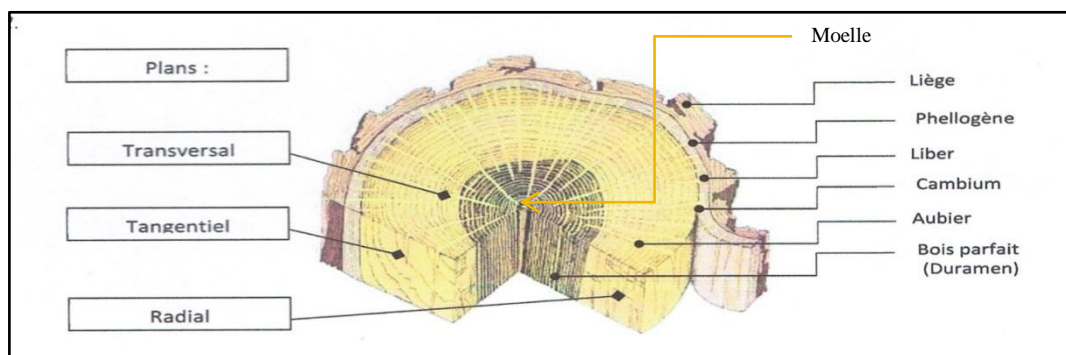


Figure15: Les plans et couches anatomiques du bois (Source : Lemonon, 2013)

4.4. La composition chimique du bois

La constitution chimique du bois est complexe et présente une grande hétérogénéité. L'isolement des constituants est rendu difficile par leur étroite association dans les parois cellulaires (Avat, 1993).

Les différents produits du bois sont classés en deux groupes, les biopolymères (produits macromoléculaires) présents en grande quantité dans chacune des essences de bois (cellulose, hémicelluloses et lignine) et les composés extractibles (résines, tanins et autres composés minéraux, calcium, magnésium...) de faibles poids moléculaires, présents en faibles quantités dans le lumen (Figure 14, tableau 6) (Petterssen 1984 ; Avat, 1993 ; Lemonon, 2013).

Tableau 6 : Répartition moyenne (% en masse) des différents composés dans le bois de feuillus et de résineux (Source : Avat, 1993).

Composé (%)	Résineux	Feuillus
Cellulose	42 ± 2	45 ± 2
Hémicelluloses	27 ± 2	30 ± 5
Lignine	28 ± 3	20 ± 4
Extractibles	3 ± 2	5 ± 3

Le bois des résineux est plus riche en lignines que celui des feuillus mais possède moins d'hydrates de carbone et de composés extractibles que les bois durs des feuillus (Lemonon, 2013).

La répartition des polymères dans la paroi cellulaire n'est pas homogène. La lamelle moyenne (LM) est essentiellement composée de lignine et de composés pectiques. La LM et la paroi primaire (PI), renferment 65 à 67 % de lignine chez les résineux et 75 à 85% chez les feuillus. PI est riche en hémicellulose (15 à 20%) et ne renferme que 5-10% de cellulose avec un taux élevé d'eau (jusqu'à 90% d'eau) (Avat, 1993).

Concernant, la paroi secondaire (PII), elle formée principalement de cellulose et est peu hydratée (20 % d'eau au maximum) ; et c'est la couche S2 qui est la plus importante et est responsable du comportement physique de la cellule (Lemonon, 2013), S1 et S2 sont minces. S2 est composé de 1,5 à 20 % de lignines chez les feuillus et un peu moins chez les résineux. Elle contient 70 % de la cellulose totale pour les résineux et un peu moins pour les feuillus du fait de leur proportion plus forte en hémicelluloses. Les rayons ont une composition chimique un peu différente car ils sont beaucoup plus riches en hémicelluloses (Avat, 1993, Lemonon, 2013). Le taux de lignine est important au sein du duramen, qui contient aussi des antiseptiques naturels (tanins, résines).

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Le matériel utilisé

1.1. Le matériel mycologique : le blanc de *Pleurotus ostreatus* commerciale

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé le blanc d'une souche commerciale de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr) Kumm, fournie gracieusement par un producteur local de Pleurotes, Aghiles Madani, d'où l'abréviation POC-A pour désigner cette souche. Ce blanc a été produit sur grains d'orges et conservé au réfrigérateur, à 4 °C, en attente de son utilisation.

1.2. Les substrats de culture

1.2.1. Le grignon d'olive

Le grignon d'olive que nous avons utilisé est sec. Il provient d'une réserve faite au laboratoire et date de la campagne oléicole 2018-2019. Il a été récupéré d'une huilerie, de type décanter trois phases, située sur la route de Boghni (wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie). Le grignon d'olive est provenu de la trituration du jour et a été récupéré directement du système d'évacuation du grignon d'olive, encore chaud et fumant. Il a été ensuite étalé sur une pailleasse au laboratoire et laissé sécher à température ambiante. Une fois sec, il a été stocké dans des cartons, en attente d'une utilisation ultérieure. La figure 16 donne un aperçu sur le grignon d'olive sec utilisé au cours de notre expérimentation.



Figure16: Le grignon d'olive sec utilisé (Source : Photo originale)

1.2.2. Le marc de café

Le marc de café que nous avons utilisé est sec (Figure 17). Il provient de la consommation personnelle d'un membre du laboratoire où s'est déroulée l'étude.

La poudre utilisée pour préparer la boisson café est un mélange des deux variétés, Arabica et Robusta aux proportions respectivement de 30% et 70%. Il a été préparé par percolation à l'aide d'une cafetière italienne. Le marc de café résultant a été séché au fur et à mesure de sa production, au soleil au printemps-été ou au four Pasteur à 60°C en automne-hiver. La conservation du marc est faite dans des sachets de congélation.



Figure17 : Le marc de café sec utilisé (Source : Photo originale)

1.2.3. La paille de blé

La paille de blé utilisée a été également fournie par Aghiles Madani, en 2019. Il s'agit d'une production de l'année. Elle a une couleur 'dorée'. Elle avait été hachée assez grossièrement à l'aide d'un hachoir artisanal et réceptionnée dans des sacs en plastiques noirs dans lesquels elle a été conservée jusqu'à son utilisation (Figure 18).



Figure 18: Paille de blé hachée (Source : Photo originale)

1.2.4. La sciure de bois

La sciure de bois que nous avons utilisée provient d'un ancien stock conservé au laboratoire. Malheureusement les détails concernant l'origine et la nature du bois utilisé n'est plus disponible. Nous savons seulement qu'elle a été récupérée chez un menuisier. Elle est de bonne qualité, sans moisissures.

1.2.5. Les additifs aux substrats de culture

1.2.5.1. Le carbonate de calcium

Afin d'améliorer le pH des différents substrats de culture utilisé tel quels ou formulés par mélange, nous avons procédé à l'ajout de 2 % de carbonate de calcium (CaCO_3) conformément aux différents travaux de culture de la souche locale de *Pleurotus ostreatus* (POL) réalisés dans le Laboratoire « LPAPVDS » (Mansour-Benamar et al, 2013 ; Mansour-Benamar, 2016 ; Amrane & Belkacemi, 2017; Chaya & Hadjem, 2019).

1.2.5.2. Le son de blé

Le son de blé que nous avons utilisé nous a été fourni par un fellah de la région de Boghni. Il provient de la mouture des grains de blé produit en juin 2019 ; nous l'avons conservé précieusement, au laboratoire (Figure 11).

2. Méthodes d'étude

2.2. Préparation des substrats de culture

2.2.1. Découpage de la paille de blé

Alors que le grignon d'olive et le marc de café sont utilisé tels quels car déjà broyés, la paille de blé, quant à elle, malgré le broyage effectué par le fournisseur (Figure 18), a nécessité un recoupage manuel à l'aide d'un sécateur pour obtenir des fragments d'environ 2 à 5cm de long

2.2.2. Humidification des quatre résidus agricoles et agroindustriels

2.2.2.1. Humidification de la paille et de la sciure de bois

Pour humidifier la paille de blé et la sciure de bois, nous les avons trempées, séparément, la veille, dans des grandes bassines remplies d'eau de robinet. Pour les maintenir au fond des bassines, nous avons utilisé des grilles sur lesquelles nous avons déposé des pierres.

Le lendemain, après 24 heures de trempage, nous les avons égouttées dans des morceaux de tulle (tissu) que nous avons serré pour activer l'évacuation de l'excès d'eau.

2.2.2.2. Humidification du grignon d'olive et du marc de café

Nous avons humidifié, séparément le grignon d'olive et le marc de café, d'une manière empirique, selon la méthode recommandée par Nieuwenhuijzen & Oei & en 2005 et reprise par Mansour-Benamar et al en 2013 et 2014, Mansour-Benamar en 2016, Amrane et Belkacemi en 2017 et Chaya et Hadjem en 2019, par ajout d'eau de robinet jusqu'à ce que lorsque nous avons serré une poignée de grignon d'olive ou de marc de café, l'eau a suinté à la base de nos doigts.

Les taux d'humidité, dans chaque substrat, ont été mesurés au début et à la fin de la culture.

2.2.3. Formulation des substrats pour la culture de POC-A

Nous avons réalisé la formulation de trois substrats par mélanges des différents résidus agricoles et agro-industriels humides. Dans le tableau n°7, nous avons donné la composition des trois mélanges, que nous avons nommés M1, M2 et M3.

Tableau 7: Composition des substrats formulés, M1, M2, M3 et PB

Composé	Abréviation	Substrat de culture de POC-A			
		PB	M1	M2	M3
Grignon d'olive	GO	0%	40%	9%	0%
Marc de café	MC	0%	40%	9%	0%
Sciure de bois	SCB	0%	0%	40%	49%
Son de blé	SB	0%	9%	0%	0%
Paille de blé	PB	98%	9%	40%	49%
Carbonate de calcium	CaCO ₃	2%	2%	2%	2%

2.2.4. Traitement thermique

Une fois les substrats de culture de POC-A, M1, M2, M3 et PB formulés, nous avons procédé à leur répartition, dans des sacs en polyéthylène, à raisons de 980g de substrat par sac ; nous avons préparé 3 sacs par substrat de culture. Nous les avons soumis à deux traitements thermiques successifs, à la vapeur d'eau, dans un couscoussier placé sur une marmite remplie d'eau en ébullition, d'une durée de une heure chacun et espacés de 24h. Nous avons au préalable recouvert le couscoussier, contenant les sacs de substrat, avec du papier aluminium (Figure19).

Nous avons pesé et fait subir le même traitement thermique, aux 2% de CaCO_3 , destinés à compléter la composition des substrats (Figure19).

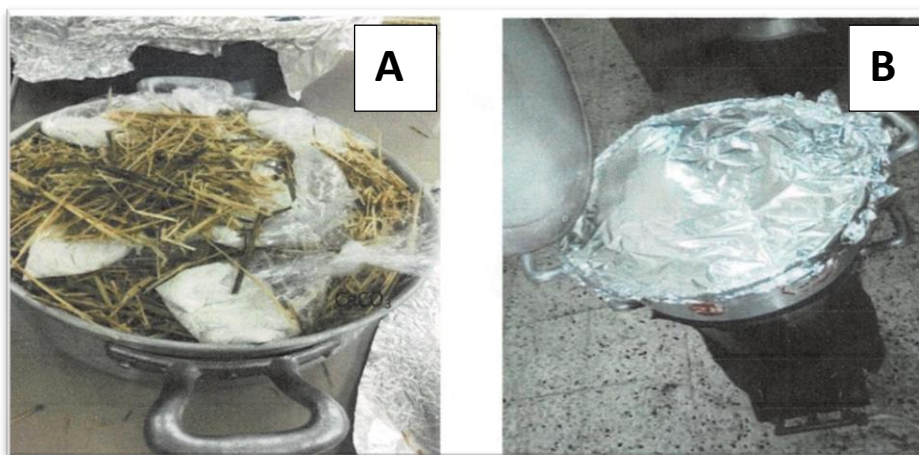


Figure 19: Traitement thermique des substrats et du CaCO_3 à l'aide d'un couscoussier (Source : Photo originale)

2.3. Culture

2.3.1. Préparation au lardage

Nous avons nettoyé à l'hypochlorite de sodium (NaClO 12%) acheté dans le commerce, une balance de marque (Digital price computing scale, CE, 40kg maximum, 200g minimum, graduation 2g), puis nous l'avons introduite à l'intérieur de la hôte à flux laminaire de marque « Telstar ». Nous avons également introduit les sachets en polyéthylène destinés à recevoir les substrats ainsi que les substrats et le CaCO_3 . Nous avons allumé les U.V. pendant 20 minutes pour créer des conditions d'asepsie maximale.

Nous nous sommes équipées de gants en latex stériles pour la répartition des substrats et leur ensemencement.

