



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID – TLEMCEM



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et  
Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département de Biologie

# MEMOIRE

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**  
**En Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité**

*Sujet*

Valorisation des sous-produits liquides issus de l'industrie  
agro-alimentaire par la multiplication de *Pleurotus*  
*ostreatus*.

Présenté le 29/06/2022 par :  
BENMANSOUR Osema  
BENMEDJAHED Abdellatif

Devant le jury composé de :

<b>Président :</b>	M. KAID SLIMANE Lotfi	MAA	(UABT)
<b>Encadrant :</b>	M. TEFIANI Choukri	MCA	(UABT)
<b>Examineurs :</b>	M. AZZI Noureddine	MCB	(UABT)
<b>Co-encadrant :</b>	M <sup>me</sup> . SPIGA Nerdjes	Doctorante	(UABT)

Année universitaire : 2021-2022

## Remerciements

Nous remercions tout d'abord **ALLAH** le bon Dieu de nous accorder la force et le courage pour réaliser ce travail.

Nous tenons dans ces lignes à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à notre encadreur **M. TEFIANI Choukri** qui nous a confié ce sujet et qui a illuminé le chemin pour sa réalisation, pour ses encouragements et sa présence malgré ses nombreuses préoccupations.

Nos remerciements vont également à **M<sup>me</sup>. SPIGA Nerdjes** qui a partagé avec nous la pénibilité de ce travail, pour sa disponibilité, ses conseils et sa gentillesse.

Nos vifs remerciements s'adressent particulièrement à :

- **M. KAID SLIMANE Lotfi** qui nous a fait le grand honneur de présider le jury de notre soutenance.
- **M. AZZI Noureddine** d'avoir pris autant de temps pour faire partie du jury.

Un grand merci à tous les enseignants du Département de Biologie et d'Agronomie.

Un merci spécial à **M. BENABDELLAH M.** et **Mlle. LAMRAOUI G.** pour leurs conseils et le partage de leur expérience.

*Que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, de près ou de loin, d'une manière ou d'une autre, trouvent dans ces lignes l'expression de notre reconnaissance et nos remerciements les plus sincères.*

## Dédicaces

*A mes chers parents, qui m'ont encouragé et soutenue durant toutes mes années d'études et à qui je dois beaucoup de ce qui est de bien dans ma vie, que **ALLAH** les récompense avec sa générosité infinie.*

*A mes frères.*

*A toute ma famille et à tous mes amis.*

*Osema*

## Dédicaces

*A mes chers parents, pour toutes leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse et leurs prières tout au long de mes années d'études.*

*A mon frère et mes sœurs pour leur soutien.*

*A tous mes amis et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

*Abdellatif*

## Table de matières

Table de matières .....	V
Liste des figures .....	VII
Liste des tableaux .....	X
Liste des abréviations .....	XI
Introduction .....	1
Partie I : synthèse bibliographique .....	3
Chapitre I : Les champignons.....	4
1. Définition .....	4
2. Le cycle de vie du champignon .....	5
3. Type de champignon .....	6
4. Classification des champignons .....	6
4.1. Les ascomycètes .....	6
4.2. Les basidiomycètes .....	6
5. Intérêts des champignons dans les divers domaines .....	6
5.1. Domaine médical .....	6
5.2. La nutrition .....	7
5.3. L'écologie .....	7
6. Pleurotus Ostreatus .....	7
6.1. Qu'est-ce que le pleurote .....	7
6.2. La description .....	8
6.3. Le cycle de vie .....	9
6.4. Les conditions optimales pour la fructification .....	9
6.4.1. Température .....	9
6.4.2. Humidité .....	9
6.4.3. Lumière .....	9
6.4.4. Oxygène et dioxyde de carbone .....	10
6.5. Caractéristiques nutritionnelles et propriétés médicinales .....	10
6.5.1. La valeur nutritionnelle .....	10
6.5.2. Propriétés pharmaceutiques et applications médicales .....	11
Chapitre II : Les sous-produits de l'agroalimentaire .....	12
1. La paille de blé .....	12

1.1. Définition et structure morphologique .....	12
1.2. Composition chimique .....	13
1.3. Utilisations .....	13
2. La margine .....	13
2.1. Définition .....	13
2.2. Caractérisation physico-chimique .....	14
2.3. Valorisation .....	14
3. Le babeurre .....	15
3.1. Définition .....	15
3.2. Caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles .....	15
3.3. Utilisation .....	15
4. L'eau de pomme de terre .....	16
4.1. Définition .....	16
4.2. Caractéristiques physico-chimiques .....	16
4.3. Valorisation .....	17
Partie II : matériel et méthodes .....	18
1. Matériel .....	19
1.1. Préparation de la salle .....	19
1.2. L'origine de mycélium .....	20
1.3. Stockage et conservation .....	20
1.4. Milieu / substrat de fructification .....	21
2. Méthodes .....	22
2.1. Préparation des mélanges .....	22
2.2. La stérilisation .....	24
2.3. L'inoculation .....	25
2.4. L'incubation .....	26
2.5. La fructification .....	27
Partie III : résultats et discussion .....	28
1. La croissance mycélienne .....	29
1.1. La margine .....	29
1.2. Le babeurre .....	30
1.3. L'eau de pomme de terre .....	30
1.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations .....	30
2. La fructification .....	31

2.1. Le poids moyen des champignons récoltés .....	32
2.1.1. La margine .....	33
2.1.2. Le babeurre .....	34
2.1.3. L'eau de pomme de terre .....	34
2.1.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations .....	35
2.2. La longueur moyenne des pieds .....	35
2.2.1. La margine .....	35
2.2.2. Le babeurre .....	36
2.2.3. L'eau de pomme de terre .....	37
2.2.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations .....	37
2.3. Le diamètre moyen des pieds .....	38
2.3.1. La margine .....	38
2.3.2. Le babeurre .....	38
2.3.3. L'eau de pomme de terre .....	39
2.3.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations .....	39
2.4. Le diamètre moyen des chapeaux .....	40
2.4.1. La margine .....	40
2.4.2. Le babeurre .....	40
2.4.3. L'eau de pomme de terre .....	41
2.4.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations .....	41
Discussion .....	43
Conclusion et perspectives .....	45
Références bibliographiques.....	46

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Le lactaire muqueux .....	4
<b>Figure 2</b> : Le cycle de reproduction des champignons .....	5
<b>Figure 3</b> : Le pleurote en huitre ( <i>Pleurotus Ostreatus</i> ) .....	8
<b>Figure 4</b> : Dessin de la paille de blé .....	12
<b>Figure 5</b> : Séparation verticale et horizontale de la salle de culture .....	19
<b>Figure 6</b> : Le thermo-hygromètre pendant la 2ème phase .....	20
<b>Figure 7</b> : Stockage du mycélium .....	21
<b>Figure 8</b> : Mélange de paille + babeurre 25% .....	23
<b>Figure 9</b> : Etalage et addition de chaux sur le mélange paille + margine 50% .....	23
<b>Figure 10</b> : Stérilisation par l'autoclave (gauche) et la cocotte (droite) .....	25
<b>Figure 11</b> : L'opération d'inoculation .....	26
<b>Figure 12</b> : Les sachets de MRG pendant la phase d'incubation .....	26
<b>Figure 13</b> : Les sachets de MRG pendant la phase de fructification .....	27
<b>Figure 14</b> : Aspect des sachets pendant et après la phase d'envahissement .....	29
<b>Figure 15</b> : Des vitesses d'envahissement du mycélium des différentes concentrations des substrats étudiés .....	31
<b>Figure 16</b> : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de MRG .....	33
<b>Figure 17</b> : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de BAB .....	34
<b>Figure 18</b> : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de PDT .....	34
<b>Figure 19</b> : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillé avec différents substrat liquides et à différentes concentrations .....	35
<b>Figure 20</b> : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de MRG .....	36
<b>Figure 21</b> : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de BAB .....	36
<b>Figure 22</b> : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de PDT .....	37

<b>Figure 23</b> : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillé avec différents substrat liquides et à différentes concentrations .....	37
<b>Figure 24</b> : Le diamètre moyen des pieds dans les différentes concentrations de MRG .....	38
<b>Figure 25</b> : Le diamètre moyen des pieds dans les différentes concentrations de MRG .....	38
<b>Figure 26</b> Le diamètre moyen des pieds dans les différentes concentrations de PDT .....	39
<b>Figure 27</b> : Le diamètre moyen des pieds dans les différents substrats et concentrations ....	39
<b>Figure 28</b> : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différentes concentrations de MRG..	40
<b>Figure 29</b> : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différentes concentrations du BAB...	40
<b>Figure 30</b> : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différentes concentrations de PDT...	41
<b>Figure 31</b> : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différents substrats et concentrations .....	41
<b>Figure 32</b> : Quelques carpophores récoltés des différents substrats .....	42

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Morphologie du champignon <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	8
<b>Tableau 2</b> : Composition nutritionnelle de pleurote en huitre .....	10
<b>Tableau 3</b> : Caractéristiques des trois margines dans trois régions distinctes du Maroc .....	14
<b>Tableau 4</b> : Paramètres physico-chimiques et vitamines du babeurre .....	15
<b>Tableau 5</b> : Composition de l'eau de pomme de terre .....	16
<b>Tableau 6</b> : Origine des substrats .....	22
<b>Tableau 7</b> : Constituants des mélanges .....	24
<b>Tableau 8</b> : Durée d'envahissement des différentes concentrations du substrat MRG .....	29
<b>Tableau 9</b> : Durée d'envahissement des différentes concentrations du substrat BAB .....	30
<b>Tableau 10</b> : Durée d'envahissement des différentes concentrations du substrat PDT .....	30
<b>Tableau 11</b> : Les niveaux de température et d'humidité durant la fructification .....	32
<b>Tableau 12</b> : Le poids moyen des récoltes .....	33

## Liste des abréviations

**BAB** : le babeurre.

**°C** : Degré Celsius.

**cm** : centimètre.

**cm<sup>3</sup>** : centimètre cube.

**g** : gramme.

**L** : litre.

**min** : minute.

**MRG** : la marge.

**ms** : millisiemens.

**PDT** : l'eau de pomme de terre.

**pH** : potentiel hydrogène.

**%** : pourcentage.

## Introduction

Les humains ont connu et consommé les champignons dès les âges préhistoriques et ils faisaient partie de leurs cultures et leurs plats. A présent, les champignons font l'objet d'un aliment de valeur grâce à leur richesse en nutriments comme les protéines, le potassium, le sélénium, les vitamines comme : B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, D, les fibres et aussi leur faible teneur en matières grasses, calories et sodium. En plus de cette mine de nutriments, les champignons sont connus pour leurs propriétés nutraceutiques comme la prévention d'Alzheimer, le Parkinson, l'hypertension et aussi réduire la probabilité d'invasion et de propagation du cancer **(Valverde et al., 2015)**.

Les champignons existent en 14 000 espèces, dont au moins 2 000 sont comestibles, alors que ceux qui sont cultivées commercialement sont seulement 35 à travers le monde. Les plus cultivés au niveau mondial sont *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* et *Auricularia auricula* **(Julian et al., 2019)**.

Une grande variété de substrats lignocellulosiques et autres sous-produits issus de l'industrie agroalimentaire peuvent être envahi et dégradés par les champignons comestibles, *Pleurotus ostreatus* qui est le deuxième plus cultivé au monde puisqu'il possède des propriétés médicinales et une importance écologique et économique remarquable de la faite qu'il peut être cultivé en utilisant des méthodes simples et non-coûteuses **(Sánchez, 2010)**.

Les déchets de l'agroalimentaire et à cause de l'expansion de ce secteur et de l'évolution technologique, que ce soit en matière de production ou de transformation, sont largement générés. Ces déchets, notamment les déchets liquides, peuvent être la cause de graves conséquences sur l'environnement. Le recyclage et/ou la valorisation de ces déchets a une grande importance en matière d'écologie et d'économie et plusieurs recherches récentes ont prouvé la possibilité d'introduire des déchets dans la production des produits de valeur **(Muniraj et al., 2015)**.

L'objectif de notre travail est de débarrasser l'environnement de certain déchets sources de pollution tout en les introduisant dans la culture de *Pleurotus ostreatus* et en déterminant le meilleur mélange qui aboutira à l'obtention de la meilleure vitesse d'envahissement du mycélium, meilleurs rendements et meilleure qualité. Nous avons alors travaillé sur des déchets issus du secteur agro-alimentaire et nous nous sommes focalisés sur les sous-produits liquides (la margine, le babeurre et l'eau de pomme de terre) combinés à la paille de blé

comme substrat solide, ces déchets ont été préparés en différentes concentrations (25%, 50%, 75%, 100%). Dans cet intérêt nous avons structuré notre travail en trois grandes parties :

- Une partie bibliographique qui est subdivisée à son tour en deux chapitres : le premier chapitre a été consacré aux informations générales collectées à propos des champignons avec une importance particulière vis-à-vis de *Pleurotus ostreatus* et un deuxième chapitre dans lequel nous nous sommes intéressés aux sous-produits agroalimentaires utilisés dans notre étude.
- Une démonstration et explication concernant la méthode et les matériaux utilisés dans la culture.
- En plus d'une discussion des résultats et nous avons finalisé notre travail par une conclusion.

# Partie I

## **Synthèse bibliographique**

## Chapitre I : Les champignons

### 1. Définition

Les champignons appartiennent au groupe d'organismes appelés champignons filamenteux. Tous les champignons manquent de chlorophylle, ils ne peuvent pas obtenir leur énergie, comme les plantes vertes, directement du soleil. Comme le montre la **figure 1** les champignons doivent puiser leurs nutriments dans les déchets ou d'autres êtres vivants (**Oei et Nieuwenhuijzen, 2005**).

Les champignons sont une source riche en fibres alimentaires par rapport à d'autres sources conventionnelles de fibres alimentaires, telles que les céréales, les légumineuses, les fruits et légumes (**Cheung, 2013**).

La forte concentration de vitamines, de minéraux et de protéines dans les champignons les rend idéaux comme aliments de valeurs. Les protéines de champignons contiennent tous les acides aminés essentiels qui permettent de les considérer comme une excellente source de protéines végétale (**Ahlnron et al.,2019**).



