

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de

La terre et de l'Univers

Département de biologie

MÉMOIRE

Présenté par :

Benmansour seifeddine et Hamdaoui Rania

En vue de l'obtention du

Diplôme de Master

En Sécurité Agro-alimentaire et Assurance qualité

Thème :

Etude de croissance de mycélium *pleurotus ostreatus*
dans les déchets agricoles liquides

Soutenue devant les jurys composés de :

Président : Mme.BEKHTI.N	M.C.B	Univ Aboubekr Belkaid Tlemcen
Encadreur : Mr.TEFIANI.C	M.C.A	Univ Aboubekr Belkaid Tlemcen
Examineur : Mr.BENYOUB.N	M.C.B	Univ Aboubekr Belkaid Tlemcen
Co-encadreur : Mme.SPIGA.N	doctorante	Univ Aboubekr Belkaid Tlemcen

Année universitaire :2021/2022

Résumé

Les pleurotes sont des champignons comestibles appartenant à la classe des Basidiomycètes. Il est de plus en plus cultivé pour ses qualités nutritionnelles et médicinales.

L'objectif principal de ce travail est de développer une culture mycélienne du champignon pleurote à travers 2 méthodes de culture à base de résidus agricoles (margine, babeurre, lactosérum et eau de lavage de pomme de terre) en plus du glucose comme témoin de la première méthode et le PDA comme témoin de la deuxième méthode. Pour chaque substrat nous avons formulé quatre concentrations à savoir 25%, 50%, 75% et 100%. Les résultats obtenus suggèrent que les résidus agricoles peuvent être une source de matière à valeur ajoutée.

Les résultats de la première méthode montrent des changements de poids pour tous les substrats, mais seulement les pourcentages (50%, et 75%) de la margine et les témoins montrent un développement visible.

Concernant la deuxième méthode, tous les substrats ont permis une croissance du mycélium, mais la densité d'invasion du mycélium variait d'un substrat à un autre, et du même substrat mais à différents pourcentages.

Mot clés :

Pleurote – croissance mycélienne - Sous-produits liquides de l'agroalimentaire – culture liquide – culture solide.

Summary

Oyster mushrooms are edible mushrooms belonging to the class Basidiomycetes. It is increasingly cultivated for its nutritional and medicinal qualities.

The main objective of this work is to develop a mycelial culture of the oyster mushroom through 2 culture methods based on agricultural residues (margin, buttermilk, whey and potato washing water) in addition to glucose as a witness of the first method and the PDA as control of the second method for each substrate we formulated four concentrations namely 25%, 50%, 75% and 100%. The results obtained suggest that agricultural residues can be a source of added value material.

The results of the first method show weight changes for all the substrates, but only the percentage (50%, and 75%) of the vegetable water and the controls show a visible development. Concerning the second method, all the substrates allowed mycelium growth, but the density of mycelium invasion varied from one substrate to another, and from the same substrate but at different percentages.

Keywords:

Oyster mushroom – mycelial growth - Liquid food by-products – liquid culture – solid culture.

ملخص

فطر المحار هو فطر صالح للأكل ينتمي إلى فئة Basidiomycetes. يزرع بشكل متزايد لصفاته الغذائية والطبية. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تطوير استزراع فطري لفطر المحار من خلال طريقتين للزراعة تعتمدان على المخلفات الزراعية (الماء النباتي واللبن ومصل اللبن ومياه غسل البطاطس) بالإضافة إلى الجلوكوز كشاهد على الطريقة الأولى و PDA كمراقبة الطريقة الثانية: لكل ركيزة قمنا بصياغة أربعة تراكيز وهي 25% و 50% و 75% و 100%، وتشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن المخلفات الزراعية يمكن أن تكون مصدرًا للمواد ذات القيمة المضافة. أظهرت نتائج الطريقة الأولى تغيرات في الوزن لجميع الركائز، لكن النسبة المئوية (50%، 75%) من المياه النباتية وعناصر التحكم تظهر تطوراً مرئياً. فيما يتعلق بالطريقة الثانية، سمحت جميع الركائز بنمو الفطريات، لكن كثافة غزو الفطريات اختلفت من ركيزة إلى أخرى، ومن نفس الركيزة ولكن بنسب مختلفة.

الكلمات المفتاحية:

فطر المحار - نمو الفطريات - المنتجات الغذائية السائلة الثانوية - الثقافة السائلة - الثقافة الصلبة.

Remerciements

*Nous remercions Allah de nous avoir aidées à réaliser ce travail.
Cette étude a été réalisée au de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et Sciences de la Terre et de l'Univers de l'université de Tlemcen Abou Bakr
belkaid.*

*Au terme de ce travail, nous exprimons notre gratitude et nos sincères
remerciements ainsi que notre profond respect à Monsieur **TEFIANI
CHOUKRI** Maitre de conférences classe A pour nous avoir encadrées, guidées,
conseillées et suivies attentivement dans la réalisation de ce mémoire de Master
II.*

*Nous remercions Madame **BEKHTI NADIA**, maitre de conférences classe B à
la Faculté des Sciences, qui nous fait honneur de présider le jury, qu'elle trouve
ici l'expression de notre profond respect.*

*Nos sincères remerciements s'adressent à Monsieur **BENYOUB
NOUREDDINNE** Maitre de conférences classe B à la Faculté des Sciences, qui
nous fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail.*

*Nos sincères remerciements s'adressent également à Madame **SPIGA
NARDJESS**, co-encadreure pour toute l'aide qu'elle nous a apporté et le temps
qu'elle nous a consacré tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nos remerciements vont aussi les responsables de laboratoires, qu'ils trouvent
ici l'expression de notre profond respect.*

*Que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation et à la finalisation de
ce mémoire trouvent ici l'expression de nos vifs remerciements et notre
profonde reconnaissance.*

DEDICACES

*Je dédie ce travail à mes **chers Parents** qu'ils trouvent ici toute ma
gratitude*

Pour leur soutien et leurs encouragements tout le long de mes études

*A mes **frères** (**Abdellah, Aymen, et Racim**)*

*A mes **cousins** et mes **cousines***

*A tous mes **amis** et mes **camarades***

A ceux qui m'aiment, qui font partis de ma vie

Seif eddine

DEDICACES

*Je dédie ce travail à mes **chers Parents** qu'ils trouvent ici toute
ma gratitude*

Pour leur soutien tout le long de mes études

*A ma grande mère que dieu vous procure santé et joie pour le restant
de la vie*

*A mes **Sœurs** (**Saliha, Zahia, Samia**) et à mes **Frères** (**Tihou et Ali**)*

Que dieu vous accorde santé et longue vie pleine de joie et de réussite

*A mes **cousins** et mes **cousines***

*A mes chers **tantes** (**Mimi, Fatima**)*

*A tous mes **amis** et mes **camarades***

A ceux qui m'aiment, qui font partis de ma vie

Rania

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : synthèse bibliographie

I. Généralité sur les champignons.....	3
I.1. Définition	3
I.2. caractéristique	3
I.2.1. Structure	3
I.2.2. La description botanique du champignon	4
I.2.3. Les organes de reproduction	8
I.2.4. Mode de vie des champignons	9
I.3. Reproduction des champignons	10
I.3.1. Classification	12
I.4. Les pleurotes.....	12
I.4.1. Définition	12
I.4.2. La description.....	13
I.4.3. Bio cycle de pleurote ostreatus.....	14
I.4.4. Position taxonomique de pleurote en huitre.....	13
I.4.5. Facteurs influençant la croissance et la fructification des Pleurotes	14

Chapitre II : Les Déchets liquide de l'agro-alimentaire

II.1. Les sous-produits de l'olivier.....	17
II.1.2. La margine	17
a. Définition	17
b. Couleur des margines	17
c. Caractéristiques et composition des margines.....	18
II.2. Les déchets liquide de la fabrication fromagère	19

II.2.1.les sous-produits de fromage (lactosérum)	19
a. Définition.....	19
b. les différents types de lactosérum	19
c. caractéristiques	20
II.2.2. Composition du lactosérum	20
II.3.les déchets liquide de beurre	22
II.3.1. Le beurre	22
II.3.2.les sous-produits de beurrerie	22
II.3.3. Les types de babeurre	23
II.4.les déchets liquide de l'eau de pomme de terre	24
II.4.1. Pomme de terre	24
a. Définition	
b. La description	
c. Composition chimique du tubercule	25
II.4.2. L'amidon.....	25

Deuxième partie : partie expérimentale

Chapitre III : matériels et méthodes

III. Objectif	28
III.1. Matériel	28
A. Matériel utilisé	28
B. matériel biologique	28
C. résidus agricoles utilisés.....	28
III.2. Méthodes	29
III.2.1.la culture liquide	29
1. préparation des dilutions	29
2. la détermination et la régulation du pH	30
3. stérilisation du milieu	30
4. préparation du témoin	31

5. principe de la culture liquide	31
6. mode opératoire	32
III.2.2.la culture solide à base substrat liquide	33
1. les dilutions	33
2. la détermination du pH	33
3. préparation du milieu	33
4. remplissage des flacons	34
5. préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar)	35
6. inoculation du substrat	35
A. Procédure	36
7.étiquetage des boites	36
8. incubation.....	37

Chapitre IV : résultats et discussions

IV.1 .la culture liquide	38
IV.1.1.la croissance de mycélium dans la margine	38
IV.1.2.la croissance de mycélium dans le babeurre	39
IV.1.3. La croissance de mycélium dans le lactosérum	39
IV.1.4. La croissance de mycélium dans l'eau de pomme de terre	40
IV.1.5.la croissance de mycélium dans le témoin (glucose)	41
IV.1.6. Comparaison de la croissance du mycélium dans les différents substrats de culture étudiés	42
IV.2. La culture solide à base substrat liquide	42
IV.2.1. La croissance de mycélium dans la margine	43
IV.2.2.la croissance de mycélium dans le babeurre	44
IV.2.3. La croissance de mycélium dans le lactosérum	46
IV.2.4. La croissance de mycélium dans l'eau de pomme de terre	48

IV.1.5.la croissance de mycélium dans le témoin (PDA).....	50
IV.3. Discussion	52
Conclusion.....	55
Perspective et recommandations	56
Références bibliographiques	57

Listes des figures

Figure01 : une coupe microscopique du champignon	4
Figure 02 : champignon a hyménium interne (<i>Clathrus archeri</i>)	5
Figure03 : Champignons à hyménium externe (<i>Amanita muscaria</i>)	5
Figure 04 : Champignons avec hyménium est à l'air libre (<i>Morchella esculenta</i>)	6
Figure 05 : Diffèrent type de chapeau	6
Figure06 : les différents types d'hyménium à tubes, à aiguillons, à lames.....	7
Figure 07 : les 3 principaux voiles du champignon.....	8
Figure08 : Les organes de reproduction.....	9
Figure 09 : Cycle de vie des champignons.....	11
Figure 10 : <i>Pleurotus ostreatus</i> (pleurote en huitre)	13
Figure 11 : Schéma de l'obtention des principaux types de lactosérums issus de la première Transformation du lait	21
Figure 12 : Fabrication de babeurre à partir de beurre	23
Figure13 : les principaux constituants du babeurre	24
Figure 14 : Structure de tubercule de <i>Solanum tuberosum</i>	25
Figure15 : Les différent dilutions préparé (A : l'eau de pomme de terre ; B : la margine ; C : le babeurre ; D : lactosérum)	29
Figure16 : Détermination du pH à travers le ph mètre	30
Figure17 : Stérilisation des bocaux à l'aide de l'autoclave	30
Figure 18 : Témoin préparé	31
Figure19 : Haute a flux lumineaire	31
Figure20 : Pesé du mycélium à inoculer	32
Figure 21 : Incubation des bocaux dans une étuve bactériologique	32
Figure22 : Plaque chauffante	34
Figure23 : Flacon en verre contenant les différents substrats (A : lactosérum ; B : le babeurre ; C : la margine ; D : l'eau de pomme de terre)	34

Figure 24 : Autoclavage des flacons	35
Figure25 : Préparation du milieu PDA	35
Figure26 : Flambage du scalpel et préparation des boîtes a pétri	36
Figure27 : Découpe et inoculation du mycélium	36
Figure28 : Etiquetage des boites a pétri	37
Figure29 : Etuve bactériologique a convection naturelle.....	37
Figure 30 : Poids du mycélium de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivé sur les différentes concentrations de la margine	38
Figure 31 : Poids du mycélium de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivé sur les différentes concentrations du babeurre	39
Figure 32 : Poids du mycélium de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivé sur les différentes concentrations du lactosérum	40
Figure 33 : Poids du mycélium de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivé sur les différentes concentrations de l'eau de lavage de pomme de terre.....	40
Figure34 : Poids du mycélium de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivé sur les différentes concentrations de glucose.....	41
Figure35 : la croissance du mycélium dans les différents substrats de cultures étudiés	42
Figure 36 : le diamètre de croissance mycélienne (cm) en fonction du temps pour les différentes concentrations de la margine	44
Figure 37 : le diamètre de croissance mycélienne (cm) en fonction du temps pour les différentes concentrations de babeurre	46
Figure 38 : le diamètre de croissance mycélienne (cm)en fonction du temps sur les différentes concentrations de lactosérum	48
Figure 39 : le diamètre de croissance mycélienne (cm) en fonction du temps sur les différentes concentrations de l'eau de pomme de terre	50
Figure 40 : Diamètre de croissance mycélienne sur le milieu PDA	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification actuelle des champignons.....	12
Tableau 2 : les caractéristiques de <i>pleurotes ostreatus</i>	13
Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques des margines	18
Tableau 4 : Composition des margines	19
Tableau 5 : les différents composants du lactosérum selon leur origine	21
Tableau 6 : Teneur en amylose et amylopectine des amidons de différentes sources botaniques	26
Tableau 7 : Valeur de pH des différents substrats	30
Tableau 8 : pH final des différents substrats	33
Tableau 9 : Développement du mycélium de Pleurotes sur la margine pendant 15 jours ...	43
Tableau 10 : Développement du mycélium de Pleurotes sur le babeurre pendant 15 jours...	45
Tableau 11 : Développement du mycélium de Pleurotes sur le lactosérum pendant 15 jours.....	46
Tableau 12 : Développement du mycélium de Pleurotes sur l'eau de pomme de terre pendant 15 jours	48
Tableau 13 : Développement du mycélium de Pleurotes sur PDA pendant 15 jours	51
Tableau 14 : échelle de notation de la croissance et la densité mycélienne sur milieux gélosés	51

Liste des abréviations

-pH : Potentiel hydrogène

-Kg : Kilogramme

-MG : Matière gras

-°C : Degré Celsius.

-mg : Milligramme.

-T° : Température.

-t : Temps

-cm : centimètre

-µm : Micromètre.

-ml : Millilitre.

-min: Minute.

-PDA: Potato Dextrose agar.

-PCP : les polychlorures.

Introduction générale

La culture des champignons comestibles (fungiculture ou myciculture) est une activité humaine très ancienne ; stimulée par l'intérêt gastronomique mais aussi par les applications médicinales elle a évolué parallèlement au maintien de la cueillette traditionnelle des espèces sauvages. Les champignons appartiennent à un très grand groupe, comprenant 200 000 à 250 000 espèces, ils se différencient par leur taille, leur forme, leur couleur, leur structure, leur reproduction, leur capacité métabolique, leur habitat ainsi que par les intérêts et les inconvénients qu'elles représentent pour l'homme (**Clément, 1981**).

Pleurotus ostreatus appelé aussi pleurote en huitre est l'un des espèces des champignons les plus cultivés au monde sont très demandée et possèdent de nombreuses propriétés biotechnologiques, nutritionnelles et médicinales (**wan mahari et al, 2020**), ils sont des colonisateurs efficaces et bio-convertisseurs de résidus lignocellulosiques en champignons appétissants ce qui donnent à cette fructification et à ce mycoproduit une valeur ajoutée (**Diamantopoulou et al., 2020**).

Au cours de ces dernières années, la production mondiale de champignons progresse rapidement, en passant d'environ 2,18 millions de tonnes en 1986 à 7,5 millions de tonnes en 2001(**Guimberteau, et al., 2022**).

En effet, les pleurotes représentent plus de 16 % des champignons produit dans le monde entier, et c'est l'une des espèces de champignons comestibles les plus courantes cultivées industriellement (**Phan and Sabarat Nam, 2012**). La Chine est le premier pays leader pour la culture commerciale du pleurote en huitre et de plusieurs autres variétés d'espèces comestibles des champignons (**Li, 2012**).

L'alimentation est devenue un problème majeur pour la population mondiale et vu l'augmentation de la population qui entraîne une augmentation du développement industriel surtout dans le domaine de l'agroalimentaire qui génère de grandes quantités de déchets agricoles et organiques Par an. Les déchets sont considérés comme des restes que beaucoup de personnes considèrent comme inutiles pour la vie, en plus ils peuvent être nocif sur la santé humaine et sur l'environnement (**Rania et al., 2020**). L'utilisation de diverses techniques de valorisation visant à atténuer les risques et à récupérer des produits à valeur ajoutée à partir des déchets liquide de l'agro-alimentaire est également présentée et examinée afin de fournir un aperçu et des progrès actuels dans la valorisation de ces déchets abondants générés par l'industrie agro-alimentaire.

En Algérie, plusieurs industries agroalimentaires produisent de grandes quantités de déchets liquide qui sont gaspillé et inexploités. Par exemple, l'industrie oléicole, qui génère beaucoup de sous-produits Liquide (comme la margine) et solide (grignons d'olive, noix d'olive, etc....) par ailleurs l'industrie laitière elle-même génère beaucoup de perte telle que le babeurre à côté d'autres déchets de différent industries telle que l'eau de pomme de terre et le lactosérum, c'est 4 résidus font l'objet de notre étude comme substrats de culture (**Benamar, 2016**).

La valorisation des substrats cités au-dessus peut changer en mieux la rentabilité économique, résoudre les problèmes existants et porter à leurs maximums des profits de déchets des transformations industrielles (**Rania et al., 2020**).

Dans notre étude on s'est consacré à l'étude de culture de *Pleurotus ostreatus* sur les résidus liquide généré par les industries agro-alimentaires qui sont la margine, le babeurre, le lactosérum, et l'eau de lavage de pomme de terre.

Ce travail est divisé en plusieurs chapitres à savoir :

Le chapitre 1 est une partie bibliographique traitant la définition des champignons et toutes leurs propriétés d'une manière générale, ainsi que *Pleurotus ostreatus*.

Dans le chapitre 2 nous avons essayé de présenter des informations sur les résidus liquide généré par l'industrie agroalimentaire à savoir la margine, le babeurre, le lactosérum, et l'eau de lavage de pomme de terre.

Le chapitre 3 en matériel et méthodes utilisés pour l'étude de deux méthodes de culture du mycélium de la souche *Pleurotus ostreatus*, à savoir la croissance du mycélium dans le substrat liquide ainsi que la croissance du mycélium dans les mêmes substrats mais gélosé afin de déterminer la vitesse de leurs croissances.

Le chapitre 4 consiste à l'interprétation des résultats obtenus sur le développement du mycélium ainsi que la vitesse d'envahissement, et la discussion de ces derniers.

Et enfin le manuscrit est achevé par une conclusion qui mettra aux claire l'ensemble des résultats issus de cette étude suivie par quelques perspectives de recherche.