2.3.2. Le lardage ou ensemencement

Sous flux laminaire, une fois refroidis, nous avons mélangé la quantité utile de CaCO_3 à chaque substrat. Nous avons ensuite procédé à la répartition des substrats et à leur ensemencement avec le blanc de POC-A: dans une corbeille de forme de parallépipède rectangle(ou pavé droit), nous avons déposé un sachet ouvert dans lequel nous avons réalisé, manuellement, un ensemencement du blanc, par strates, en alternant des couches de substrat et des couches de blanc de POC-A (Figure 20), en respectant le taux de lardage recommandé par Mansour-Benamar et *al* en 2013 qui est de 7%. Trois sacs de 1 kg chacun ont été ensemencé pour chacun des substrats.



Figure20 : Inoculation des substrats (couleur sombre) par du blanc de POC-A (grains de couleur blanchâtre) par système de strates (Source : Photo originale).

2.3.3. Incubation

Nous avons placé les sacs inoculés dans une « carcasse » de frigidaire, à l’abri de la lumière, avec une température qui a oscillée entre 23°C et 27°C.

Après une semaine d’incubation, nous avons perforé les sacs, à l’aide d’une aiguille stérilisée à la flamme selon la pratique de Mansour-Benamar et *al*(2013). Pendant la période d’incubation nous avons arrosé les sacs à l’eau de robinet une fois par jour, au milieu de la matinée ($\approx 10\text{h}$). Nous avons arrêté l’incubation au bout de trois semaines.

2.3.4. Choc thermique et mise en fructification

Nous avons adopté les termes « blocs de culture » pour désigner les substrats colonisés par le mycélium développé par POC-A.

A la fin d’incubation et avant la mise en fructification, nous avons fait subir aux blocs de culture un choc thermique en les plongeant dans de l’eau froide (15°C) pendant 15 minutes

dans le but de les refroidir et ralentir la croissance mycélienne de POC-A et favoriser ainsi l'apparition de primordia.

Les blocs de culture ont été ensuite placés dans une petite salle où l'humidité a été augmentée par arrosage, une fois par jour (vers ≈ 10 h), du parterre et des blocs de culture. L'usage de bouteilles d'eau congelée a permis le maintien d'une température relativement stable et assez basse ($20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$).

Concernant la photopériode, nous avons opté pour l'alternance jour/nuit en écartant les rideaux de la fenêtre de la salle de fructification.

2.4. Récolte des carpophores formés et estimation de leur qualité et des rendements

2.4.1. Récolte des carpophores et estimation des rendements

Une fois les primordia développés et les carpophores arrivés à maturité, nous les avons cueillis manuellement, par touffe ou individuellement selon leur développement. Nous les avons comptés puis pesés.

Nous avons estimé le nombre moyen de carpophores récoltés par bloc de culture et par substrat.

Nous avons également évalué les rendements moyens (en grammes) par blocs de culture et par substrat.

2.4.2. Mensurations réalisées sur les carpophores

Pour évaluer la qualité des carpophores obtenus, nous avons réalisé différentes mensurations sur les carpophores récoltés (Figure 21) :

- Poids moyen des carpophores (g), (figure 21A),
- poids moyen de leurs chapeaux (g),
- poids moyen de leurs pieds, (g),
- diamètre moyen des chapeaux (cm), (figure 21 C).
- longueur moyenne des pieds (cm) (figure 21D).
- largeur moyenne des pieds (cm) (figure 21E).

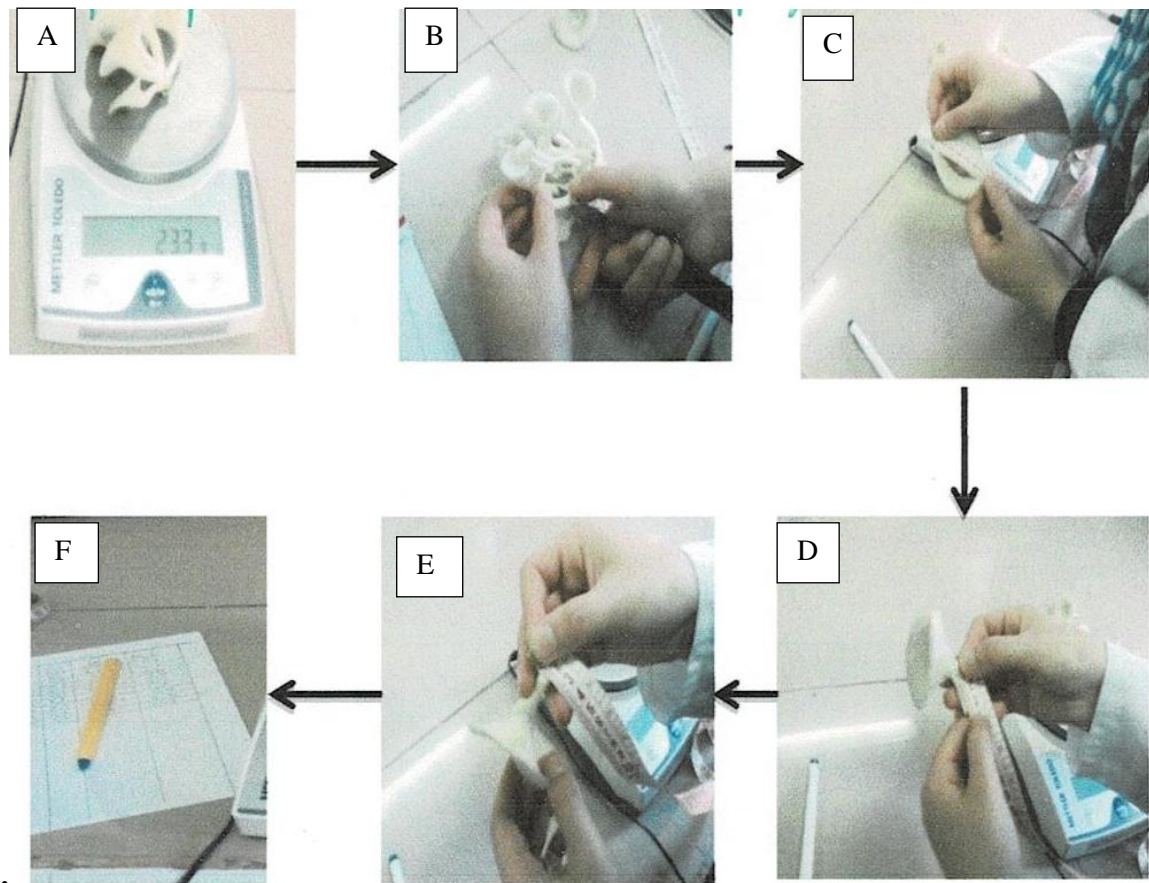


Figure 21 : Pesées et mensurations faites sur les carpophores.

Légende :

- A : Pesée des récoltes ;
- B : Séparation de champignon d'une touffe ;
- C : Mesure du diamètre du chapeau ;
- D : Mesure de la longueur du pied ;
- E : mesure de la largeur du pied ;
- F : Relevé des mesures effectuées.

2.5. Analyses physico-chimiques

La mesure du pH, des taux d'humidité, des taux de matière sèche, des taux de cendres et des taux de matières organiques dans les substrats de culture de POC-A ont été réalisées, en tenant compte des techniques utilisées par Mathieu & Pieltain (2003).

Chaque analyse a été répétée 3 fois. Les résultats obtenus seront présentés sous forme d'une valeur moyenne des valeurs obtenues pour les 3 répétitions réalisées, accompagnée par l'écart-type.

Les mesures ont été réalisées après le traitement thermique des substrats et refroidissement de ces derniers pour les analyses faites sur les substrats (M1, M2, M3 et PB) avant inoculation avec le blanc de POC-A et que nous avons considéré comme les mesures initiales, et, à la fin de la culture, deux jours après la dernière récolte (mesures finales).

2.5.1. Mesure du pH dans les substrats de cultures

Nous avons mesuré le potentiel d'hydrogène (pH) initial (pHi) des substrats (M1, M2, M3 et PB) en utilisant un pH mètre de marque InoLab.

A la fin de la culture, nous avons mesuré le pH final (pHf).

Pour se faire, pour chaque échantillon analysé, nous avons mélangé, dans un bécher, un volume de substrat de culture avec deux volumes d'eau distillée. Nous avons remué le mélange à l'aide d'une baguette en verre puis nous avons relevé la première mesure de pH suivie de 2 autres valeurs espacées de 15 minutes chacune.

Trois répétitions ont été faites

2.5.2. Mesure de l'humidité et des matières sèche et minérale

2.5.2.1. Calcul du taux d'humidité

Nous avons mesuré l'humidité initiale (Hi) dans le substrat et l'humidité finale (Hf), à la fin de la culture.

Nous avons pesé une quantité (P_0) de chaque échantillon que nous avons mis à sécher dans un four Pasteur de marque « Kottermann », à 60°C jusqu'à stabilisation du poids (P_1).

Pour estimer le taux d'humidité dans les substrats de culture nous avons utilisé l'équation suivante :

$$H \text{ (i ou f) (\%)} = [(P_0 - P_1) / P_0] \times 100$$

Avec :

$H\%$: taux d'humidité en pourcentage.

P_0 : poids frais de substrat.

P_1 : poids sec de substrat.

Le taux d'humidité est exprimé en pourcentage du poids frais

2.5.2.2. Estimation du taux de matière sèche

La matière fraîche est formée par la matière sèche et l'eau :

$$MF = MS + H$$

La matière sèche est estimée en pourcentage de matière fraîche :

$$MS (\%MF) = (P_1/P_0) \times 100$$

Avec :

H : Eau

MS : matière sèche.

MF : matière fraîche

P₁ : poids sec du substrat.

P₀ : Poids frais du substrat.

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage du poids frais

2.5.2.3. Estimation du taux de matière minérale

La matière minérale (MM) ou cendres est obtenue à partir du poids sec du substrat, **P₁**, soumis à une incinération dans un four à moufle à 550°C pendant 5 heures, jusqu'à combustion complète de la matière organique. Les résidus sont ensuite pesés et notés **P₂**.

La teneur en matière minérale en pourcentage :

$$MM (\%) = (P_2/P_0) * 100$$

Avec :

MM : matière minérale.

P₂ : poids après minéralisation ou incinération.

P₀ : poids frais du substrat.

2.5.2.4. Estimation du taux de matière organique

La MS est formée par la matière minérale et la matière organique. Ainsi la matière organique est le résidu obtenu par la soustraction de la matière minérale de la matière sèche. La matière organique est estimée en pourcentage de matière sèche.

$$MS = MO + MM$$

$$MO = MS - MM$$

$$\%MO = 100\% - \%MM$$

2.6. Analyse statistique

Pour comparer les différents résultats obtenus relatifs aux paramètres de fructification de POC-A sur les substrats M1, M2, M3 et PB, les résultats des trois répétitions pour chaque essai ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA, Stat Box 6.4) avec un risque d'erreur de 5%.

Si la probabilité (P) :

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

Chapitre III

Résultats et discussion

Par commodité et pour une meilleure présentation et exploitation des résultats, nous avons fait le choix de présenter les résultats concernant les paramètres physicochimiques avant les paramètres de fructification contrairement à notre présentation dans le chapitre matériel et méthodes.

Nous tenons à signaler que :

- la souche de Pleurote que nous avons utilisée, POC-A, n'a pas poussé sur le substrat M1 qui a été éliminé à la fin de la 1^{ère} semaine d'incubation
- Sur le substrat M3 seul un bloc de culture sur trois a fructifié. Les deux autres n'ont pas fructifié malgré la présence d'un mycélium blanc qui a enrobé le substrat. Nous avons remarqué lorsque nous avons découpé en deux les blocs de cultures une présence abondante de moisissures grises concurrentes. Nous avons donc mis de côté les résultats obtenus pour les paramètres de fructifications sur M3, car 3 répétitions, au moins, sont requises pour faire une analyse statistique.
- Les analyses physico-chimiques finales faites sur M3 ont été réalisées sur le bloc qui a fructifié.

1. Les paramètres physico-chimiques

1.1. pH initiaux et finaux, moyens, dans les substrats de culture de POC-A

Dans la figure 22, nous avons présenté les valeurs moyennes accompagnées de leurs écarts types des pHi et pHf des substrats de culture, PB, M1, M2 et M3. Pour rappel pHi est le pH moyen mesuré dans les substrats avant inoculation et pHf, le pH dans les substrats, deux jours après la dernière récolte de carpophores, donc à la fin de la culture.