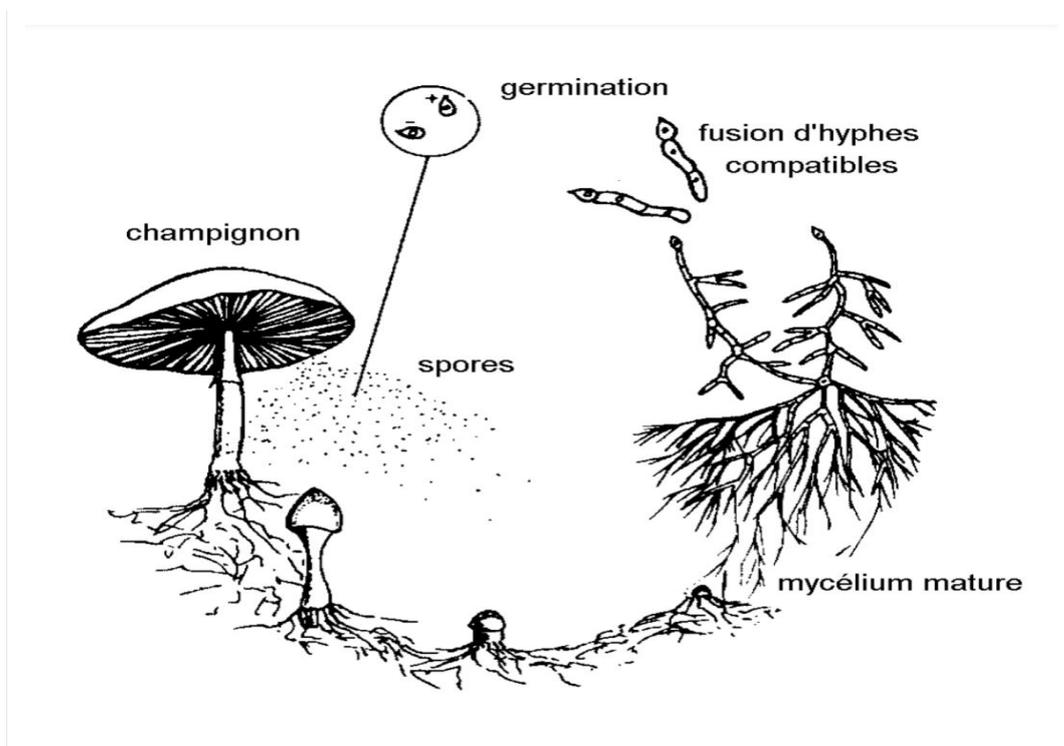
**Figure 1** : Le lactaire muqueux (**Hall et al.,2003**).

## 2. Le cycle de vie du champignon

Le champignon cultivé a deux phases dans sa vie : une phase végétative mycélienne suivie d'une phase reproductrice de fructification. Le passage d'une phase à l'autre se fait par recouvrement du substrat colonisé (**chang, 2008**).

Le mycélium c'est des minuscules fils qui poussent partout sur le substrat collectant les nutriments en dégradant la matière organique. Le milieu de culture préféré varie selon les espèces (**beetz et al., 2004**).

Dans le cycle de vie du champignon, le fruit se produit brièvement. Le réseau mycélien peut rester inactif pendant des mois, parfois des années et ne produire qu'une seule poussée de champignons. Pendant ces quelques semaines de fructification, le mycélium est dans un état de croissance frénétique, amassant des nutriments et formant des masses denses en forme de boules appelées primorida qui finissent par s'agrandir dans la structure imposante du champignon (**figure 2**). Les branchies se développent d'abord à partir du tissu sur la face inférieure de la calotte, apparaissant sous forme de plis, puis devenant des crêtes émoussées et se prolongent finalement en plaques plates alignées verticalement. Ces branchies symétriques disposées efficacement sont peuplées de cellules productrices de spores appelées basides (**Royse, 2004 ; Stamets et al.,1983**).



**Figure 2** : Le cycle de reproduction des champignons (**Oei et Nieuwenhuijzen, 2005**).

### **3. Types de champignons**

On a deux types : comestibles et vénéneux. Il n'existe aucun moyen pratique de distinguer les champignons comestibles des champignons vénéneux. Le groupe comestible est défini comme étant l'ensemble des champignons qui peuvent être mangés tandis que le deuxième groupe concerne les champignons qui ne peuvent pas être mangés car ils représentent un risque pour la santé et la vie humaine (Preechasuk et al.,2019).

### **4. Classification des champignons**

Les champignons supérieurs sont divisés en :

#### **4.1. Ascomycètes**

Les ascomycètes représentent le groupe de champignons le plus grand et le plus diversifié avec environ 65 000 espèces officiellement décrites. Les ascomycètes sont distribués dans le monde entier et existent dans plusieurs habitats, certains d'entre eux ont des effets nocifs tandis que d'autres sont bénéfiques pour les humains, y compris *Penicillium*, *Saccharomyces cerevisiae* (Taylor et al., 2015).

#### **4.2. Basidiomycètes**

Ce groupe ne contient pas moins de 31 000 espèces décrites, on estime qu'environ 37% des champignons décrits lui appartiennent, y compris *Pleurotus ostreatus*. Les basidiomycètes sont des contributeurs importants à plusieurs niveaux de fonctionnement de l'écosystème et ont développé des dépendances aux substrats d'une importance écologique énorme, en particulier dans les écosystèmes forestiers qui représentent une source de nourriture importante pour certains animaux, en particulier pour les insectes (Taylor et al., 2015).

### **5. Intérêts des champignons dans les divers domaines**

#### **5.1. Domaine médical**

Les champignons comestibles ont des teneurs élevées en protéines et en fibres insolubles, les dix-neuf acides aminés, et une faible teneur en lipides et composés bioactifs, ces derniers se sont révélés prometteurs du point de vue immunomodulateurs, antitumoraux, cardiovasculaires, antiviraux, antibactériens, antiparasitaires, hépatoprotecteurs, antioxydants et antidiabétiques (Friedman, 2016 ; Kalač, 2013).

De plus, de nombreuses espèces de champignons sont connus pour leur forte teneur en polysaccharides (alpha-glucanes, bêta-glucanes et chitine), et des molécules capables de moduler la réponse immunitaire chez les animaux et les humains et inhibant la croissance de certaines tumeurs (Villares, 2012).

## **5.2. La nutrition**

Le champignon a une forte teneur en eau (93-95%), il contient des minéraux précieux tels que le fer, le potassium, le phosphore, le calcium, le cuivre, par rapport à la matière sèche, il contient aussi 56% de glucides, 30% de protéines, 2% de matières grasses et aussi 10% de cendres. Il est également riche en Vitamine B et vitamine D (singh, 2017).

Les champignons contiennent une faible quantité de matières grasses (2 à 3 % par rapport à la matière sèche) et sont majoritairement composés d'acides gras insaturés, les acides linoléique et oléique représentent plus des deux tiers du poids de tous les acides gras présents dans les champignons (Marçal et al., 2021).

## **5.3. L'écologie**

Dans le secteur de la culture des champignons, le compostage est une option pour faire la réutilisation du substrat de culture de champignon comme conditionneur ou pesticide naturel exempt d'agents pathogènes dans le sol (Lou et al., 2017).

# **6. *Pleurotus ostreatus***

## **6.1. Qu'est-ce que le pleurote**

C'est un groupe cosmopolite de champignons à haute valeur nutritionnelle et thérapeutiques, en plus d'un large éventail de propriétés biotechnologiques et environnementales (Knop et al., 2015).

Ces basidiomycètes comestibles sont parmi les plus populaires au monde (figure3), d'autant qu'ils atteignent la troisième position dans la production de champignons comestibles, derrière les espèces du genre *Agaricus* et *Lentinula* (Fernandes et al., 2015).



**Figure 3** : Le pleurote en huitre (*Pleurotus ostreatus*) (Russell, 2014).

## 6.2. La description

Les chapeaux de *Pleurotus ostreatus* sont en forme de coquille, semi-circulaires à allongés, les marges sont lisses et parfois ondulées et sont blanchâtres à grisâtres à ocre ; la texture est veloutée, la chair est épaisse et blanche, les branchies sont étroites, la tige est courte, épaisse et blanche et la base étant poilue (Mdconline, 2013). En moyenne, la largeur du chapeau varie entre 2 et 15 cm, la longueur de la tige est d'environ 4 cm et la largeur de la tige est d'environ 2 cm (Mensah, 2015). Le **tableau 1** nous donne une idée claire sur la description et la morphologie de *Pleurotus ostreatus*.

**Tableau 1** : Morphologie du champignon *Pleurotus ostreatus* (Bon., 2004).

Les Pieds	Latéral ou excentrique, Plus ou moins absent.
Chapeau	Superposé ou seul, en forme d'huître ou d'éventail, blanc à maturité, grisâtre, de 2 à 15 cm.
Les lamelles	Longuement décurrentes sur le pied si présent, Blanches.
Les cystides	Flexueuses et marginales.
Le stipe	Court 2 x 1cm, latéral.
La chair	Blanche, une odeur fongique très bonne.
Les spores	Cylindriques, 10-11 x3-4 µm.

### **6.3. Le cycle de vie**

Au cours de leur cycle de vie, les pleurotes passent par une phase végétative et une phase reproductive.

Pour ce qui est de la phase végétative, les mycéliums se développent sous et à l'intérieur du substrat ; les mycéliums jouent un rôle essentiel dans le processus de synthèse des nutriments à partir du substrat, ils libèrent des enzymes qui dégradent les matières organiques mortes en particules plus simples qui sont ensuite absorbées en tant que nutriments (**Temple, 2017 ; Ou, 2017**).

Au cours de la phase reproductive, des fruits appelés carpophores sont produits et, dans des conditions environnementales favorables, les carpophores de champignons peuvent être produites à plusieurs reprises (**Taurachand et Choi, 2004**).

### **6.4. Les conditions optimales pour la fructification**

#### **6.4.1. Température**

Les pleurotes peuvent bien s'adapter sous une température allant de 15 à 30°C, et ils peuvent être cultivés sous conditions climatiques tropicales mais la température optimale pour la croissance du mycélium est de 25°C (**Ogundele et al., 2014 ; Mkhize et al., 2016**).

#### **6.4.2. Humidité**

L'humidité est un facteur essentiel et très important pour la croissance des pleurotes, car l'humidité doit être comprise entre 60 et 85 %. De plus, certaines des études ont rapporté qu'une humidité relative élevée (80–95 %) est nécessaire pour le stade de fructification des pleurotes, donc il est très important d'empêcher le substrat de culture de s'assécher (**Biswas et al., 2011 ; Samuel et al., 2012 ; Ashraf et al., 2013**)

#### **6.4.3. Lumière**

Même s'il n'y a pas d'exigence de lumière pour la croissance du mycélium, la lumière est essentielle pendant la fructification et peut affecter les caractéristiques des champignons telles que la couleur. Les pleurotes ont besoin d'un flux de lumière compris entre 80 et 210 lux pour leur croissance. Lorsque la pièce est complètement sombre, les pleurotes ne produiraient plutôt que des stipes et non pas des chapeaux. S'il y a une quantité insuffisante de lumière dans la pièce, les champignons auraient de petits chapeaux et de longues tiges, cela indique

que la lumière est nécessaire pendant la croissance (Oei et Nieuwenhuijzen, 2005 ; Choi, 2004 ; Bellettini *et al.*, 2019).

#### 6.4.4. Oxygène et dioxyde de carbone

Les pleurotes sont des organismes aérobies et ont besoin d'oxygène pour la respiration et la dégradation de certaines substances, comme la lignine. Pendant la période de fructification, le niveau de CO<sub>2</sub> dans le milieu de croissance doit être inférieur à 0,1 %. En fait, des concentrations élevées de CO<sub>2</sub> sont bonnes pour la croissance mycélienne, mais pas bonnes pour son résultat (Oei et Nieuwenhuijzen, 2005 ; Olivier, 1991).

### 6.5. Caractéristiques nutritionnelles et propriétés médicinales

#### 6.5.1. La valeur nutritionnelle

L'espèce pleurote possède des propriétés gustatives et aromatiques spécifiques. Il est reconnu riche en fibres, protéines et glucides (**tableau 2**). La composition chimique de *Pleurotus ostreatus* peut différer qualitativement et quantitativement selon l'origine, la souche, le procédé d'extraction et les conditions de culture (Wang *et al.*, 2001).

La teneur en protéines de pleurote varie selon les souches, les différences de techniques de culture, composition du substrat, moment de la récolte et aussi de la taille du chapeau. Certains acides gras essentiels sont présents dans les champignons ; cependant pas en quantités significatives. Il a été observé que l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide arachidonique sont présents dans les pleurotes en huitre (Deepalakshmi et Mirunalini, 2014).

**Tableau 2** : Composition nutritionnelle de pleurote en huitre (khan, 2010).

Constituant	Teneur (g/100g champignon séché)
Lipides	0,5-5
Protéines	17-42
Glucides	37-48
Fibres	24-31
Minéraux	4-10
Humidité	85%-87%

### **6.5.2. Propriétés pharmaceutiques et applications médicales**

En plus de leur valeur nutritive exceptionnelle, les scientifiques ont également démontré qu'ils possèdent des propriétés thérapeutiques telles que les propriétés antihypertensives, antioxydantes, antivirales, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et immunomodulatrices, illustrant davantage leur potentiel en tant qu'ingrédients alimentaires de haute gamme (**Carrasco-González *et al.*, 2017**).

En outre, les propriétés pharmaceutiques des pleurotes, ainsi que leur potentiel et efficacité dans le domaine médical, ont été étudiés par plusieurs chercheurs (**Jayakumar *et al.*, 2011**; **Khatun *et al.*, 2015**).

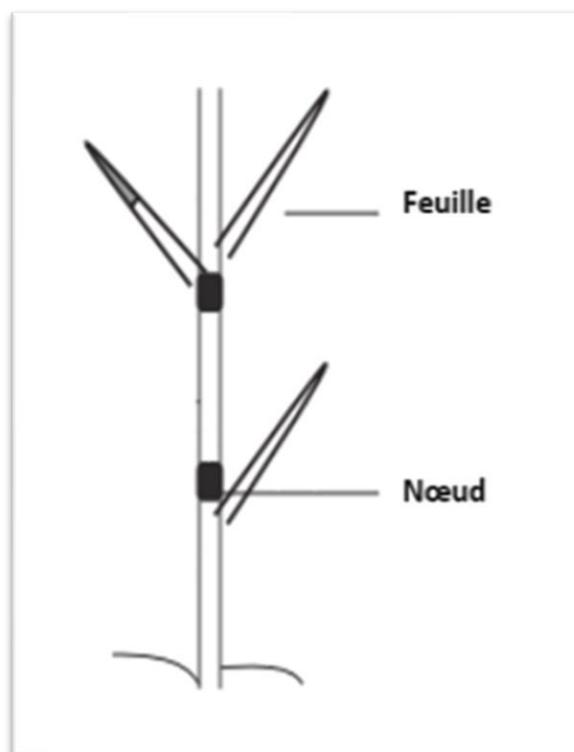
## Chapitre II : Les sous-produits de l'agroalimentaire

La valorisation des déchets du secteur agroalimentaire (sous-produits issus de l'industrie agroalimentaire) peut se montrer de grande valeur économique en transformant des déchets non comestibles en produits comestibles (*Pleurotus ostreatus* dans la présente étude).

### 1. La paille de blé

#### 1.1. Définition et structure morphologique

Le blé (*Triticum aestivum* L.) est la culture la plus répandue dans le monde, cultivée dans plus de 115 pays dans un large éventail de conditions environnementales (Talebnia et al., 2010). La paille de blé est le sous-produit issu lors de la récolte du blé, cette opération est réalisée par une moissonneuse-batteuse dans laquelle les grains sont débarrassés de la paille et des feuilles puis sont rejetées à l'extérieur comme sous forme « d'andains ». La paille se constitue de: tige, nœuds et feuilles et le terme « paille » est utilisé pour désigner les tiges et feuilles sèches débarrassées de grains (Figure 4), la petite partie de la tige qui reste attachée au sol s'appelle le « chaume » (Jacquemin, 2012).



