

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

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE ET MICROBIOLOGIE



DOMAINE: SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE: BIOTECHNOLOGIE

MEMOIRE DE MASTER II

Spécialité: Biotechnologie Microbienne

Thème

*Le champignon *Pleurotus ostreatus* et la
maladie de l'asthme: Recherche d'Activités
Biologiques*

Présenté, le 29/09/2022 par:

SAGHI Lynda

SI MAHIDDINE Amel

Membres du jury :

Prof. A. OUELHADJ

Président

UMMTO

Dr M. BENAMAR-MANSOUR

Promotrice

UMMTO

Dr B. BOUAZZA

Co-Promoteur

UMMTO

Dr S. DERMECHE

Examinatrice

UMMTO

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En premier lieu, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Mme MANSOUR-BENAMAR M, qui nous a fait l'honneur de nous confier ce sujet et l'avoir dirigé.

Nous adressons nos vifs remerciements à Mr BOUAZZA B, pour la qualité de son encadrement exceptionnel, son soutien moral et ses encouragements ainsi que ses conseils judicieux. On a eu le privilège de bénéficier de son enseignement, son savoir et de son expérience, alliés à ses qualités humaines resteront pour nous un modèle. Ce travail est un témoignage de notre profonde gratitude.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Mr OUELHADJ A, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous tenons à remercier Mme DERMECHE S, pour la gentillesse dont elle nous a fait preuve, et pour l'honneur qu'elle nous a fait pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions également Mr HOUALI K, directeur du Laboratoire de recherche de biochimie analytique et biotechnologie à l'UMMTO, et son équipe, pour l'accueil, et les conditions techniques mises à notre disposition durant la réalisation de ce présent travail.

Nos sincères remerciements s'adressent à Mr SADI S, pour nous avoir fournis quelques échantillons à tester, pour ces précieux conseils, son soutien indéfectible et son orientation.

Nous tenons à remercier notre fidèle camarade Melle LAMOURI L, pour son généreux soutien. Merci.

Nos remerciements vont également à Melle HARBANE S, qui nous a aidé à accomplir ce travail dans les meilleures conditions.

Dédicace

Je dédie ce travail:

Aux êtres les plus chers : mes parents

***MEBAREK** et **YAMINA** je vous remercie infiniment pour tous les sacrifices que vous avez bien voulu consentir pour moi. Que Dieu le Tout puissant vous garde en bonne santé et vous accorde longue vie.*

*A mon cher frère **Rabie** pour son aide valeureux. Il a su me soutenir par sa gentillesse et son dévouement tout au long de ce projet.*

*A ma chère petite sœur **Wissam***

*A Toutes la famille **SI MAHIDDINE** et **SI HADJ MOHAND***

*A Ma chère binôme **Lynda** et ma très chère **Kenza***

*A la mémoire de ma grand-mère **Aldjia** qui me manque,
Merci **grand-mère** de nous avoir donné cette force et ce courage dont tu nous parlais tant.*

Amel

Dédicace

Je commence par rendre grâce à dieu et sa bonté, pour la patience, la compétence et le courage qu'il m'a donné pour arriver à ce stade.

Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions je dédie ce mémoire

*A mes très chers parents **Djamila** et **Said** pour leur générosité et leur sacrifices. Rien ne peut exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai pour vous. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.*

*A mes chers frères: **Hand**, **Anis** et **Makhlouf**.*

*A ma chère grand-mère **Chabha** et la famille **Oukaci**.*

*A mon cher mari **Djamel** qui m'a toujours encouragé pour être devenue ce que je suis.*

*A mes aimables enfants **Lilia** et **Ilyane** qui sont la source du mon bonheur. Que Dieu le tout puissant les protège.*

*A ma belle famille **Mokddem** pour leur amour, leur soutien et leur patience illimitée, leur encouragement continu.*

*A ma chère binôme **Amel**.*

A tous mes ami(e)s pour tous les bons moments partagés lors de toutes ces années d'études et pour ceux à venir.

A toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont apporté leur aide.

A tous, du fond du cœur je vous dédie ce travail.