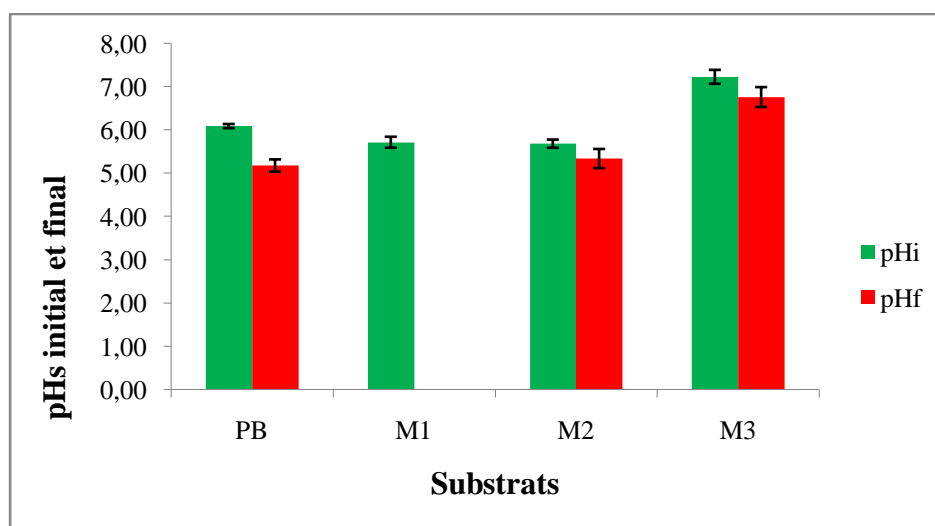


Figure 22 : pH moyens (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et à la fin de la culture de POC-A

M3 présente un pHi neutre ($7,22 \pm 0,16$) tandis que les autres substrats, à savoir, M1, M2 et PB présentent des pHi acides ($5,71 \pm 0,13$ pour M1 ; $5,68 \pm 0,09$ pour M2 et $6,09 \pm 0,05$ pour PB). Nous avons remarqué que les pHi dans M1 et M2 sont sensiblement les mêmes.

A la fin de la culture, le pH est devenu légèrement acide pour M3 avec une valeur de $6,76 \pm 0,23$ et acide pour M2 et PB avec des valeurs respectives de pH de $5,34 \pm 0,22$ et $5,18 \pm 0,14$.

Avec une différence de 0,91 entre le pH initial et le pH final de la culture, c'est dans la paille de blé que l'acidification a été la plus importante.

Cette acidification des substrats est due à l'activité biologique de la souche de Pleurote POC-A. Ces résultats sont conformes à ceux de Mansour-Benamar (2014) et ceux d'Amrane et Belkacemi (2017) qui ont travaillé sur POL, la souche locale de *Pleurotus ostreatus*.

Selon Rajarathnam & Bano (1987), le pH d'un substrat dépend de la composition physicochimique de ce dernier. Généralement il diminue durant le développement du champignon à cause de l'excrétion d'acides organiques liés à l'activité du mycélium.

1.2. Taux initiaux et finaux, moyens, d'humidité dans les substrats de culture de POC-A

Dans la figure 23, nous avons représenté les taux d'humidité moyens dans les substrats avec les écart-types au début de culture (humidité initial : Hi) et à la fin de la culture de POC-A (humidité final : Hf).

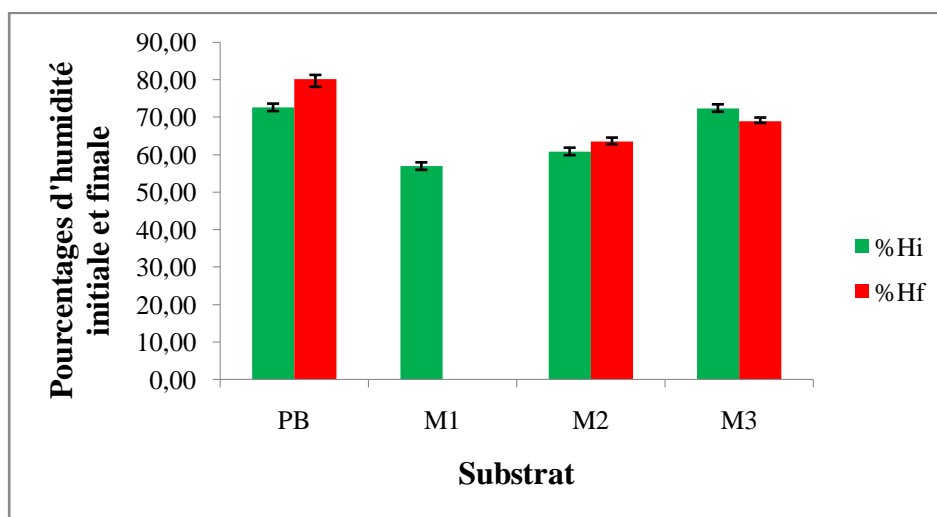


Figure 23: Taux moyens d'humidité (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A

La figure 23 montre que les substrats M1 et M2 ont présenté les taux d'humidité les plus bas avec respectivement $(56,91 \pm 0,49)\%$ et $(60,83 \pm 0,69)\%$. Cependant, nous pouvons considérer ces taux d'humidité comme adéquats car conformes aux taux d'humidités recommandés par Nieuwenhuijzen & Oei (2005) et qui est d'environ 60% pour le démarrage de la culture des Pleurotes.

Les substrats PB et M3 ont les taux d'humidité, sensiblement les mêmes, avec respectivement $(72,58 \pm 0,76)\%$ et $(72,40 \pm 0,69)\%$. Ils sont plus élevés. Ces résultats peuvent s'expliquer par la capacité de rétention de l'eau de la paille de blé qui est élevée. En effet, le substrat PB renferme 98% de paille de blé et M3, 49%. Mansour-Benamar et al en 2013 et en 2014 ont signalé que la paille de blé a un grand pouvoir de rétention d'eau comparativement au grignon d'olive et au marc de café. Ceci est également remarquable lors de la mesure des taux d'humidité dans les substrats, 2 jours après l'arrêt de la culture et de l'arrosage des blocs de culture de POC-A : le taux d'humidité moyen final le plus élevé, $(80,25\% \pm 2,17)\%$, a été obtenu pour le substrat PB. En fait PB a perdu plus lentement son eau par rapport à M2 et M3 qui ont des taux d'humidité plus faibles et voisins, respectivement $(68,87\% \pm 0,43)\%$ et $(63,52\% \pm 0,75)\%$ et l'ont perdu plus vite.

Ces taux d'humidité finaux indiquent que l'arrosage des blocs de culture en période de fructification, était correct.

1.3. Taux initiaux et finaux, moyens, de matière sèche dans les substrats de culture de POC-A

Dans la figure 24, nous avons représenté les taux de matière sèche moyens, avec leurs écart-types, dans les substrats, au début de la culture (matière sèche initiale: MSi) et à la fin de la culture de POC-A (matière sèche finale: MSf).

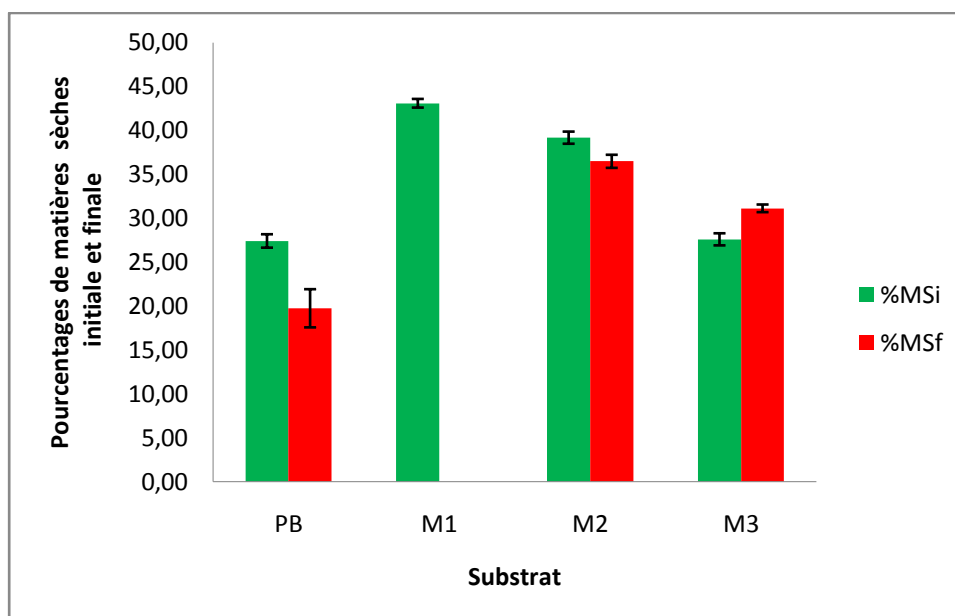


Figure 24 : Pourcentages moyens de matière sèche (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A

La matière fraîche des substrats est constituée par la matière sèche et l'humidité. Par conséquent si le taux d'humidité est élevé, le taux de matière sèche sera bas et inversement. Ainsi les substrats PB et M3 qui ont renfermé un fort taux d'humidité ont renfermé un faible taux de MSi estimé à $(27,42 \pm 0,76)\%$ et $(27,63 \pm 0,69)\%$ respectivement. Chez M1 et M2, le taux de MSi est relativement élevé et est de $(43,09 \pm 0,49)\%$ et $(49,17 \pm 0,69)\%$ respectivement.

L'arrosage effectué au court de la croissance mycélienne et de la fructification a permis d'augmenter le taux d'humidité dans les substrats testés et par conséquent, la diminution des taux finaux de matière sèche dans les 3 substrats PB, M2 et M3 était prévisible.

1.4. Taux initiaux et finaux, moyens, de matière minérale dans les substrats de culture de POC-A

Dans la figure 25, nous avons représenté les taux moyens de matière minérale, accompagnés des écart-types, dans les substrats de culture de POC-A, au début de culture (matière minérale initiale : MMi) et à la fin de la culture (matière minérale finale : MMf).

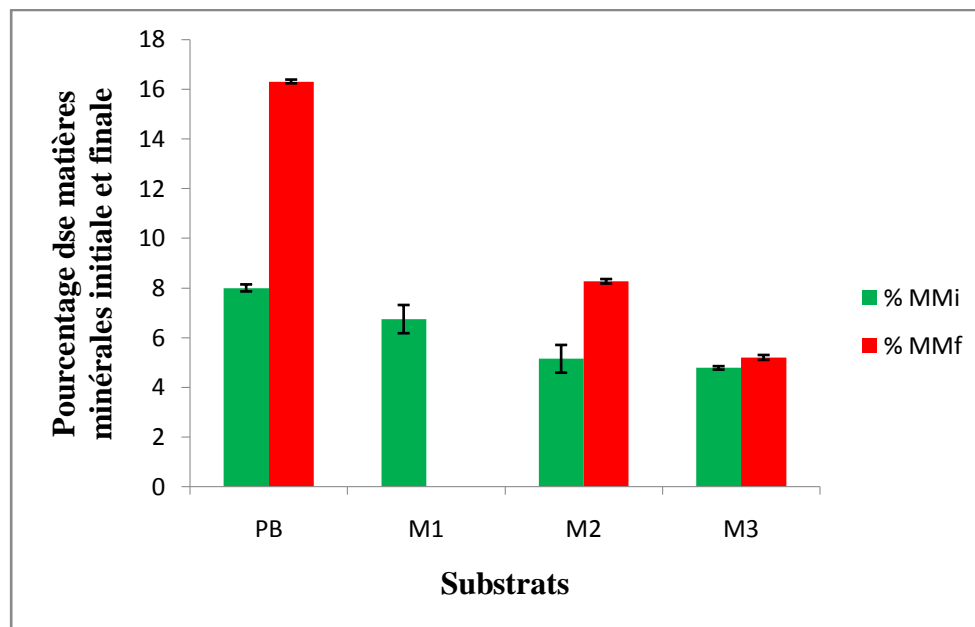


Figure 25: Pourcentages moyens de matière minérale (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A

La quantité de matière minérale initiale semble plus grande dans le substrat PB par rapport aux autres substrats avec $(8,00 \pm 0,14)\%$ de MS. Les substrats M2 avec $(5,14 \pm 0,56)\%$ MS et M3 avec $(4,78 \pm 0,07)\%$ MS, ont des taux moindres. En fait la paille de blé et le son de blé sont naturellement riches en éléments minéraux, estimés respectivement à 5,9% MS (Howard et al, 2003 et Février & Willequet, 2009) et 4,92% MS (Boudouma, 2009) alors que le grignon d'olive, le marc de café et la sciure de bois renferment moins de cendres, avec des valeurs respectives de 1,95% MS (Mansour-Benamar, 2013) 1 à 2% (Chuck, 2019) et 0,5 à 1% (Anonyme, 2017).

A la fin de la culture, après la récolte des carpophores, il y a une augmentation de matières minérales dans les substrats de culture de POC-A à savoir PB, M2 et M3 mais c'est dans PB que la quantité de MMf est remarquable, elle a doublé ($(16,31 \pm 0,08)\%$ MS). Cet enrichissement important du substrat PB a été déjà observé par Amrane & Belkacemi (2017) avec la culture de POL, la souche locale de Pleurote en hûtre.