**Figure 4:** Dessin de la paille de blé (Panthapulakkal & Sain, 2015).

## 1.2. Composition chimique de la paille de blé

En générale la paille de blé est composée de 35 à 39% de cellulose, 23 à 30% d'hémicellulose, de 12 à 16 % de lignine, de la cire et des cendres ( **Panthapulakkal & Sain, 2015 ; Srivastava et al., 2020**).

## 1.3. Utilisations de la paille de blé

La paille de blé a traditionnellement été utilisée comme litière pour les animaux et fourrage pour le bétail, pour la fabrication de pâtes et des papiers, pour la production de fibres de cellulose régénérées comme alternative au bois pour les matériaux à base de cellulose, ils peuvent également être utilisés pour d'autres applications industrielles telles que la production de carburants, de produits chimiques, d'enzymes et d'aliments (**Panthapulakkal & Sain, 2015**). La paille de blé peut être ajoutée au sol pour répondre à la demande des cultures en matière de nutriments sans oublier ses bienfaits pour les dents, les gencives et également pour la digestion. Dans un contexte dermatologique, la cendre de paille de blé a été signalée pour éliminer les imperfections de la peau (**Khan & Mubeen, 2012**).

## 2. La margine

La production d'huile d'olive représente l'une des industries agroalimentaires les plus traditionnelles avec une grande importance économique dans la plupart des pays méditerranéens (**Aggoun et al., 2016**).

### 2.1. Définition

La margine est un liquide légèrement acide de haute conductivité qui est de couleur rouge foncé à noir provenant de la transformation mécanique d'*Olea europaea* pendant la production d'huile d'olive, généré à des quantités variant de 400 à 1200 l/tonne d'olives transformées ( **Skaltsounis et al., 2015; El Hassani et al., 2022**).

La margine est une suspension de trois phases : eau, huile et solides (particules écrasées de pâte d'olive et de noyau). Elle a une odeur désagréable marquante et une teneur élevée en matière organique et considéré comme l'un des déchets les plus polluants produits par les industries agro-alimentaires (**Galanakis & Kotsiou, 2017**).

## 2.2. Caractérisation physico-chimique

Selon **Aissam (2003)**, la composition des margines comporte approximativement 83 à 94% d'eau, 4 à 16% de matières organiques et 0,4 à 2,5% de substances minérales et leurs pH varient entre (4 - 5.5). Le **tableau 3** nous donne une idée sur les caractéristiques de trois margines de différentes régions du Maroc.

**Tableau 3** : Caractéristiques des trois margines dans trois régions distinctes du Maroc:(Settat : S, Elkalaa Sraghna : K et Marrakech : M), (**Ouabou et al., 2014**).

	S	K	M
Composés phénoliques (g /L)	2,05	2,06	2,06
Chlorures (g/L)	11,16	24,27	25,48
Conductivité (ms/cm)	24	28,4	29,8
pH	4,75	4,9	4,85
Taux des sucres (g/L)	26,87	18,54	18,29
Matières sèches (g/L)	240	138,44	147,48
Matières minérales (g/L)	23	24,35	22,69
Matières volatiles (g/L)	212	114,09	124,79
Matières en suspension (g/L)	10	5,3	5,1
Taux d'humidité (%)	86	87,6	87,3
Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	1,05	1,03	1,03

## 2.3. Valorisation

Due à sa richesse en éléments nutritifs, minéraux et organiques, la margine a attiré l'attention des chercheurs pour mettre en place de nombreux procédés pour sa valorisation et son exploitation dont parmi on cite celles de la production de compost fertilisant pour les sols, des protéines d'organismes unicellulaires et des enzymes (**Aissam, 2003**) ; extraction et concentration de phénols naturels (**Azzam & Hazaimh, 2021**) et Production de bioénergie et de biocarburants (**Negro et al., 2017**).

La margine peut-être également incorporée dans :

- L'industrie pharmaceutique grâce à ses pouvoirs : antiviral, antibactérien, antioxydant, anti-inflammatoire et dermatologique (**Zahi et al., 2022**).
- Les briques de construction (**Mekki et al., 2008**).

### 3. Le babeurre

#### 3.1. Définition

Dans le secteur de l'industrie laitière, le babeurre est l'un des sous-produits les plus importants et sa définition est très flexible selon la région et le processus avec lequel il est produit (Ali, 2019 ; Conway et al., 2014). On peut le définir comme étant la phase aqueuse obtenue lors du barattage de la crème fraîche dans le but de produire du beurre, il contient alors toutes les composants hydrosolubles de la crème comme les protéines du lait, le lactose et les minéraux (Sodini et al., 2006). Lors du processus du rabattage, les globules gras sont brisés et par la suite la graisse contenue à l'intérieur est libérée. La majorité des composants hydrosolubles ont tendance à migrer vers la phase aqueuse, tandis que les triglycérides s'agglomèrent pour former le beurre (De Bassi et al., 2012).

#### 3.2. Caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles du babeurre

Les propriétés nutritionnelles et gustatives d'un produit issu du babeurre (Tableau 4) sont influencées par la composition chimique de ce dernier (Gebreselassie et al., 2016).

**Tableau 4** : Paramètres physico-chimiques et vitamines du babeurre.

Paramètres physico-chimiques (De Bassi et al., 2012)		Vitamines ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) (Barukčić et al., 2019)	
Solides totaux (%)	$12.61 \pm 0.33$	Thiamine (vitamine B1)	12–34
Protéines (%)	$4.44 \pm 0.05$	Riboflavine (vitamine B2)	48–202
Lipides (%)	$1.18 \pm 0.04$	Acide pantothénique (vitamine B5)	44–68
Cendres (%)	$0.67 \pm 0.05$	Pyridoxine (vitamine B6)	32–96
pH	$6.58 \pm 0.01$	Niacine (vitamine B3)	44–68

#### 3.3. Utilisation

En raison de ses bonnes caractéristiques technologiques et de ses excellentes propriétés nutritionnelles et bénéfiques pour la santé, le babeurre trouve de plus en plus d'applications dans l'industrie agroalimentaire, il a été prouvé utile dans la fabrication des crèmes glacées en améliorant leurs textures, leurs qualités sensorielles et nutritionnelles (Szkolnicka et al., 2020). Il peut être également utilisée comme matière première ou additif dans la fabrication des fromages (Hickey et al., 2018 ; Skryplonek et al., 2019). De plus, se servir du babeurre

comme additif pour le yaourt faible en gras améliore sa saveur et son profil de composés volatils (Zhao et al., 2018).

## 4. L'eau de pomme de terre

### 4.1. Définition

C'est l'eau produit lors des processus de traitement industrielle de la pomme de terre (Torres & Domínguez, 2020), pendant le lavage, l'épluchage, la garniture, le tranchage et le blanchiment qui génèrent des eaux usées à forte teneur en amidon (Wang et al., 2006 ; Catarino et al., 2007). Ce déchet est généré en grandes quantités (~20 m<sup>3</sup>/ton de pomme de terre), il est disponible pendant toute l'année, biodégradable, non toxique, mais peut être dangereux pour l'environnement en cas de mauvaise gestion, notamment pour le sol (Petruccioli et al., 2011 ; Kot et al., 2020).

### 4.2. Caractéristiques physico-chimiques

En étudiant l'eau de lavage de la pomme de terre d'une usine situé à Istanbul, Koby et al., (2006) ont trouvé que le pH de cette eau est compris entre 6.2 et 6.5, sa conductivité est comprise entre 1.90 et 2.40mS/cm.

**Tableau 5** : composition de l'eau de pomme de terre Collectée de: Freer Foods Pty Ltd, Brisbane (Huang et al., 2003).

Composition (en g/L)	
Solides totaux	18–40
Solides insolubles totaux	4.8–6.4
Matières solides en suspension	3.05–4.2
Solides volatils en suspension	2.1–3.7
Amidon	20–25
Sucres réducteurs	0.8–1.2
Teneur totale en protéines	3.62–5.43
Azote	0.58–0.86

### 4.3. Valorisation

De façon générale, l'eau de pomme de terre est valorisée par la récupération d'amidon, d'huile, de graisse et de l'eau (**Catarino et al., 2007**). En outre, et grâce à sa richesse en composés organiques (notamment les glucides), protéines et vitamines (**Koby et al., 2006**), elle trouve pas mal d'autres applications dans le domaine de la biotechnologie comme substrat pour:

- Les champignons oléagineux dans la production des lipides microbiens et l'acide  $\gamma$ -linoléique (**Muniraj et al., 2015**).

- Les microorganismes dans la transformation de l'énergie chimique en énergie électrique par MFC ( de l'anglais : Microbial Fuel Cell), (**Li et al., 2014**).

- Les microalgues dans la production des pigments (**Yuan et al., 2021**).

# Partie II

## **Matériel et méthodes**

## 1. Matériel

### 1.1. Préparation de la salle

Notre travail a été réalisé dans la salle de culture et au niveau la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers à l'université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.

Les murs ont été isolés par composite polyester pour l'isolation thermique du milieu extérieur. Un climatiseur en plus de trois extracteurs d'air ont été installés par l'équipe de culture de l'année universitaire 2020-2021.

Nous avons commencé par la séparation de la salle verticalement et horizontalement par deux bâches en plastique. Pour la séparation verticale nous avons utilisé une bâche noire opaque en laissant un passage refermable entre le côté d'incubation et le côté de fructification, cette bâche est fixée de façon à préserver la différence de température entre les deux côtés. Dans la séparation horizontale, nous avons utilisé aussi une bâche en plastique transparente afin de limiter la hauteur dans le but de maintenir un taux élevé en humidité dont le champignon a besoin pendant la phase de fructification (**Figure 5**).



**Figure 5** : séparation verticale et horizontale de la salle de culture (photo originale).

Ensuite nous avons placé un thermo-hygromètre pour vérifier l'humidité et la température (**Figure 6**) et pour finir nous avons apporté une balance et quatre barils en plastiques pour préparer les mélanges.



**Figure 6** : le thermo-hygromètre pendant la 2<sup>ème</sup> phase (photo originale).

### 1.2. L'origine de mycélium

Le mycélium utilisé dans notre travail est de provenance d'une unité de production de mycélium située à Akfadou wilaya de Béjaïa. Ce lot de mycélium a été cultivé durant le mois de janvier 2022. Le constat fait est que le support du mycélium est à base de maïs et qui constitue un bon substrat de développement du mycélium car selon **Ignjatovic-Micic et al., (2015)** il contient généralement 71,7% d'amidon, 9,5% de protéines, 4,3% d'huile, 1,4 % de cendres et 2,6 % de sucre.

### 1.3. Stockage et conservation

Notre mycélium a été stocké dans des sacs en polypropylène bouchonnés en coton, transporté de Bejaia à Tlemcen dans une glacière et une fois arrivée le lot de mycélium a été immédiatement conservé au réfrigérateur à une température comprise entre 4 et 6°C jusqu'à son utilisation (**Figure 7**).



**Figure 7** : stockage du mycélium (photo originale).

#### **1.4. Milieu et substrat de culture**

La paille de blé est parmi les principaux substrats de la culture des pleurotes, bien que son utilisation puisse atteindre des rendements adéquats en ajoutant des suppléments qui augmentent principalement le rendement (**Baysal, 2003**).

Dans notre étude, nous avons utilisé trois suppléments liquides : la margine, le babeurre et l'eau de pomme de terre pour mouiller la paille de blé (**Tableau 6**).

La paille de blé utilisé dans la culture a été broyée dans une ferme à Ain El Hout situé près de Chetouane (Wilaya de Tlemcen), les fragments obtenus avaient une longueur comprise entre 3 et 5 cm.

**Tableau 6** : origine des substrats.

Les substrats	L'origine
La paille de blé	Obtenu du marché de bétail situé à Hennaya (Tlemcen).
La margine	Récupérée d'une huilerie située à Ouzidane (Tlemcen).
L'eau de pomme de terre	Obtenue à partir d'un restaurant situé à Boudghene (Tlemcen).
Le babeurre	Récupéré de la laiterie Giplait située à Abou Tachefine (Tlemcen).

## 2. Méthodes

### 2.1. Préparation des mélanges

Dans la phase de préparation de mélange nous avons réalisé quatre concentrations de chaque mélange de (paille + agent de mouillage), les agents de mouillages sont dilué par addition de l'eau de robinet pour obtenir les concentrations de 25, 50 et 75% sauf pour la concentration de 100% où cet agent de mouillage a été utilisé sous sa forme brute donc sans qu'il y ai une addition d'eau. La préparation est réalisée de façon à obtenir sept répétitions de 500g de paille de chaque concentration. L'objectif des répétitions est d'augmenter la fiabilité des résultats obtenus et amoindrir le risque d'échec de l'étude à cause des contaminations.

Premièrement, 3500g de paille est mise dans chaque'un des quatre barils puis nous avons ajouté l'agent de mouillage déjà dilué et préparé comme c'est mentionné ci-dessus (**Figure 8**). Ensuite, chaque préparation est mélangée à l'aide d'un bâton en bois pendant 10 minutes et laissée 24 heures dans les barils pour que la paille absorbe bien le substrat liquide.



**Figure 8** : Mélange de paille + babeurre 25% (photo originale).

Après 24 heures, la paille bien humide a été étalée sur des sacs en jute à l'ombre (Figure 9) pour réduire l'humidité à un taux acceptable pour la culture et ensuite, le mélange est pesé pour définir la quantité de chaux à ajouter pour optimiser le pH, la détermination de la quantité de chaux à ajouter est réalisée préalablement au laboratoire de microbiologie à l'aide d'un pH-mètre sur des échantillon de 100g pour chaque substrat (tableau 7).



**Figure 9** : Etalage et addition de chaux sur le mélange paille + margine 50% (photos originales).

Finalement, le mélange est introduit dans des sachets en polypropylène stérilisables que sont après bien fermés et étiquetés selon le type de substrat et sa concentration. Nous avons appliqué le même processus aux trois substrats.

**Tableau 7** : Constituants des mélanges.

	C (%)	pH initial	Poids de chaux ajouté (g/100g)	pH final	Poids Total du mélange après mouillage (g)	Poids Total de chaux (g)	Volume total du substrat liquide (L)	Poids de paille par sac (g)	Poids final de substrat liquide par sac (g)
<b>MRG</b>	25	5,9	0,25	7,2	15700	39,25	7,5	500	1743
	50	5,3	0,5	7,8	15700	75	15	500	1743
	75	5	1,5	8,1	15940	239	22,5	500	1777
	100	4,8	2,5	8,3	18455	461	30	500	2136
<b>BAB</b>	25	6,8	0,05	7	12125	4,21	7,5	500	1232
	50	6,8	0,25	7,2	11700	29,35	15	500	1177
	75	7	0,35	7,5	11730	41	22,5	500	1175
	100	7,2	0,5	8	11520	57,6	30	500	1145
<b>PDT</b>	25	6,8	0,25	7	11415	28,5	7,5	500	1130
	50	6,7	0,5	7	12690	63,5	15	500	1112
	75	6,5	1	7,2	11760	117,6	22,5	500	1180
	100	6,4	1,5	7,2	11495	172,5	30	500	1100

## 2.2. La stérilisation

La stérilisation des sachets remplis et fermés est partagée entre deux procédés, la cocotte et l'autoclave, pour la cocote nous avons commencé par mettre une petite quantité d'eau au fond avec des pierres et un sac de jute à l'intérieur pour éviter le contact direct des sachets en polypropylène avec l'eau bouillante ou la paroi métallique de la cocotte, le niveau d'eau est ajusté entre chaque stérilisation qui dure 45 minutes. Concernant l'autoclave c'est simple, il suffit de mettre les sachets dedans et de régler la température et le compte à rebours à 121°C/30min (**figure 10**).