Chapitre I : notions générales sur les champignons

I.1. Définitions

Les champignons composent l'un des plus grands groupes d'organismes et il n'est pas d'aspect de la vie d'une forêt ou ils jouent un rôle important. Les champignons sont des constituant normaux et indispensable de la biocénose (**Jacquot, 1978**), ils apparaissent ainsi comme un facteur important du monde vivant et ils sont impliqués dans une multitude de processus biologiques. Ils présentent en outre un intérêt économique sans cesse croissant dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et chimiques.

Ils sont aujourd'hui érigés en règne autonome, au même titre que les Procaryotes (Archéobactéries, Bactéries, Cyanobactéries), les Protistes, les Végétaux et les Animaux. En effet, les comparaisons des séquences génétiques des différentes espèces du monde vivant ont permis d'établir un arbre phylogénétique dans lequel les champignons prennent une place bien individualisée. (**Boiron, 1996**)

I.2. Caractéristiques des champignons

I.2.1. Structure des champignons

Chez les champignons le corps végétatif est appelé le thalle. Il est caractérisé par une grande variété de structures, qui vont d'une forme unicellulaire (levure) à une forme filamenteuse la plus courante, qui peut présenter un degré de différenciation considérable. Un groupe de filaments (ou hyphes) est appelé mycélium c'est la partie végétative invisible, on désigne le sporophore comme la partie fertile du champignon il comprend le pied et le chapeau. Il n'y a eu jamais de véritable organisation comme les plantes supérieures ou chez les animaux. Ils se reproduisent de manière, asexuée et /ou sexuée par des spores (**Boiron, 1996**).

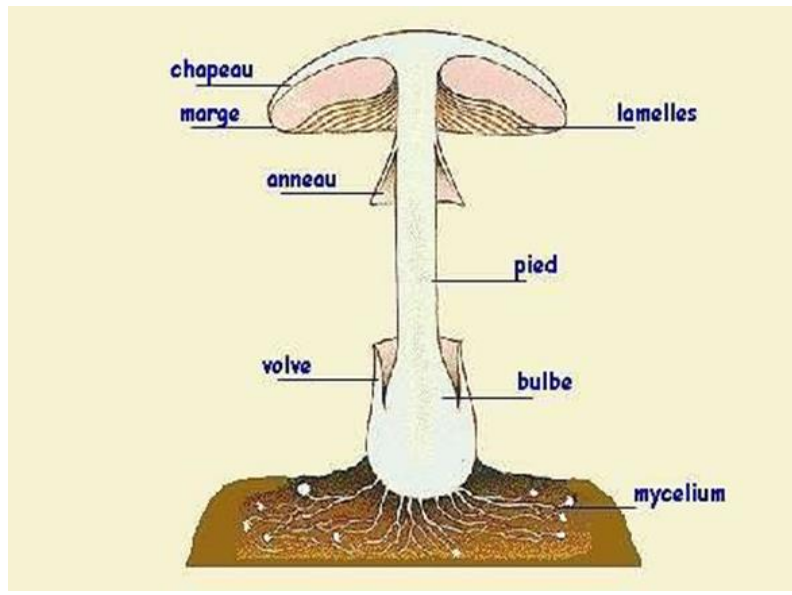


Figure 01 : Une coupe microscopique du champignon. (Stéphane, 2015)

I.2.2. La description botanique du champignon

- **Le chapeau**
- **La forme**

Le principal facteur déterminant la forme du champignon est la couche sous-membraneuse l'hyménium. Elle est interne ou externe d'une part, et coiffée ou non protégée d'autre part. Liées à ces conditions, trois groupes peuvent être identifiés selon **Adrien, (2013)**, à savoir :

- *Les champignons à hyménium interne persistant (angiocarpie)* : la phase de développement du champignon va se présenter sous une forme sphérique, cette forme va se transformer en une masse crémeuse et/ou pulvérulente (ce qui paraît être la chair du champignon, est en réalité l'hyménium) arrivant à la phase de maturité, les spores seront libérées en ouvrant ou en brisant la membrane (Gastéromycètes : *Phallaceae*, *Clathraceae*...) (**fig. 2**).



Figure 02 : Champignons à hyménium interne (*Clathrus archeri*). (Adrien,2013)

-*Les champignons à hyménium externe protégé par le chapeau* : il s'agit à proprement dit d'une forme régulière du champignon qui possède un hyménium libre sous le chapeau. (Ex : *Russula*, *Agaricus*...) (fig. 3)



Figure 03 : Champignons à hyménium externe (*Amanita muscaria*). (Adrien,2013)

- *Les champignons dont l'hyménium est à l'air libre et non protégé par le chapeau (gymnocarpie)* : le carpophore (le corps d'arbre fruitier) détient une forme avec des caractéristiques plus ou moins spécifiques et compliquée formant des plis et des cavités (fig.4)



Figure 04 : Champignons avec hyménium est à l'air libre. (*Morchella esculenta*). (Michael et al., 2011)

A - Caractéristiques du chapeau

En mycologie la mince peau qui recouvre le chapeau du sporophore s'appelle la cuticule elle est souvent dure et persistante avec des couleurs, la couche qui se situe en dessous de la cuticule (la chair) comprend 3 caractéristiques : ferme, fibreuse ou cassante a des saveurs et odeurs propres à chaque espèce. On peut distinguer plusieurs formes, car il y a ceux qui sont convexe, en entonnoir, déprimé, ombiliqué, latérale, excentré, mamelonné et d'autres (**fig. 5**) (Guillaume et al, 2009).

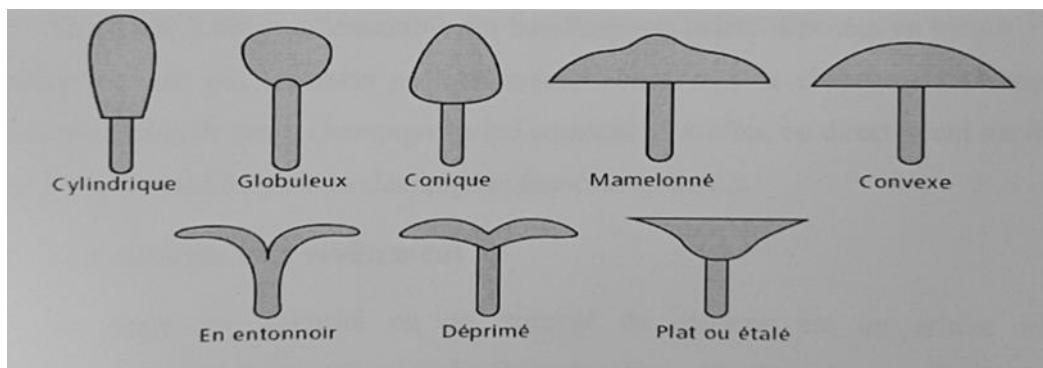


Figure 05 : Différents types de chapeau (Guillaume et al, 2009).

✓ La chair du champignon

Chez les Agaricomycetidae, il existe principalement deux types de chair. Pour presque tous les champignons à lames, la chair est généralement fibreuse : les fibres présentes peuvent provoquer des cassures impropres avec de grands filaments. A l'intérieur, la chair est constituée

de sphérocytes, elle éclatera comme de la craie (cassure nette), on va parler de chair granuleuse. Le caractère « chair grenue » est suffisant pour définir l'ordre des *Russulales*. Au cours de cet ordre-là, et que la cassure est claire et nette, comme on peut avoir du latex coulant qui permettra la séparation entre les deux genres de champignons (Adrien, 2013).

- Chair cassante + lait qui s'écoule = genre *Lactarius*
- Chair cassante + absence de lait = genre *Russula*

Il existe cependant, d'autres types de chairs plus ou moins élastiques ou tenaces comme chez les Polypores ou gélatineuses comme chez les Trémelles (Adrien, 2013).

- **L'hyménium**

Au cours de vie des champignons la production de spores est une étape indispensable afin de coloniser le maximum de surface, cette étape se déroule au niveau de la surface fertile appelée l'hyménium (EL Babili, 2015) il peut être soit à tubes, à aiguillons ou à lames (Fig.6).

Les lames : selon le mode d'insertion on distingue différents types, la séparabilité du pied et du chapeau est ce qu'on appelle une lame libre (ne touchant pas le stipe), en outre si les lames sont adnées ou décurrentes on obtiendra une cohésion entre les deux parties on sera défini comme (pied et chapeau non séparables) Entre ces différents modes d'insertion, tous les intermédiaires sont possibles. (Adrien, 2013)



Figure 06 : Les différents types d'hyménium à tubes, à aiguillons, à lames ((Michael et al.,2011)

La sporée : la sporée est le résultat de regroupement de basidiospore déposé en amas on peut l'observer sur des éléments naturels champignons : feuilles, petits chapeaux qui poussent en grappes ou directement sur les structures (anneaux, cortex, etc ...)

La cuticule et le revêtement : la viscosité et maturité du chapeau sont des critères importants, notamment pour la classification des bolets. La cuticule sèche peut être déterminée le genre *xerocomus*, tandis que le genre *suillus* a un revêtement visqueux.

B- le stipe : au pied des champignons il existe trois types de voiles principales qui sont : le voile général qui entoure complètement le carpophore lorsque le champignon est jeune, (formant un œuf.), le voile partiel est seulement responsable de la liaison de la marge du chapeau au sommet du stipe tout en protégeant l'hyménium et enfin, le voile peut aussi se déchirer au niveau de l'hyménium, laissant les pieds du champignon enveloppées dans une "chaussette" appelée **armille** représentée dans la **fig. 7 (Bon, 2004)**.

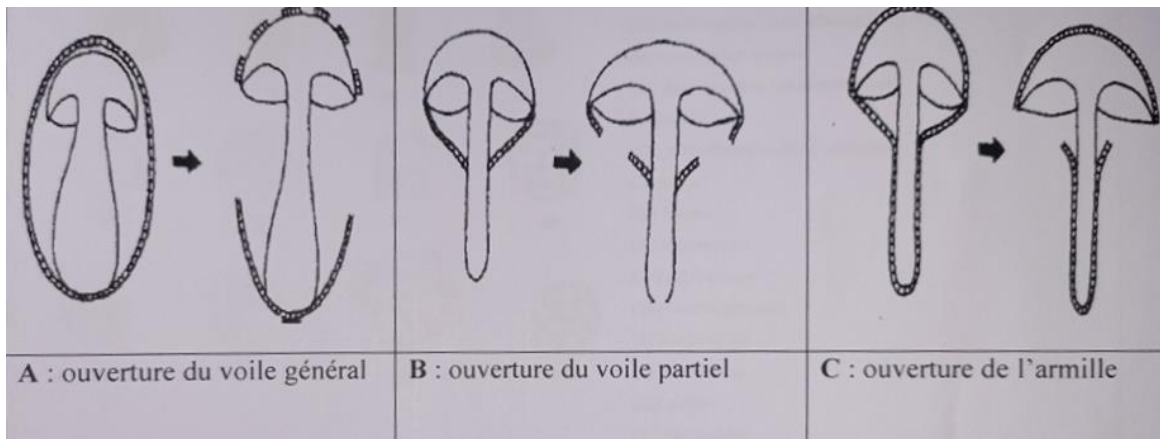


Figure 07 : Les 3 principaux voiles du champignon (Bon, 2004).

I.2.3. Les organes de reproduction

Selon **Khalid (2011)**, la majorité des champignons d'aujourd'hui sont aériens leur fécondation se déroule sans émission de gamètes libres souvent la marge de production sexuée nous donne une multiplication végétative avec une production de quantité de spores aériennes qui assurent un ensemencement très efficace.

Ils utilisent pour ça différentes structures reproductrices (**fig. 8**) tel que :

Asques : l'asque est une cellule reproductrice, caractéristique des champignons ascomycètes et se forme généralement huit spores à l'intérieur de ces asques (**ascospore, endospore**).

Baside : c'est une cellule spécialisée terminée par un nombre variable de pointes (Stérigmates) chacune porte une spore nommée **basidiospore**.

Spores : structures résistantes qui permettent au champignon de se propager rapidement et ils peuvent être **mitotiques ou méiotiques**.

Cystide : on constate que l'élément stérile de l'hyménium est la cystide, on distingue :

- Les pleurocystides situées sur la surface des lames

- les cheilocystides situées sur le bord des lames
- les piléocystides sur le chapeau et les caulocystides sur le pied (**Adrien, 2013**)

Les boucles : les anneaux ou les boucles conjugués il existent au niveau des cloison entre les hyphes. Ce sont des marqueurs du passage des noyaux d'un hyphe à l'autre (cycle de vie fongique), les espèces de types *russulales* ne contiennent pas de boucle (**Adrien, 2013**)

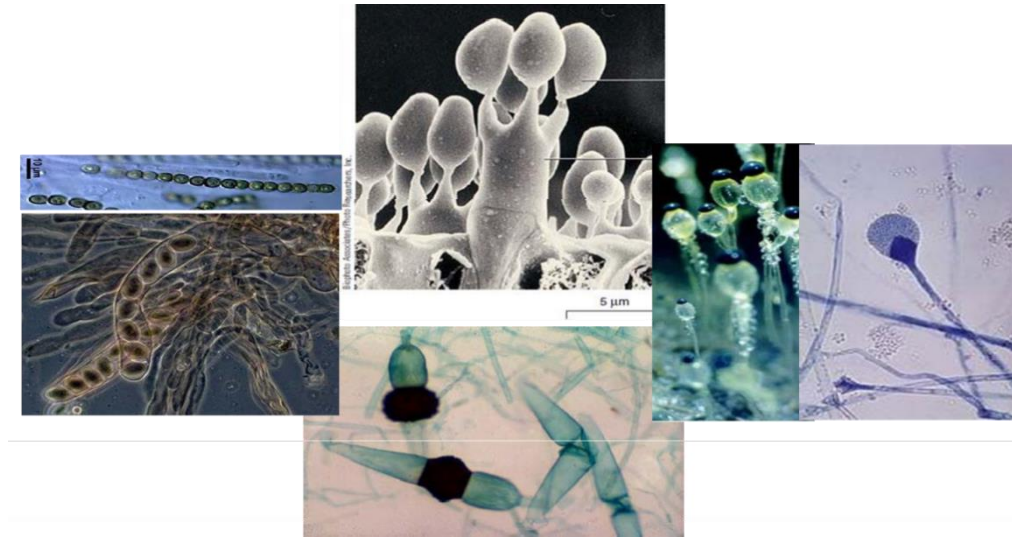


Figure 08 : Les organes de reproduction (**khalid, 2011**).

I.2.4. Mode de vie des champignons

Les champignons jouent un rôle très important dans la dégradation de la matière organique et constituent une partie importante des décomposeurs sur Terre (**Lutzoni et al., 2002**). Certains champignons peuvent être des agents pathogènes des plantes ou provoquer des infections fongiques propres aux animaux. Un troisième mode de vie est la symbiose, qui est également courant.

a) saprophytisme

Les champignons jouent un rôle très important dans le recyclage de la matière organique Sur Terre. Leur capacité à explorer à travers l'extension des hyphes, est associé à la libération d'hydrolases, permettant la colonisation d'une grande variété de substrat. Dans le sol, les champignons se dégradent en humus. Ils ont la capacité de consommer de la cellulose et de la lignine et sont considérés comme un recycleur majeur de la matières organiques (**Lutzoni et al., 2002**).

b) parasitisme et pathogénie

Environ 20% des espèces fongiques connues sont parasites. On trouve des parasites obligatoires, sélectifs ou opportunistes (**Lutzoni et Vilgalys, 2002**). Les opportunistes sont des organismes saprophytes qui attaquent les organismes avec des défenses faibles (**Wiert, 1984**). Les champignons peuvent attaquer tout le monde biote, comme les plantes, les insectes, les animaux, mais aussi les Bactéries et autres champignons (**Lutzoni et al., 2002**).

c) symbiose

Symbiose entre champignons et plantes supérieures (mycorhizes) constitue la forme de symbiose la plus répandue dans le monde, avec environ 90 % des plantes qui contractent spontanément cette association. Les champignons développeront un réseau de mycélium à partir de leurs racines et participeront à la nutrition minérale des plantes. Une association de symbiose, va permettre aux plantes de coloniser les milieux terrestres (**Smith&Read, 1997**), en plus, d'augmenter la capacité d'exploration de l'environnement extérieur, en facilitant les mécanismes de défense de la plante les champignons vont contribuer à la protection de cette plante en plus ils produiront des substances antibiotiques pour lutter contre d'autres Micro-organismes phytopathogènes (**Moreau, 2002**).

Une autre forme de symbiose très courante sur terre est représentée par les lichens causés par des champignons (principalement *Phylum ascomycota*) et des cyanobactéries ; les algues capables de photosynthèse fourniront des molécules organiques carbonées aux champignons qui à leur tour fournissent des éléments minéraux aux algues (**Simon et al., 1993**)

I.3. Reproduction des champignons

Lorsque le champignon atteint la taille adulte, Les spores se libèrent. Ils sont légers, et cela va leur permettre d'être emporté par le vent, où ils peuvent donner naissance à un nouveau Mycélium. Les spores vont donner naissance au mycélium primaire qui va se développer et pousser sous terre. Pour que ce mycélium puisse se reproduire il faut qu'il rencontre un autre mycélium, mais pas n'importe lequel c'est une étape totalement différente de chez nous, cependant il Ya deux genre de sexe mais plus particulièrement en parle de polarité positive (+) et négative (-), la compatibilité polaire des deux mycéliums primaires va nous procurer un mycélium secondaire qui à son tour va nous donner un champignon adulte (**Lambrey et Klorane, 2010**), et de ce fait on distingue deux types de reproduction :

a. La reproduction asexuée

La reproduction asexuée des champignons est assurée par des éléments simple peut se produire par bourgeonnement des thalles, fission Binaire, fragmentée ou sporulée (Alexopoulos et al., 1996)

b. La reproduction sexuée

La reproduction sexuée (ou métamorphose) implique la rencontre de filaments spécialisé (plasma), liaison du noyau (nucleomatch) et enfin méiose, suivie d'une ou plusieurs mitoses Ces évènements sont suivis par la formation de spores (les ascospores, les basidiospores, les zygosporés) dont le processus varie en fonction des différentes classes de champignons (Deacon, 2005).