1.5. Taux initiaux et finaux, moyens, de matière organique dans les substrats

Dans la figure 26, nous avons représenté les taux moyens de matière organique dans les substrats de culture de POC-A accompagnés des écart-types au début de culture (matière organique initiale : MOi) et à la fin de la culture (matière organique finale : MOf).

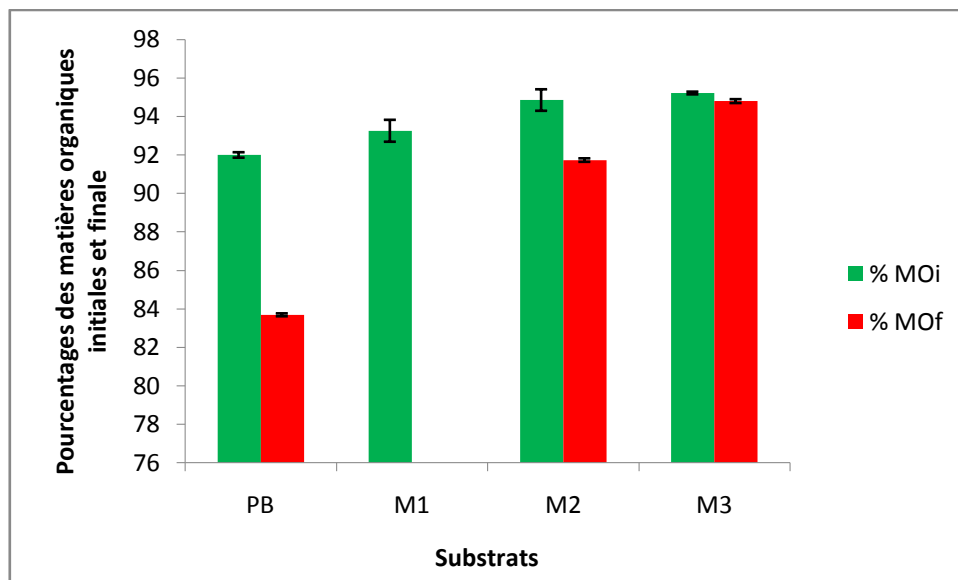


Figure 26: Pourcentages moyens de matière organique moyenne initiaux et finaux (\pm Ecart-type) dans les substrats avant et après culture de POC-A

La matière sèche des substrats est constituée par la matière minérale et la matière organique. Par conséquent si le taux matière minérale est élevé, le taux de matière organique sera bas et inversement. C'est le substrat PB qui renferme le moins de matière organique puisqu'il renferme le plus d'eau. D'une manière générale il y'a diminution de la matière organique après culture du Pleurote. Et c'est sur PB que la diminution du taux de MO est remarquable.

2. Paramètres de fructification

Les conditions de culture que nous avons fourni au blanc de POC-A, ont permis un bon développement mycélien et un rendement acceptable en carpophores sur 2 des substrats de culture testés, PB et M2.

Après 3 semaines d'incubation et une semaine de latence, les primordia se sont formés sur les deux substrats M2 et PB qui ont été mis en fructification.

2.1. Nombre moyen de carpophores produits par bloc de culture

Dans la figure 34, nous avons présenté le nombre moyen de carpophores de POC-A produit par blocs de culture de 1kg sur les deux substrats PB et M2.

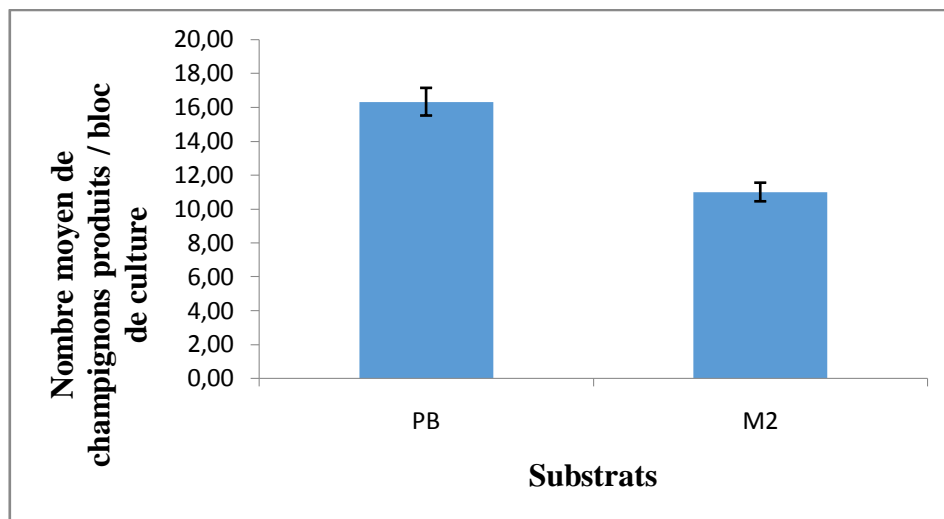


Figure34: Nombre moyens de champignons de POC-A (\pm écart type) produits par bloc de culture en fonction des substrats

Nous avons donné dans le tableau 8 les résultats de l'analyse de la variance (stat Box 6.4) des résultats obtenus au seuil de 5%.

Tableau 8: Tableau de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) du nombre moyen de champignons produits par bloc de culture en fonction des substrats

	DDL	SC	CM	F	Probabilité	E.T.R	CV(%)
NBC	1,00	42,67	42,67	1,15	0,34		
Var. résiduelle	4,00	148,67	37,17			6,10	44,61
Total	5,00	191,33					

Légende :

DDL : Degré de liberté
 SC : Somme des carrés
 CM : Carré des moyennes
 F : Test de Fisher
 P : Probabilité
 ETR : Ecart Type résiduel
 CV : Coefficient de variation
 NBC : Nom du bloc de culture

Avec le logiciel Stat Box, lorsque la probabilité obtenue (ici 0,34) est supérieure à 0,05, nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes comparées. Cela signifie que le nombre moyens de carpophores récolté sur M2 (au nombre de

11) et celui obtenu sur PB (16,33) ne sont pas significativement différents malgré l'écart de 5 carpophores entre eux. Afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs, nous avons appliqué le test t de Student. Ce test a confirmé les conclusions obtenues avec le test ANOVA (Stat Box 66.4). Ainsi nous pouvons classer dans le même groupe les substrats PB et M2 pour ce paramètre.

Girmay et al (2016) ont fait pousser une souche de *Pleurotus ostreatus* sur des déchets de papiers (DP), les graines de coton (GC), la paille de blé (PB-G) et la sciure de bois (SCB-G). Ils ont récolté le plus grand nombre de carpophore estimé à 16 carpophores/kg sur GC, nombre qui correspond au nombre de carpophores que nous avons obtenus sur le substrat PB. Le nombre le plus bas qu'ils ont obtenu est 6 carpophores/kg sur SC-G.

Amrane et Belkacemi (2017) ont utilisé les substrats, grignon d'olive, marc de café et paille de blé (PB-AB) séparément additionnés de 2% de CaCO_3 et un mélange (M) de ces résidus de composition (49% GO + 49% MC + 10% PB-AB + 2% CaCO_3), pour cultiver une souche de Pleurote isolée à Oued-Aissi (Wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie) appelée POL. Cette dernière a produit respectivement sur ces 4 substrats de culture, 12,75 carpophores/kg GO, 18,25/kg MC, 16,75/kg PB et 41,5/kg M. Ce dernier résultat sur M est 2,6 fois plus élevé par rapport au nombre que nous avons obtenu sur PB et 3,77 fois plus élevé par rapport à M2. La souche POL semble mieux adaptée aux résidus agricoles et agroindustriels testés (MC, PB et M) par rapport à POC-A qui est adaptée à PB.

2.2. Rendement moyen (g / bloc de culture de 1kg)

Dans la figure 35, nous avons présenté les poids moyens des récoltes de carpophores de POC-A (exprimés en grammes) par bloc de culture de 1kg, sur les deux substrats M2 et PB. Dans le tableau 9 nous avons présenté les résultats de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) des résultats obtenus au seuil de 5%.

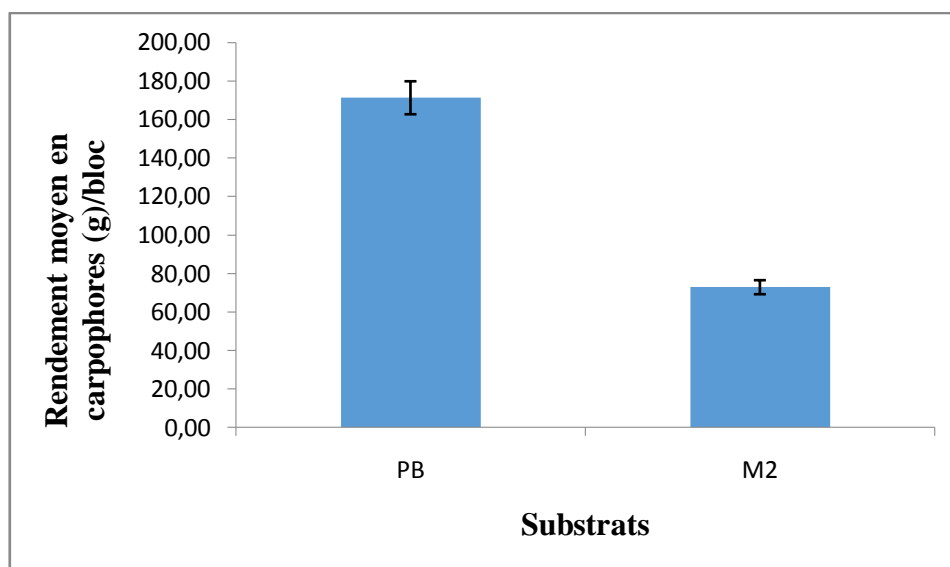


Figure35: Rendements moyens (\pm écart type) de POC-A(en grammes) par bloc de culture en fonction des substrats.

Tableau 9: Tableau de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) des rendements moyens de POC-A (g) par bloc de culture sur substrats les substrats M2 et PB

	DDL	SC	CM	F	Probabilité	E.T.R	CV (%)
NBC	1,00	14528,76	14528,76	5,25	0,08		
Var. résiduelle	4,00	11069,42	2767,35			52,61	43,08
Total	5,00	25598,18					

Malgré la grosse différence dans les rendements moyens en poids des carpophores produits sur M2 estimé à 72,91g et sur PB estimés à 177,33g, l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) a révélé que cette différence est non significative. En effet, la probabilité ($P=0,08$) est supérieure à 0,05.

Les poids (g) des récoltes de carpophores par kg de substrat obtenu par Girmay et al (2016) ont été estimés à 157,9 g sur GC, substrat qui a permis le meilleur rendement. Le moins productif est SB-G avec un rendement de 39,45g/kg de substrat. Comme pour le nombre de carpophores produits, le rendement/ Kg GC est très proche des 177,3 g/kg que nous avons obtenu sur le substrat PB.

Le rendement obtenu par Amrane & Belkacemi (2017) sur le substrat M est nettement supérieur avec 258g/kg M avec la souche POL.

2.3. Poids moyen des carpophores récoltés

Dans la figure 36, nous avons regroupé les poids moyens/ carpophore de POC-A cultivé sur les deux substrats M2 et PB.

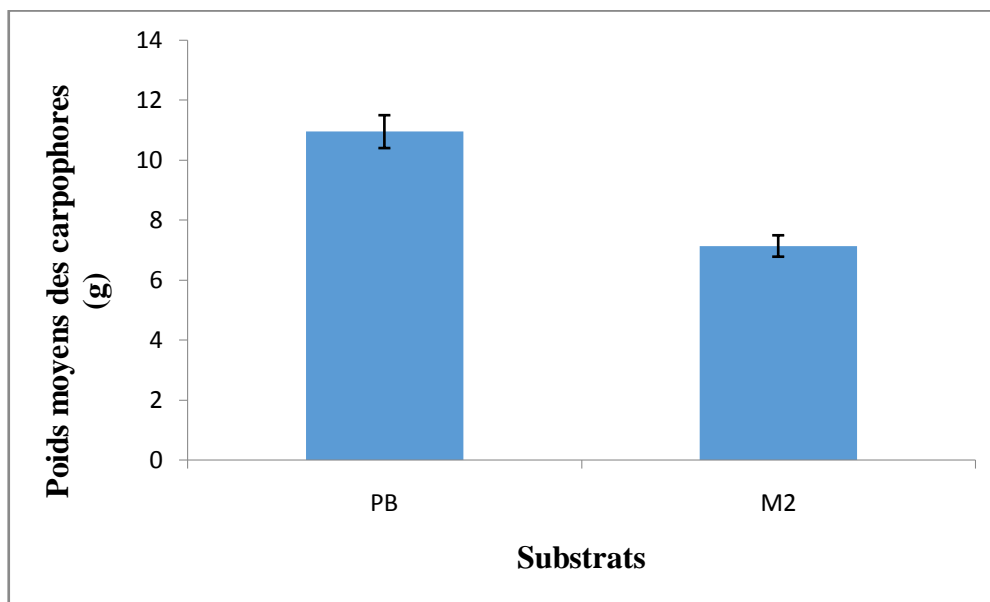


Figure36 : Poids moyen (\pm écart type) des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB

Dans le tableau 10 nous avons présenté les résultats de l'analyse de la variance des résultats obtenus au seuil de 5%.