**Figure 10** : Stérilisation par l'autoclave (gauche) et la cocotte (droite) (photos originales).

### 2.3. L'inoculation

Après leur refroidissement, les sachets sont transférés au laboratoire pédagogique du pôle microbiologie de notre faculté pour effectuer l'inoculation qui nécessite un milieu stérile, cette opération a été réalisée sous une hotte à flux laminaire et à côté d'un bec bunsen.

Tout d'abords, nos mains et la surface de travail de la hotte ont été stérilisé par l'éthanol 70%, ensuite les sachets ont été ouvert dans la hotte et un creux central a été créé en écartant le substrat des centres des sachets à l'aide d'une spatule en inox préalablement stérilisée à l'autoclave, dans ce creux nous avons mis 50 g de mycélium c'est-à-dire inoculation à raison de 10% (**figure 11**) et finalement les sachets ont été refermé pour être transféré vers la salle de culture pour commencer l'incubation.



**Figure 11** : L'opération d'inoculation (photos originales).

#### 2.4. L'incubation

Après l'inoculation, les sachets ont été déplacés à nouveau vers la salle dans un espace propre pour éviter leur contamination (**figure 12**). Dans cette phase nous nous sommes assurés que la température soit comprise entre 23 et 25 °C et le taux d'humidité entre 65 et 80%, ces deux facteurs représentent les conditions optimales de culture et à l'envahissement du mycélium.



**Figure 12** : Les sachets de MRG pendant la phase d'incubation (photo originale).

La vitesse d'envahissement a été classée en trois classes : **1** (lente : entre 43 jours et plus), **2** (moyenne : entre 36 et 42,99 jours) et **3** (rapide : entre 28 et 35,99 jours).

### **2.5. La fructification**

Cette phase commence lorsque le mycélium couvre toute la surface le sachet (**Figure 13**). Les sachets complètement envahis ont été déplacé vers le côté dédié à la fructification avec une température comprise entre 16 et 20 °C et un taux humidité de 80 à 95%.



**Figure 13** : Les sachets de MRG pendant la phase de fructification (**photo originale**).

# Partie III

## **Résultats et discussion**

## 1. La croissance mycélienne

La 1<sup>ère</sup> phase de la culture des champignons est celle comprise entre l'inoculation et la mise en fructification, dans cette phase nous nous sommes intéressés à la vitesse d'envahissement des substrats par le mycélium. La durée d'envahissement variait entre 28,6 et 52 jours en fonction des substrats et leurs pourcentages dans chaque mélange (**Figure 14**).



**Figure 14** : Aspect des sachets pendant et après la phase d'envahissement (photos originales).

### 1.1. La margine

Les résultats montrant les vitesses d'envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* pour chaque substrat (paille mouillée par les différents pourcentages de margine) sont regroupés dans le **tableau 8**.

**Tableau 8** : Durée d'envahissement des différentes concentrations du substrat MRG.

Les substrats	La durée d'envahissement
Paille + MRG (25%)	34 jours
Paille + MRG (50%)	36,6 jours
Paille + MRG (75%)	33,9 jours
Paille + MRG (100%)	40,3 jours

A travers le **tableau 8**, il apparaît clairement que la vitesse de croissance sur la paille mouillée par les différentes concentrations de margine n'est pas homogène, car selon le classement des vitesses d'envahissement que nous avons proposé, la vitesse était rapide pour les concentrations 25 et 75% alors qu'elle été moyenne pour les concentrations 50 et 100%.

## 1.2. Le babeurre

Les résultats montrant les vitesses d'envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* pour chaque substrat (paille mouillée par les différents pourcentages de babeurre) sont regroupés dans le **tableau 9**.

Ce tableau nous montre que la vitesse de croissance du mycélium des pleurotes sur la paille mouillée par les différentes concentrations du babeurre a été classé rapide pour toutes les concentrations à part celle de 100% où le mycélium n'a pas envahi la totalité du sachet et nous l'avons considéré comme étant un échec d'envahissement.

**Tableau 9** : Durée d'envahissement des différentes concentrations du substrat BAB.

Les substrats	La durée d'envahissement
Paille + BAB (25%)	28,6 jours
Paille + BAB (50%)	29,7 jours
Paille + BAB (75%)	31,5 jours
Paille + BAB (100%)	/

## 1.3. L'eau de pomme de terre

Les résultats montrant les vitesses d'envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* pour chaque substrat (paille mouillée par les différents pourcentages d'eau de pomme de terre) sont regroupés dans le **tableau 10**.

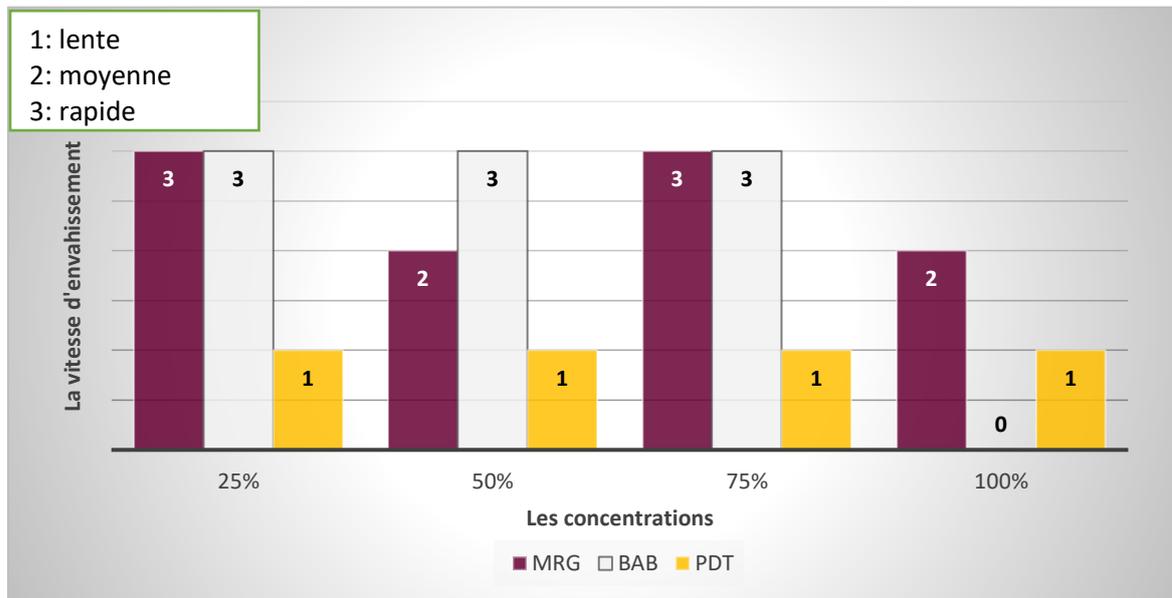
**Tableau 10** : Durée d'envahissement des différentes concentrations du substrat PDT.

Les substrats	La durée d'envahissement
Paille + PDT (25%)	51 jours
Paille + PDT (50%)	50 jours
Paille + PDT (75%)	48 jours
Paille + PDT (100%)	52 jours

D'après le **tableau 10** nous constatons que la vitesse d'envahissement du mycélium du pleurote étudié sur la paille mouillée par les différentes concentrations d'eau de pomme de terre était lente pour toutes les concentrations étudiées.

## 1.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations

En faisant la comparaison entre les différents substrats et leurs concentrations, nous distinguons que les vitesses d'envahissement les plus rapides étaient dans les concentrations 25% et 75% des substrats MRG et BAB alors que le PDT avait la vitesse la plus lente dans toutes ses concentrations. Nous remarquons aussi une vitesse moyenne de l'envahissement de la MRG dans les concentrations 50% et 100% (**figure 15**).



**Figure 15** : Des vitesses d'envahissement du mycélium des différentes concentrations des substrats étudiés.

## 2. La fructification

La baisse de la température est cruciale pour lancer la fructification des champignons, il doit être appliqué dès que le mycélium envahit totalement le substrat. De ce fait, la fructification nécessite une température d'environ 15°C. Pendant l'incubation du mycélium, l'humidité de l'air doit être comprise entre 80% et 85%, et lors de la fructification elle doit être comprise entre 80% et 95% (Olivier *et al.*, 1991). La lumière n'est nécessaire qu'au cours de la fructification (Oei et Nieuwenhuijzen, 2005).

Les données citées dans le **tableau 11** représentent les données de température et d'humidité durant la phase de fructification.

**Tableau 11** : Les niveaux de température et d'humidité durant la fructification.

<b>Date</b>	<b>Heure</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Humidité</b>
10/04/2022	10 :27	16,1	96,4 %
12/04/2022	11 :10	16,6	93,6 %
14/04/2022	09 :15	16,4	95,3 %
16/04/2022	10 :55	16,7	93,7 %
19/04/2022	10 :33	16,9	92,5 %
21/04/2022	10 :46	16,8	93,8 %
23/04/2022	11 :13	16,9	91,2 %
25/04/2022	9 :44	17,1	89,7 %
28/04/2022	10 :25	17,1	89,3 %
30/04/2022	10 :56	17,5	86,9 %
04/05/2022	11 :58	17,9	86,3 %
05/05/2022	10 :15	17,6	85,2 %
07/05/2022	10 :22	17,8	84,9 %
10/05/2022	9 :38	18,0	83,5 %
12/05/2022	10 :17	18,3	82,0 %
15/05/2022	10 :49	18,6	82,1 %
	<b>Moyenne</b>	17,3	89,2%

### 2.1. Le poids des champignons récoltés

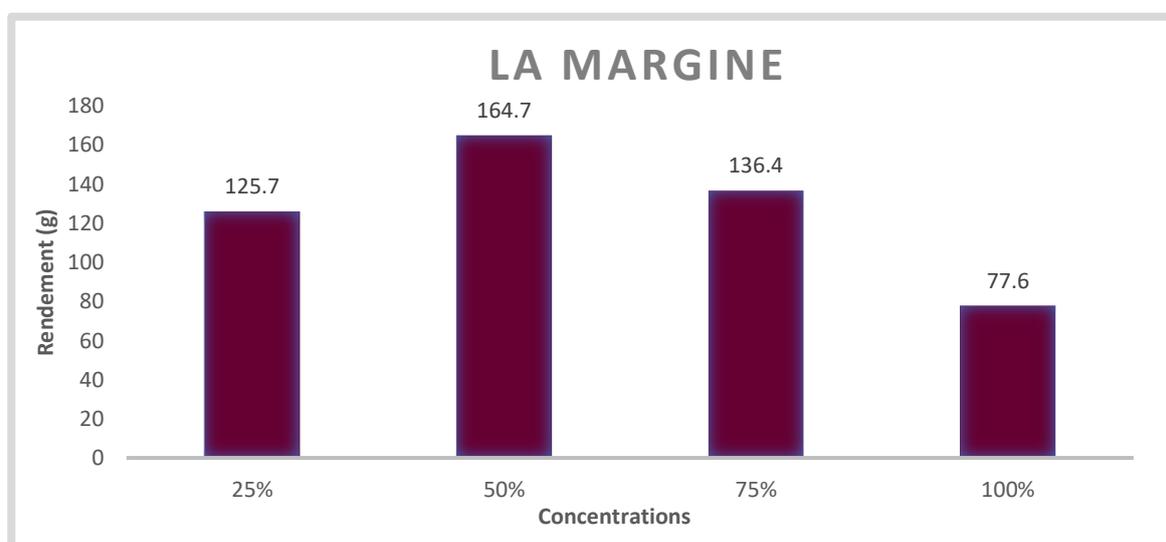
Le **tableau 12** nous donne une idée sur le poids des champignons récoltés au cours de notre expérimentation menée sur la culture des pleurotes sur de la paille mouillée avec différents substrats liquide à savoir de la margine, du babeurre et de l'eau de lavage de la pomme de terre,

**Tableau 12** : Poids des récoltes des champignons cultivés sur de la paille mouillée avec différents substrats et à différentes concentrations,

Substrats	Concentration	1 <sup>ère</sup> récolte (g)	2 <sup>ème</sup> récolte (g)	3 <sup>ème</sup> récolte (g)	Poids moyens des récoltes (g)	Poids Total des récoltes (g)
MRG	25%	166,6	74,6	/	125,7	1131
	50%	224,8	99,3	66	164,7	1812
	75%	177	131,2	70,8	136,4	2182
	100%	77,6	/	/	77,6	388
BAB	25%	98	51,3	/	77,4	697
	50%	95,6	42,7	49	67,5	878
	75%	/	/	/	/	/
	100%	/	/	/	/	/
PDT	25%	117	/	/	117	117
	50%	/	/	/	/	/
	75%	/	/	/	/	/
	100%	/	/	/	/	/

### 2.1.1. La margine

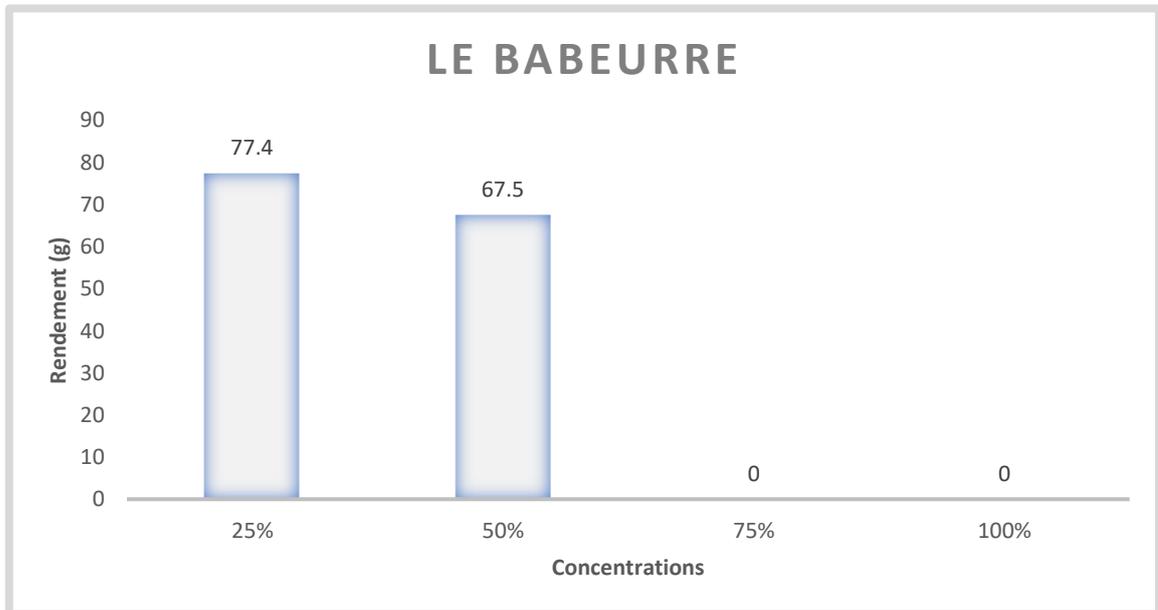
La **figure 16** montre le rendement en champignons cultivé sur de la paille mouillée par différentes concentrations de MRG, A travers cette figure, nous observons que le meilleur rendement est celui du lot de la paille mouillée par de la MRG concentrée à 50% qui a donné un poids de 164,7g, suivit par les lots de paille mouillée avec de la margine aux concentrations de 75% et 25% en enregistrant des poids respectif de 136,4 et 125,7g et en dernière position le lot de paille mouillée avec de la margine à 100% avec seulement 77,6 g,