Lynda

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur *Pleurotus ostreatus*

| | | |
|------|---------------------------------------|----|
| I. | Définition..... | 04 |
| II. | Systématique..... | 05 |
| III. | Description..... | 06 |
| IV. | Biocycle..... | 06 |
| IV.1 | Phase végétative..... | 07 |
| IV.2 | Phase fructifère..... | 07 |
| V. | Habitat..... | 08 |
| VI. | Composition chimique..... | 08 |
| VII. | Valeur nutritionnelle..... | 08 |
| VII. | Intérêt économique et écologique..... | 09 |

Chapitre II : Composés phénoliques et Activités biologiques de *Pleurotus ostreatus*

| | | |
|---------|--|----|
| I. | Composés phénolique..... | 10 |
| I.1 | Généralités sur les composés phénoliques..... | 10 |
| I.2 | Structure chimique et classification des polyphénol..... | 10 |
| I.2.1 | Structure chimique..... | 10 |
| I.2.2 | Classification..... | 10 |
| I.2.2.1 | Acides phénoliques..... | 11 |
| I.2.2.2 | Flavonoïdes..... | 12 |
| I.2.2.3 | Tanins..... | 11 |

| | | |
|--------|---|----|
| I.3 | Mécanisme d'action des polyphénols | 13 |
| I.4 | Composés phénoliques des champignons macroscopiques..... | 13 |
| II. | Activités biologiques de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 13 |
| II.1 | Activité antioxydante..... | 14 |
| II.1.1 | Stress oxydatif..... | 14 |
| II.1.2 | Espèces réactives de l'oxygène..... | 15 |
| II.1.3 | Potentiel antioxydant de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 16 |
| II.2 | Activité anti-inflammatoire..... | 17 |
| II.3 | Activité antibactérienne..... | 17 |

Deuxième partie : Expérimentation

Chapitre I : Matériels et Méthodes

| | | |
|--------|--|----|
| I. | Matériels..... | 19 |
| I.1 | Matériels non biologiques..... | 19 |
| I.2 | Matériels biologiques..... | 19 |
| I.2.1 | Matériel mycologique | 19 |
| I.2.2 | Matériel bactériologique | 20 |
| II. | Méthodes | 20 |
| II.1 | Préparation de l'extrait aqueux..... | 20 |
| II.2 | Séchage | 20 |
| II.3 | Rendement d'extraction..... | 20 |
| II.4 | Dosage des polyphénols totaux..... | 21 |
| II.4.1 | Principe..... | 21 |
| II.4.2 | Mode opératoire..... | 21 |
| II.5. | Activité antioxydante des extraits aqueux par le test de piégeage du radical libre DPPH..... | 23 |
| II.5.1 | Principe..... | 23 |
| II.5.2 | Mode opératoire..... | 23 |

| | | |
|----------|--|----|
| II.6 | Mesure de l'activité anti-inflammatoire..... | 24 |
| II.6.1 | Principe..... | 24 |
| II.6.2 | Mode opératoire..... | 24 |
| II.7 | Mesure de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux du champignon par méthode de diffusion sur milieu gélosé..... | 26 |
| II.7.1 | Principe..... | 26 |
| II.7.2 | Mode opératoire..... | 26 |
| II.7.2.1 | Repiquage et confirmation de l'identification de la souche à utiliser..... | 26 |
| II.7.2.2 | Préparation des souches bactériennes..... | 27 |
| II.7.2.3 | Préparation de la suspension bactérienne..... | 27 |
| II.7.2.4 | Ensemencement sur gélose..... | 27 |

Chapitre II : Résultats et discussions

| | | |
|------|------------------------------------|----|
| I. | Rendement d'extraction..... | 28 |
| II. | Dosage des polyphénols totaux..... | 28 |
| III. | Activité antioxydante..... | 29 |
| IV. | Activité anti-inflammatoire..... | 31 |
| V. | Activité antibactérienne..... | 33 |