Tableau10 : Tableau de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) pour le poids moyen des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB

	DDL	SC	CM	F	P	E.T.R	CV (%)
NBC	1,00	21,85	21,85	5,90	0,07		
Var. résiduelle	4,00	14,80	3,7 0			1,92	21,26
Total	5,00	36,66					

Le résultat de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) indique que la probabilité obtenue (0,07) est supérieure à 0,05, nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes comparées. En d'autres termes, la différence apparente, dans le poids moyens des carpophores obtenus sur les substrats, M2 (7,14g) et PB (10,96g), est non significative.

C'est sur DP que Girmay et al (2016) ont obtenu les champignons les plus lourds avec 12,41g/carpophore. Les carpophores obtenus sur PB-G par ces chercheurs ont un poids moyen (10,83g) équivalent à celui des carpophores que nous avons obtenu sur PB.

Amrane & Belkacemi (2017) ont obtenu les carpophores les plus lourds (8,65g) sur le substrat PB-AB ; sur le mélange M, le poids moyen par carpophore est de 6,22g. Ces deux chercheurs ont récolté les champignons de plus faible poids moyen (5,84g) sur GO.

2.4. Poids moyen des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés

Les poids moyens des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats de culture M2 et PB sont regroupés dans la figure 37.

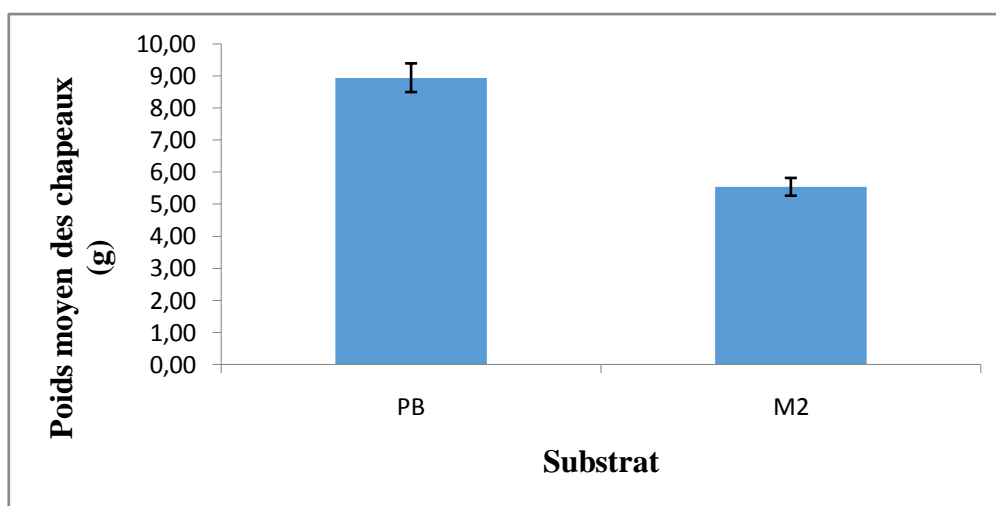


Figure 37 : Poids moyens (\pm écart type) des chapeaux des carpophores récoltés sur les substrats M2 et PB.

Dans le tableau 11, nous avons présenté les résultats de l'analyse de la variance des résultats obtenus au seuil de 5%.

Tableau11: Tableau d'analyse de la variance au seuil de 5% pour le poids moyen des chapeaux des carpophores récoltés sur les substrats M2 et PB

	DDL	SC	CM	F	Probabilité	E.T.R	CV (%)
NBC	1,00	17,25	17,25	6,50	0,06		
Var. résiduelle	4,00	10,61	2,65			1,63	22,49
Total	5,00	27,86					

D'après cette analyse nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre le poids moyen des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat M2 et estimé à 5,55g et celui des chapeaux de carpophores de POC-A récoltés sur le substrat PB et estimé à 8,94g car la probabilité ($P=0,06$) est supérieure à 0,05.

2.5. Poids moyen des pieds des carpophores de POC-A récoltés

Les poids moyens des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB sont regroupés dans la figure 38, et les résultats de la comparaison des résultats obtenus à l'aide de l'ANOVA sont donnés par le tableau 12.

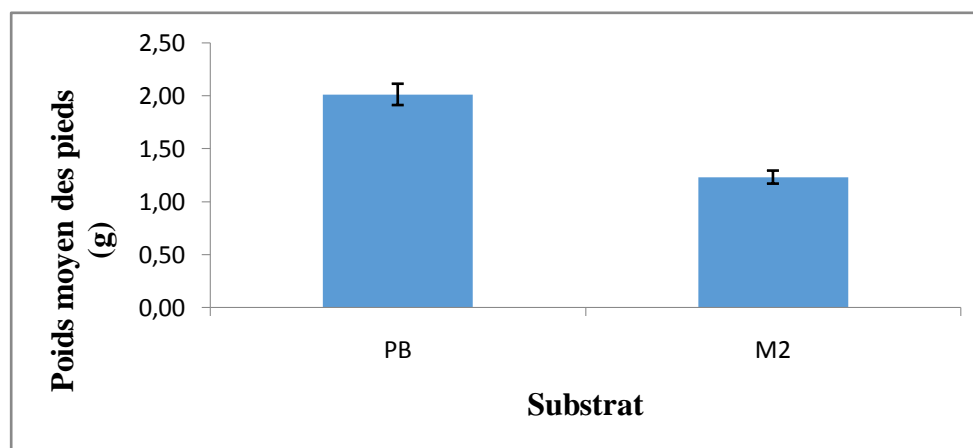


Figure 38 : Poids moyen des pieds des carpophores de POC-A récoltés (\pm écart type) sur les substrats M2 et PB

Tableau12: Tableau d'analyse de la variance (Stat Box 6.4) au seuil de 5% pour le poids moyen des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB

	DDL	SC	CM	F	Probabilité	E.T.R	CV (%)
NBC	1,00	0,91	0,91	6,82	0,06		
Var. résiduelle	4,00	0,53	0,13			0,37	22,42
Total	5,00	1,44					

D'après cette analyse, nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre le poids moyen des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat M2 et estimé à 1,24g et celui des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat PB et estimé à 2,02g car la probabilité ($P=0,06$) est supérieur à 0,05.

2.6. Diamètre moyens des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés

Les diamètres moyens des chapeaux sont regroupés dans la figure 39, et les résultats sont confirmés par une analyse de la variance (Tableau13).

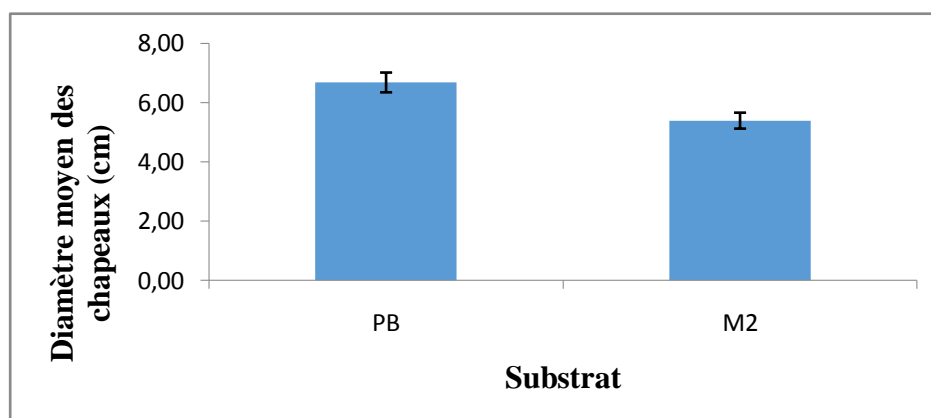


Figure 39 : Diamètre moyen des chapeaux des carpophores de POC-A (\pm écart type) récoltés sur les substrats M2 et PB

Tableau13: Tableau d'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre diamètre moyen des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB

	DDL	SC	CM	F	Probabilité	E.T.R	CV (%)
NBC	1,00	2,50	2,50	3,21	0,15		
Var. résiduelle	4,00	3,11	0,78			0,88	14,60
Total	5,00	5,61					

D'après cette analyse nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre le diamètre moyen des chapeaux des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat M2 et estimé à 5,39 cm et celui des chapeaux de carpophores de POC-A récoltés sur le substrat PB et estimé à 6,69 cm car la probabilité ($P=0,15$) est supérieure à 0,05.

C'est sur DP que Girmay et al (2016) ont obtenu des carpophores dont le diamètre moyen est le plus grand, estimé à 8,31cm. Amrane & Belkacemi (2017) ont obtenu les carpophores ayant un diamètre comparable (8,65cm) sur le substrat PB-AB.

2.7. Longueur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés

Les longueurs des pieds des carpophores récoltés sur les deux substrats testés sont regroupées dans la figure 40. Le tableau 14 regroupe les résultats de l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) de ce paramètre au seuil de 5%.

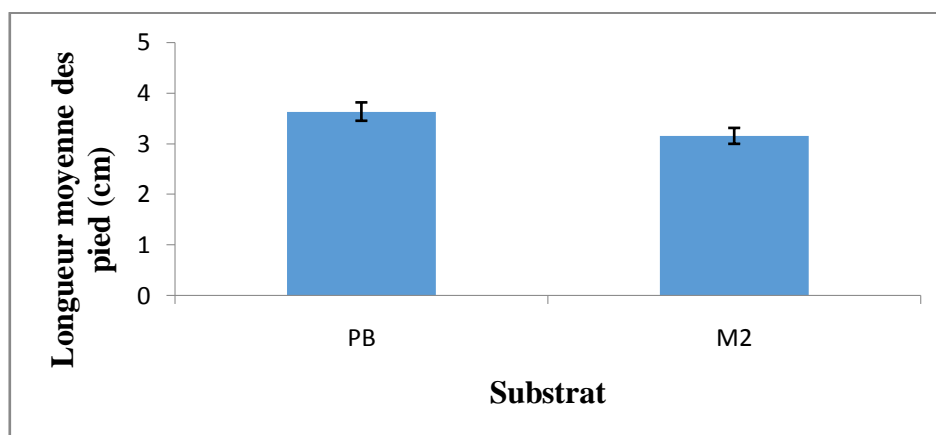


Figure 40: Longueur moyenne des pieds des carpophores de POC-A (\pm l'écart type) récoltés sur les substrats M2 et PB

Tableau 14: Tableau d'analyse de la variance (Stat Box 6.4) au seuil de 5% pour la longueur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB

	DDL	SC	CM	F	Probabilité	E.T.R	CV (%)
NBC	1,00	0,35	0,35	3,98	0,12		
Var. résiduelle	4,00	0,35	0,09			0,29	8,68
Total	5,00	0,65					

D'après cette analyse, nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre la longueur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat M2 et estimée à 2,16 cm et celle des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat PB et estimée à 3,64 cm car la probabilité $P=0,12$ est supérieure à 0,05.

C'est sur DP que Girmay et al (2016) ont obtenu les carpophores à pieds les plus longs avec une moyenne de 3,81cm. Amrane & Belkacemi (2017) ont obtenu les carpophores à pieds les plus longs (3,32 cm en moyenne) sur le substrat PB-AB

2.8. Largeur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés

Dans la figure 41, sont représentées les largeurs moyennes des pieds des champignons obtenus sur les substrats M2 et PB. Le tableau 15 regroupe les résultats de l'analyse de la variance de ce paramètre au seuil de 5%.