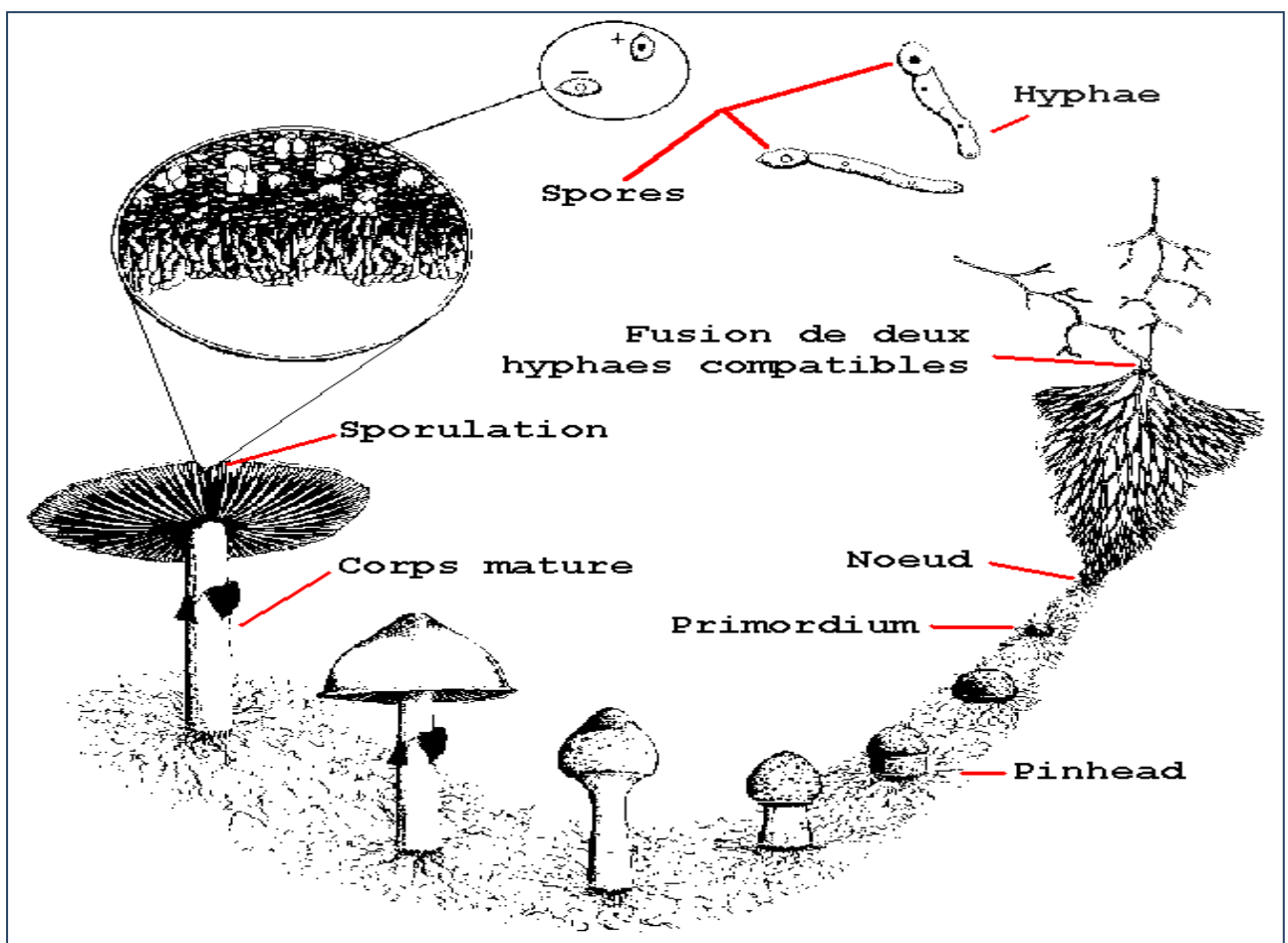


Figure 09 : Cycle de vie des champignons. (Stéphane,2015)

I.3.1. Classification

Le tableau 1 nous donne une idée sur la classification des champignons.

Tableau .1. Classification actuelle des champignons. (Marcel, 2018)

Règne	Division
Fungi	Deuteromycota Glomeromycota Chytridiomyceta Zygomycota Ascomycota Basidiomycota
Chromista	Mastigomycota
Mycetozoa	Myxomycota

I.4. Les pleurotes

I.4.1. Définition

Pleurotus ostreatus est l'un des champignons les plus faciles à cultiver au monde ce sont Basidiomycètes saprophytes cellulolytiques, car ils sont aptes à s'alimenter et à se développer sur substrat riche en cellulose (Durieux, 1993). Réputé pour leur saveur douce, de noisette et d'huître lorsqu'il est cuit. Il a également été rapporté que ce champignon a un large éventail d'utilisations non comestibles, de la mycoremédiation aux applications médicales. Les fructifications sont assez grandes (jusqu'à 20 cm), ils sont des champignons charnus en forme d'étagère de couleurs allant du blanc au gris, Ils peuvent être trouvés en croissance soit en tant qu'individus, soit en groupes grégaires (Stamets, 2005). Les sporophytes peuvent être difficiles à distinguer de deux autres espèces du genre Pleurotes : *P. pulmonarius* et *P. populi* nus (Petersen et al., 2014).



Figure 10 : *Pleurotus ostreatus* (pleurote en huitre). (Jean,2010)

I.4.2. Position taxonomique de pleurote en huitre

La position du pleurote est rapportée par (Mansour-Benamar, 2016)

Règne	Fungi
Division	Basidiomycota
Classe	Agaricomycète
Ordre	Agaricales
Famille	Pleurotaceae
Genre	Pleurotus
Espèce	<i>P. ostreatus</i> (Jacq. Ex. Fries) Kummer (1871) <i>P. ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (1871)

I.4.3. La description des pleurotes

Le tableau 2 représente les caractéristiques générales du pleurote en huitre décrites par Arora, (1979) et Stamets (2005).

Tableau 2 : Les caractéristiques générales de *Pleurotes ostreatus*

Le chapeau	Environ 4 à 15 cm de diamètre en forme d’huitre ou d’éventail, de couleur noir blanc gris violace ou jaunâtre (Arora,1979).
------------	---

Lamelle	Larges et décurrentes (lorsqu'une tige est présente), de couleur blanche ou grisâtre mais virent au jaunâtre chez les personnes âgées (Arora,1979).
La chair	Epaisse ferme et blanche avec consistance un peu élastique à la fin.
Le pied ou stipe	Peut être absente, mais si elle est présente, elle mesure généralement 0,5 à 4 Cm de long et d'épaisseur, est robuste et décentrée ou latérale, est solide, sèche et généralement poilue ou duveteuse à la base. (Arora, 1979). Il n'y a pas de volve ni d'anneau
Saveur	Douce, de noisette et d'huître lorsqu'il est cuit. (Stamets, 2005).

I.4.4. Bio cycle de *Pleurotus ostreatus*

Selon Delmas (1989) ; Olivier et al., (1991) et Oei (1993), le Cycle biologique des pleurotes se compose de deux étapes distinctes :

- Stade végétatifs qui synchronisent la croissance et le développent des mycéliums mycéliens primaire monocaryote produit par germination de basidiospores. Elle démarre à partir de la liaison de deux mycéliums monocaryotes haploïdes (ligands plasmatiques) compatible produisant un mycélium secondaire dinucléaire caractérisé par la formation d'anneau anatomique qui entre dans la phase de croissance.

- La deuxième phase correspond à la période résultante de formation des fructifications. Lorsque les conditions environnementales changent et sont restreintes, Le mycélium s'agrège et s'organise en ébauche, qui évolue en chair, et permet la Personnalisation des cellules spéciales : les basides, sites de reproduction sexuée (caryogamie). Après la méiose, des basidiospores mononucléaires haploïdes se forment, et qui se détache et germe lorsque les conditions sont réunies. Ils sont l'origine d'une nouvelle génération.

I.4.5. Facteurs influençant la croissance et la fructification des Pleurotes

De multiples facteurs affectent la croissance mycélienne et la fructification des Champignons d'huître. Ils sont tour à tour nutritionnels, physiques et chimiques.

✓ Facteurs nutritifs

Les pleurotes ont besoin d'un milieu de vie dans lequel il doit trouver toute Substances nécessaires au développement et à la croissance de leurs mycéliums et à la formation d'arbres

fruitiers. Ils ont besoin d'une source de carbone. Apparemment la meilleure source pour les pleurotes selon **Delmas (1989)** et **Olivier et al. (1991)**, est l'amidon, le mannose, le glucose et le maltose. Les sources d'azote trouvées dans le sulfate d'ammonium et l'urée sont également nécessaires et les éléments minéraux tels que le phosphore, le potassium, le magnésium le calcium le Zinc, cuivre, fer, manganèse et autres oligo-éléments. Les Pleurotes ont également besoin de thiamine (**Delmas, 1989**).

✓ Facteurs physiques

Les principaux facteurs physiques affectant la croissance des pleurotes sont la température, L'humidité, la lumière et la ventilation. Pour Le développement du mycélium la température optimale se situe entre 20 et 25°C. La fructification nécessite une température d'environ 15°C et l'induction de la fructification nécessite de baisser la température. 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 90% (**Olivier et al., 1991**). La lumière n'est nécessaire qu'au cours de la fructification (**Oei, 2005**)

✓ Facteurs chimiques

Les facteurs chimiques qui affectent la croissance mycélienne et la fructification sont : le Gaz et le pH, car les champignons cultivés sont des organismes aérobies et ont besoin d'oxygène pour la respiration et dégradation de certaines substances, comme la lignine (**Olivier, 1991**). Pendant la période de fructification, le niveau de CO₂ dans le milieu de croissance doit être inférieur à 0,1 %. En fait, des concentrations élevées de CO₂ sont bonnes pour la croissance mycélienne, mais défavorable pour sa fructification (**Oei, 2005**). Pour l'acidité (pH) du milieu, le champignon se développe sur un support légèrement acide (pH 5 à 6,5), Mais ce dernier a aussi des inconvénients qui favorise le développement de moisissures concurrentes, le pH est donc recommandé basique (pH 9).

I.4.6. Intérêts des Pleurotes

a) Intérêt alimentaire

Sur le plan nutritionnel, les pleurotes sont considérés comme un aliment sain, riche en protéines, fibres, minéraux et vitamines (principalement vitamines B1, B2, C et D), Mais avec une faible teneur en calories et en matières grasses. Il a un goût unique et aromatiques (**Hernandez et al., 2003 ; Manzi et al., 2004 ; Kalmis et al., 2008**).

b) Intérêt médicinal

De nombreuses propriétés pharmacologiques ont été attribuées à *Pleurotus ostreatus*, comme l'activité anticancéreuse (Givelet, 2011 ; Blandeau, 2012), activité hypocholestérolémiant (Radha & Lakshmanan, 2013) et de puissante activité antioxydante (Jayakumar et al., 2007).

c) Intérêt économiques et écologiques

Le premier intérêt des pleurotes est la possibilité de recycler la matière première à bas prix, c'est-à-dire des résidus agricoles qui peuvent ajouter de la valeur en les utilisant comme engrais (Flandroy, 1993 ; Kara Ali et Khendriche, 2013) ou les incorporer dans l'alimentation animale (Akkache, 2010).

De nombreuses études ont été faites sur l'utilisation des pleurotes dans la Bioremédiation des sols contaminés par les polychlorures (PCP) (Cannon & Kirk, 2007).

Chapitre II : Les déchets liquides de l'agro-alimentaire

Les déchets organiques font partie du cycle de la vie. En effet la diversification des technologies de traitement des déchets conduit parfois à des choix compliqués vu que chaque méthode de traitement a des avantages et des inconvénients, Il n'y a pas de formule magique. Il est nécessaire de déterminer le mode de traitement le plus approprié à la situation économique, sociale et locale. L'acceptabilité sociale d'une installation de traitement des déchets est médiocre. Leur proximité est considérée comme une atteinte majeure à la qualité de vie. L'accumulation de déchets peut causer des problèmes de santé ou d'environnement.

La valorisation va désigner toute transformation de résidus ou sous-produits industriels aliments destinés à être réintroduits sur le marché en tant que nouvel ingrédient ou comme un nouveau produit (Nawel, 2014).

II.1. Les sous-produits de l'olivier

L'extraction de l'huile d'olive produit deux types de résidus : les grignons (résidus solides) et les margines (résidus liquides) notre étude dirige vers les déchets liquide :

II.1.2. La margine

a. Définition

La margine provient des olives et d'eau éventuellement ajoutées lors du broyage. La qualité et la quantité margine dépend de l'opération d'extraction de l'huile d'olive (Achak et al., 2011). Ils sont également affectés par la variété d'olives, la saison et le taux de cueillette, la Maturité du fruit et les conditions climatiques, généralement estimées selon le système d'extraction utilisé qu'un kilogramme d'huile d'olive fournit 1 à 1,5 litre d'eau végétale. (Achak et al., 2009).

b. Couleur des margines

Généralement, la couleur des margines va du brun rougeâtre au noir. Ce changement de couleur est en raison de plusieurs facteurs :

- ✓ Variété et maturité des olives
- ✓ Etat de fraîcheur des margines
- ✓ Etat de dégradation des composés phénoliques

Les pigments bruns ou catécholamines sont des polymères phénoliques responsables de Bords sombres. Les olives sont dépourvues de ce polyphénol il se forme Lors du broyage de l'ortho-

diphénol vu sont abondance dans la pâte, le phénol oxydase Cette enzyme est inactive dans toute la drupe (**Ranalli,1991**).

C. Caractéristiques et composition des margines

- **Paramètres physicochimiques des margines**

Les propriétés physico-chimiques des margines varient considérablement selon les conditions climatiques, les variétés d'olives, la maturité des fruits, la durée de conservation et le Processus d'extraction (**Fiorentino et al., 2003**). Les margines contiennent la plupart des produits chimiques hydrosolubles présents dans les olives, elles sont hautement chargées en matière organique. Le rapport en carbone/azote (C/N) est élevé, l'exigence chimique en Oxygène (DCO)est supérieure à 200g/l (**Morillo et al., 2009**). Elles sont composées essentiellement d'eau (83-92% en Poids) (**Kapellakis et al., 2008**). Le pH de l'effluent du système d'extraction des olives est compris entre 4,2 et 5,9 (**Eroglu et al., 2008**). Les valeurs reflètent une toxicité considérable de l'eau salée avec une haute conductivité et une forte charge de polluants organiques (**Ochando et al, 2016**) et elles se caractérisent par une forte capacité antibactérienne.

Tableau3 : Paramètres physico-chimiques des margines (**Mekki et al., 2008**)

Paramètres	pH	Carbone organique total (g. L ⁻¹)	Couleur	Conductivité	Température	DCO
Valeur	3,5 et 4,9	36,6	Brun-rougeâtre	10 ms.cm ⁻¹	Ambiante	120 g. L ⁻¹

- **Composition des margines :**

Les margines se caractérise par une forte odeur d'huile d'olive (**Daassi et al., 2014**), ils sont constitués de 84,83% à 94,83% d'eau (**Tsiouplas et al., 2002**), de 3,5% à 15% de matière organique (composés phénols, lipides, glucides, protéines...) et 0,5 à 2% de sels minéraux (potassium, sodium, magnésium, ...) (**Anglada et al., 2011**), et des traces de vitamines et Insecticides (**Kapellakis et al. 2008**).

Tableau4 : Composition des margines (**Benyahia et al., 2003**).

Composant	Eau	Matières organiques	Matières minérales	Matières azotées totales	Matières grasses	Polyphénols
Teneur en %	83-88%	10,5-15%	1,5-2%	1,25-2,4%	0,03-1%	1-1,5%

II.2. Les déchets liquide de la fabrication fromagère

L'industrie fromagère utilise le lait pour produire une grande variété de fromage ; mais la composition physico-chimique du fromage peut être différente par rapport à celle du lait ; une bonne partie de ces éléments peut être évacué avec le lactosérum ce qui constitue une grande perte du point de vue éléments de valeur comme les protéines sérique, le lactose, les sels minéraux et des vitamines hydrosolubles (**Rouabah, 1982**).

II.2.1. Les sous-produits de fromage (lactosérum)

a. Définition

Le lactosérum est un sous-produit de la transformation du lait en fromage, caséine ou dérivés de caséine. Le lactosérum retient environ 55 % des nutriments du lait il est considéré comme étant un composant de base du lait formant la phase aqueuse (après séparation caillé) et il contient des substances ionisées (sels, acides), des molécules (surtout lactose) et des vitamines hydrosolubles (surtout du groupe B). Le lactosérum a une teneur en protéines élevé et de valeur nutritionnelle importante, riche en lysine et en tryptophane, par ailleurs il contient un bon équilibre en acides aminée Soufrée en raison de sa teneur en homocystéine (**Clement, 1998**).

b. Les différents types de lactosérum

D'après **Boudier et al., (1987)**, on peut distinguer trois types de lactosérum selon le type de coagulation :

- **Sérum doux** est obtenus par coagulation du lait par la présure provenant de la fabrication des fromages à pâtes pressée ou cuite et dont l'acidité est inférieure à 18°D.
- **Sérum acide** obtenu par coagulation de l'acide lactique issu de la fabrication de Fromage Frais ou à pâte molle avec une acidité supérieure à 18°D.
- **Sérum de caséine acide** est obtenu par coagulation d'acides minéraux, et de la fabrication de la caséine aux acides (Figure 11).

c. Caractéristiques

Selon **Saadaoui, (1981)**, le lactosérum est caractérisé par :

- Son état physique liquide.
- Son pH : 6 à 6,5.
- Il est jaune-vert en raison de la présence de la riboflavine (vitamine B2).
- Il est riche en lactose, protéines solubles, sels minéraux et vitamines soluble dans l'eau.
- sa sensibilité aux diverses fermentations.

II.2.2. Composition du lactosérum

D'après (**Boudier et al., 1987**), la composition des lactosérums varie selon leur origine (**tableau 5**), les variations sont les suivantes :

- Matière sèche totale 50 à 65 g/l
- Lactose 39 à 48 g/l
- Acide lactique 1 à 8 g/l
- Matière grasse 0.5 à 3 g/l
- Sels minéraux 3 à 6 g/l
- Matières azotées 6 à 8 g/l

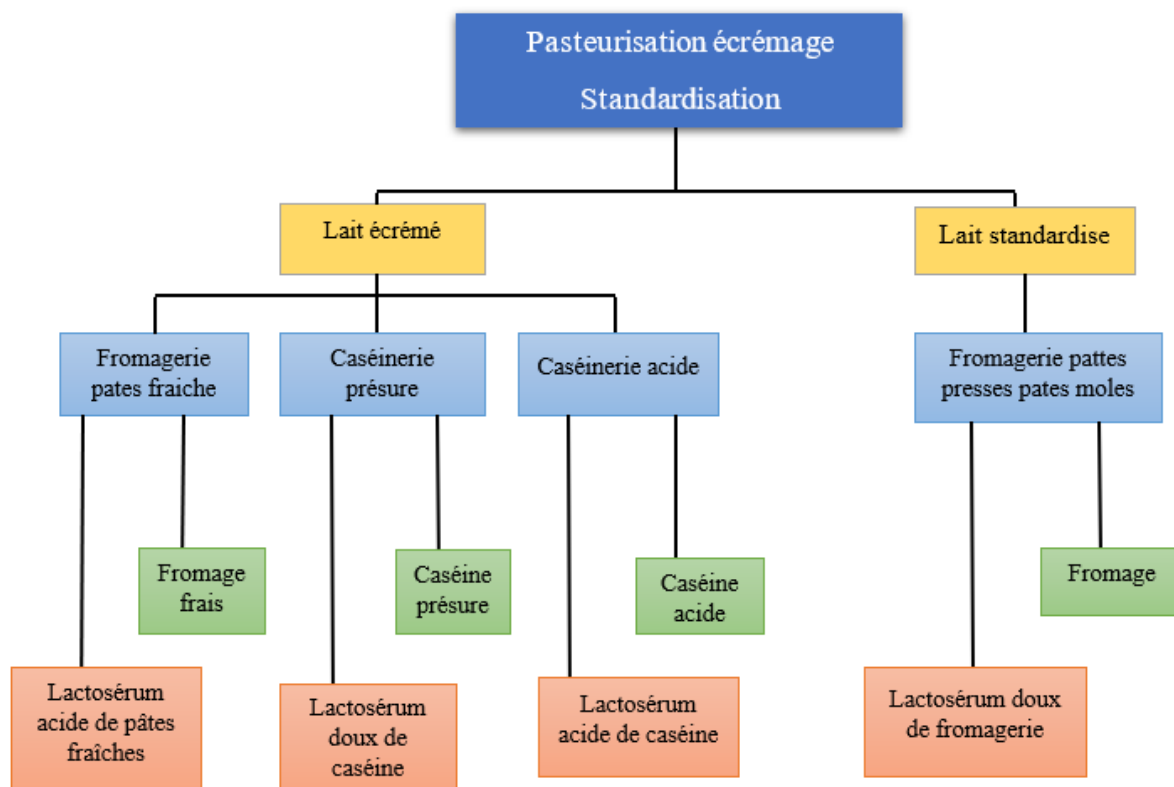


Figure 11 : Schéma de l'obtention des principaux types de lactosérums issus de la première Transformation du lait (Boudier *et al.*, 1987)

Tableau5 : Les différents composants du lactosérum selon leur origine (Boudier *et al.*, 1987) :

	Lactosérum		
	Présure	Lactique	Acide minéral
Lactose	70 à 80	60 à 70	65 à 75
Protéines	9 à 13.5	9 à 13.5	9 à 13
Azote non protéique	0.6 à 0.8	0.5 à 0.7	0.3 à 0.5
Matières minérales	7.5 à 9	9 à 14	9 à 13
Matière grasse	0.5 à 0.7	0.5 à 0.7	0.5 à 0.7
Acidité (en acide lactique)	0.05a0.11	0.5a0.8	0.4a0.5

II.3.les déchets liquide du beurre

II.3.1. Le beurre

a. Définition

Le mot beurre vient de bou-tyron, qui semble signifier " fromage de vache " en grec. Le beurre est défini par le règlement CE n° 2991/94 du 5 septembre 1994 : L'appellation beurre est réservée aux produits de type émulsion eau dans la Matière grasses, dont les constituants sont dérivés de produits laitiers et obtenus par des procédés physiques (**Michael et al., 2008**).