**Figure 16** : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de MRG,

### 2.1.2. Le babeurre

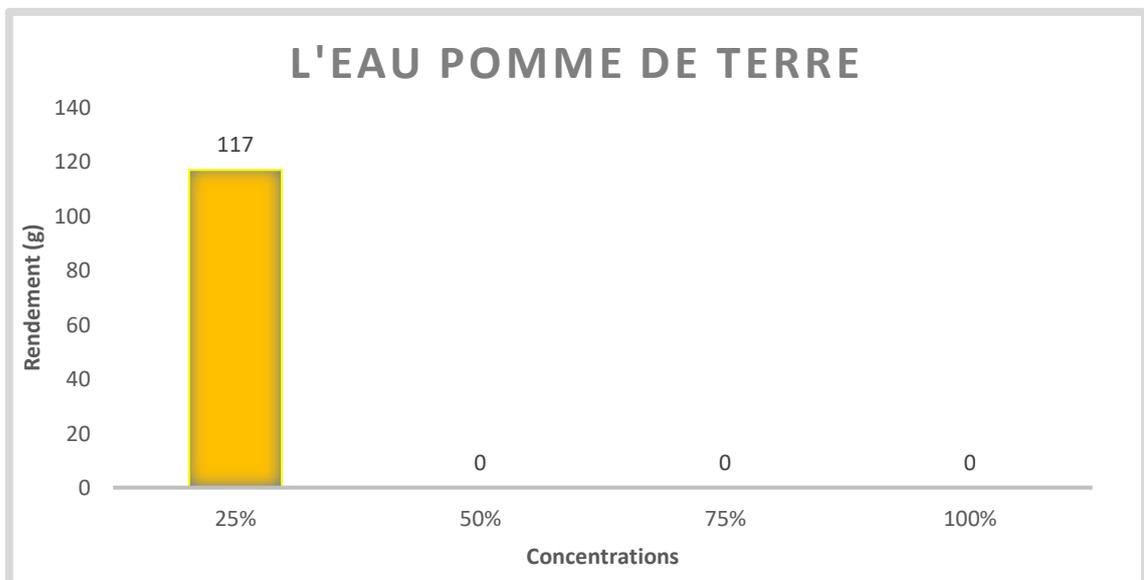
A travers la **figure 17** nous remarquons que l'ajout de BAB à 50% à la paille n'a pas amélioré le rendement de production de champignon comparé à celui de 25% qui a donné un poids légèrement supérieur à 50%,



**Figure 17** : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de BAB,

### 2.1.3. L'eau de pomme de terre

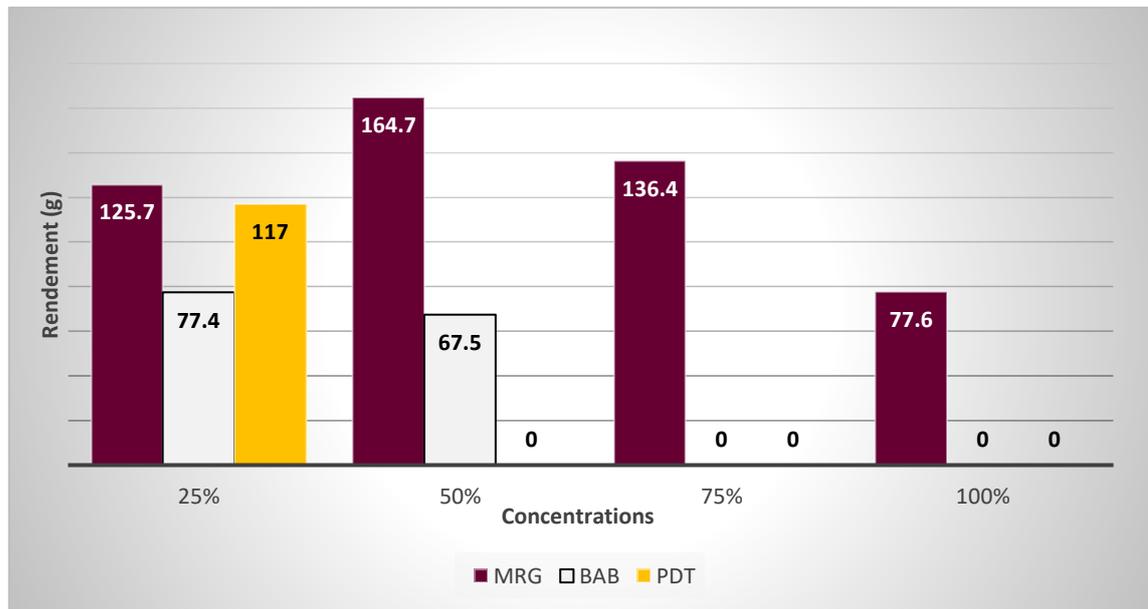
La **figure 18** montre la seule récolte qu'on a pu obtenir de PDT dans cette étude,



**Figure 18** : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de PDT,

### 2.1.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations

En faisant la comparaison entre les différents substrats et à différentes concentrations, la **figure 19** nous montre que le rendement le plus élevé est celui enregistré par la MRG aux concentrations de 50% et 75% suivi par les rendements moyens enregistrés par la MRG et la PDT à la concentration de 25% et les plus faibles rendements ont été enregistrés par le BAB aux concentrations de 25% et 50 %, Pour ce qui est des concentrations de 75% et de 100% pour le BAB et la PDT le temps ne nous a pas permis de récolter leurs résultats,

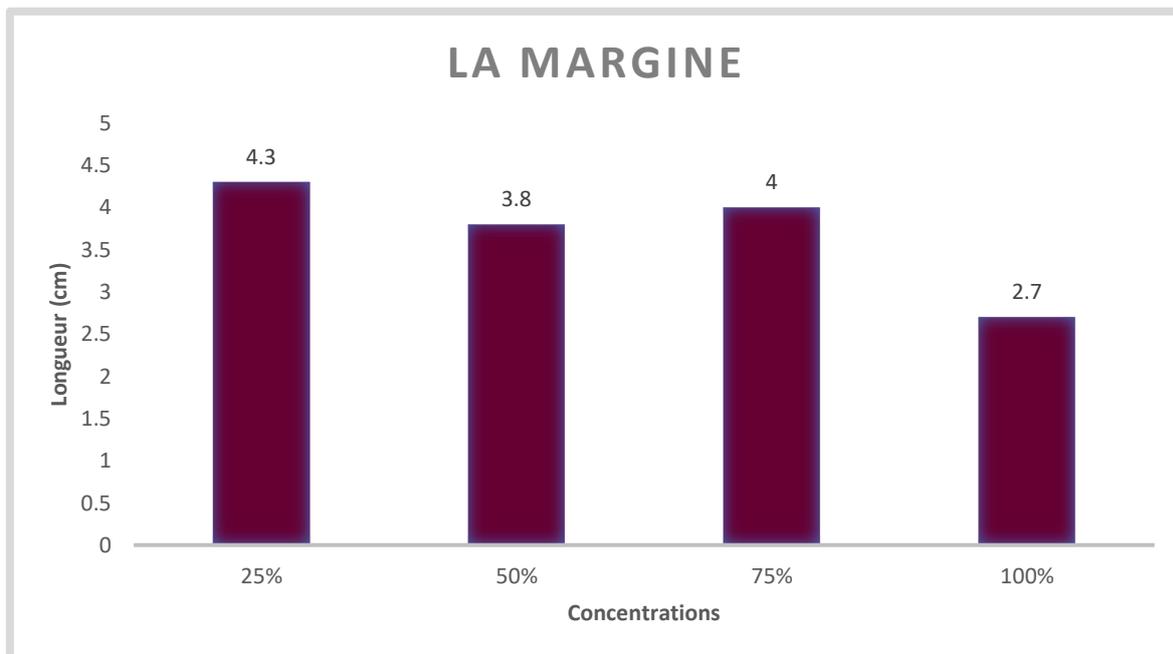


**Figure 19** : Rendement des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différents substrat liquides et à différentes concentrations,

## 2.2. La longueur moyenne des pieds

### 2.2.1. La margine

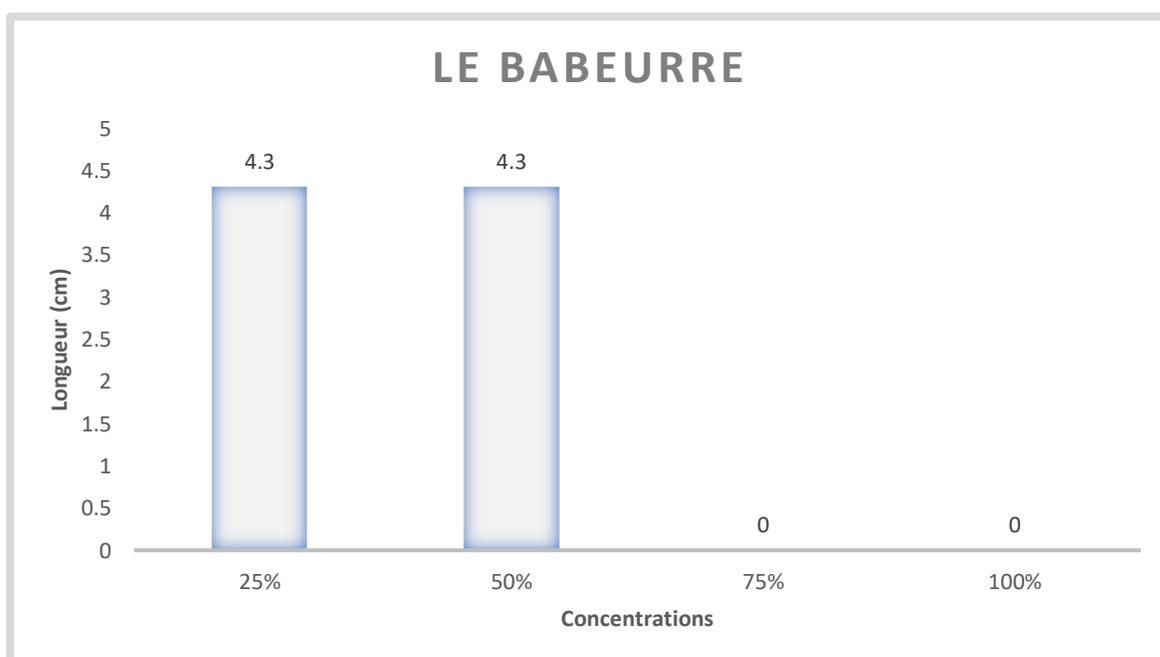
La **figure 20** montre une longueur moyenne proche dans les concentrations 25%, 50%, 100% mais celles de la concentration 100% ont données une longueur de pied la plus faible en enregistrant 2,7cm de longueur,



**Figure 20** : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de MRG,

### 2.2.2. Le babeurre

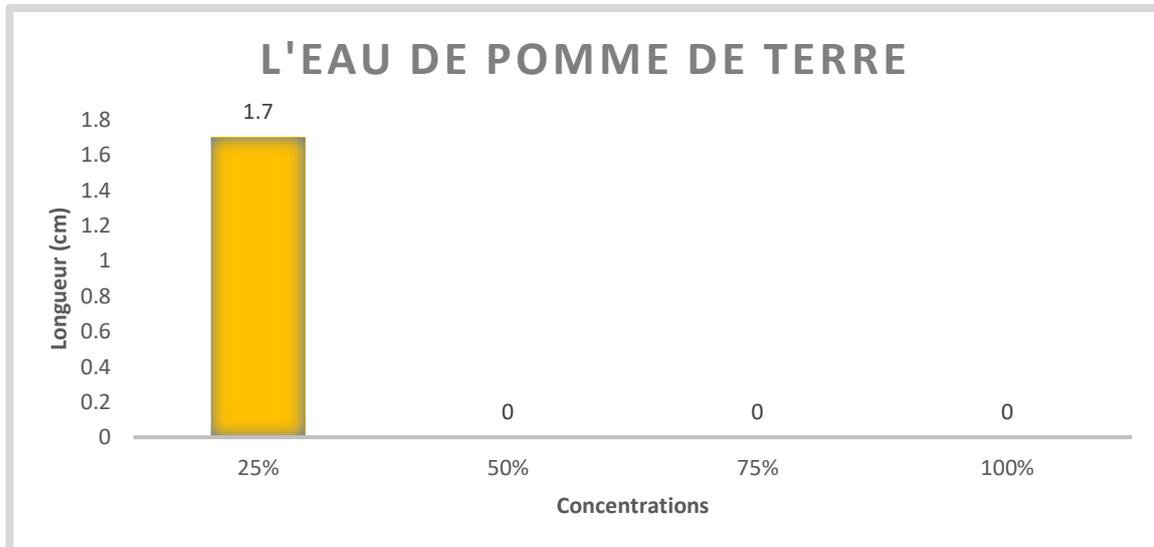
La **figure 21** montre une longueur identique de 4,3 cm pour les concentrations 25% et 50%,



**Figure 21** : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de BAB,

### 2.2.3. L'eau de pomme de terre

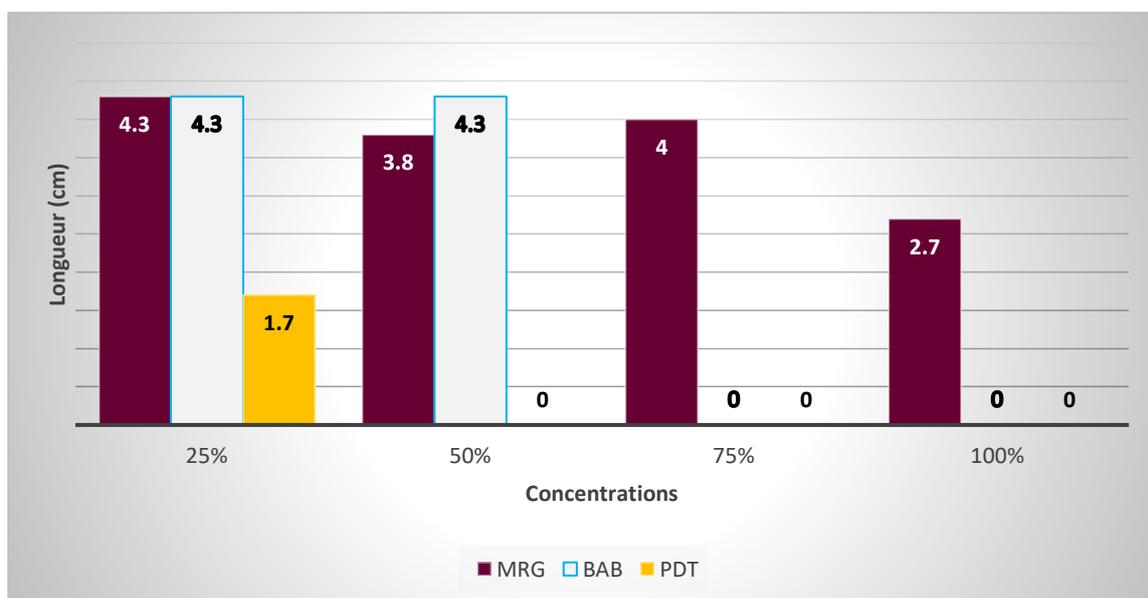
La **figure 22** montre la longueur moyenne des pieds des carpophores de la seule récolte issu de la culture des pleurotes sur du substrat de PDT est celle de la concentration 25% en enregistrant une longueur de pied de 1,7cm,