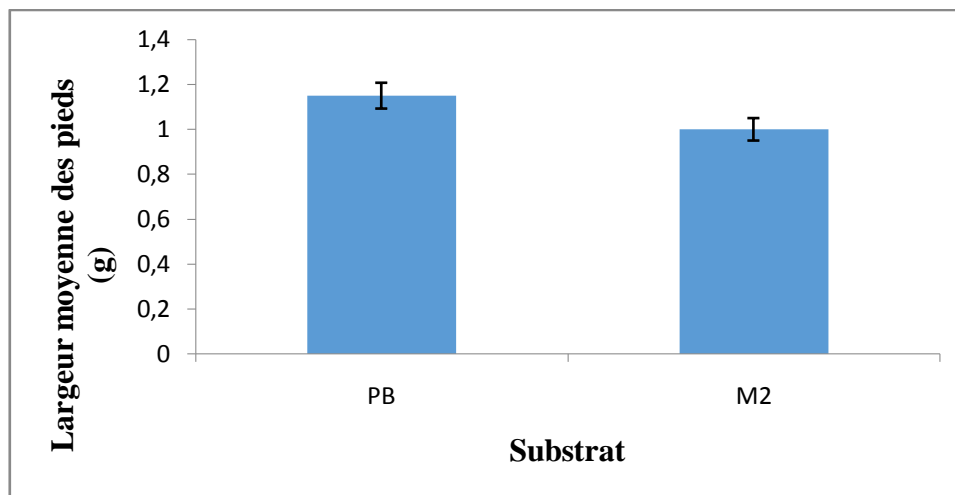


Figure41 : Largeurs moyennes des pieds des carpophores (\pm l'écart type) récoltés sur les substrats M2 et PB

Tableau15: Tableau d'analyse de la variance (Stat Box 6.4) au seuil de 5% pour le paramètre largeur des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur les substrats M2 et PB

	DDL	SC	CM	F	Probabilité	E.T.R	CV (%)
NBC	1,00	0,04	0,04	1,30	0,32		
Var. résiduelle	4,00	0,12	0,03			0,17	15,91
Total	5,00	0,16					

D'après cette analyse, nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de différence significative la largeur moyenne des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat M2 et estimée à 1 cm et celle des pieds des carpophores de POC-A récoltés sur le substrat PB et estimée à 1,16 cm car la probabilité ($P=0,32$) est supérieure à 0,05.

Cette différence non significative a été observée également par Amrane et Bekacemi en 2017 sur les champignons obtenus sur GO, MC, PB-AB et M dont les largeurs moyennes respectives sont estimées à 0,70 cm, 0,97 cm, 0,92 cm et 0,81. Girmay et al (2016) ont observé des largeurs moyennes des pieds de carpophores variant de 3,11 cm sur GC à 4,85 cm sur DP.

Discussion générale des résultats obtenus

Afin de contribuer à une meilleure maîtrise de la culture des Pleurotes, nous avons réalisé, dans le Laboratoire de Production, Amélioration et Protection des Végétaux et des Denrées Stockées de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université M. Mammeri de Tizi-Ouzou, la culture d'une souche de *Pleurotus ostreatus* d'origine commerciale que nous avons appelé POC-A. C'est une souche produite principalement sur la paille de blé et commercialisée, actuellement, dans la région de Tizi-Ouzou, par certains cultivateurs de champignons.

Pour faire la culture de cette souche, nous avons utilisé son substrat habituel à savoir la paille de blé (PB : 98% de paille de blé) qui peut être considéré comme un substrat témoin. Soucieux d'améliorer les rendements et la qualité des carpophores produits, et, à la recherche de nouveaux substrats mieux adaptés à la culture de POC-A, nous avons procédé à la formulation de 3 substrats mélanges, M1, M2 et M3 de composition suivante : M1 (40% grignon d'olive + 40% marc de café + 9% paille de blé + 9% son de blé), M2 (9% grignon d'olive + 9% marc de café + 40% paille de blé + 40% sciure de bois) et M3 (49% paille de blé + 49% sciure de bois) supplémentés, chacun des 4 substrats, par 2% de carbonate de calcium pour optimiser le pH.

Selon Mansour-Benamar (2013), l'addition de 2% de CaCO_3 , à lui seul, permet d'améliorer les rendements.

Concernant la composition des substrats, le bois mort est l'hôte naturel de *Pleurotus ostreatus* (Givelet, 2011) et nous avons espéré que les substrats M2 et M3 donneraient de bons rendements.

La paille de blé joue 3 rôles importants, amélioration de la structure du substrat, contribution à la circulation de l'air grâce à la structure « chaume » de la paille et emmagasiner une quantité non négligeable d'eau (Mansour-Benamar, 2016).

Le son de blé est une bonne source d'azote et les cultivateurs de champignons l'intègrent au taux de 10% (Olivier, 1991) mais il favorise fortement la surchauffe dans les cultures de champignon (Chaya & Hajem, 2019) et la prolifération des moisissures (Mansour-Benamar, 2016).

Malheureusement, la souche POC-A n'a pas poussée sur M1 et a poussée dans seulement un bloc de culture sur les trois mis en culture pour M3. L'envahissement de M1 par des moisissures dans les 3 blocs de culture de POC-A et la rentabilité de culture dans 1 seul bloc

de culture de M3 indique que pour ces substrats, soit, notre système de traitement thermique est inadapté (il faut probablement augmenter le temps de traitement thermique), soit cela peut être dû à des erreurs de manipulation au cours de l'ensemencement des substrats.

Concernant M1, la présence de 9% de son de blé a probablement favorisé le développement explosif de moisissures concurrentes, phénomène déjà observé par Mansour-Benamar en 2016.

L'incubation a duré 3 semaines. Ce temps est relativement long comparé au temps d'incubation utilisé par Girmay et al (2016) (14 à 20 jours). Une semaine de latence a été nécessaire pour l'apparition des primordia dans certains blocs de culture. La durée de la fructification est d'environ 4 semaines supplémentaires. Ceci est conforme aux résultats de Mansour-Benamar et al (2013) avec POL, une souche locale de *Pleurotus ostreatus*, habituellement étudiée au LPAPVDS, dont la culture a duré 8 semaines.

Nous avons été très surpris par les résultats de l'analyse statistique ANOVA (stat box 6.4) qui a indiqué que les différences observées, d'une part sur le nombre moyen de carpophores produits par POC-A par kg de substrat de culture, à savoir, 16 carpophores sur PB et 11 carpophores sur M2, et d'autre part, le poids moyen des carpophores récoltés par bloc de culture à savoir 177,33 g sur PB et 72,91g sur M2 sont non significatives.

Au cours de notre étude nous avons utilisé 3 répétitions par substrat, peut être qu'un nombre plus élevé pourra révéler une différence significative ? Pour les deux paramètres précédents, le coefficient de variation (CV) est élevé, aussi bien pour le nombre moyen de carpophores et le poids moyen des récoltes par bloc de culture avec des valeurs estimées, respectivement, à 44,61% et 43,08%, ce qui indique une grande dispersion dans les résultats obtenus. En effet le CV, exprimé en pourcentage, renseigne sur l'homogénéité des données et permet d'évaluer l'importance relative de la dispersion (<https://www.webdepot.umontreal.ca/Usagers/p0706916/MonDepotPublic/CRI%201600G/Cours%205/Cours%205%20-%20Mesures%20de%20dispersion.pdf>)

Les conditions de culture que nous avons fournies au blanc de POC-A, comme le pH, l'humidité, la température et l'éclairage du laboratoire, sont acceptables et ont permis un bon développement mycélien et un rendement acceptable en carpophores sur 2 des substrats de culture testés, PB et M2. Les paramètres concernant la qualité des carpophores produits sur M2 et PB, à savoir, le poids et le diamètre moyens des chapeaux et le poids moyen, la

longueur moyenne et la largeur moyenne des pieds, présentent des différences non significatives en fonction des substrats de culture de POC-A, M2 et PB. Le coefficient de variation relatif à chaque paramètre étudié est relativement faible, ce qui indique que les valeurs moyennes obtenues sont fiables (CV poids moyen des carpophores = 21,26% ; CV poids moyen des chapeaux=22,49% ; CV poids moyen des pieds=22,42% ; CV diamètre moyen des chapeaux=14,16 % ; CV longueur moyenne des pieds = 8,68% et CV largeur moyenne des pieds = 15.91%).

Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que nous avons atteint notre objectif principal : nous initier à la culture de champignons comestibles en utilisant une souche commerciale de *Pleurotus ostreatus* (POC-A), déjà cultivée dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Algérie) sur de la paille de blé.

Les Pleurotes sont connus pour leurs bonnes valeurs alimentaire et médicinale. En effet, les champignons comestibles ont été recommandés par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) comme source protéique supplémentaire dans les pays en développement tributaires de céréales. Ils fournissent un « légume » de haute qualité, riche en protéines avec une teneur en acides aminés essentiels élevée, proche des besoins du corps humain, riche en minéraux et vitamines et pauvre en graisses et en sucre.

Comme cela a été signalé par de nombreux chercheurs, les résidus agricoles, théoriquement inépuisables et renouvelables, peuvent constituer une source de matériels à valeurs ajoutées au lieu d'être jetés et constituer une source potentielle de pollution.

Dans cet esprit de valorisation de déchets lignocellulosiques nous avons procéder à la formulation de 4 substrats de cultures pour POC-A, PB (98% paille de blé), M1, M2 et M3 de composition suivante : M1 (40% grignon d'olive + 40% marc de café + 9% paille de blé + 9% son de blé), M2 (9% grignon d'olive + 9% marc de café + 40% paille de blé + 40% sciure de bois) et M3 (49% paille de blé + 49% sciure de bois) supplémentés, chacun, des 4 substrats, par 2% de carbonate de calcium pour optimiser le pH.

Les résultats obtenus montrent que PB et M2 ont été favorables à la culture de la souche de Pleurote d'intérêt et que les carpophores obtenus sont de bonne qualité. Malgré des différences apparentes dans les paramètres utilisés pour évaluer les fructifications de POC-A sur M2 et PB, l'analyse de la variance (Stat Box 6.4) a révélé que ces différences sont non significatives.

Le substrat M1 a été contaminé dès les 1ers jours d'incubation alors que sur M3, un mycélium superficiel s'est développé mais, seul, un bloc de culture sur 3 a fructifié.

Les analyses physico-chimiques ont révélé un enrichissement des résidus de culture de POC-A en matières minérales, tout particulièrement la paille de blé. Ces résidus de culture de champignons peuvent être utilisés pour enrichir le sol comme l'ont fait Kara-Ali & Khendriche en 2013. Ils peuvent, également, être utilisés en alimentation animale comme cela a été fait en 2010 par Akkache en incorporant les résidus de culture de POL sur grignon

d'olive dans l'alimentation de lapines ou encore être réutilisés pour de nouvelles cultures de champignons.

Références bibliographiques

1. **Açıklan B. & Sanlier N.**, 2021. Coffee and its effects on the immune system. Trends in Food Science & Technology. 114, 625-632p.
2. **Akkache S.**, 2010. Effet de deux aliments granules sur les performances de reproduction des lapines. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, option Alimentation Animale et Produits animaux, Département d'Agronomie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 60p.
3. **Albertó E. & Colavolpe M.B.**, 2014. Cultivation requirements and substrate degradation of the edible mushroom *Gymnopilus pampeanus* – A novel species for mushroom cultivation. Scientia Horticulturae, 180, pp 161-166.
4. **Amrane T., & Belkacemi T.**, 2017. Valorisation de résidus agricoles par la culture d'une souche locale d'un champignon comestible. Mémoire de Master en Sciences Biologiques. Spécialité Protection de l'Environnement, Département de Biologie Animale et Végétale. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 37p.
5. **Anonyme 1**, 2017. Gestion des cendres de bois des chaufferies automatiques. <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2017/09/1-Fiche-gestion-des-cendres-de-bois-FINAL.pdf>
6. **Anonyme2.** Les mesures de dispersion Cours 5. 24p. <https://www.webdepot.umontreal.ca/Usagers/p0706916/MonDepotPublic/CRI%201600G/Cours%205/Cours%205%20-%20Mesures%20de%20dispersion.pdf>
7. **Arab K., Bouchenak O., & Yahiaoui K.**, 2013. Evaluation de l'activité biologique des feuilles de l'olivier sauvage et cultivé». Afrique Science, 9 (3): 159–166.
8. **Avat F.**, 1993. Contribution à l'étude des traitements thermiques du bois jusqu'à 300°C : Transformations chimiques et caractérisations physico-chimiques. Mathématiques générales [math.GM]. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris; Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
9. **Barbera C.E.**, 1965. L'utilisation du marc de café. Revue « Café, Cacao, Thé ». Vol. IK, n°3; 206-217.
10. **Barros A.S., Nunes A., Martins J., & Delgadillo I.**, 2009. Determination of oil and water in olive and olive pomace by NIR and multivariate analysis. Sens. & Instrumentation for Food Qual. 3, p 180–186.