Selon le Codex Alimentarius, le beurre est un produit gras entièrement issu de Lait ou dérivés du lait, principalement sous forme d'émulsions de type eau dans de l'huile par ailleurs le babeurre est le produit dérivé de la crème du lait (**Paul, 2010**).

II.3.2. Les sous-produits de la beurrerie

La fabrication de beurre génère principalement 2 coproduit qui sont l'eau de lavage de beurre et le babeurre.

Le babeurre : c'est un liquide blanc extrait après la formation du beurre, sa composition est proche du lait écrémé (**Pointurie et Adda, 1969**), le babeurre est ainsi, le produit obtenu lors du fouettage de la crème. La membrane des globules gras de la crème sont brisés et la matière grasse est libérée. Ensuite les Globules gras sont soudés ensemble pour former des granules de beurre (**Spitsberg, 2005 ; Dewettink et al. 2008**).

Le procédé de fabrication du babeurre est représenté dans la figure 12 :

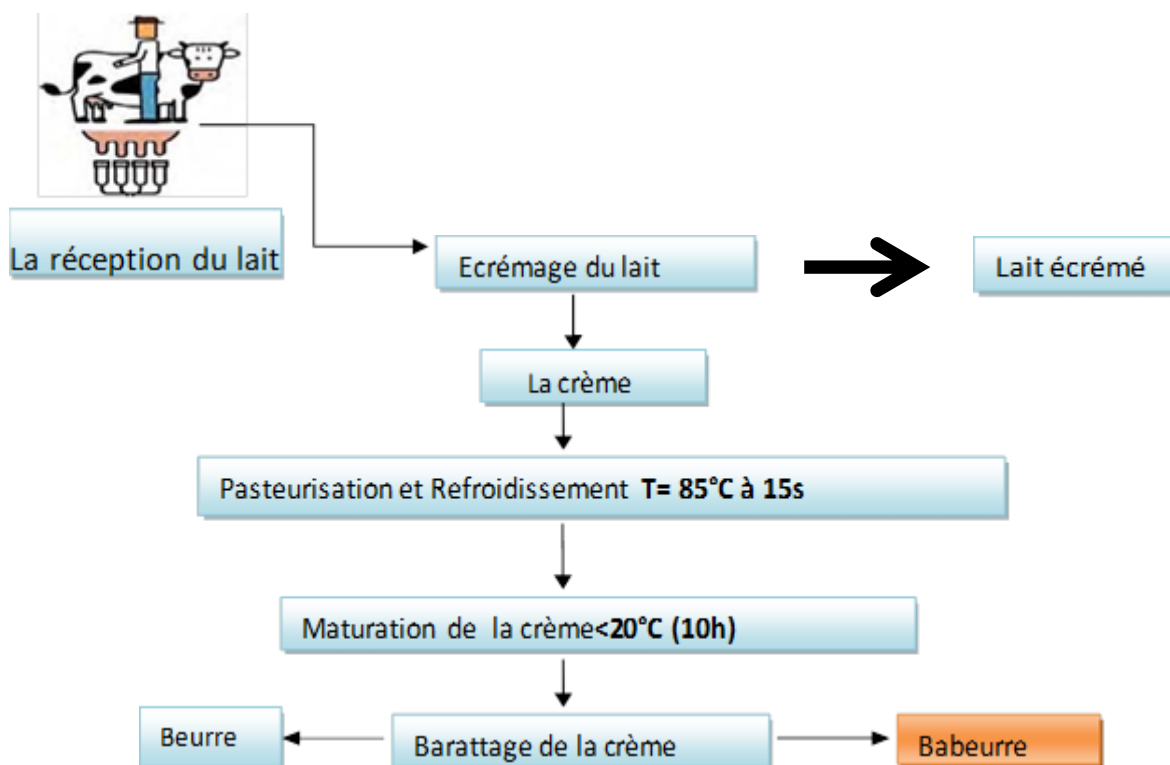


Figure 12 : Fabrication de babeurre à partir de beurre (Angers, 2002).

II.3.3. Les types de babeurre

Le babeurre est principalement associé à deux variantes (Codex, 1995).

Le premier correspond au babeurre traditionnel, c'est-à-dire phase aqueuse, presque sans matière grasse laitière, après fabrications de babeurre à base de crème fermentée (babeurre aigre) ou non fermentée (babeurre doux).

La deuxième variante correspond au babeurre de culture, qui est produit par la fermentation du lait écrémé (Libudzisz et Stepaniak, 2002).

- La composition

La composition du babeurre est très proche à celle du lait écrémé. Le babeurre contient effectivement du lactose, des minéraux et des protéines de lait (caséine et protéines sériques) dans la même proportion que le lait écrémé (Corridding et Dagleish, 2004).

Cependant, le babeurre est très différent du lait écrémé par la présence de lipides polaires dans les membranes des globules gras du lait (MGGL) (Conway et al., 1987), de ce fait la

concentration de lipides polaires dans le babeurre peut être quatre fois plus élevée que dans le lait écrémé (**Rombaut et al., 2005**).

Le rapport de protéines dans le babeurre sucré diffère également du lait écrémé. Selon **Britten et al. (2008)**, dans ce sous-produit, la concentration de caséine est environ 59 %, 23 % de protéines sériques et environ 19 % de Protéine issue des résidus de MGGL libérée lors de l'agitation (**Sodini et al., 2006**).

La figure 13 représente les Principaux constituants du babeurre.

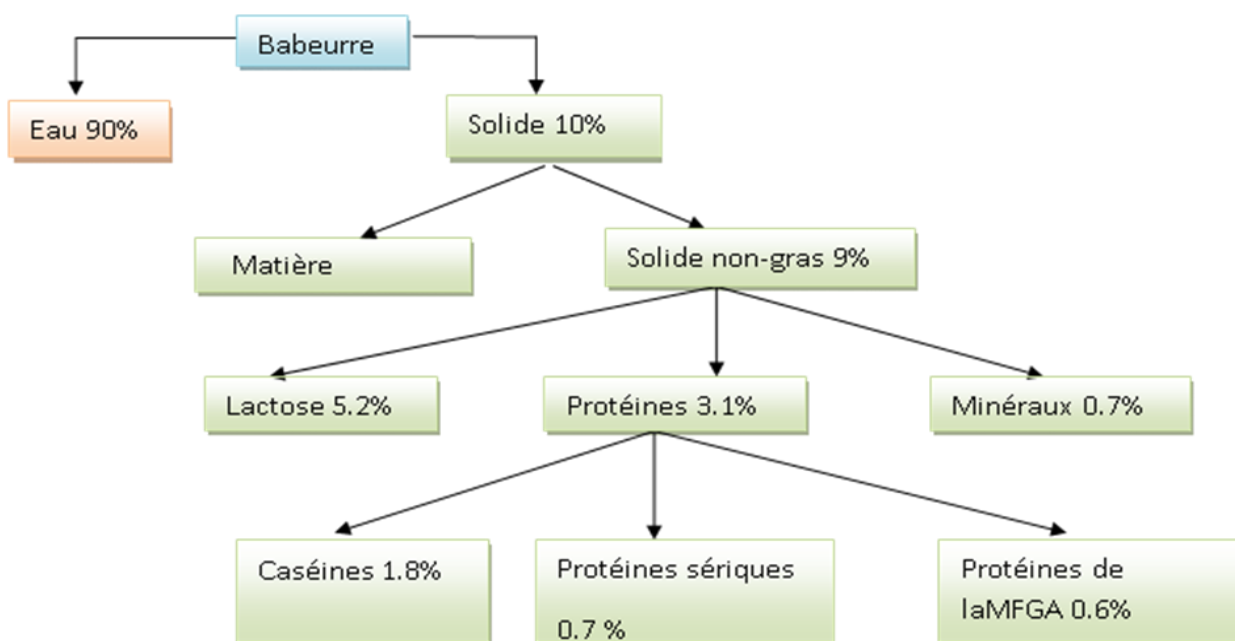


Figure13 : les principaux constituants du babeurre.
(**Britten et al, 2008**)

II.4. les déchets liquides de la pomme de terre

II.4.1.Pomme de terre

a) définition

C'est une plante vivace de la famille des solanacées de la pomme de terre et peut atteindre une hauteur d'un mètre. La pomme de terre est riche en amidon et en oligo-éléments comme le potassium, le phosphore, le fer et le magnésium. De nombreuses variétés sont cultivées en Algérie. Par exemple, spunta, fabula, nicola, diamant et désire (**ITCMI, 2010**), dans les régions côtières, du Tel Atlas et des plateaux. Bien que la pomme de terre soit utilisée

pour l'alimentation, ses déchets sont utilisés dans l'industrie pharmaceutique, l'industrie textile, et dans l'industrie du papier ('La pomme de terre' 2008).

b) La description

La pomme de terre est un tubercule, produit par l'expansion de la tige souterraine, qui va pousser, alimenté par la végétation de surface et les racines. C'est un organe de stockage des substances de réserve produites par la photosynthèse (Boufares, K. 2014). La (Figure 14) montre la structure du tubercule d'une pomme de terre.

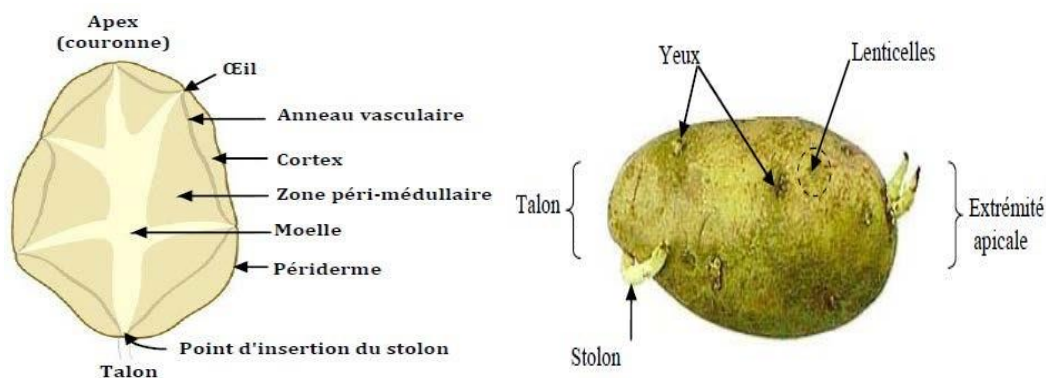


Figure 14 : Structure de tubercule de *Solanum tuberosum*.
(Laberche, 2001)

c) Composition chimique du tubercule

La pomme de terre est constituée, majoritairement d'une teneur de 75% d'eau, le reste est formé par la matière sèche : 20% amidon, 2,5% protéines, 1,8% fibres, 0,15% acides gras et 0,55% (sucres, acides aminés, vitamines et sels minéraux) (Boufares, 2014).

II.4.2. L'amidon

L'amidon est un polysaccharide d'origine végétale constitué d'unités glucose $C_6H_{12}O_6$. C'est l'un des meilleurs polymères biodégradables. C'est une molécule de réserve pour les plantes supérieures et constitue une part importante de l'alimentation humaine. En plus, L'amidon représente une part importante des matières premières agricoles (jean-luc et al, 2016).

L'amidon est présent dans les organes végétaux sous une forme semi-cristalline, en granulés relativement denses, insolubles dans l'eau froide, dont la taille varie de 1 à 100 μm selon l'origine végétale (Fabien, 2011)

- **Composition de l'amidon et structure de base**

L'amidon est principalement composé d'amylose, de polymères d'amylose (non ramifiés) et d'amylopectine (polymères ramifiés α (1-6)). Il est constitué d'entités granuleuses semi-cristallines, résultant de l'organisation de ses deux composants. Ces deux structures sont associées à des protéines de stockage et sont encapsulées dans un grain d'amidon. Typiquement, l'amidon contient 20 à 25 % d'amylose et 75 à 80 % d'amylopectine (Sajid Alavi et al, 2015). La quantité de chaque ingrédient varie en fonction de la source de l'amidon (Wertz, 2011).

Tableau6 : Teneur en amylose et amylopectine des amidons de différentes sources botaniques (Wertz, 2011).

Source botanique	Amylose (%)	Amylopectine (%)
Mais	28	72
Pomme de terre	21	79
Blé	28	72
Mais cireux	0	100
Amylomais	50-80	50-20
Riz	17	83
Pois	35	65
Manioc	17	83

Partie expérimentale

III. Matériels et Méthodes

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire 03 du pôle microbiologique de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Université de Tlemcen Abou Bakr belkaid.

III.1. Matériel

A. Matériel utilisé

Le laboratoire où le travail a été effectué dispose de plusieurs matériaux indispensables qui sont les suivants : une étuve, un autoclave, Agitateur magnétique, Balance analytique, plaque chauffante, Micropipette à volume réglable 20-100 μ , pH mètre, hotte à flux laminaire, réfrigérateur, boîtes à pétri, erlenmeyers, béchers, flacons en verre, bocaux en verre, spatule et scalpel.

B. Matériel biologique

Au cours de cette étude nous avons utilisé une souche de *Pleurotus ostreatus* achetée auprès d'un fournisseur situé à Tizi-Ouzou. Le mycélium a été isolé et entretenu au jour de son utilisation.

C. Résidus agricoles utilisés

1. La margine

Ce substrat est défini comme étant le sous-produit de la production de l'huile d'olive et provient d'une huilerie industrielle située à Ouzidane Chetouane Tlemcen.

2. Le babeurre

Le lait de barattage du beurre il est issu de la laiterie giplait Mansourah qui se situe au niveau de la zone semi industrielle Abou tachefine Tlemcen.

3. Le lactosérum

Appelé aussi petit lait avec une composition biochimique très intéressante représente un substrat indispensable provenant de la laiterie giplait Mansourah qui se situe au niveau de la zone semi industrielle Abou tachefine Tlemcen.

4. Eau de lavage de pomme de terre

Représente un substrat très important il provient d'une unité de congélation de pomme de terre pré-frite situé dans la zone industrielle de chetouane, Tlemcen.

III.2. METHODES

III.2.1. Culture liquide

1. Préparation des dilutions

Nous avons effectué une série de 4 dilutions en allant de 25% ,50%, 75% 'à 100% préparé à partir des 4 substrats et de l'eau distillé afin d'obtenir un volume final de 300ml (**fig. 15**).

Le travail a été effectué selon l'ordre suivant :

Dilution 1 : 25% : 75 ml de substrat sont dilués dans 225 ml d'eau distillée.

Dilution 2 : 50% : 150 ml de substrat sont dilués dans 150 ml d'eau distillée.

Dilution 3 : 75% : 225 ml de substrat sont dilués dans 75ml d'eau distillée.

Dilution 4 : 100% : 300 ml de substrat seul.

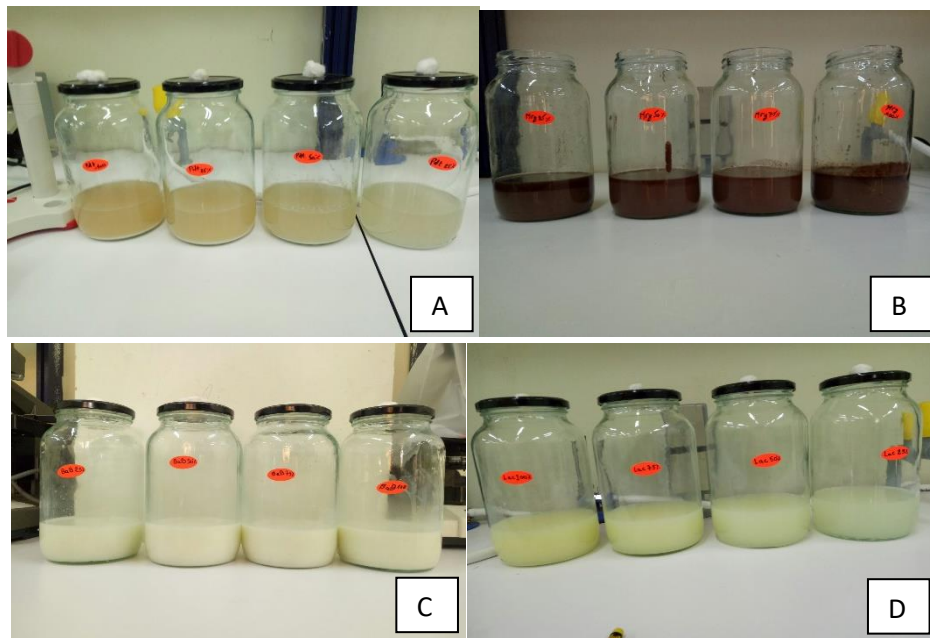


Figure15 : Les different dilutions préparé (A :l'eau de pomme de terre ; B :la margine ; C :le babeurre ; D :lactosérum) .

2. La détermination et la régulation du pH

A l'aide d'un pH mètre nous avons déterminé le pH des substrats (**fig. 16**), pour un bon développement du mycélium nous avons régulé le pH de chaque substrat pour arriver à un pH final de 6,8 (Tableau 7).

Tableau7 : Valeur de pH des différents substrats.

Substrat	pH initiale	pH final
Margine	4	6.8
Babeurre	6.2	6.8
Lactosérum	6.3	6.8
Eau de lavage de pomme de terre	6.5	6.8



Figure16 : Détermination du pH des milieux liquides (photo original).

3. Stérilisation du milieu

A l'aide d'un autoclave nous avons effectué une stérilisation à 121 C° pendant 20 minutes pour détruire tous les germes microbiens jusqu'au cœur du substrat (**fig. 17**).



Figure17 : Stérilisation des bocaux à l'aide de l'autoclave. (Photo original)

4. Préparation du témoin

Le glucose a été choisi comme témoin et nous avons pris 43,09g de glucose pour 90ml d'eau distillé le tout a été mis sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition. Le pH initial du témoin a été de 4,1 et il a été ajusté à 6,8 (**fig18**)



Figure 18 : Témoin préparé.

5. Principe de la culture sur milieu liquide

L'inoculation est une procédure qui doit être effectuée dans les meilleures conditions d'asepsie pour éviter toute contamination. Cette étape consiste à transférer une petite quantité de mycélium sous une hôte à flux lumineire et inoculer le substrat étudié avec (**fig. 19**).



Figure19 : Haute a flux lumineire (image original).