**Figure 22** : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différentes concentrations de PDT,

### 2.2.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations

Dans la **figure 23** nous observons alors que la plus grande longueur des pieds était dans les mélanges MRG/25%,50%,75% et BAB/25%,50%, une longueur moyenne par MRG dans la concentration 100%, et le meilleur résultat enregistré de la plus petite longueur est marquée par PDT/25% avec seulement 1,7 cm,

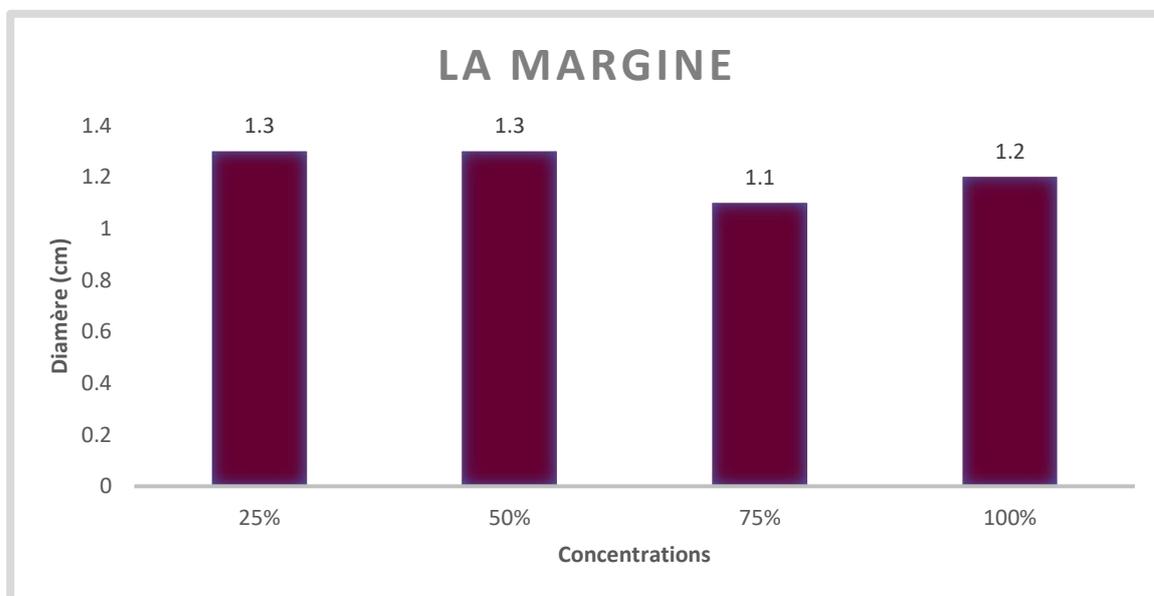


**Figure 23** : Longueur des pieds des pleurotes cultivés sur de la paille mouillée avec différents substrats liquides et à différentes concentrations,

## 2.3. Le diamètre moyen des pieds

### 2.3.1. La margine

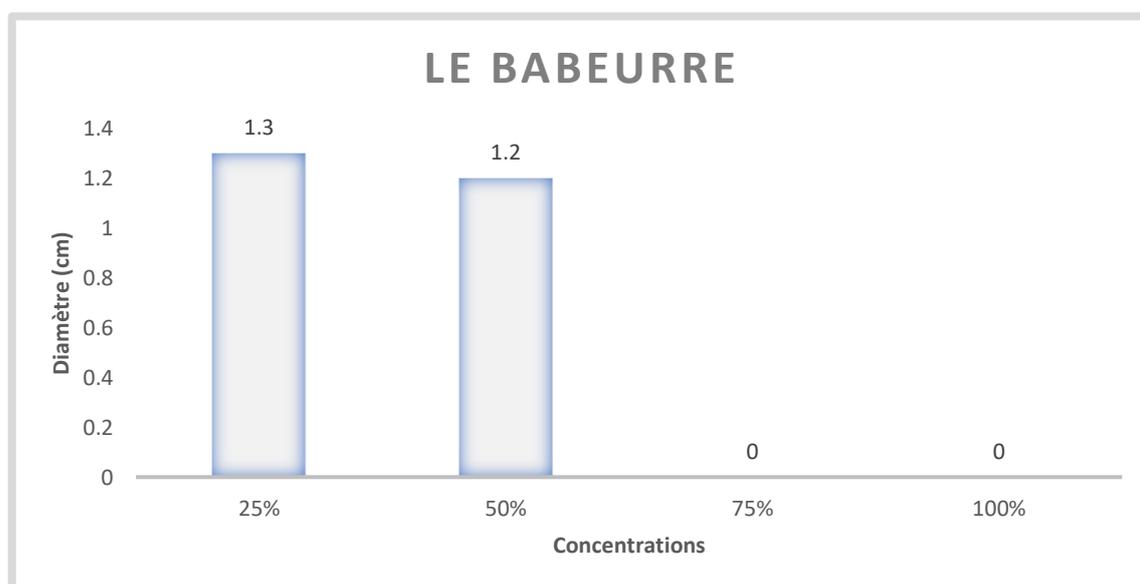
La **figure 24** montre que les diamètres des pieds carpophores sont presque identiques dans les différentes concentrations du substrat MRG,



**Figure 24** : Le diamètre moyen des pieds dans les différentes concentrations de MRG,

### 2.3.2. Le babeurre

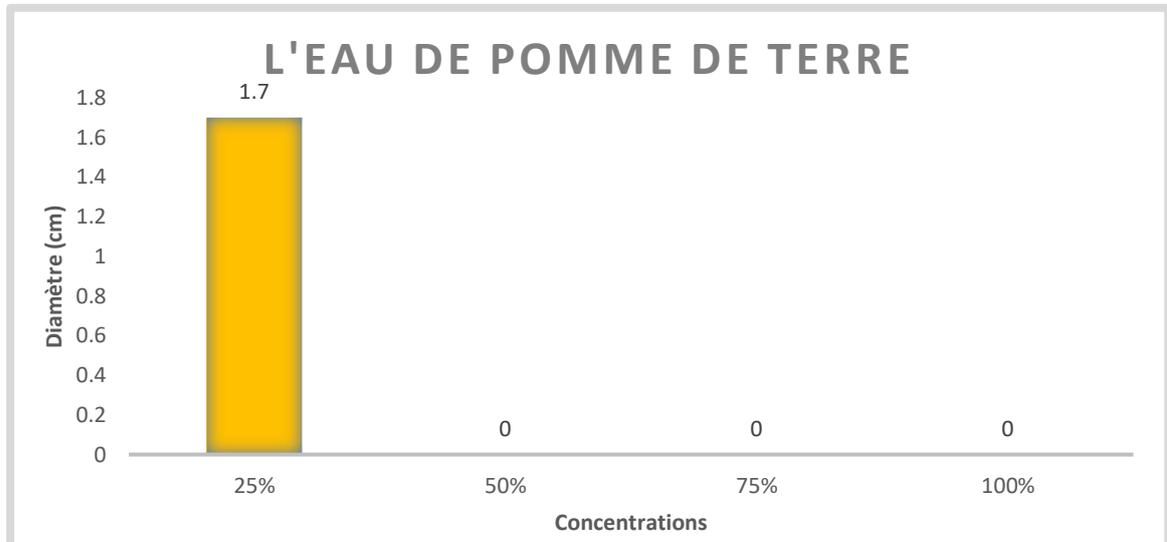
Le constat tiré de la **figure 25** est que les diamètres des pieds carpophores des champignons sont presque identiques avec 1,2 cm pour les deux concentrations du substrat BAB qui a servi d'agent de mouillage de la paille,



**Figure 25** : Le diamètre moyen des pieds dans les différentes concentrations de MRG,

### 2.3.3. L'eau de pomme de terre

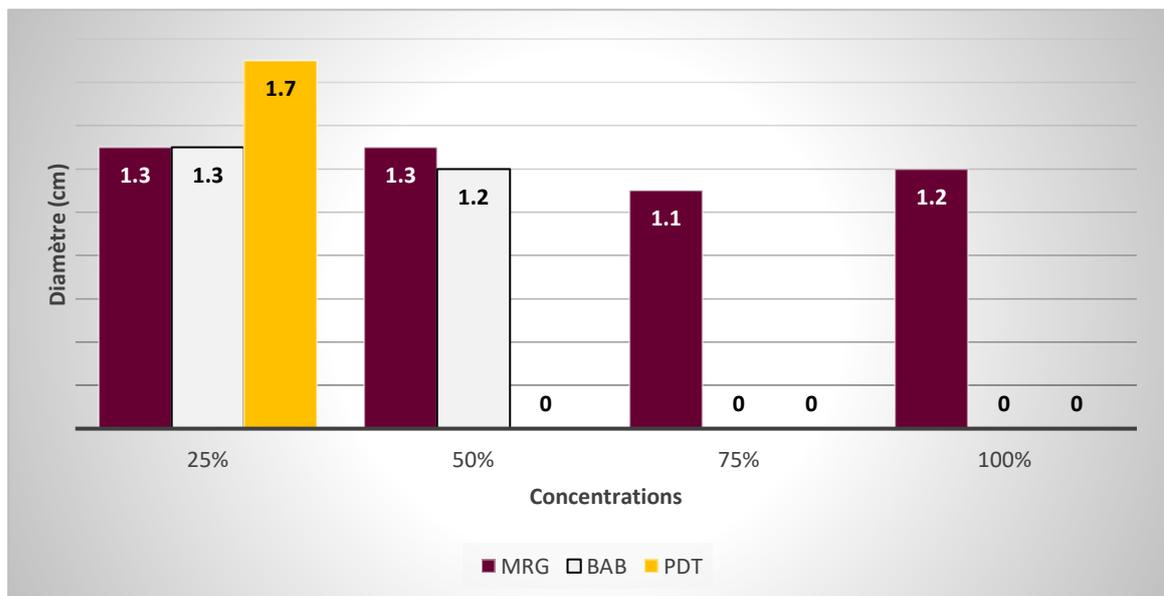
A travers la **figure 26** nous remarquons que la seule récolte effectuée du substrat PDT de la concentration 25% a donné un diamètre moyen des pieds des carpophores des pleurotes avec 1,7cm.



**Figure 26** : Le diamètre moyen des pieds dans les différentes concentrations de PDT,

### 2.3.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations

Dans la **figure 27** remarquons que MRG et BAB ont presque le même diamètre dans toutes les différentes concentrations sauf PDT qui a une valeur un peu plus élevée,

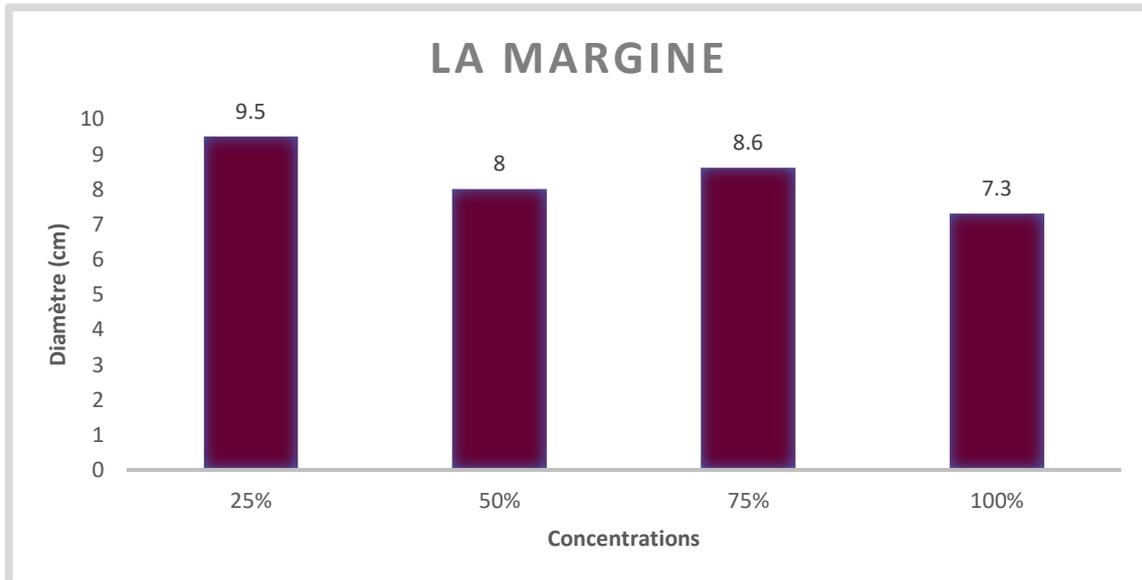


**Figure 27** : Le diamètre moyen des pieds dans les différents substrats et concentrations,

## 2.4. Le diamètre moyen des chapeaux

### 2.4.1. La margine

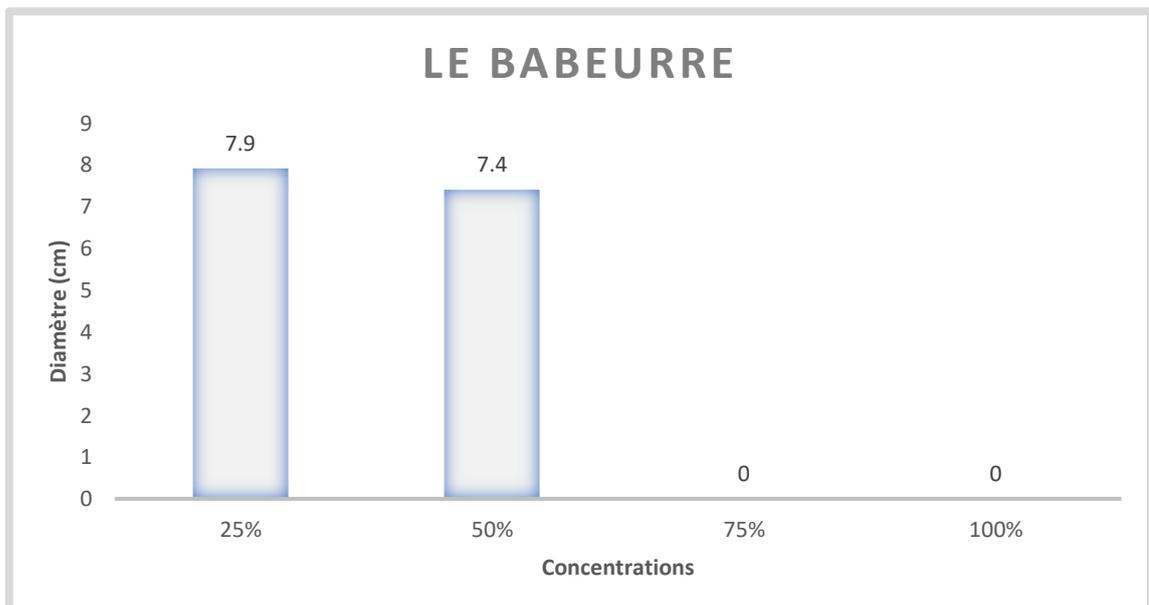
Nous remarquons dans la **figure 28** que le plus grand diamètre dans le substrat MRG est celui de la concentration 25% suivi par la concentration 75%, les concentrations 50% et 100% viennent en 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> position,