11. **Bellettini M.B., Fiorda F.A., Maieves H.A., Teixeira G.L., Àvila S., Hornung P.S., Júnior A.M., & Ribani R.H.,** 2019. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. Saudi Journal of Biological Sciences. 26 (4). 633-646 p.
12. **Bouchet P., Guignard J.L., Pouchus Y.L., & Villard J.,** 2005. Les champignons, mycologie fondamentale et appliquée. 2^{ème} édition, Masson, Paris, 191 p.
13. **Boudouma D.,** 2009. Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. Live stock Research for Rural Development; 21 (10).
14. **Boukhari R.,** 2014. Contribution à l'analyse génétique et caractérisation de quelques variétés d'olivier et l'influence de l'environnement sur leurs rendements au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de magister en Agronomie, Option: Amélioration de la Production Végétale et Biodiversité. Département des Sciences Agronomiques et des Forêts, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de la Terre et de l'Univers, Université Abou Beker Belkaid -Tlemcen, Algérie, 86p.
15. **Boussahel R., Ouldramoul S., Harik DJ., Mammar M. & Moussaoui K.,** 2009. Valorisation de la sciure de bois par modification chimique dans l'élimination du pesticide 4,4DDT présent dans l'eau. European Journal of Water Quality. 40. 75-93. 10.1051/water/2009006.
16. **Bressani R.,** 1978. Subproductos del fruto de café, in Pulpa de café : composition, tecnologia, y utilizacion, Braham J.E. & Bressani R. (Eds) INZAP, 9-17.
17. **Breton C., & Berville A.,** 2012. L'histoire de l'olivier reconstituée à partir de données génétiques: in L'histoire de l'olivier. Editions Quæ, pp 47 -72.
18. **Candelier K.,** 2013. Caractérisation des transformations physico-chimiques intervenant lors de la thermo-dégradation du bois. Influence de l'intensité de traitement, de l'essence et de l'atmosphère thèse de doctorat, spécialité : sciences du bois et des fibres, Ecole Doctorale Sciences et Ingénierie Ressources Procédés Produits Environnement, Université de Lorraine, France, 140p.
19. **CAR/PP (Centre d'Activité Régionale pour la Production Propre),** 2000. Prévention de la pollution dans la Production d'huile d'olive Plan d'Action pour la Méditerranée (PNUE). Ministère de l'environnement, Espagne, Gouvernement de la Catalogne Ministère de l'Environnement et du Logement, 142 p.
20. **Carassou F.,** 2015. Une récupération spécifique du marc de café aurait-elle une plus-value pour la communauté ? Cas de l'île de Montréal. Essai présenté au centre universitaire de formation en environnement et développement durable. Maîtrise en Environnement. Université de Sherbrooke.

21. **Çelekli A., Gün D., & Bozkurt H.,** 2021. Bleaching of olive pomace oil with *Spirulina platensis* as an eco-friendly process. *Algal Research*. Vol : 54.
22. **Chang S T. & Miles P G.,** 2004. Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2^{ème} Edition, CRC Press, Boca Raton (2004), 480 p.
23. **Chaya L., & Hadjem M.,** 2019. Valorisation d'un mélange de résidus agricoles par la culture de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kumm local : Effet de l'addition du son de blé. Mémoire de Master Académique en Sciences Biologique, Spécialité : Biodiversité et Environnement. Département de Biologie Animale et Végétale, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 51p.
24. **Chen, K.I., Lo, Y.C., Liu, C.W., Chou,C.C. et Cheng, K.C.,** 2013. Enrichment of two isoflavone glycones in black soymilk by using spent coffee grounds as an immobiliser for b-glucosidase. *Food Chemistry*, vol. 139, p. 79-85. www.elsevier.com/locate/foodchem.
25. **Chimi H.,** 2006. Technologies d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. Bulletin mensuel de liaison de l'information du PNTTA-Transfert de Technologie en Agriculture. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Royaume du Maroc. <http://www.agrimaroc.net/bul141.htm>.
26. **Chuck C.J., Massaya J., Pereira A.P., Mills-Lampsey B., & Benjamin J.,** 2019. Conceptualization of a spent coffee grounds biorefinery: A review of existing valorisation approaches. *Food and Bioproducts Processing*, 118, 149-166p.
27. **Clifford M.N., & Willson K.C.,** 1985. Coffee; botany, biochemistry and production of beans and beverage. Londres, CroomHelm, Wrigley G. - Coffee. Londres, Longman.
28. **Corriol G. & Courtecuisse R.,** 2005. Etat des lieux sur la connaissance et la conservation des champignons en France. *Forêt – entreprise*. 164 : 23.
29. **Coste R.,** 1989. Caféiers et cafés. Edition Maisonneuve et Larose. Paris. 373p.
30. **Courtecuisse R. & Duhem B.,** 2011. Guide des champignons de France et d'Europe. Delachaux et Niestlé Editeurs, Paris, 544p.
31. **Cronquist A.,** 1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants. (http://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_de_Cronquist).
32. **Delmas J.,** 1989. Les champignons et leur culture : culture actuelle et potentielle des champignons supérieurs. La Maison Rustique, 940 p.
33. **Denis D., & Bernard F.,** 2003. Le café, le guide du connaisseur, Modus Vivendi, Canada.

34. **Djermoun A.**, 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*. (1) : 45-53.
35. **Dugelay A.**, 1954. Le problème de l'olivier. *Revue Forestière Française*, (7): 444-462p.
36. **Durrieu G.**, 1993. *Ecologie des champignons*. Collection d'écologie, édition Masson, Paris Milan Barcelone Bonn, 207p.
37. **El Enshasy H., Agouillal F., Mat Z., Malek R A., Hanapi S Z., Leng O M., Dailin D J., & Sukmawati D.**, 2019. *Pleurotus ostreatus*: A biofactory for lignin-degrading enzymes of diverse industrial applications. Recent advancement in white biotechnology through fungi. pp 101-152.
38. **El Sebaaly Z., Fayssal S.A., Alsanad M.A., Ismail A.I.H., & Sassine Y.N.**, 2020. Valorization of olive pruning residues through bioconversion into edible mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fries) Kumm. (1871) of improved nutritional value. *scientifica*, 2020, 13 p.
39. **Eynard M.**, 1975. Influence de quelques facteurs physiques sur la fructification des champignons supérieurs Basidiomycètes (Etude bibliographique). In : *Bulletin mensuel de la Societe Linéenne de Lyon*, 44 (9), 330-336 .
40. **Feretti G. & Scalabre J.L.**, 1978. Perspectives offertes pour une meilleure valorisation des grignons. In *Séminaire sur l'Olivier et autres plantes oléagineuses cultivées en Tunisie*. Mahdia. 3–7 juillet 1978. Tunisie.
41. **Février C.A. & Willequet F.**, 2009. Valorisation par l'alimentation animale : in Moletta René. *Le traitement des déchets*. Editions TEC & DOC, Lavoisier.
42. **Fourey G.**, 1990. *Dernières nouvelles des champignons*. Edité par l'auteur. 347p.
43. **Gandini, A., & Belgacem M.N.**, 2002. La chimie des substances renouvelables. *L'Actualité Chimique* 11–12, 6–14.
44. **Girmay Z., Gorems W., Birhanu G. & Zewdie S.**, 2016. Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*, 6: 87, 6p.
45. **Givelet P.H.**, 2011. Compléments alimentaires à base de champignons. Diplôme d'études spécialisées de Docteur en Pharmacie. Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille. Université de Lille 2. 92p.
46. **Gril J., & Marchal R.**, 2012. Actes des 1ères journées scientifiques du GDR 3544 Sciences du Bois. 1ères journées scientifiques du GDR 3544 Sciences du Bois, Nov 2012, Montpellier, France. Volume 1, 2012, Journées Annuelles du GDR 3544 Sciences du Bois. fffhal-01295751f.

47. **Guimberteau J.**, 1995. Définition et position taxonomique du genre *Pleurotus* dans la classification des champignons. Dossier Pleurote, 11^{ème} édition, INRA Centre de Recherches de Bordeaux, Station de Recherche sur les Champignons. Villenave d'Ornon, 1013p.
48. **Haler P.N.G.**, 2013. Le café : les effets bénéfiques et néfastes sur la santé. Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université de Lorraine, 175p.
49. **Hammami M.**, 2013. Huile d'olive extra vierge –aliment clé de la diète méditerranéenne- Working Group 2, Mediterranean Diet Forum, Imperia. www.promimperiamedia.it/media/9052/wg2_2_fra_hammami_tunisia.pdf.
50. **Hibbet D.S., Bauer R., Binder M., Giachini A., Hosaka K., Justo A., Larsson E., Larwary D., Miettinen L., & Nagy G.**, 2014. Agaromycètes. In Systematics and Evolution, 2^{ème} Edition, The Mycota Part A.D.J.Mc Laughlin and J.W. Spatafora (Eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p 373-429.
51. **Houessou J.K.**, 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbons in coffee: development of analytical methods and study of the roasting process. Life Sciences [q-bio]. Agro Paris Tech.
52. **Howard R.L., Abotsi E., Jansen E.I. & Howard S.**, 2003. Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. African Journal of Biotechnology, 2 (12), 602-619p.
53. **I.C.O. (International Coffee Organization)**, 2015. Botanical Aspects. 5p. <http://www.ico.org>.
54. **Iboghouchene D. & Slimani S.**, 2020. Valorisation de résidus agricoles et agroindustriels par la culture d'un champignon comestible, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. :Fr.) Kumm. Synthèse bibliographique. Mémoire de Master II en Sciences Biologiques. Spécialité Biodiversité et Environnement, Département de Biologie Animales et Végétale. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 42p.
55. **Illy E.**, 1967. Possibilités d'emploi dans les états membres de la CEE de café « robusta » produit par les états Africains et Malgache associés. Etude réalisée pour le compte de la Commission des Communautés Européennes, Direction Générale du Développement de L'Outre-Mer. 97p.
56. **Jacquemin L.**, 2012. Production d'hémicelluloses de pailles et de sons de blé à une échelle pilote Etude des performances techniques et évaluation environnementale d'un

- agro-procédé. Thèse Doctorat de l'Université de Toulouse (France), Institut National Polytechnique de Toulouse, Sciences des Agro-ressources, 329p.
57. **Justin K.H.**, 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 ABIÉS. Laboratoire de Chimie Analytique. Paris 67-99.
58. **Kalamees k.**, 2007. Checklist of some pleurotoid fungi (Agaricomycetidae, Basidiomycetes) of Estonia Folia Cryptog. Estonica, Fasc. 43 : 13-15 (2007).
59. **Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P., & Crowther J.C.**, 2008. Olive oil history, .production and by-product management. Rev Environ Sci Biotechnol 7(1): 1-26p.
60. **Kara-Ali N. & Khendriche S.**, 2013. Essai d'amélioration de la germination et de la croissance de *Vigna unguiculata* (L.) Walp et *Zea mays* (L.) par un résidu de culture de champignon comestible. Mémoire de master 2 en Sciences Biologiques, spécialité Génétique et Amélioration Végétale, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 67p.
61. **Knežević-Jugović Z., Tanasković S.J., Šekuljica N., Jovanović J., Gazikalović I., Grbavčić S., Đorđević N., Sekulić M.V., Hao J., & Luković N.**, 2021. Upgrading of valuable food component contents and anti-nutritional factors depletion by solid-state fermentation: A way to valorize wheat bran for nutrition. Journal of Cereal Science, 99,103159.
62. **Kour D., Rana Kusam L., Neelam Y., Ajar Nath Y., Singh J., Rastegari A. & Saxena A.**, 2019. Agriculturally and Industrially Important Fungi: Current Developments and Potential Biotechnological Applications. Chapter in book: Recent Advancement in White Biotechnology through Fungi. Vol-2: Perspective for Value-Added Products and Environments (pp.1-64); Publisher: Springer Nature Switzerland AG. DOI :[10.1007/978-3-030-14846-1_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14846-1_1).
63. **Lemonon J.**, 2013. Valorisations énergétique et matière du revêtement de sol stratifié par pyrolyse & gazéification. Thèse de doctorat de l'université de Lorraine, Spécialité : Sciences du Bois et des Fibres. Université de Lorraine École doctorale : Ressources Produits Procédés Environnement Laboratoires d'Etudes et de Recherches sur le Matériau Bois Collegium Sciences et Technologies. 325p.
64. **Lim T.K.**, 2012. *Coffea canephora*. edible medicinal and non-medicinal plants, pp 680-709.
65. **Lindequist U, H. J Niedermeyer T, & Wolf-Dieter J.**, 2005. The pharmacological potential of mushrooms. ECAM, vol.2, no 3, p.285–299.