6. Mode opératoire

A. Inoculation du substrat

L'inoculation du substrat liquide consiste à mettre le mycélium dans le substrat liquide étudié avec un rapport de 1% (ce qui signifie de mettre 3g de mycélium avec grain de support dans 300ml de substrat liquide). A l'aide d'une spatule stérile flambée à travers la flamme du Beck benzène nous avons pris le mycélium que nous avons mesuré son poids sur une balance analytique puis nous l'avons introduit dans les bocaux en verre contenant les substrats liquide étudiés.



Figure20 : Pesé du mycélium à inoculer.

B. Incubation

Après inoculation, les bocaux sont placés dans une étuve universelle à la température de 25° C pour permettre au mycélium de proliférer sur tout le milieu.



Figure 21 : Incubation des bocaux dans une étuve bactériologique. (Photo original)

III.2.2.la Culture solide à base de substrats liquides

La culture solide suit généralement les mêmes paramètres et conditions de la culture liquide. Les principales étapes vont être légèrement modifiées suivant le caractère du milieu solide.

1. La préparation des dilutions

La préparation de 4 dilutions d'un volume totale de 200ml en allant de 25% ,50%, 75% 'à 100%.

Dilution 1 : 25% : 50 ml de substrat sont dilués dans 150 ml d'eau distillée.

Dilution 2 : 50% : 100 ml de substrat sont dilués dans 100 ml d'eau distillée.

Dilution 3 : 75% : 150 ml de substrat sont dilués dans 50ml d'eau distillée.

Dilution 4 : 100 % 200 ml de substrat seul.

2. La détermination du pH

Le pH final de chaque substrat a été déterminé à travers un pH- mètre à l'aide d'une base NAOH on a déterminé le pH initial puis avec une micropipette on a ajouté un volume bien déterminé jusqu'au pH final, les résultats sont présentés sur le tableau 8.

Tableau 8 : pH final des différents substrats.

Les Substrats utilisés	pH initial	pH final
Eau de lavage de pomme de terre	6.3	6.8
Lactosérum	7.1	7.3
Babeurre	6.7	7.2
Margine	3.8	6.8

3. Préparation du milieu

Les dilutions préparées sont placer sur une plaque chauffante doté d'un agitateur magnétique (**fig22**) en ajoutant l'agar agar au fur et à mesure de l'échauffement du substrat (L'agar agar va nous servir pour la préparation des milieu gélosées grâce à ces nutriments

nécessaires pour le développement du mycélium sur la surface du milieu) tout en suivant les mesures convenables (4g dans 200ml de substrat) le chauffage va durer 30min a une température de 100°C pour obtenir un mélange bien homogène.

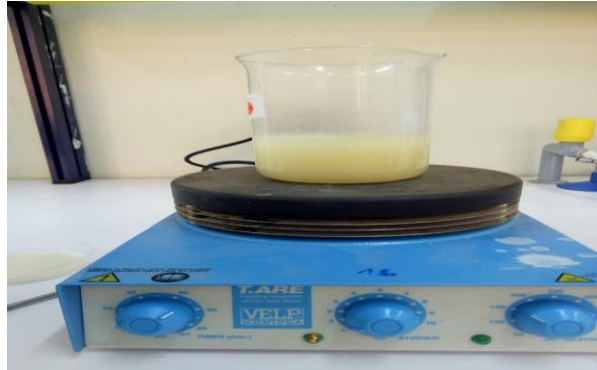


Figure22 : Homogénéisation du mélange substrat liquide et agar agar.

4. Remplissage des flacons

Dès que le mélange est prêt nous l'avons mis dans des flacons en verre comme présenté dans la figure 23.

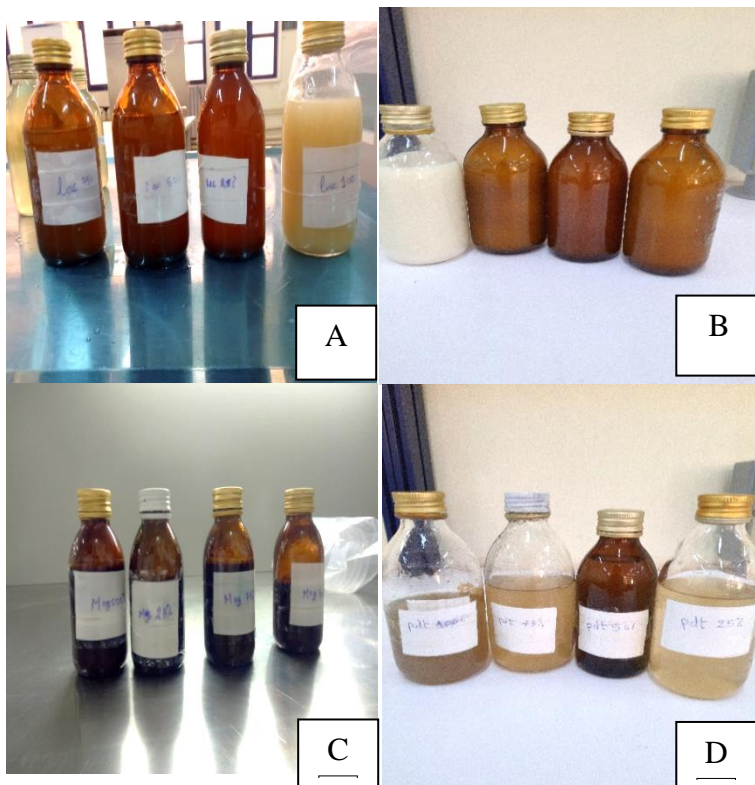


Figure23 : Flacon en verre contenant les différents substrats (A : lactosérum ; B : le babeurre ; C : la margine ; D : l'eau de pomme de terre).

Ensuite nous avons effectué une stérilisation des milieux préparés à l'aide d'un autoclave à la température de 121°C pendant 20 minutes (**fig. 24**).



Figure 24 : Autoclavage des flacons.

5. Préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar)

Le PDA a été utilisé comme témoin pour sa préparation nous avons pris 42g de poudre de PDA pour 1L d'eau distillé le mélange est mis sur une plaque chauffante avec agitation pour dissoudre totalement la poudre et avoir un milieu homogène (**fig. 25**).



Figure25 : Préparation du milieu PDA.

6. Inoculation du substrat

Après stérilisation nous avons procédé à l'inoculation du substrat et pour ça nous avons d'abord coulé les quatre milieux préparés sur les boîtes de pétri tout en assurant plusieurs les répétitions nécessaires pour chaque milieu (**fig. 26**).



Figure26 : Flambage du scalpel et préparation des boîtes a pétri.

➤ Procédure

L'inoculation a été réalisée sous la hotte à flux laminaire pour assurer les conditions d'asepsie et éviter toute possibilité de contamination. A l'aide d'un scalpel que nous avons trempé dans de l'éthanol à 96% puis flambé à la flamme d'un Beck benzène et après l'avoir laissé refroidir, nous avons coupé des carrés de 0,5cm de la culture de mycélium, préalablement préparée sur milieu PDA, nous les avons déposés au milieu des boites de pétri contenant les milieux étudiés.



Figure27 : Découpe et inoculation du mycélium.

7. Etiquetage des boîtes

L'étiquetage consiste à mettre toutes les informations nécessaires sur le dos de la boîte (date d'inoculation, type du substrat, et la dilution).

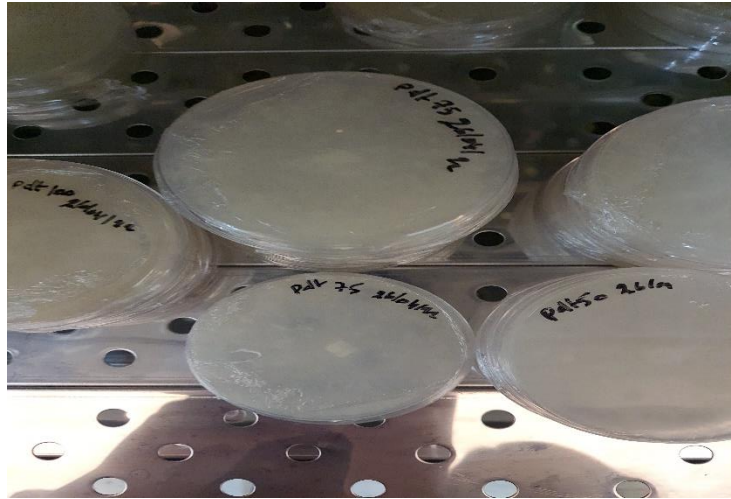


Figure 28 : Etiquetage des boites a pétri.

8. Incubation

Les boites de pétri ont été mise dans une étuve universelle à la température de 25°C pendant une durée de 15 jours (**fig. 29**).



Figure 29 : Incubation des boites de Pétri.

IV. Résultats et discussion

IV.1. Culture liquide

Afin de déterminer qu'un milieu favorable à la croissance du mycélium de *Pleurotus ostreatus*, plusieurs substrats ont été utilisés sur une durée de 15 jours à la température de 25°C. En effet après filtration des milieux nous avons obtenus une évolution du mycélium qui a été mesurée par la différence de poids des milieux étudiés poids initial moins le poids final.

IV.1.1. Croissance du mycélium dans la margine

L'évolution du mycélium par rapport au poids de la margine sont représenté par la figure 30.

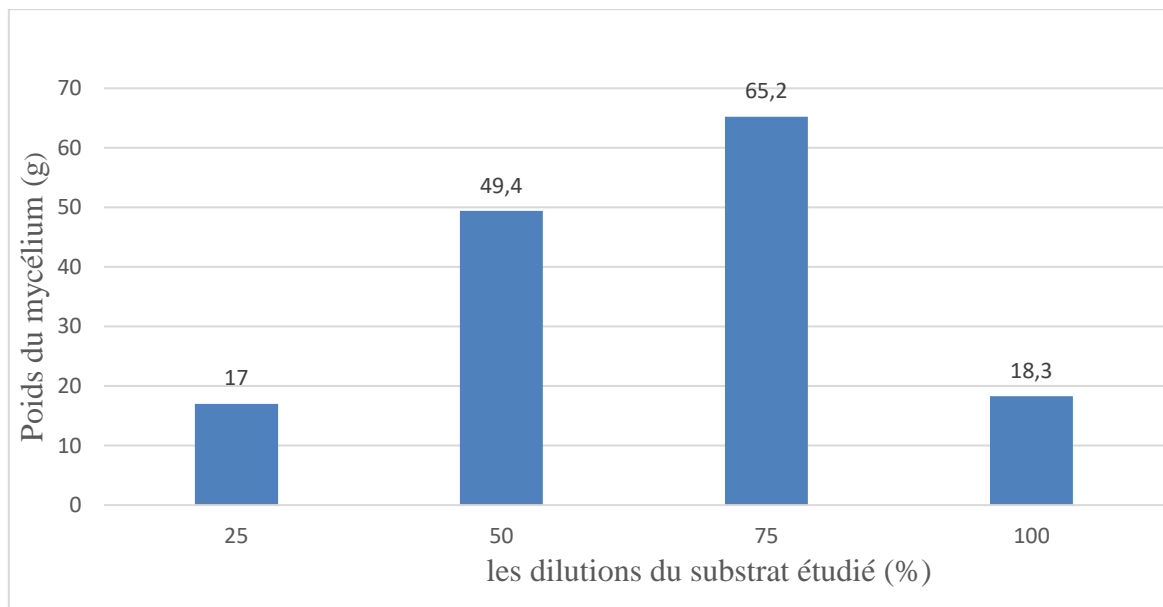


Figure 30 : Poids du mycélium de *Pleurotus ostreatus* cultivé sur les différentes concentrations de la margine.

D'après la **figure 30**, chaque dilution a subi un changement de poids comme on peut constater la croissance du mycélium était bien plus importante sur la concentration 75% en enregistrant un poids de 65,2g de mycélium suivi par 50% qui a donné un poids de 49,4g de mycélium comparé aux concentrations 25% et 100% qui n'ont pas donné un poids qui se fait remarquer en enregistrant des poids respectifs de l'ordre de 17 et 18,3g de mycélium.

Nous avons remarqué que les concentrations 50 et 75% ont présenté une formation d'un aspect gélatineux pigmenté de la même couleur que la margine mais avec des filaments blancs à l'intérieur.

IV.1.2. Croissance du mycélium dans le babeurre

Les résultats obtenus, par l'étude de croissance du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur le babeurre et présenté dans la **figure 31**, montrent une importante évolution de poids de la concentration 50 % comparée aux concentrations de 75% et 100 %.

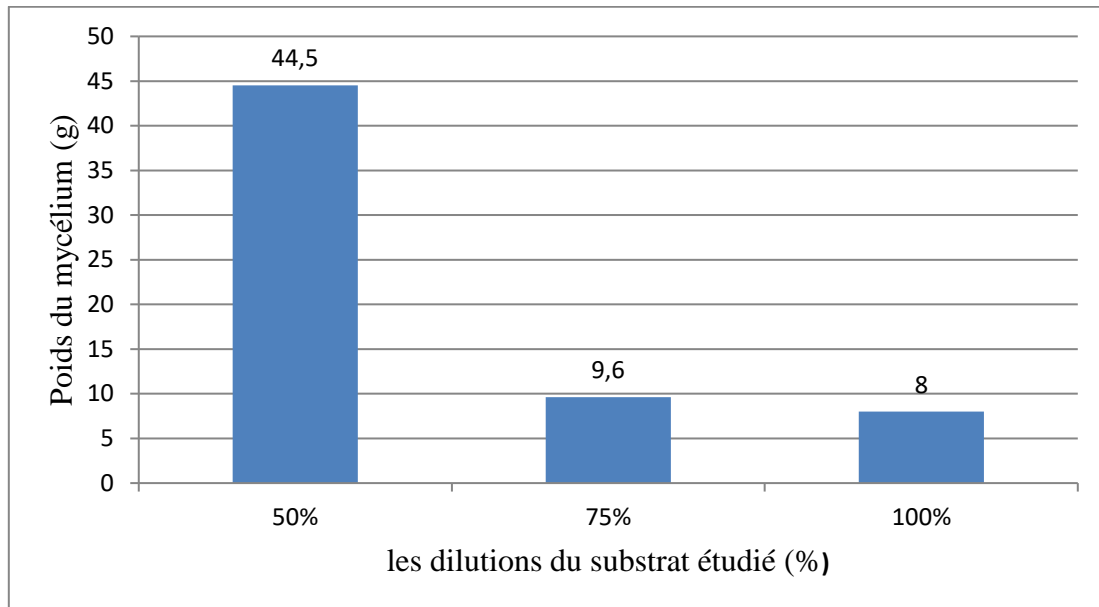


Figure 31 : Poids du mycélium de *Pleurotus ostreatus* cultivé sur les différentes concentrations du babeurre.

En observant la **figure 31**, nous avons remarqué une importante différence entre le poids du mycélium cultivé à la concentration de 50% de babeurre, avec 44,5g de mycélium, et les concentrations de 75 et 100% de babeurre qui ont donné un poids respectif de 9,6 et 8g de mycélium.

La concentration de 25% de babeurre n'a pas été présentée parce que nous avons constaté la présence d'une contamination ce qui a nécessité un écartement rapide pour ne pas contaminer les autres milieux étudiés.

IV.1.3. Croissance du mycélium dans le lactosérum

Les résultats obtenus par la culture du mycélium des pleurotes sur le lactosérum sont présentés dans la **figure 32**.

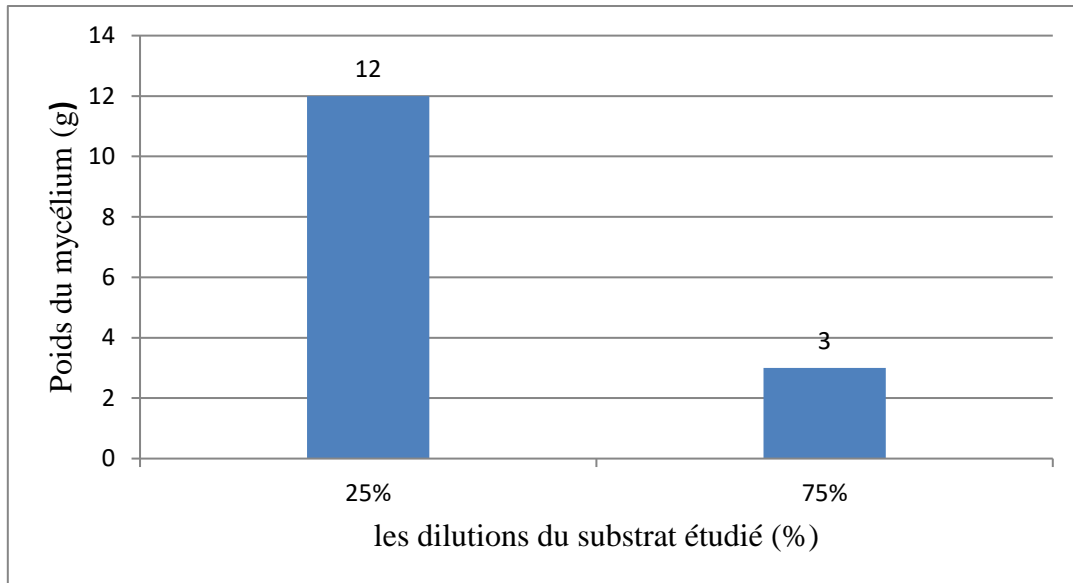


Figure 32 : Poids du mycélium de *Pleurotus ostreatus* cultivé sur les différentes concentrations du lactosérum.

A travers la figure 32 on constate clairement que la concentration 25% a bien favorisé la croissance du mycélium comparé à la concentration de 75% par contre les autres concentrations (50 et 100%) ont été contaminé et ont été éliminé pour ne pas causer la contamination des autres milieux étudiés.

IV.1.4. Croissance du mycélium dans l'eau de pomme de terre

La figure 33 représente les résultats obtenus par la croissance du mycélium des pleurotes cultivé dans de l'eau de lavage des pommes de terre.

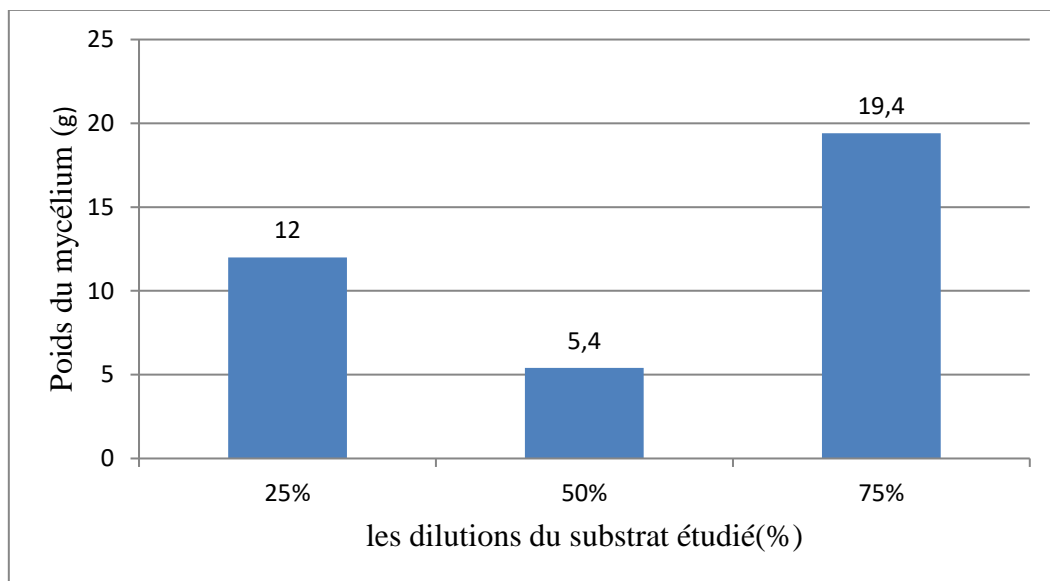


Figure 33 : Poids du mycélium de *Pleurotus ostreatus* cultivé sur les différentes concentrations de l'eau de lavage de pomme de terre.