**Figure 28** : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différentes concentrations de MRG,

### 2.4.2. Le babeurre

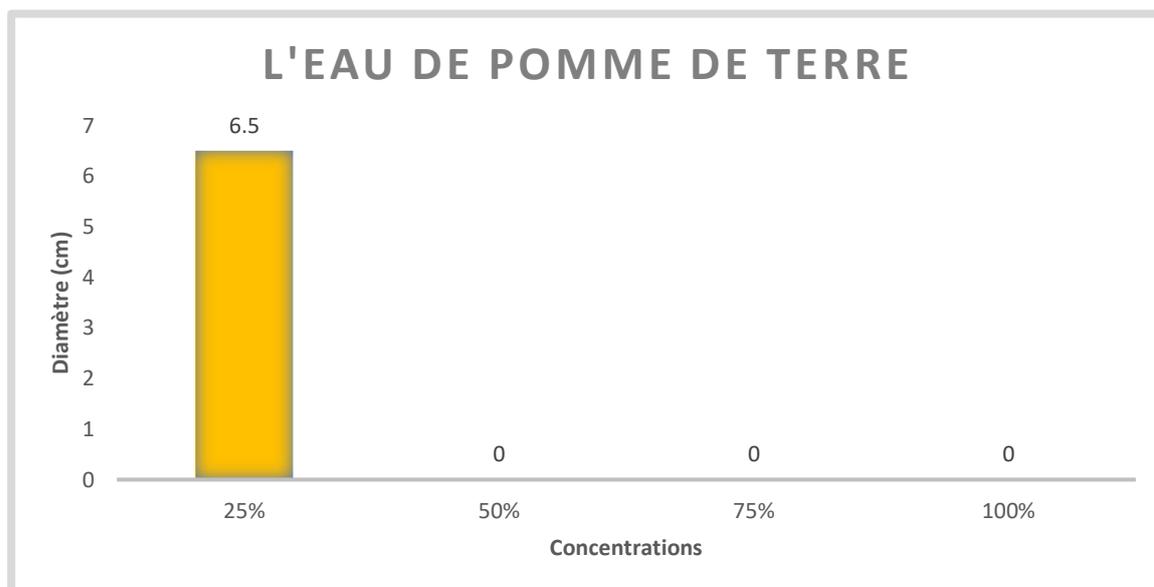
La **figure 29** montre que le plus grand diamètre dans le substrat BAB est celui de la concentration 25% suivi par la concentration 50% mais les valeurs restent proches quand même,



**Figure 29** : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différentes concentrations du BAB,

### 2.4.3. L'eau de pomme de terre

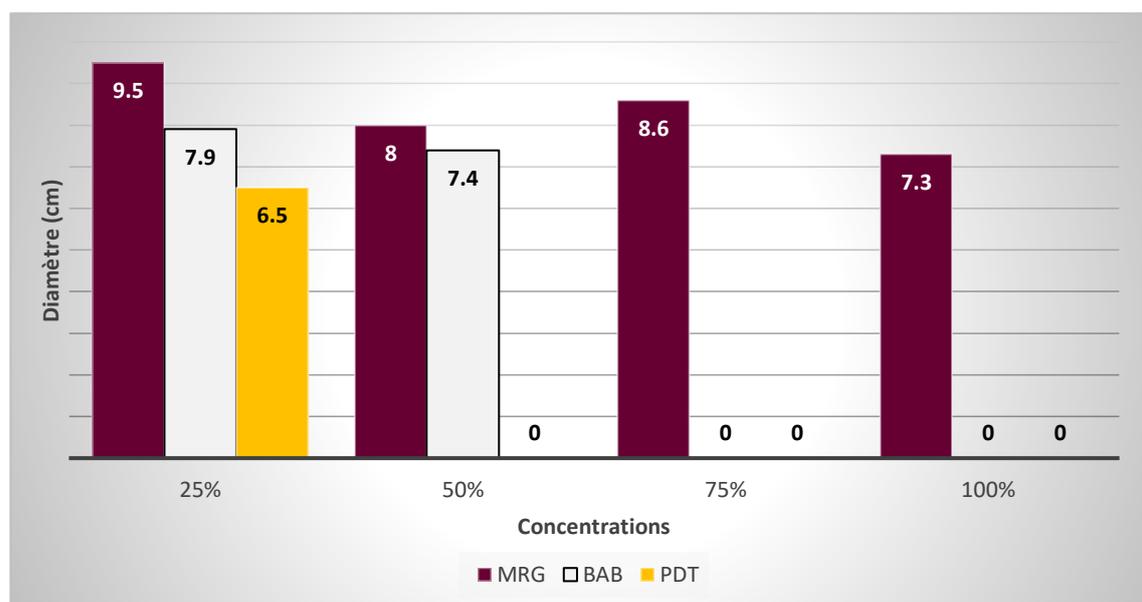
La **figure 30** montre la valeur du diamètre moyen des chapeaux de la seule récolte du substrat PDT et qui est de 6,5cm,



**Figure 30** : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différentes concentrations de PDT,

### 2.4.4. Comparaisons entre les différents substrats et concentrations

Dans la **figure 31** nous remarquons que le substrat MRG avait les meilleurs diamètres des chapeaux dans 3 concentrations : 25%,50% et 75%, suivi par le BAB à 25% et à 50% mais la MRG à la concentration de 100% avait un diamètre enregistré moins importants et finalement la PDT avait enregistré le diamètre les plus faible de toutes les cultures.



**Figure 31** : Le diamètre moyen des chapeaux dans les différents substrats et concentrations,

Quelques exemples de carpophores récoltés sont présentés dans la **figure 32**.



**Figure 32** : Quelques carpophores récoltés des différents substrats (photos originales).

## Discussion

*Pleurotus ostreatus* est cultivé sur la paille de blé mouillée avec trois sous-produits de l'industrie agroalimentaire (MRG, BAB et PDT) à différentes concentrations (25%, 50%, 75% et 100%) pour examiner leur efficacité comme agent de mouillage,

La multiplication mycélienne dépend de l'humidité et de la température (**Jandaik & Goyal, 1995**), La durée d'envahissement mycélienne la plus courte (28-31 jours) a été obtenu sur les trois concentrations du BAB (25%,50% et 75%) suivi par MRG-25% et 75% par rapport à PDT, L' augmentation de la concentration de MRG dans les mélanges a donné des durées variés contrairement au résultats de **Kalmis et al, (2008)** où la durée de colonisation a augmenté proportionnellement avec les concentrations, cela peut être attribué à la maîtrise du pH de la MRG lors de la préparation des mélanges,

Les récoltes les plus satisfaisantes ont été faites sur MRG notamment la concentration 50% avec un rendement de 164,7g/sac, avec 125,7g/sac et 136,4g/sac respectivement sur les concentrations (25% et 75%) contrairement au BAB qui a marqué des rendements nettement moins importants, Les rendements ne sont pas décroissants avec l'augmentation de la concentration de MRG dans les mélanges, ces résultats sont aussi en désaccord avec de celles de **Kalmis et al, (2008)**, malgré cela, il faut signaler que nos rendements sur MRG sont nettement plus élevés en ce qui concerne les concentrations (50% et 75%) sur lesquelles nous sommes parvenu à réaliser 3 récoltes,

La coriacité des pieds chez *Pleurotus ostreatus* les rend moins demandées par les consommateurs, de ce fait, la taille des pieds est un critère de qualité à prendre en considération,

La largeur des pieds n'est pas variée de façon significative, quant à la longueur, les pieds les plus longs avec 4,3 cm ont été obtenu sur MRG-25% et BAB-25% ; 50% et les pieds les plus courts avec 2,7 cm sur MRG-100%, Les pieds sur PDT ont marqué une longueur impressionnante de 1,7 cm mais ce résultat peut ne pas être pris en considération de la faite que c'était la seule et unique récolte sur ce substrat,

En ce qui concerne le diamètre moyen des chapeaux, généralement les différences selon les substrats et même selon les concentrations ne sont pas vraiment significatives, les chapeaux les plus larges ont été récoltés de la MRG-25% (avec 9,5 cm) alors que les plus petits étaient sur PDT-25%,

En se basant sur les résultats obtenus dans cette étude nous recommandons aux cultivateurs de pleurotes d'utiliser de la MRG à la concentration de 25% et 50% comme substrat de mouillage de la paille de blé suite aux améliorations qu'elle a apporté aux rendements et aux critères de qualités des champignons *Pleurotus ostreatus*.

## Conclusion et perspectives

La présente étude a été réalisée en parallèle au niveau du laboratoire de microbiologie et à la salle de culture de champignons à la faculté SNV-STU, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, qui a porté sur l'utilisation des déchets liquides issus de l'industrie agroalimentaire comme substrats de mouillage de la paille de blé dans la multiplication des pleurotes en huître et évaluer leurs effets sur le rendement et la qualité des champignons.

La culture de *P. ostreatus* n'est pas exigeante, mais quand même l'absence d'un système d'humidification est un grand obstacle durant la culture et notamment la phase de fructification, ce qui demande beaucoup de disponibilité pour maintenir un taux élevé d'humidité.

Les concentrations dans les mélanges influent significativement les rendements et la qualité des champignons. Les résultats que nous avons obtenus montrent que la vitesse de colonisation a été un peu plus grande sur BAB mais c'est sur la MRG que les rendements et les critères de qualité étaient les meilleurs, notamment MRG-25% et 50%.

Enfin, il est important de signaler que l'utilisation de ces sous-produits généralement polluants pour produire des champignons comestibles peut ouvrir de nombreuses portes dans les domaines de l'agronomie, l'écologie et l'économie. Dans cet intérêt, plusieurs perspectives sont préconisées pour développer ce secteur :

- Automatiser les systèmes assurant les bonnes conditions de culture ;
- Approfondir les recherches sur les fruits de *P. ostreatus* pour dévoiler encore plus de ses propriétés médicinales et nutritionnelles ;
- Veiller à la présentation et la commercialisation de ce type de culture ;
- Lancer une étude sur l'utilisation de mélanges de ces sous-produits ;
- Lancer des études sur d'autres sous-produits qui peuvent apporter une valeur ajoutée ;
- Lancer des études similaires sur d'autres champignons comestibles.

**Références bibliographiques**

- Aggoun, M., Arhab, R., Cornu, A., Portelli, J., Barkat, M., & Graulet, B. (2016).** Olive mill wastewater microconstituents composition according to olive variety and extraction process. *Food Chemistry*, 209, 72-80.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.034>
- Aissam, H. (2003).** Etude de la biodégradation des effluents des huileries (margines) et leur valorisation par production de l'enzyme tannase. (Thèse de Doctorat, UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH). 182.
- Ali, A. H. (2019).** Current knowledge of buttermilk : Composition, applications in the food industry, nutritional and beneficial health characteristics. *International Journal of Dairy Technology*, 72(2), 169-182. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12572>
- Ashraf, J., Ali, M.A., Ahmad, W., Ayyub, C.M., Shafi, J., (2013).** Effect of different substrate supplements on oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) production. *Food Sci. Technol.* 1, 44–51.
- Azzam, M. O. J., & Hazaimh, S. A. (2021).** Olive mill wastewater treatment and valorization by extraction/concentration of hydroxytyrosol and other natural phenols. *Process Safety and Environmental Protection*, 148, 495-523.  
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.030>
- Barukčić, I., Jakopović, K. L., & Božanić, R. (2019).** Whey and Buttermilk—Neglected Sources of Valuable Beverages. In *Natural Beverages* (p. 209-242). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816689-5.00008-0>
- Baysal, E. (2003).** Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. *Bioresource Technology*, 89(1), 95–97.
- Beetz, A. E., & Greer, L. (2004).** *Mushroom cultivation and marketing*. ATTRA.
- Bellettini, M.B., Fiorda, F.A., Maievas, H.A., Teixeira, G.L., Ávila, S., Hornung, P.S., Júnior, A.M., Ribani, R.H., (2019).** Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi J. Biol. Sci.* 26, 633–646
- Biswas, S., Datta, M., Ngachan, S., (2011).** *Mushrooms: A Manual for Cultivation*. PHI Learning Pvt. Ltd.

- Carrasco-González, J.A., Serna-Saldívar, S.O., Gutiérrez-Urbe, J.A., (2017).** Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: potential use as food ingredient. *J. Food Compos. Anal.* 58, 69–81
- Catarino, J., Mendonça, E., Picado, A., Anselmo, A., Nobre da Costa, J., & Partidário, P. (2007).** Getting value from wastewater: By-products recovery in a potato chips industry. *Journal of Cleaner Production*, 15(10), 927-931.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.12.003>
- Chang, S. T. 2008.** Overview of mushroom cultivation and utilization as functional foods. **In: Mushrooms as Functional Foods (ed. P.C.K. Cheung), pp. 1–33. Hoboken, NJ: Wiley.**
- Choi, K., 2004. Mushroom grower’s handbook 1: oyster mushroom cultivation. Seoul: Mushworld 153–165.**
- Conway, V., Gauthier, S. F., & Pouliot, Y. (2014).** Buttermilk : Much more than a source of milk phospholipids. *Animal Frontiers*, 4(2), 44-51. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0014>
- De Bassi, L. G., Ferreira, G. C. C., Da Silva, A. S., Sivieri, K., Aragon-Alegro, L. C., & Costa, M. D. R. (2012).** Evaluation of physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of fermented milk beverages with buttermilk addition. *International Journal of Dairy Technology*, 65(2), 282-286. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00764.x>
- DEEPALAKSHMI, K. – MIRUNALINI, S. (2014).** *Pleurotus* ostratus: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. In *Biochemical Technology* [online], vol. 5, no. 2, pp. 718-726
- El Hassani, F. Z., Errachidi, F., Aissam, H., Merzouki, M., & Benlemlih, M. (2022).** Effect of Olive Mill Wastewater on the composition of the essential oil of bergamot-mint under semi-arid climate. *Industrial Crops and Products*, 177, 114487.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114487>
- Fernandes, A., Barros, L., Martins, A., Herbert, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2015).** Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. *Food Chemistry*, 169, 396–400.