66. **Loussert M. & Brousse G.**, 1978. L'olivier. Coll. des Techniques agricoles et Productions méditerranéennes, G. P. Ed. Moissonneuve et Larose, Paris. 404p.
67. **Machado A.R.G., Teixeira M.F.S., Kirsch L.S., Campelo M.C.L., & Oliveira I.M.A.**, 2016. Nutritional value and proteases of *Lentinus citrinus* produced by solid state fermentation of lignocellulosic waste from tropical region. Saudi Journal of Biological Sciences, 23(5), p 621-627.
68. **Mansour – Benamar M., Savoie J-M. & Chavant L.**, 2013. Valorization of a solid olive mill wastes by cultivation of a local strain of edible mushroom. Comptes Rendus Biologies, 336, 407- 415.
69. **Mansour-Benamar M.**, 2016. Valorisation de résidus agricoles par la culture de deux souches de champignons comestibles du genre *Pleurotus*. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques, option Biologie Végétale, Département de Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 257 p.
70. **Marino R.H., Eira A.F., Kuramae E.E., & Queiroz E.C.**, 2003. Morphomolecular characterization of *Pleurotus ostreatus* (jacq. fr.) kummer strains in relation to luminosity and temperature of frutification Sci. Agric., 60, pp. 531-535.
71. **Matheny B.P., Hofstette V., Aim M.C., Moncalvo J.M., Ge Z.W., Yang Z.L., Slot J.C., Ammirati J.F., Baroni T.J., Bougher N.L., Hughes K.W., Lodge D.J., Kerrigan R.W., Seidl M.T., Aanen D.K., DeNitis M., Daniele G.M., Desjardin D.E., KROPP B.R., Norvell L.L., Parker A., Vellinga E.C., Vilgalys R., & Hibbett D.**, 2006. Major clades of Agaricales : a multilocus phylogenetic overview. Mycologia, 98(6) : 982-995.
72. **Maublanc A.**, 1976. Les champignons comestibles et vénéneux. 6eme Edition, Le Chevalier, 107p.
73. **Mirunalini S, & Deepalakshmi K.**, 2014. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. Journal of biochemistry and technology, vol. 5, no 2, p.18-726.
74. **Monnier G. & Courtecuisse R.**, 1997. Guide de poche des champignons. Delachaux et Nieste, 88p.
75. **Nefzaoui A.**, 1984. Importance de la production oléicole et des sous-produits de l'olivier. In : Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie. Etude FAO Production et santé animales 43, Rome.

76. **Nefzaoui A.**, 1991. Valorisation des sous-produits de l'olivier, In: Tisserand J-L (ed), Alibés X (ed) Fourrages et sous-produits méditerranéens Zaragoza: CIHEAM, 1991 p 101-108 (Options Méditerranéennes : Série A Séminaires Méditerranéens; n 16).
77. **Nieuwenhuijzen & Oei**, 2005. La culture des champignons à petite échelle: pleurotes, shiitakes et auriculaires. Agrodok; 40. Agromisa/CTA, Wageningen, the Netherlands. 85p.
78. **Obodai M., Cleland-Okine J. & Vowoter K.**, 2003. Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 30. 146-149p.
79. **Oei P.**, 1993. La culture des champignons Collection « le point sur » Guide technique. Traduction Christine Nédelec, Révision Jean Laborde. Ministère Français de la Coopération. CTA. TOOL. GRET, 320 p.
80. **Olivier J.M., Laborde J., Guimberteau J., Poitou N., Houdeau G. & Delmas J.**, 1991 .La culture des champignons. Ed Armand Colin, 160 p.
81. **Otmani I.**, 2019. Etude sur la consommation du café au sein De la société algérienne. Mémoire de Master en Sciences Agronomique. Spécialité Sciences Alimentaires, Département d'Agronomie. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, 37p
82. **Papageoriou M., & Skendi A.**, 2018. Introduction to cereal processing and by-products. Sustainable Recovery and Reutilization of Cereal Processing By-Product. Food Science, Technology and Nutrition, p 1-25.
83. **Perraud-Gaime I.**, 1995. Cultures mixtes en milieu solide de bactéries lactiques et de champignons filamenteux pour la conservation et la décaféinassions de la pulpe de café. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, Spécialité : Biochimie & Biologie Moléculaire, Formation Doctorale : Sciences des Aliments, Ecole Doctorale : Biologie des Systèmes Intégrés. Agronomie. Environnement. 228p.
84. **Pettersen R.C.**, 1984. The chemical composition of wood. In Rowell, Roger M., ed. The chemistry of solidewood. Advances in Chemistry series207, Washington, DC: American Chemical Society. Chapter 2. 70p.
85. **Philippoussis A.N.**, 2009. Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates: in Singh P nee' Nigam, Pandey A (eds), Biotechnology for agro-industrial residues utilization. Springer Science +Business Media B.V, pp 163-196. PY - 2008/02/01.

86. **Prévot P.**, 1964. Physiologie des plantes tropicales cultivées, Cahiers O. R. S. T. O. M. Vol.1. 62p.
87. **Raimbault M.**, 1981. Valorisation des productions agricoles par fermentations. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre –Mer. 24p.
88. **Rajaratnam S. & Bano Z.**, 1987. Pleurotus mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulose wastes: Commercial applications and implications. Crit. Rev.FoodSci. Nutr. .28(1):31-113.
89. **Rampin M.**, 2017. Champignons « médicinaux » : de l’usage traditionnel aux compléments alimentaires. Thèse de doctorat en pharmacie, Faculté des sciences pharmaceutiques, Université de Toulouse III Paul Sabatier, 115p.
90. **Rastoin J.L., & Benabderrazik E.H.**, 2014. Céréales et oléo protéagineux au Maghreb pour un Co-développement de filière territorialisées, chapitre 1 : Algérie, une agriculture sous fortes contraintes. Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen (IPMED), construire la Méditerranée, 32p.
91. **Rodríguez G., Lama A., Rodríguez R., Jiménez A., Guillén R. & Bolaños J.F.**, 2008. Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds. Bioresource Technol. vol 13, 5261-5229.
92. **Saar M. & Parmasto E.**, 2014. Primary basidiospore charge and taxonomy of Agaricomycetes. Cent. Eur. J. Biol. 9(9) : 874-887.
93. **Sánchez C.**, 2010. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and Other Edible Mushrooms. Applied Microbiology and Biotechnology. 85, 1321-1337.
94. **Sanchez M. P. & Tweddell R.**, 2006. Le Pleurote : Bon au Goût, Nutritif et Encore Plus... . Centre de recherche en horticulture Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels Université Laval, Québec, Canada.
95. **Sansoucy R.**, 1984. Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen. Etude FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Production et Santé Animales, 43, Rome. 148p.
96. **Terral J-F., & Arnold-Simard G.**, 1996. Beginnings of olive cultivation in eastern Spain in relation to holocene bioclimatic changes. quaternary research 46, 176–185.
97. **Thorn J.**, (2002). Le Café, le guide du connaisseur. Modus Vivendi, Canada. 108p.
98. **Thuilier A.**, 2013. Diversité fonctionnelle des glutations transférases fongiques : caractérisation des classes Ur2p et GTT2 de *Phanerochaete chrysosporium*. Thèse de doctorat de l’université de Lorraine en Biologie Végétale et Forestière, France ; 244p.

99. **Urban A.F.**, 2004. Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília.
100. **Velázquez - Cedeño M.A.**, 2005. Compétition entre *Pleurotus ostreatus* et *Trichoderma* sp en culture sur paille de blé : rôle des communautés bactériennes du substrat et des laccases de *Pleurotus*. Thèse Dr. L'Université Paul Cézanne (Aix-Marseille III) en Biologie. Pop. Ecol. Ecole Dr. Sc. Environ.
101. **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 Journal of Microbiology and Biotechnology, 18: 201- 207.
102. **Villa P.**, 2003. La culture de l'olivier. Edition De Vecchi SA, Paris. 95p.
103. **Zamora A.J., Pastoriza S., & Henares J.A.R.**, 2015. Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. LWT - Food Science and Technology, vol. 61, p. 12-18. www.elsevier.com/locate/lwt
104. **Zeitoun R.**, 2011. Procédés de fractionnement de la matière végétale. Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé. Thèse Doctorat de l'Université de Toulouse (France), Institut National Polytechnique de Toulouse, sciences des Agro-ressources, 288p.
105. **Zhang R., Li X., & Fadel J.G.**, 2002. Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. Bioresource Technology. 82 (2002), pp 277-284.
106. **Zohary D., & Spiegel-Roy P.**, 1975. Beginnings of fruit growing in the old world. Science, 187(4174): 319-327p.
107. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sciure>, consulté le 13/07/2021).
108. <https://www.aps.dz/regions/61243-tizi-ouzou-plus-de-121-000-qx-de-cereales-recoltees-depuis-le-lancement-de-la-campagne-moisson-battage>
109. <https://www.syndicatfrancaisducafe.com/les-etapes-de-fabrication-du-cafe/> consulté le 13/07/2021.
110. <https://www.webdepot.umontreal.ca/Usagers/p0706916/MonDepotPublic/CRI%201600G/Cours%205/Cours%205%20-%20Mesures%20de%20dispersion.pdf> (consulté le 3/9/2021).

Résumé

Notre étude porte sur la production d'une souche de champignon comestible, *Pleurotus ostreatus* (Jacq : Fr.) Kummer (POC-A), fournie par un producteur local de Pleurotes. Cette culture a été faite sur des substrats formulés à partir de résidus agricoles et agroindustriels; grignon d'olive (GO), marc de café (MC), paille de blé (PB), son de blé (SB) et sciure de bois(SCB) humides.

Quatre substrats de culture de POC-A ont été mis au point, PB avec 98% de la paille de blé et M1 (40% GO + 40% MC + 9% SB + 9% PB), M2 (9% GO + 9% MC + 40% SCB + 40% PB) et M3 (49% SCB + 49% PB).

Deux traitements thermiques successifs, à la vapeur d'eau, à l'aide d'un couscoussier, d'une heure chacun et espacés de 24h ont été utilisés sur les 4 substrats et du carbonate de calcium.

Après refroidissement et mixage de chaque substrat avec 2% de CaCO₃, sous hotte à flux laminaire, ils ont été répartis, dans des sacs en polyéthylène placés dans des corbeilles et inoculés avec 7% de blanc de POC-A, par le système de strates. Trois sacs de 1kg ont été ainsi préparés pour chacun des substrats. L'incubation a été faite à 23 -27°C., pendant 3 semaines.

Après un choc thermique à 15°C, les blocs de cultures ont été mis en conditions de fructification par diminution de la température et augmentation de l'humidité ambiante par des arrosages quotidiens. Après une semaine de latence, nous avons commencé les récoltes.

POC-A ne s'est pas développé sur M1, il s'est développé sur un seul bloc de culture de M3. L'analyse de la variance utilisée (Stat Box 6.4) a révélé que des différences apparentes observées dans les paramètres de fructification utilisés (rendements et nombre de carpophores produits par bloc de culture, tailles (cm) et poids moyens (g) des deux parties du carpophore, chapeau et pied) pour comparer le comportement de POC-A sur les substrats PB et M2, ne sont pas significatives.

Des analyses physico-chimiques (pH, taux d'humidité, taux de matière sèche et minérale) sur les différents substrats ont été réalisés au début et à la fin des cultures de POC-A.

Mots clés: production- *Pleurotus ostreatus* commerciale n° A- formulation substrat- résidus agricoles et agroindustriels.

Summary

Our study investigated production of an edible mushroom strain, *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr.) Kummer (POC-A), supplied by a local producer of Oyster Mushrooms. This cultivation was made on substrates formulated from agricultural and agro-industrial wastes; olive pomace (GO), coffee grounds (MC), wheat straw (PB), wheat bran (SB) and sawdust (SCB) moistened.

Four POC-A culture substrates were developed, PB with 98% wheat straw and M1 (40% GO + 40% MC + 9% SB + 9% PB), M2 (9% GO + 9% MC + 40% SCB + 40% PB) and M3 (49% SCB + 49% PB).

Two successive heat treatments, with water vapor, using a traditional steamer (“couscoussier”), one hour each and spaced 24 hours apart, were used on the four substrates and enough calcium carbonate.

After cooling and mixing each substrate with 2% CaCO₃, under a laminar flow, they were distributed in polyethylene bags placed in baskets and inoculated with 7% POC-A spawn, by the stratum system. Three 1kg bags were thus prepared for each substratum. Incubation was done at 23 -27 ° C., for 3 weeks.

After a thermal shock at 15 °C, the cultivation bags were put into fruiting conditions by reducing ambient temperature and increasing ambient humidity by daily watering. After a week latency, we started the harvests.

POC-A did not develop on M1, it developed on a single cultivation bag of M3. Variance analysis used (Stat Box 6.4) revealed that apparent differences observed in the fruiting parameters used (yields in g/kg substratum and fruiting bodies number produced per culture bags, sizes (cm) and average weight (g) of the two fruiting bodies parts , the cap and the foot) to compare the behavior of POC-A on PB and M2 substrates, are not significant.

Physico-chemical analyzes (pH, humidity, dry matter and mineral content) on the various substrates were carried out at the beginning and the end of POC-A cultivations.

Key words: production - Commercial *Pleurotus ostreatus* n° A - substrate formulation - agricultural and agro-industrial residues.