Parmi les concentrations étudiées nous avons observé une différence bien importante croissance du mycélium cultivé sur substrat entre le poids de la concentration 75% et les concentration 25% et 50%.

Un changement bien précis entre le poids initial des concentrations et le poids final

La concentration 100% a été contaminée.

IV.1.5. Croissance du mycélium dans le témoin

A travers la figure 34, qui représente le résultat fourni par le témoin qui a été à la concentration 100% à 43,09g de glucose dans 90ml d'eau distillée, nous constatons que ce milieu a favorisé la croissance du mycélium pour donner un poids de 3,46g pendant une durée de 15 jours (il faut ajouter la durée de croissance du mycélium ça veut dire combien de jours).

La première remarque faite sur l'aspect de la culture est la formation d'une texture gélatineuse de couleurs neutre.

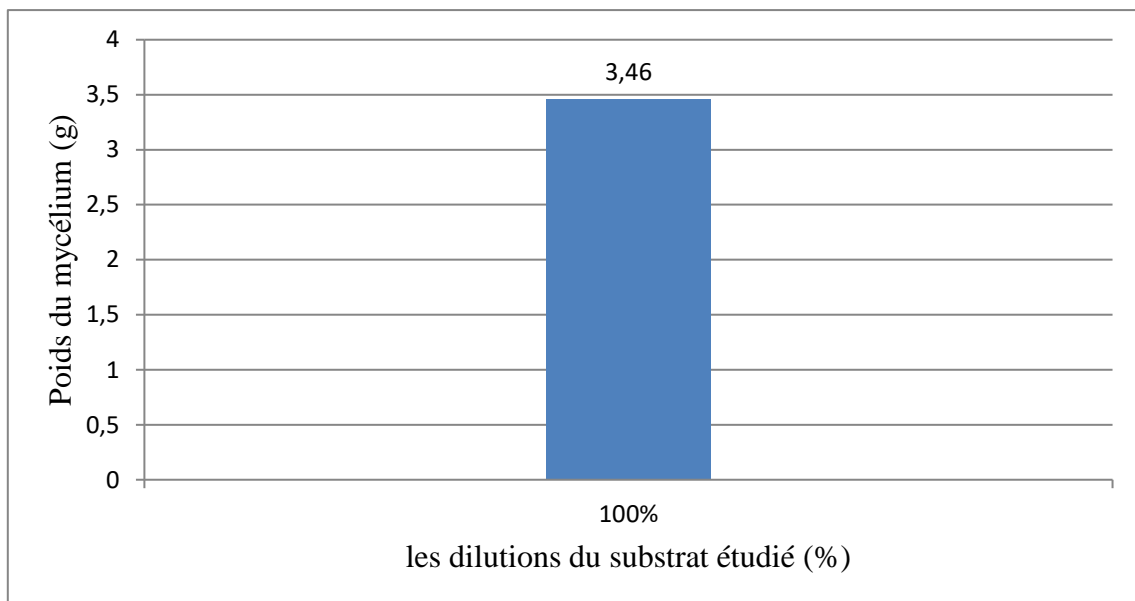


Figure34 : Poids du mycélium de *Pleurotus ostreatus* cultivé sur les différentes concentrations de glucose.

IV.1.6. Comparaison de la croissance du mycélium dans les différents substrats de cultures étudiés.

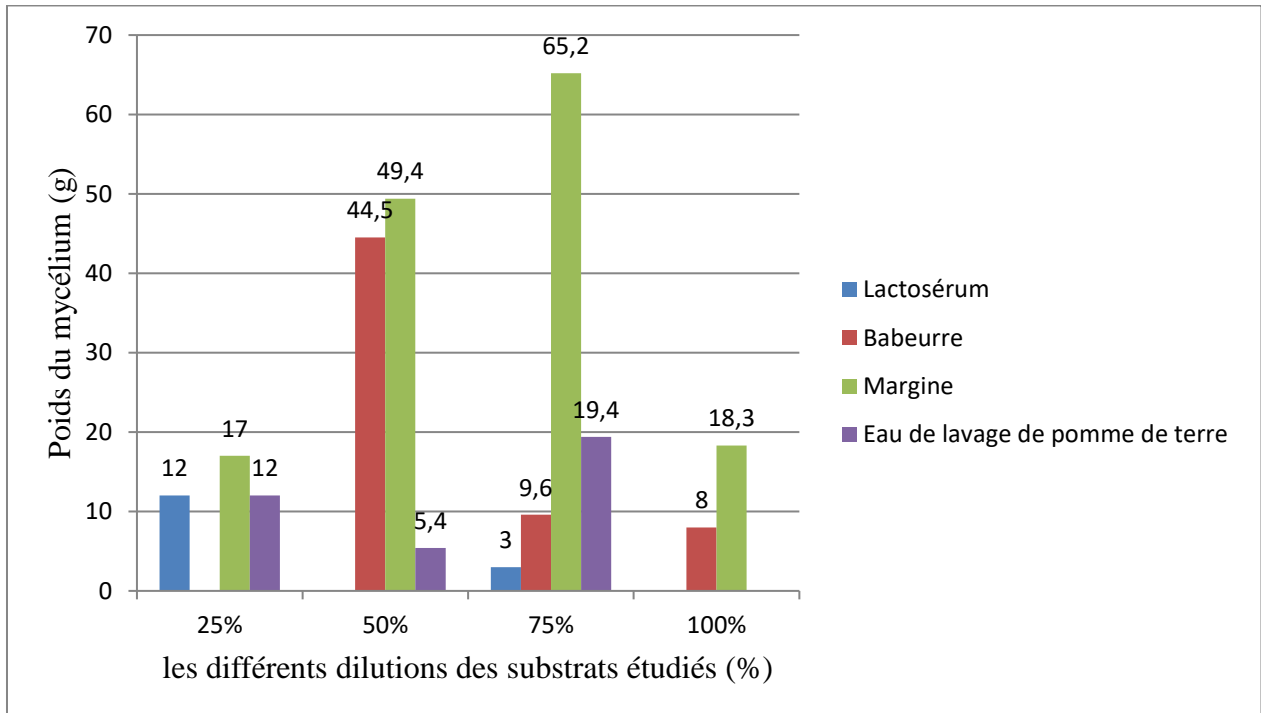


Figure35 : la croissance du mycélium dans les différents substrats de cultures étudiés.

La figure 35 représente les résultats des différents substrats, comme on peut constater que le rendement de la margine a été le plus important comparé aux autres substrats sa concentration 75% a enregistré le poids le plus élevé 65.2g et de 49.4g pour la concentration 50% suivi par le babeurre d'un poids de 44,5g pour la concentration 50%. L'eau de lavage de pomme de terre a enregistré un poids de 19.4g pour la concentration 75% qui est moins important par rapport à la margine. la croissance du mycélium dans le lactosérum est la plus faible vu son poids de 12g pour la concentration 25%.




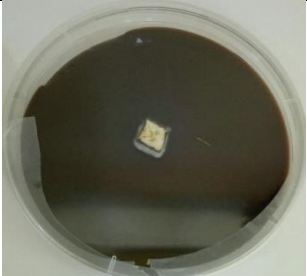





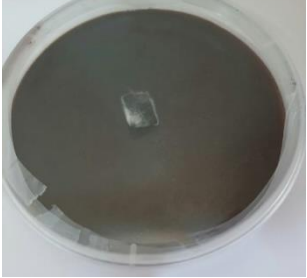
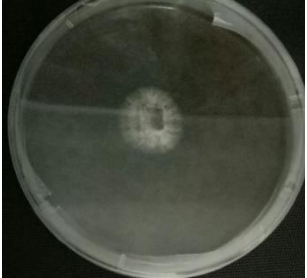

IV.2. Culture solide à base de substrat liquide

Cette étude a été effectuée afin d'avoir une idée plus claire sur la croissance du mycélium des pleurotes sur les substrats étudiés et de renforcer nos résultats obtenus par la culture liquide. Pour cela les 4 substrats ont été additionné de gélose, inoculés par le mycélium des pleurotes et incubés sur une période de 15 jours à la température de 25°C, jusqu'à envahissement complet des milieux coulé sur les boîtes de pétri.

IV.2.1. La croissance du mycélium dans la marge

Le **tableau 9** représente les photos de l'évolution de la croissance du mycélium au fil du temps sur le substrat gélosé préparé à base de la margine à différentes concentrations.

Tableau 9 : Développement du mycélium des Pleurotes sur la margine.

Dilution Margine	Développement du mycélium		
	J4	J7	J15
25%			
50%			
75%			
100%			

Selon la **figure 36** on constate qu'après 4 jours d'incubation la croissance du mycélium commence dans les dilutions 25 et 75% en enregistrant des diamètres de 3cm jusqu'à ce qu'il occupe la totalité de la boîte de pétri au quinzième jour. Par contre les concentrations de 50 et 100 % n'ont pas démarré leurs croissances que tardivement car aux 4èmes jours d'incubation nous n'avons enregistré aucune croissance et ce n'est qu'au 7^{ème} jours qu'on a enregistré des diamètres de 3,5cm pour la concentration de 50% et de 1,5cm pour la concentration de 100% arrivant à un diamètre de 7cm pour 50 % et (3.5cm) pour 100 % au bout du quinze jours d'incubation.

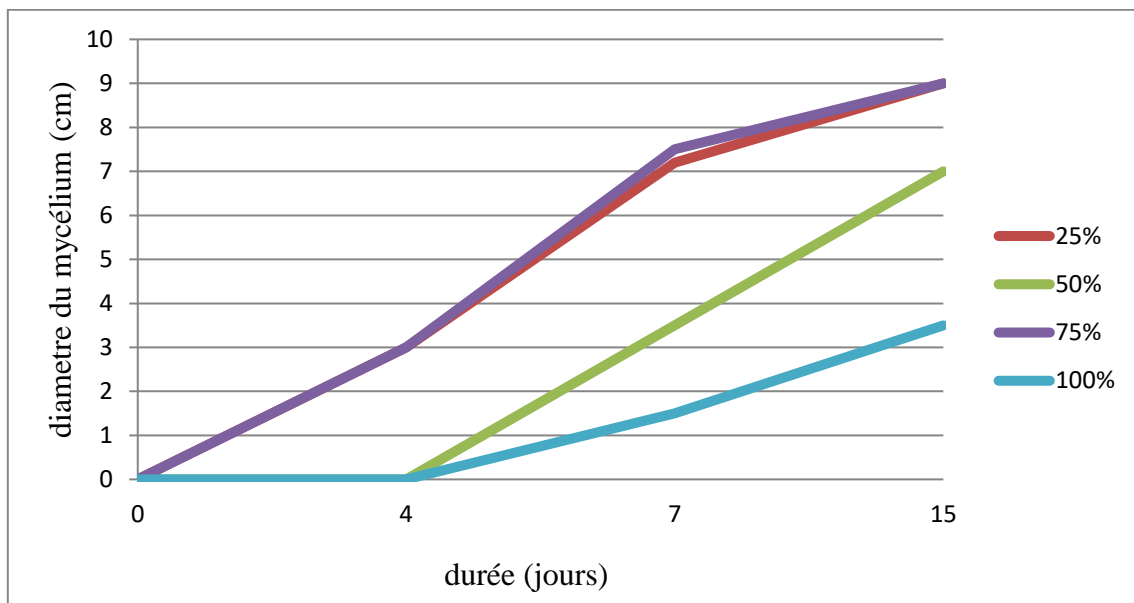


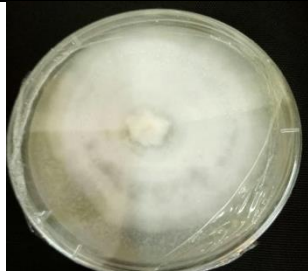




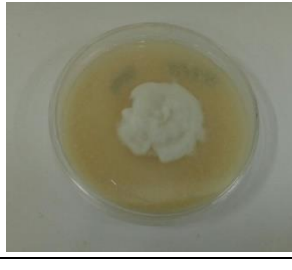






Figure 36 : le diamètre de croissance mycélienne (cm) en fonction du temps pour les différentes concentrations de la margine

IV.2.2. La croissance du mycélium dans le babeurre

Le **tableau 10** représente les photos de l'évolution de la croissance du mycélium au fil du temps sur le substrat gélosé préparé à base de babeurre à différentes concentrations.

Tableau 10 : Développement du mycélium des Pleurotes sur le babeurre.

Dilution Babeurre	Développement du mycélium		
	J4	J7	J15
25%			
50%			
75%			
100%			

D'après la figure 37, qui montre qu'à part la concentration de 25% qui n'a pas débuté au 4^{ème} jour toutes les autres concentrations ont commencé à croître et qui se sont manifesté par des diamètres de 0,1, 1.7, 2.2 (cm) respectivement pour les concentrations de 50%, 75%,100% Après 7 jours d'incubation nous avons remarqué la croissance du mycélium au niveau de toutes les boites mais avec des diamètres allant de 3.1cm jusqu'à 4.3cm. Arrivant au 15^{ème} jour les concentrations 75 et 100% ont occupé toute la boite a pétri, tandis que la concentration 50% a atteint un diamètre de 7,2cm et la concentration 25 % un diamètre de 6,7cm.

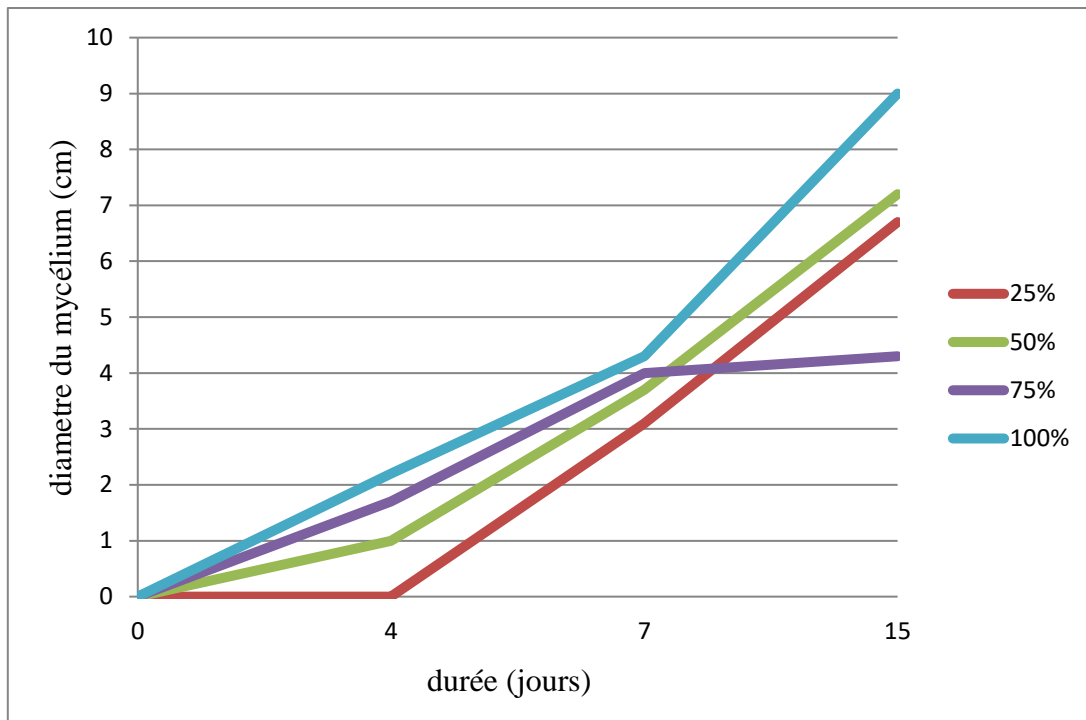





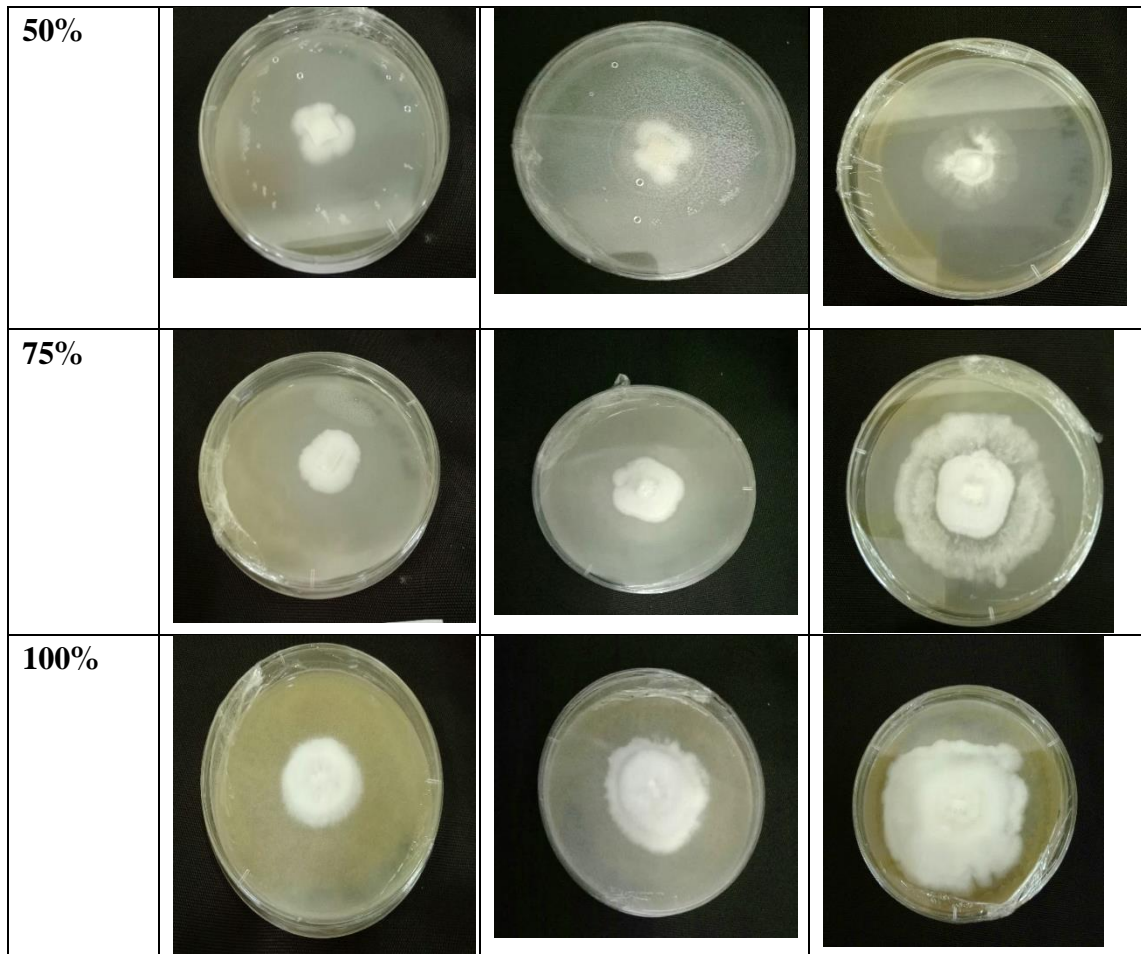
Figure 37 : le diamètre de croissance mycélienne (cm) en fonction du temps pour les différentes concentrations de babeurre.