- Friedman, M. (2016).** Mushroom polysaccharides: Chemistry and antiobesity, antidiabetes, anticancer, and antibiotic properties in cells, rodents, and humans. *Foods*, 5(4), 80
- Galanakis, C. M. & Kotiou, K. (2017).** Chapter 10—Recovery of bioactive compounds from olive mill waste (pp. 205-227). 25.
- Gebreselassie, N., Abrahamsen, R. K., Beyene, F., Abay, F., & Narvhus, J. A. (2016).** Chemical composition of naturally fermented buttermilk. *International Journal of Dairy Technology*, 69(2), 200-208. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12236>
- Hickey, C. D., O’Sullivan, M. G., Davis, J., Scholz, D., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Sheehan, J. J. (2018).** The effect of buttermilk or buttermilk powder addition on functionality, textural, sensory and volatile characteristics of Cheddar-style cheese. *Food Research International*, 103, 468-477. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.081>
- Huang, L. P., Jin, B., Lant, P., & Zhou, J. (2003).** Biotechnological production of lactic acid integrated with potato wastewater treatment by *Rhizopus arrhizus*. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 78(8), 899-906. <https://doi.org/10.1002/jctb.877>
- Ignjatovic-Micic, D., Vancetovic, J., Trbovic, D., Dumanovic, Z., Kostadinovic, M., & Bozinovic, S., (2015).** Grain nutrient composition of maize (*Zea mays* L.) drought-tolerant populations. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(4), 1251-1260.
- Jayakumar, T., Thomas, P.A., Sheu, J.R., Geraldine, P. (2011).** In-vitro and in-vivo antioxidant effects of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Food Res. Int.* 44, 851–861.
- 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 de Doctorat, UNIVERSITE DE TOULOUSE). 345.
- Julian, A. V., Reyes, R. G., & Eguchi, F. (2019).** Agro-Industrial Waste Conversion Into Medicinal Mushroom Cultivation. In *Encyclopedia of Environmental Health* (p. 13-20). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11042-5>

- J. Ahlborn, A. Stephan, T. Meckel, G. Maheshwari, M. Rühl, H. Zorn (2019)**, Upcycling of food industry side streams by basidiomycetes for production of a vegan protein source *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.*, 8 (s1) pp. 447-455
- Kalač, P. (2013)**. A review of chemical composition and nutritional value of wildgrowing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (2), 209–218.
- Kalmıs, E., Azbar, N., Yıldız, H., & Kalyoncu, F. (2008)**. Feasibility of using olive mill effluent (OME) as a wetting agent during the cultivation of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on wheat straw. *Bioresource Technology*, 99(1), 164-169.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.042>
- Khan MA. (2010)** Nutritional composition and Hypocholesterolemic effect of mushroom: *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus florida*: LAP Lambert Academic publishing GmbH &co. KG: Saarbrücken, Germany 1-11
- Khan, T. S., & Mubeen, U. (2012)**. *Wheat Straw: A Pragmatic Overview*. 5.
- Khatun, S., Islam, A., Cakilcioglu, U., Guler, P., Chatterjee, N.C., 2015**. Nutritional qualities and antioxidant activity of three edible oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.). *Njas - Wageningen J. Life Sci.* 72-73, 1–5
- Knop, D., Yarden, O., et Hadar, Y. (2015)**. The ligninolytic peroxidases in the genus *Pleurotus*: divergence in activities, expression, and potential applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99, 1025–1038.
- Kobyas, M., Hiz, H., Senturk, E., Aydiner, C., & Demirbas, E. (2006)**. Treatment of potato chips manufacturing wastewater by electrocoagulation. *Desalination*, 190(1-3), 201-211. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.006>
- Kot, A. M., Pobiega, K., Piwowarek, K., Kieliszek, M., Błażej, S., Gniewosz, M., & Lipińska, E. (2020)**. Biotechnological Methods of Management and Utilization of Potato Industry Waste—A Review. *Potato Research*, 63(3), 431-447.  
<https://doi.org/10.1007/s11540-019-09449-6>

- Li, Z., Haynes, R., Sato, E., Shields, M. S., Fujita, Y., & Sato, C. (2014).** Microbial Community Analysis of a Single Chamber Microbial Fuel Cell Using Potato Wastewater. *Water Environment Research*, 86(4), 324-330.  
<https://doi.org/10.2175/106143013X13751480308641>
- Lou, Z., Sun, Y., Zhou, X., Baig, S.A., Hu, B., Xu, X., (2017).** Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil. *Geoderma* 307, 30–37.
- Marçal, S., Sousa, A. S., Taofiq, O., Antunes, F., Morais, A. M., Freitas, A. C., ... & Pintado, M. (2021).** Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 418-431.
- Mdconline (2013).** Oyster mushroom, Missouri Department of Conservation
- Mekki, H., Anderson, M., Benzina, M., & Ammar, E. (2008).** Valorization of olive mill wastewater by its incorporation in building bricks. *Journal of Hazardous Materials*, 158(2-3), 308-315. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.01.104>
- Mensah, O. E. (2015).** *Comparative studies on growth and yield of pleurotus ostreatus on different types of substrates* (Doctoral dissertation, MSc. Thesis, Kwa Me Nkrumah University. Ghana).
- Mkhize, S.S., Cloete, J., Basson, A.K., Zharare, G.E., (2016).** Performance of Pleurotus ostreatus mushroom grown on maize stalk residues supplemented with various levels of maize flour and wheat bran. *Food Sci. Technol. (Campinas)* 36, 598–605.
- Muniraj, I. K., Xiao, L., Liu, H., & Zhan, X. (2015).** Utilisation of potato processing wastewater for microbial lipids and  $\gamma$  -linolenic acid production by oleaginous fungi: Microbial lipids and GLA production from potato processing wastewater. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15), 3084-3090.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.7044>
- Negro, M. J., Manzanares, P., Ruiz, E., Castro, E., & Ballesteros, M. (2017).** Chapter 3— The biorefinery concept for the industrial valorization of residues from olive oil industry (pp (7-78). 22.

- Oei, P., & Nieuwenhuijzen, B. V. (2005).** *La culture des champignons à petite échelle : pleurotes, shiitakes et auriculaires.* Agromisa/CTA.
- Oei P. & Nieuwenhuijzen B.V., (2005).** La culture des champignons à petite échelle, Pleurotes, shiitakes et auriculaires. 1ère édition, Agrodoc 40, Fondation Agromisa et CTA, Wageningen Editeur Janna de Feijter , 87p.
- Ogundele, G., Abdulazeez, R., Bamidele, O., (2014).** Effect of pure and mixed substrate on Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation. *J. Exp. Biol.* 2 2S.
- Olivier J.-M., (1991).** Champignons. *Tech. Agric.* 2170.
- Olivier J.-M., Laborde J., Guimberteau J., Poitou N., Houdeau G. & Delmas J., (1991).** La culture des champignons. Ed Armand Colin, 160 p.
- Ou, W.W., (2017).** Conventional Mushroom Cultivation Method, in. Owaid, M.N., Al-Saeedi, S.S.S., Al-Assaffii, I.A.A., 2015. Antimicrobial activity of mycelia of oyster mushroom species (*Pleurotus* spp.) and their liquid filtrates (in vitro). *J. Med. Bioeng.* 4
- Ouabou, E., Anouar, A., & Hilali, S. (2014).** Traitement de la margine brute d'huile d'olive par distillation suivi de neutralisation par la chaux. *Journal of Applied Biosciences*, 79(1), 6867. <https://doi.org/10.4314/jab.v79i1.12>
- Panthapulakkal, S., & Sain, M. (2015).** The use of wheat straw fibres as reinforcements in composites. In *Biofiber Reinforcements in Composite Materials* (p. 423-453). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781782421276.4.423>
- P.C.K. Cheung (2013), Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: preparation and health benefits *Food Sci. Human Well.*, 2 (3) pp. 162-166
- Petruccioli, M., Raviv, M., Di Silvestro, R., & Dinelli, G. (2011).** Agriculture and Agro-Industrial Wastes, By-products, and Wastewaters : Origin, Characteristics, and Potential in Bio-Based Compounds Production. In *Comprehensive Biotechnology* (p. 477-490). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00375-X>
- Preechasuk, J., Chaowalit, O., Pensiri, F., & Visutsak, P. (2019).** Image analysis of mushroom types classification by convolution neural networks. In *Proceedings of the 2019 2nd Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference* (pp. 82-88).

- Royse, D.J. (2004).** Specialty mushrooms. In: Mushroom Fact Sheet, Mushroom Spawn Laboratory, Penn State University, Pennsylvania.
- Russell, S. (2014).** The Essential Guide to Cultivating Mushrooms: Simple and Advanced Techniques for Growing Shiitake, Oyster, Lion's Mane, and Maitake Mushrooms at Home. Storey Publishing.
- Samuel, A.A., Eugene, T.L., (2012).** Growth performance and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates composition in Buea South West Cameroon. *Sci. J. biochem.* 2012.
- Sánchez, C. (2010).** Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321-1337. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>
- Singh, R. (2017).** A review on different benefits of mushroom. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 12(1), 107-111.
- Skaltsounis, A.-L., Argyropoulou, A., Aligiannis, N., & Xynos, N. (2015).** Recovery of High Added Value Compounds from Olive Tree Products and Olive Processing Byproducts. In *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents* (p. 333-356). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-041-2.50017-3>
- Skryplonek, K., Dmytrów, I., & Mituniewicz-Malek, A. (2019).** The use of buttermilk as a raw material for cheese production. *International Journal of Dairy Technology*, 72(4), 610-616. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12614>
- Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., & Jiménez-Flores, R. (2006).** Compositional and Functional Properties of Buttermilk : A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 525-536. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72115-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72115-4)
- Srivastava, N., Shrivastav, A. K., Srivastava, M., & Mishra, P. K. (2020).** Biofuels production using wheat straw. In *Recent Developments in Bioenergy Research* (p. 433-441). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819597-0.00029-5>
- Stamets, P., & Chilton, J. S. (1983).** The mushroom cultivator. *First Washington*.

- Szkolnicka, K., Dmytrów, I., & Mituniewicz-Malek, A. (2020).** Buttermilk ice cream—  
New method for buttermilk utilization. *Food Science & Nutrition*, 8(3), 1461-1470.  
<https://doi.org/10.1002/fsn3.1429>
- Talebnia, F., Karakashev, D., & Angelidaki, I. (2010).** Production of bioethanol from  
wheat straw : An overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation. *Bioresource  
Technology*, 101(13), 4744-4753. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.080>
- Taurachand, D., Choi, K., (2004).** Mushroom Growers' Handbook 1. Oyster mushroom  
cultivation.
- Taylor, T. N., Krings, M., & Taylor, E. L. (2015).** Ascomycota. In *Fossil Fungi* (p.  
129-171). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387731-4.00008-6>
- Taylor, T. N., Krings, M., & Taylor, E. L. (2015).** Basidiomycota. In *Fossil Fungi* (p.  
173-199). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387731-4.00009-8>
- Temple, T.G., (2017).** Mycelium - the Future Is Fungi, in. Utami, C.P., Susilawati, P.R.,  
2017. Rice straw addition as sawdust substitution in oyster mushroom (*Pleurotus  
ostreatus*) planted media. In: in: AIP Conference Proceedings. AIP Publishing. pp.  
090002
- Torres, M. D., & Domínguez, H. (2020).** Valorisation of potato wastes. *International Journal  
of Food Science & Technology*, 55(6), 2296-2304. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14228>
- Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T., & Paredes-López, O. (2015).** Edible Mushrooms :  
Improving Human Health and Promoting Quality Life. *International Journal of  
Microbiology*, 2015, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2015/376387>
- Villares, A., Mateo-Vivaracho, L., & Guillamon, ´ E. (2012).** Structural features and  
healthy properties of polysaccharides occurring in mushrooms. *Agriculture*, 2(4), 452–  
471.
- WANG, D. – SAKODA, A. – SUZUKI, M. 2001.** Biological efficiency and nutritional value  
of *Pleurotusostreatus* cultivated on spent beer grain. In *Bioresource Technology*  
[online], vol. 78, no. 3, pp. 293-300

**Wang, L. K., Hung, Y., Lo, H. H., & Yapijakis, C. (2006).** Waste treatment in the food processing industry. Taylor & Francis.

**Yuan, S., Ye, S., Yang, S., & Luo, G. (2021).** Purification of potato wastewater and production of byproducts using microalgae *Scenedesmus* and *Desmodesmus*. *Journal of Water Process Engineering*, 43, 102237.  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102237>

**Zahi, M. R., Zam, W., & El Hattab, M. (2022).** State of knowledge on chemical, biological and nutritional properties of olive mill wastewater. *Food Chemistry*, 381, 132238.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132238>

**Zhao, L., Feng, R., Ren, F., & Mao, X. (2018).** Addition of buttermilk improves the flavor and volatile compound profiles of low-fat yogurt. *LWT*, 98, 9-17.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.029>

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى مضاعفة فطر بلوروتوس أوسترياتوس عن طريق تثمين المنتجات الثانوية السائلة المخلفة من الصناعات التحويلية الغذائية وتقييم تأثير إضافتها إلى القش على محصول وجودة ثمار الفطر. لهذا الغرض، استخدمنا ثلاثة منتجات ثانوية (المخلفات السائلة لمعاصر الزيتون، مخيض الزبدة، ماء البطاطا) كركيزة مبللة للقش بتركيزات مختلفة (25٪، 50٪، 75٪ و 100٪). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة أن تركيبة ونسبة الركائز السائلة في الخليط لهما تأثير على سرعة الغزو وكذلك على محصول وجودة الثمار، وبالنتيجة، فإن أقصر مدة الغزو تمت ملاحظتها على مخيض الزبدة بتركيز 25٪، بينما لوحظت أفضل الغلات ومعايير الجودة على المخلفات السائلة لمعاصر الزيتون بتركيزات 25 و 50٪.

كلمات مفتاحية: فطر بلوروتوس أوسترياتوس؛ تثمين؛ المنتجات الثانوية السائلة؛ المخلفات السائلة لمعاصر الزيتون؛ مخيض الزبدة؛ ماء البطاطا

## Résumé

Cette étude a pour but de multiplier *Pleurotus ostreatus* par valorisation des sous-produits liquides de l'industrie agroalimentaire et d'évaluer l'effet de leur addition à la paille sur le rendement et la qualité des carpophores. Dans cet intérêt, nous avons utilisé trois sous-produits (MRG, BAB, PDT) comme substrat de mouillage de la paille avec différentes concentrations (25%, 50%, 75% et 100%). Les résultats obtenus de cette étude ont montré que la composition et la concentration des substrats liquides dans le mélange ont un impact sur la vitesse d'invasion ainsi que sur le rendement et la qualité des carpophores, par conséquent, la durée d'invasion la plus courte a été observée sur BAB à la concentration de 25% tandis que les meilleurs rendements et critères de qualité ont été observés sur MRG aux concentrations de 25 et 50%.

Mots clés : *Pleurotus ostreatus* ; valorisation ; sous-produits liquides ; margine ; babeurre ; eau de pomme de terre.

## Abstract

This study aims to multiply *Pleurotus ostreatus* by valorization of liquid by-products of the food industry and to evaluate the effect of their addition to straw on the yield and quality of carpophores. For this purpose, we used three by-products (Olive mill wastewater, buttermilk, potato wastewater) as straw wetting agent with different concentration (25%, 50%, 75% and 100%). The results obtained from this study showed that the composition and the concentration of the liquid substrates in the mixture have an impact on the speed of invasion as well as on the yield and the quality of the carpophores, therefore, the shortest duration of invasion was observed on buttermilk at a concentration of 25%, while the best yields and quality criteria were observed on Olive mill wastewater at concentrations of 25 and 50%.

Key words: *Pleurotus ostreatus*; valorization; liquid by-products; Olive mill wastewater; buttermilk; potato wastewater