IV.2.3. La croissance du mycélium dans le lactosérum

Le tableau 11 représente les photos de l'évolution de la croissance du mycélium au fil du temps sur le substrat gélosé préparé à base de lactosérum à différentes concentrations.

Tableau 11 : Développement du mycélium des Pleurotes sur le lactosérum.

Dilution Lactosérum	Développement du mycélium		
	J4	J7	J15
25%			



D'après **la figure 38**, il apparait clairement que la croissance du mycélium de toutes les boîtes de pétri contenant les différentes concentrations de lactosérum a débuté à partir du 4^{ème} jour, en enregistrant des diamètres compris entre 1.2cm pour la concentration de 25% et un maximum de 2.5cm enregistré pour la concentration de 100%. Cette croissance a été sensiblement faible au 7^{ème} jour de croissance pour être comprise entre 2.2cm pour la concentration de 25% et de 3.2cm pour la concentration de 100% de lactosérum. Après 15 jours d'incubation le mycélium n'a pas pu envahir la totalité de la boîte de pétri et s'est contenté des diamètres de (6.4cm) pour 100% qui était la plus importante, suivi de 6cm pour 75%, 3,5cm pour 50%, et 3,8cm pour 25%.

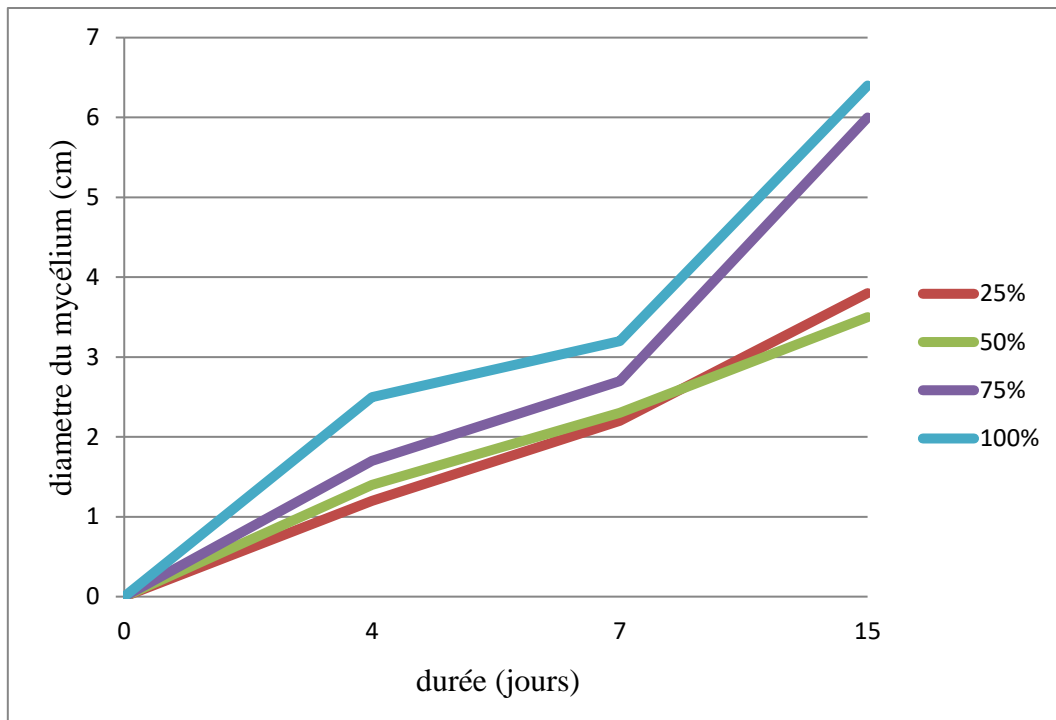
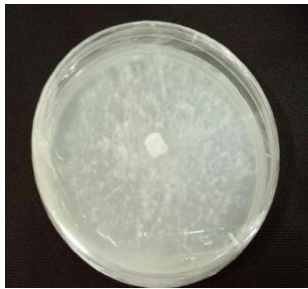




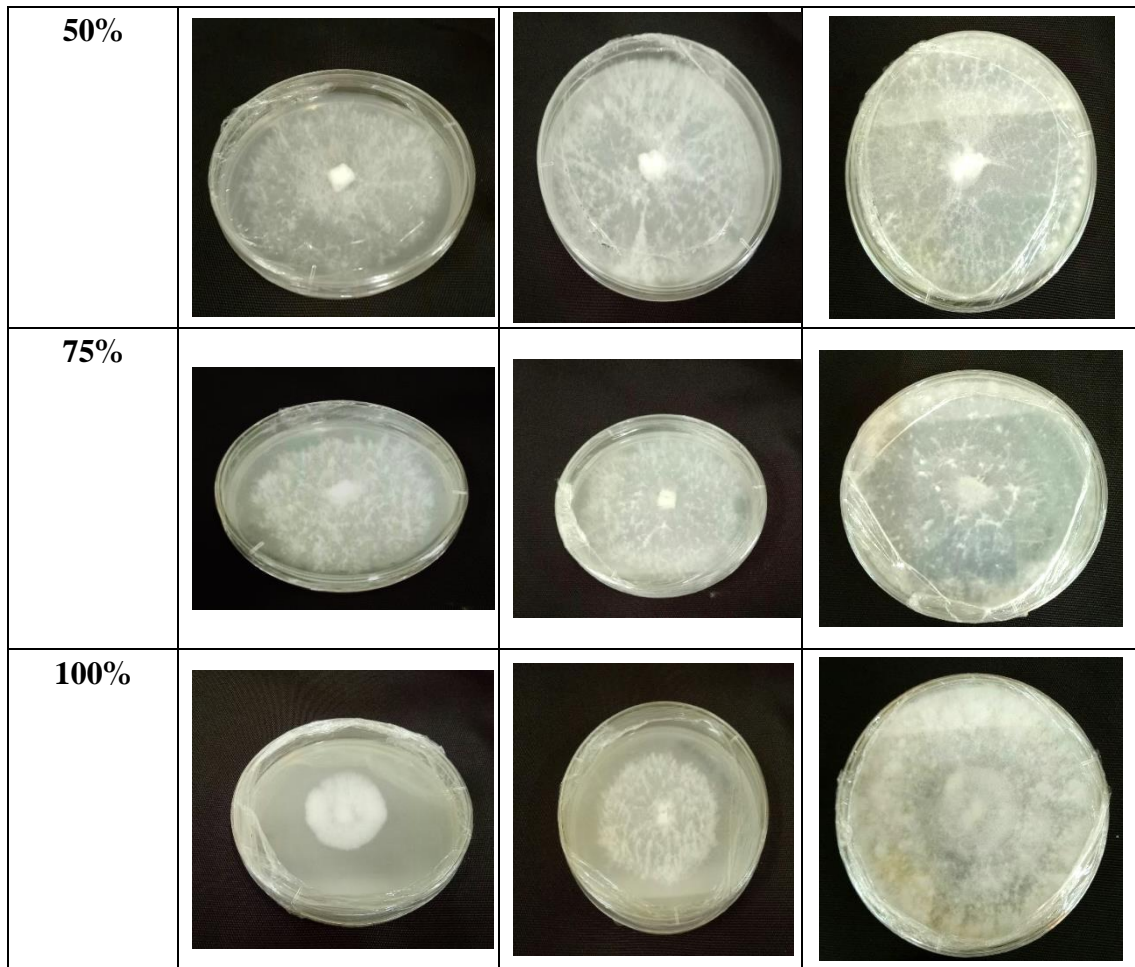
Figure 38 : le diamètre de croissance mycélienne (cm) en fonction du temps sur les différentes concentrations de lactosérum.

IV.2.4. La croissance du mycélium dans l'eau de lavage de pomme de terre

Le **tableau 12** représente les photos de l'évolution de la croissance du mycélium au fil du temps sur le substrat gélosé préparé à base d'eau de lavage de pommes de terre à différentes concentrations.

Tableau 12 : Développement du mycélium des Pleurotes sur l'eau de lavage de la pomme de terre.

Dilution Pdt	Développement du mycélium		
	4j	7j	15j
25%			



De la **figure 39**, nous constatons que la croissance du mycélium a bien commencé dès le quatrième jour de culture sur les quatre dilutions avec des diamètres très importants de l'ordre de 5,9cm pour la concentration de 75%, 6cm pour la concentration de 50%, 7cm pour la concentration de 25% et la plus faible était celle de la concentration de 100 et qui a enregistré un diamètre de l'ordre de 2,6cm. Le constat fait au 8^{ème} jour de culture est que les boîtes de pétri des concentrations de 25%, 50% et 75% ont été complètement envahies par contre la concentration de 100% a mis 15 jours pour arriver à l'envahissement complet de la boîte.

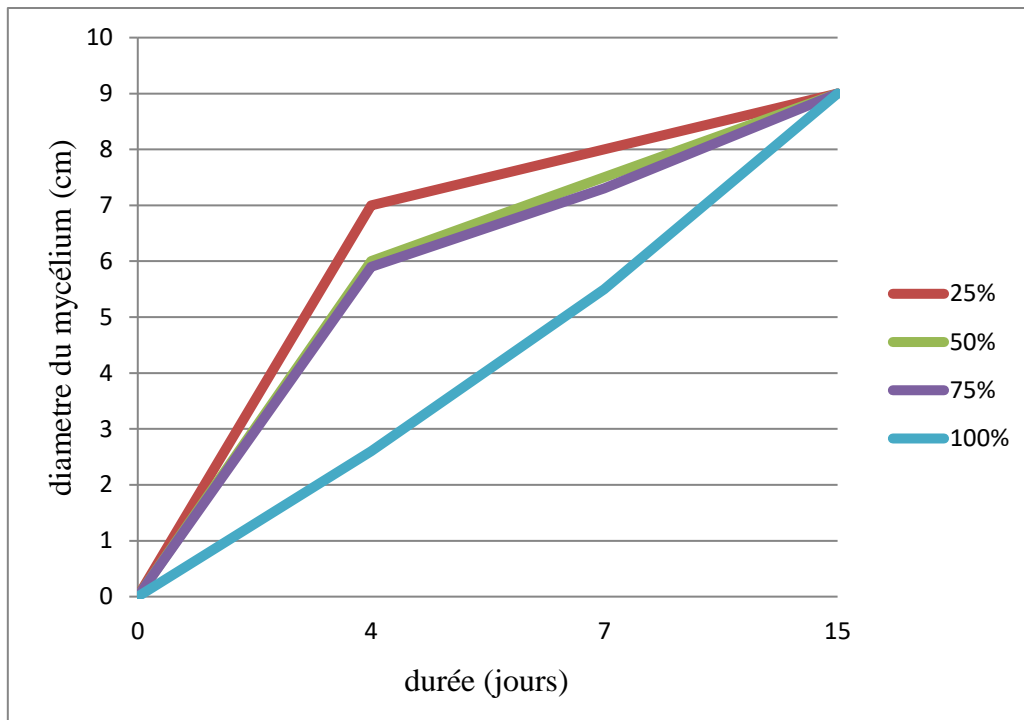


Figure 39 : le diamètre de croissance mycélienne (cm) en fonction du temps sur les différentes concentrations de l'eau de pomme de terre.

IV.2.5. La croissance de mycélium sur le PDA (témoin)

Le tableau 13 représente les photos de l'évolution de la croissance du mycélium au fil du temps (15 jours) dans PDA.

La figure 39 montre que la croissance du mycélium débute dès le 2^{ème} jour de culture arrivant au maximum d'envahissement de la boîte de pétri au 8^{ème} jour ce qui signifie que le milieu PDA est le milieu le plus favorable à la croissance du mycélium de *Pleurotus ostreatus* et ceci a été prouvé par plusieurs auteurs.

Tableau 13 : Développement du mycélium de Pleurotes sur le PDA pendant 15 jours :

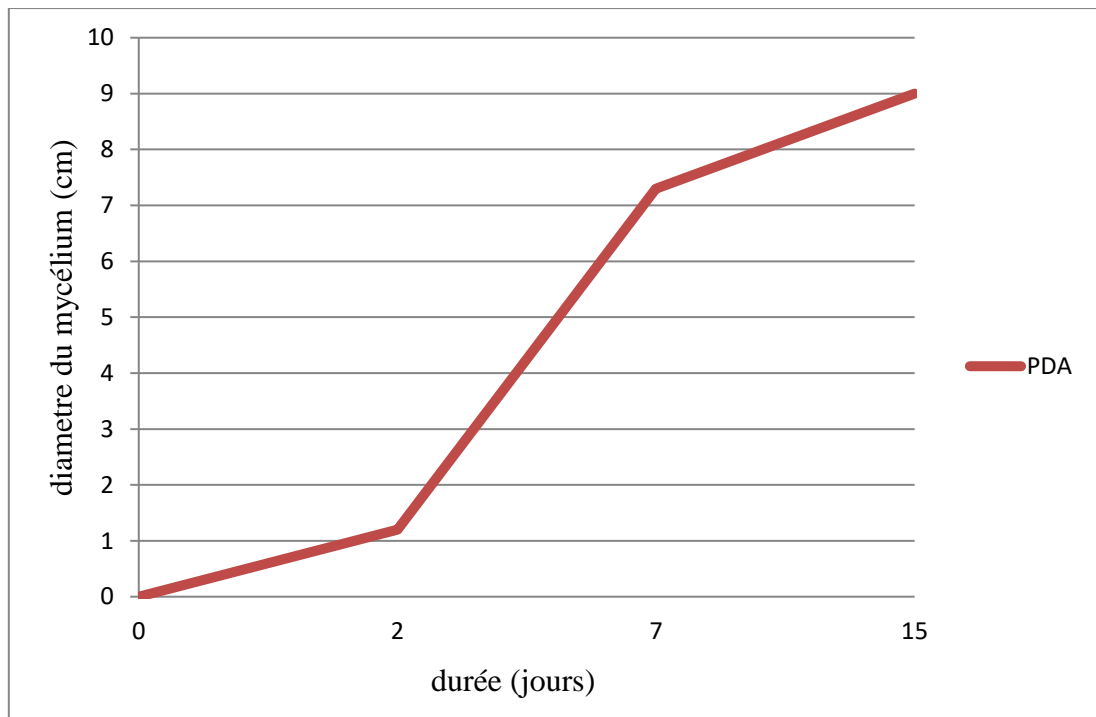
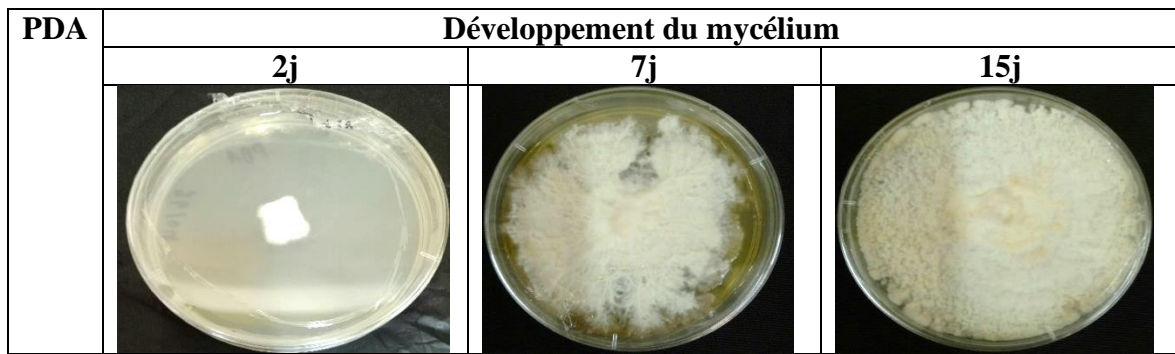


Figure 40 : Diamètre de croissance mycélienne sur le milieu PDA.

Sur une échelle de 1 à 4 on observe une densité bien importante pour le babeurre et le lactosérum comparé à la margine et l'eau de lavage de pomme de terre.

Tableau14 : échelle de notation de la croissance et la densité mycélienne sur milieux gélosés

	Babeurre	Lactosérum	Margine	Eau de lavage de la pomme de terre
25%	3	3	2	1
50%	4	1	3	1
75%	4	3	3	2
100%	4	4	1	2

IV.3. Discussion

Notre travail a porté sur la culture de *Pleurotus ostreatus* et a démontré l'efficacité des 4 substrats issus des déchets liquide de l'agroalimentaire qui ont ajouté une valeur nutritive importante à la croissance fongique. Au cours de notre recherche on a utilisé 2 méthodes de cultures, en remarque un parcours assez similaire au niveau du travaille faits avec des résultats différents.

La majorité des recherches effectuées se sont basée sur la margine et le lactosérum comme milieu de culture de champignons, tandis que le babeurre et l'eau de lavage de pomme de terre c'est une première tentative de les utiliser comme substrat pour la culture liquide.

Pour les 4 substrats de la culture liquide (lactosérum, babeurre, margine et l'eau de lavage de pomme de terre) en remarque une augmentation relative du poids finale, seul le mycélium sur la margine et le témoin (glucose) qui ont présenté un développement.

Le pH a été neutraliser a 6.8 selon (**Ruiz-Herrera,1991**) le ph optimal et de (5.8-7,8), et la température (20-37°C).

Sans aucun doute, la margine frais est un milieu de croissance pauvre assurant l'accumulation de seulement 2.1-2.3 g L-1 de biomasse de *C. unicolor* 303 et *P. ostreatus* 2175.ce qui justifie le temps qua mis le mycélium pour se développer dû à la présence de composés inhibiteurs, comme les phénols. Ce retard peut être dû à des mécanismes développés par l'organisme Pour surmonter les conditions environnementales défavorables créées par la présence de composés toxiques (**Tomati et Galli ,1992 ; Elisashvili et al. 2002**).

Selon **Rackis, (1961)** L'étude sur le lactosérum de soja a révélé qu'il contient un inhibiteur thermostable de *Rhizopus oligosporus* et un ou plusieurs inhibiteurs de la trypsine thermostables.

Concernant le témoin, des études montrent l'efficacité du glucose et indiquent qu'il est la meilleure source de carbone et la source d'énergie la plus efficace pour les champignons (**Mao et al.2005**).

Les autres substrats n'ont pas représenté un grand changement selon (**Fang et Zhong ,2002 ; Kim et al. 2006 ; Ding et al. 2012**) il n'y a pas d'effet systématique sur l'augmentation ou la diminution de la production de biomasse nous pouvons supposer qu'en dehors d'une

inhibition sélective due à une pression osmotique défavorable, les espèces ou souches de champignons et les systèmes de culture jouent un rôle important.

Les résultats de la 2^{ème} méthode obtenus par les 4 substrats à savoir le lactosérum, le babeurre, la margine et l'eau de lavage de pomme de terre, montrent que la vitesse de croissance la plus élevée revient à la concentration 75% suivie par les concentrations 25%, 50% et 100% qui ont représenté de légères différences de vitesses de croissance, la totalité des dilutions nous ont fourni des résultats de croissances.

Cela peut être dû au fait que le pH du milieu est neutralisé dans les dilutions lors de l'ajout d'eau distillée. Une étude de **Nwokoye et al. (2010)** pourrait renforcer cette possibilité. Puisqu'elle a montré que les pleurotes poussent de manière optimale à pH = 9.

La latence des champignons dans différents substrats, ainsi que les taux de croissance, nous ont permis de soumettre des estimations de la durée de l'envahissement du mycélium dans les cultures sur substrats gélosé. Les champignons utilisés avaient les taux de croissance les plus élevés dans l'eau de lavage des pommes de terre cela peut être dû à son pH neutre (6.8).

Selon **Rajarathnam et al. (1987)**, le pH d'un substrat dépend de sa composition physico-chimique. Habituellement, elle diminue au cours du développement du champignon en raison de l'excrétion d'acides organiques associée à l'activité mycélienne. Ceci nous permet de dire que le développement du mycélium chez les pleurotes est meilleur lorsque le milieu préparé est plus ou moins neutre ou alcalin.

Comparer au travail de **Meghraoua et Maata (2020)** qui n'ont pas abouti aux mêmes résultats enregistrés dans notre étude ceci est dû principalement à la différence de pH entre les deux milieux étudiés car les notre tendais vers la neutralité et ceux étudiés par ces auteurs était plus acides.

Les concentrations de 75 % et 100% du milieu à base de babeurre étudié par **Meghraoua et Maata (2020)** n'ont pas permis un envahissement complet des boîtes de pétri malgré que la durée d'incubation était de 15 jours ce qui n'est pas remarqué dans notre cas car toutes les boîtes de pétri ont complètement envahis les boîtes au 15^{ème} jour, de même leurs concentrations étudié de 75% et 100% des milieux à base de margine n'ont pas dépassé le 2cm

de diamètre de croissance du mycélium des pleurotes alors que dans notre étude le mycélium a bien envahis la boîte.

Conclusion

Pleurotus ostreatus est cultivé et consommé partout dans le monde comme il est reconnu pour sa valeur nutritive et ses vertus curatives d'alicament ou aliment fonctionnel.

Au cours de cette étude différents types de déchets agricoles ont été utilisés comme substrats pour la culture des pleurotes, la capacité des champignons à se développer sur un substrat est liée à la vigueur de leurs mycéliums ainsi qu'à leurs capacités à activer le mécanisme physiologique nécessaire à l'exploitation adéquat du milieu.

L'analyse des résultats de la première méthode de culture liquide a présenté une augmentation du poids finale dans les 4 substrats mais d'une différence moins importante par rapport à la margine et au témoin à base de glucose qui ont enregistré un bon développement.

Les résultats obtenus par la 2^{ème} méthode ont été différent d'un milieu à un autre, la concentration 75% de tous les substrats et le milieu à base de PDA (témoin) ont présenté la vitesse de croissance la plus élevée, suivie par les concentrations 25% ,50%, et en dernier lieu la concentration de 100% qui ont enregistré une légère vitesse de croissance.

L'étude de la croissance, et la densité mycélienne sur différents substrats agricoles liquides a révélé une différence entre les 4 substrats, l'eau de lavage de pomme de terre était le plus rapide au niveau de la vitesse de croissance mais avec la densité la plus faible comparer au babeurre qui a mis un peu plus de temps pour se développer mais sa densité était la plus importante.

Perspective et recommandations

Le résultat de la 1^{ère} méthode nous fait entrevoir que l'opération a besoin d'être améliorée dans certains de ses aspects, en effet une amélioration de prise de poids doit être effectuée nous suggérons qu'une pesée du bocal avant après inoculation et une pesée du bocal pendant l'incubation aurais donner de meilleurs résultats qu'une filtration.

L'azote, le glucose et le temps d'incubation sont des facteurs significatifs pour la production de biomasse (**Ferreira et al, 2012**) c'est pour cela qu'il faut les prendre en considérations si nous souhaitant améliorer nos recherches.

Cette étude vise spécifiquement à développer un procédé de culture liquide de mycélium dans le but de produire des champignons de souches de pleurotes, mais n'aboutit toujours pas à une recherche finale. C'est pour cette raison que nous proposons la poursuite de cette étude par d'autres recherches visant à cultiver des champignons tout en valorisant les substrats liquides qui sont gaspillés par l'industrie alimentaire et à étudier la possibilité d'améliorer divers paramètres de culture.

Références bibliographiques

Abou Fayssal, S., Alsanad, M. A., El Sebaaly, Z., Ismail, A. I., & Sassine, Y. N. (2020). Valorization of olive pruning residues through bioconversion into edible mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm. (1871) of improved nutritional value. *Scientifica*, 2020.

Achak M., Hafidi A., Ouazzani N., Sayadi S., Mandi L. (2009). Low cost biosorbent “banana peel” for the removal of phenolic compounds from olive mill wastewater: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials*, 166, 117–125.

Achak M., Ouazzani N., et Mandi L. (2011). Élimination des polluants organiques des effluents de l’industrie oléicole par combinaison d’un filtre à sable et un lit planté. *Revue des sciences de l’eau*. vol. 24. N°1. p. 35-51.

Adrien C. (2013). Impact de l’approche moléculaire sur la classification des Agaricomycetidae, *thèse de doctorat en pharmacie*, Université Joseph Fourier : faculté de pharmacie de Grenoble (France) 95p.

Akkache S., (2010). Effet de deux aliments granulés sur les performances de la Reproduction des lapines de populations locales. *Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques option Aliment Animal et Produits Animaux*, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie, 60p.

Alexopoulos C.J., Mims C.w. & Blackwell M. (1996). Fungal Systematics. in « Introductory.

Ángela Anglada, Ane Urtiaga, Inmaculada Ortiz, Dionissios Mantzavinos, Evan Diamadopoulos, (2011). Treatment of municipal and leachate by catalytic wet air oxidation: Assessment of the role of operating parameters by factorial design, waste management, 31,1833-1844.

Angers P, (2010). Beurre et fractions de matière grasse laitière. In : VIGNOLA C.L. Science et Technologie du Lait. Fondation de technologie laitière, Pressens internationales polytechnique, Québec, 323-347p.

Benamar, M., (2016). Valorisation de résidus agricoles par la culture de deux souches de champignons comestibles du genre *pleurotus*, Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation).

Benyahia Nadia., Zein Karim, (2003), analyse des problèmes de l’industrie de l’huile d’olive et solutions récemment développées. Contribution spéciale de « Sustainable Business Associates » à l’atelier « pollution and Development issues in the Mediterranean Basin », 2^{ème} Conférence Internationale « Swiss Environmental Solution for Emerging Countries » (SESECII). Du 28-29 janvier 2003 à Lausanne, Suisse.

Blandeau E., (2012). Etat des lieux du potentiel anticancéreux de neuf champignons Macroscopiques. *Thèse pour le diplôme d’état de Docteur en Pharmacie*, UFR Sciences Pharmaceutiques et Ingénierie de la santé, 112 p.

- Boiron, P. (1996).** Organisation et biologie des champignons. Nathan, France, pp 19-29-36-79- 80.
- Bon M, (2004)** - Champignon de France et d'Europe occidentale, *Edition Flammarion*.
- Boudier.J.F. et al. (1987)** - Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires. Association pour la promotion de l'industrie agricole, N°21, 1987.
- Boufares, K. (2014).** Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. *Mémoire de Magister* février 2012. Université de Tlemcen Vol 108 pages 6-18.
- Britten M; Lamothe S; Robitaille G, (2008).** Effect of cream treatment on phospholipids and protein recovery in butter-making process. In: International Journal of Food Science and Technology, 43, 651-657p.
- Cannon P.F. & Kirk P.M., (2007).** Fungal families of the world. CABI Publishing Series, 456p.China. Mushroom Sci. 18:3-9.
- Clément Jacquot, Gauthier-Villars (1978)** Ecologie des champignons forestiers Bordas 94 9 plates.
- Clément, (1981)** - Larousse Agricole, *Editions Françaises :1267*.
- Clement.J.M.(1998)** - Dictionnaire des industries alimentaires. *Edition Masson, (Paris)*.
- Codex ALIMENTARIUS, (1995).** Normes n° A 11(A). Rome: FAO/OMS ,86p.
- Conway P; Gorbach S; Goldin B, (1987).** Survival of lactic acid bacteria inthe human stomach and adhesion to intestinal cells. In: Dairy Sci, 1–12p.
- Corredig M; Dalglish G, (2004).** Buttermilk properties in emulsions with soybean oil as affected by fat globule membrane-derived proteins. In: Food Sci, 476– 480p.
- Daâssi D., Lozano-Sánchez J., Borrás-Linares I., Belbahri L., Woodward S., ZouariMechichi H., Mechichi T., Nasri M. & Segura-Carretero A, (2014).** Olive oil mill waste waters: Phenolic content characterization during degradation by *Corioloropsis gallica*. Chemosphere, 113,62–70.
- Delmas J., (1989).** Les champignons et leur culture. Culture actuelle et potentielle des Champignons supérieurs. La Maison Rustique, 940p.
- Dewettink K; Rombaut R; Thientpont N; Messens K; Van Camp J, (2008).** Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. In : International Dairy Journal, 18, 436-457p.
- Diamantopoulou, P., Stoforos, N. G., Xenopoulos, E., Sarris, D., Psarianos, D., Philippoussis, A., & Papanikolaou, S. (2020).** Lipid production by *Cryptococcus curvatus* growing on commercial xylose and subsequent valorization of fermentation waste-waters for

the production of edible and medicinal mushrooms. *Biochemical Engineering Journal*, 162, 107706.

Ding Z, Wang W, Wang F et al. (2012) Polysaccharides production by submerged fermentation of *Coprinus comatus* and their inhibitory effects on non-enzymatic glycosylation. *J Med Plants Res* ;6 :1375 1381.

Durrieu, Guy., (1993). Ecologie des champignons. Collection d'écologie, *édition Masson*, Paris Milan Barcelone Bonn ,207 p.

Elisashvili V, Kachlishvili E, Tsiklauri N, Khardziani T, Bakradze M, (2002) Physiological regulation of edible and medicinal higher Basidiomycetes lignocellulolytic enzyme activity. *Int J Med Mushroom* 4:159–166.

Eroglu E., Eroglu I., Gündüz U., Yücel M, (2008). Effect of clay pretreatment on photo fermentative hydrogen production from olive mill wastewater”, *Bioresource Technology*, 99,2008, 6799-6808.

Fabien, T. (2011) Formulation et morphologies de mélanges de polymères thermoplastiques à base d'amidon. Autre. INSA de Lyon, Page 15-23.

Fang QH, Zhong, (2002) JJ Two-stage culture process for improved production of ganoderic acid by liquid fermentation of higher fungus *Ganoderma lucidum*. *Biotechnol Progr* ;18 :51 54.

Fatima el babili, (2015) Recueil de cueillette fungique, Le monde des fruits fungiques au cours d'une cueillette dans les bois Toulousains Edi livre.

Ferreira JA, Lennartsson PR, Niklasson C, Lundin M, EdeboL, Taherzadeh MJ, (2012) Spent sulphite liquor for cultivation of an edible *Rhizopus* sp. *Bioresources* 7(1):173–188

Fiorentino A., Gentili A., Isidori M., Monaco P., Nardelli A., Parrella A., Temussi F. (2003). Environmental effects caused by olive mill Waste waters: toxicity comparison of low molecular-weight phenol Components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 : 1005–1009.

Flandroy L., (1993). Savez- vous planter des champignons à la mode des chinois ? *Bio futur* N°123, 38-43. Générale (5).

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.

Guillaume R., Marie-France G., Simard (2009) - Forêt modèle du Lac Saint-Jean. Champignons comestibles du Lac Saint-Jean.

Itcmi, (2010) “Fiche technique valorisée des cultures maraîchères et industriels ”, vol 10.

- Jayakumar T., Thomas P.A. & Geraldine P., (2007).** Protective effect of an extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on antioxidants of major organs of aged rats. *Exp Gerontol.* 42(3) :183-91.
- Jean Michel Hefner, (2010)** passion champignon, mycologia34.
- Jean-Claude La Berche** ‘‘Biologie végétale’’, Dunod 3ème édition 2001 vol 305 pages 15 16.
- Jean-Luc, W. Cécile H, du Pr. Aurore R et du Pr. Patrick G. (2016)** Polymères bio basés : amidon, PLA, PHA, PE et PET. *ValBiom.* Page 13.
- Jim deacon (2005)**, fungal biology institute of cell and molecular biology, university of Edinburg, uk.
- Kalmis E., Nuri A., Hasan Y. &Fatin K., (2008).** Feasibility of using olive mill effluent (OME) as a wetting agent during the cultivation of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* on wheat straw. *Bioresource. Technol.* vol99, 164-169. Hernández D., Sánchez J.E. & Yamasaki K., 2003. A simple procedure for preparing substrate for *Pleurotus ostreatus* cultivation. *Bioresource Technol.* vol 90, 145-150.
- Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P. & Crowther J.C, (2008).** Olive oil history, production and by product management. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 7, 1-26.
- Kara-Ali N. &Khendriche S., (2013).** Essai d’amélioration de la germination et de la Croissance de *Vigna unguiculata* L. Walp et de *Zeamays* L. par un résidu de culture d’un champignon comestible. *Mémoire de Master II en Sciences de la Nature et de la Vie, option Génétique et Amélioration des Plantes*, Département de Biologie Végétale et Animale, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie ; 67p.
- Karapinar M., Worgan M, J, T, (1983).** Bioprotein production from the waste products olive Oil extraction, *J. Chemtech. Biotechnol.*,33,18-188.
- Khalid. (2011)** chap3 les champignons.
- Li Y. (2012)** Present development situation and tendency of edible mushroom industry in China. *Mushroom Sci.* 18 :3-9.
- ‘‘La pomme de terre’’, (2008)** Année Internationale pour la Pomme de terre AIP.
- Libudzisz Z; Stepaniak L, (2002).** Fermented Milks Buttermilk. In: J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd edition. San Diego: Academic Press, 489-495p.
- Lutzoni F., M, M. J., & Vilgalys, R. (2002).** Phylogeny of Agarics: partial systematics.
- Maghraoua Y, Maata W, (2020)** *mémoire master* Essai de culture du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur les déchets liquides de l’agroalimentaires.

- Mahari, W. A. W., Peng, W., Nam, W. L., Yang, H., Lee, X. Y., Lee, Y. K., ... & Lam, S. S., (2020).** A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. *Journal of hazardous materials*, 400, 123156.
- 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, 257p.*
- Manzi P., Marconi S., Aguzzi A. & Pizzo ferrato L., (2004).** Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chem.* Vol 84, 201-206.
- Mao X-B, Eksriwong T, Chauvatcharin S et al. (2005)** Optimization of carbon source and carbon/nitrogen ratio for cordycepin production by submerged cultivation of medicinal mushroom *Cordyceps militaris*. *Process Biochem* ;40 :1667-1672.
- Marcel, L. (SD), (2018).** Classification des champignon, synthèse réalisée par (M, L), classification générale 5.
- Mekki H., Anderson M., Ben Zina M., Ammar E., (2008).** Valorization of olive mill wastewater by its incorporation in building bricks. *Journal of Hazardous Materials* 158, 308–315.
- Michael, D., Mclagan, J., Smith, S., (2008)** Butter through the ages, institut pour le développement éducatif dynamique.
- Morillo J.A., Antizar-Ladislao B., Monteoliva-Sanchez M., Ramos-Cormenzana A., Russell N.j., (2009).** Bioremediation and bio valorisation of olive-mill wastes. *Appl Microbiol Biotechnol*, 82, 2-39. Mycology. John Wiley & Sons. New York, pp. 61-85.
- Nasri Hafida, M. S.** Valorisation et recyclage des déchets agricoles par culture des certaines champignons comestibles.
- Nawel, Mme Boucherba. (2014).** Valorisation des résidus agro-industriels.
- Ochando-Pulido, Javier Miguel., Fragoso., Rita., Macedo., Antónia, et al. (2016).** A Brief Review on Recent Processes for the Treatment of Olive Mill Effluents. In: *Products from Olive Tree*. University of Granada. Spain, 284-300
- Oei P. & Nieuwenhuijzen B.V., (2005).** La culture des champignons à petite échelle, Pleurotes, shiitakes et auriculaires. 1ère édition, Agrodok40, Fondation Agromisa et CTA, Wageningen Editeur Janna de Feijter, 87p.
- Oei P., (1993).** La culture des champignons Collection « le point sur » Guide technique Traduction Christine Nédelec, Révision Jean Laborde Ministère Français de la Coopération CTATOOLGRET, 320 p.
- Olivier J.-M., (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.

Olivier Lambrey (Institut Klorane), (2010). Découvre le monde des champignons.

Paul A. (2010), beurre et fractions de matière grasse laitière, Dans : VINGOLE C.L. Science et Technologie du lait, presses polytechnique, n°5, p. 323-347.

Phan, V. Sabaratnam, (2012) Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosique enzymes, Appl. Microbiol.Biotechnol., 96 ,863-873.

Pointurier H ; Adda J, (1969). Beurrerie industrielle. La Maison Rustique. Paris, France : Polytechnique, Montréal ,349-415p.

Pomme de terre en coupe disponible sur : <http://www.data.abuledu.org/>.

RACKIS, J. J, (1961). Protein efficiency studies on soybean meal and its fractions. U.S. Dept.Agr. ARS 71-22, p. 110-119.

Radha K.V. &Lakshmanan D., (2013). A review: lovastatin production and applications. Asian J Pharm Clin Res, Vol 6, Issue 3, 21-26.

Ranalli A, (1991) The effluent from olive mills: Proposals for re-use and purification with reference to Italian legislation. Olivae, 37 : 30-39.

Ranalli A, (1991). L'effluent des huiles d'olives : propositions en vue de son utilisation et son épuration. Références aux normes italiennes en la matière Olivae. 39, 18-34.

Ranalli A. (1991). The effluent from olive mills: Proposals for re-use and purification with reference to Italian legislation. Olivae, 37 : 30-39.

Rania, A., Amina, B., & amp ; Yasmine, L., (2020), la valorisation des déchets organiques, *Mémoire Master, Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire*, Biologie, Université 8 Mai1945 Guelma.

Rombaut R; Camp J; Dewettink K, (2005). Analysis of Phospho- and Sphingolipids. In: Dairy Products by a New HPLC Method. *Journal of Dairy Science* ,482-488p.

Rouabah.A.(1982) -Aspects technologiques dosages des acides aminés, thèse de DES. Université de Constantine.

Ruiz-Herrera J, (1991) Biosynthesis of β -glucans in fungi.Int J Gen Mol Microbiol 60:73 81

Saadaoui.L.(1981) - Le lactosérum Algérien : aspect compositionnel, *thèse de DES*. Université de Constantine.

Sajid Alavi, PhD, Sabu Thomas, PhD, K. P. Sandeep, PhD, Nandakumar Kalarikkal, PhD, Jini Varghese, and Srinivasarao Yaragalla. (2015). Polymers for packaging applications. International Standard Book Number-13: 978-1-4822- 2455-9 (eBook - PDF).

Sodini I; Morin P; Olabi A; Jimnez R, (2006). Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. In: Dairy Sci, 525-536 solutions for-core omphalinoid genera in the Agaricales (Euagaries). 83, 19-57.

Spitsberg L, (2005). Bovine milk fat globule membrane as a potential nutraceutical. In : Journal of Dairy science, 22-94p.

Stéphane Demers, (2015) Champignons : les techniques de production en forêt.

Tomati U, Galli E, (1992) The fertilizing value of waste waters from the olive processing industry. In: Ku Président : Mme.BEKHTI.N Président : Mme.BEKHTI.N bat J (ed) Humus, its structure and role in agriculture and environment. (Proceedings of the tenth symposium humus et planta). Prague, pp 117–126.

Wertz, J. L. (2011). L'amidon et le PLA : deux biopolymères sur le marché. Note de synthèse. Document FARR-Wal.