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

ApiWeb: Application programming interface web

BHIB: Brain-Heart Infusion Broth

BSA : Albumine de sérum bovin

C : Carbone

°C : Degré Celsius

cm : Centimètre

DO: Densité optique

DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

EBS : Ecologie Biotechnologie et santé

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

EAG : Equivalent acide gallique

Fig: Figure

g: Grammes

h: Heure

J: Joules

Kcal: kilocalories

MH : Milieu Mueller Hinton

mg: Milligrammes

min: Minute

mm: Millimètre

mL: Millilitre

MS: Matière sèche

n°: Numéro

NF-κB: Nuclear factor-kappa B

nm: Nanomètre

POC: *Pleurotus ostreatus* commercial

POL: *Pleurotus ostreatus* local

P. ostreatus: *Pleurotus ostreatus*

pH: Potentiel d'hydrogène

PBS : solution saline tamponnée au phosphate

UFC: Unité Formant de Colonie

UV: Ultra violets

µg: Microgramme

µL: Microlitre

UV/Vis : *Ultraviolet-visible*

% : Pourcentage

Liste des figures

| Figure | Titre | Page |
|------------------|--|-------------|
| Figure 1 | Protocole expérimental et méthodes adoptées. | 03 |
| Figure 2 | <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fries) Kummer (1871) souche locale (POL) cultivée sur marc de café. | 05 |
| Figure 3 | Cycle de reproduction de <i>Pleurotus ostreatus</i> . | 07 |
| Figure 4 | Classification des polyphénols. | 11 |
| Figure 5 | Structure générale de l'acide benzoïque (A) et de l'acide cinnamique (B). | 11 |
| Figure 6 | Structure générale du noyau des flavonoïdes. | 12 |
| Figure 7 | Structure générale du tanin condensé (a) et tanin hydrolysable (b). | 12 |
| Figure 8 | Activités biologiques et molécules bioactives de <i>Pleurotus ostreatus</i> . | 14 |
| Figure 9 | Maladies liées au stress oxydatif. | 15 |
| Figure 10 | Carpophores de <i>Pleurotus ostreatus</i> sur le mélange de substrats agricoles. | 19 |
| Figure 11 | Courbe d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques totaux. | 22 |
| Figure 12 | Schéma récapitulatif des étapes de dosage des composés phénoliques totaux. | 22 |
| Figure 13 | Réaction de l'antioxydant avec le DPPH. | 23 |
| Figure 14 | Schéma récapitulatif des étapes du test de piégeage du radical libre DPPH. | 24 |
| Figure 15 | Schéma récapitulatif des étapes du test de dénaturation de la BSA. | 25 |

| | | |
|------------------|---|-----------|
| | | |
| Figure 16 | Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait aqueux de carpophores de <i>Pleurotus ostreatus</i> . | 30 |
| Figure 17 | Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'acide ascorbique. | 30 |
| Figure 18 | Pourcentage de protection de l'extrait aqueux de <i>Pleurotus ostreatus</i> contre la dénaturation thermique de la BSA. L'acide acétylsalicylique est utilisé comme contrôle. | 32 |
| Figure 19 | Antibiogramme de <i>Staphylococcus aureus</i> . | 35 |
| Figure 20 | Zones d'inhibitions de l'extrait aqueux de <i>Pleurotus ostreatus</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i> . | 35 |

Liste des tableaux

| Tableau | Titre | Page |
|--------------------|--|-------------|
| Tableau I | Description de <i>Pleurotus ostreatus</i> . | 06 |
| Tableau II | Composition chimique de <i>Pleurotus ostreatus</i> . | 08 |
| Tableau III | Liste des antibiotiques de références utilisés. | 27 |
| Tableau IV | Antibiogramme de <i>Staphylococcus aureus</i> isolé à partir des crachats d'un enfant asthmatique. | 34 |

Introduction

L'Organisation mondiale de la santé a estimé que 52% des décès prématurés en 2012 étaient attribuables à des maladies non transmissibles, dont plus de 75% étaient liés aux maladies cardiovasculaires, au cancer, au diabète et aux maladies respiratoires chroniques.

En Algérie, l'asthme est un problème de santé publique montant (Makhloufi et Guerinik, 2015). Le traitement de cette pathologie par des médicaments anti-inflammatoires stéroïdiens (glucocorticoïdes) à long terme, provoque des effets indésirables et des toxicités cutanées, digestives, hépatiques, rénales et cardiovasculaires (Williams, 2018; Lapeyre-Mestre et *al.*, 2011).

Les effets indésirables notoires de ces médicaments anti-inflammatoires, ainsi que leur coût élevé justifient la poursuite de la recherche de nouveaux principes actifs. Parmi les pistes d'étude envisagées, les produits naturels qui ont suscité un véritable engouement au cours de ces dernières années, et le règne fongique constitue l'une des sources les plus riches et les moins exploitées de molécules actives.

De ce fait, les nouvelles thérapies antiasthmatiques peuvent s'orienter vers la recherche de composés bioactifs capables d'empêcher le stress oxydatif, de réduire l'inflammation ou d'inhiber la prolifération des germes pathogènes dans le cas d'infections respiratoires.

Les champignons médicinaux sont considérés comme un domaine de biotechnologie en développement (Smith et *al.*, 2002), dans le traitement et la prévention des infections aiguës et chroniques, notamment l'asthme (Pennerman et *al.*, 2015).

La classe des Basidiomycètes comporte, entre autres champignons, le genre *Pleurotus*, avec environ 40 espèces différentes. Parmi ces espèces, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kumm. Cette espèce est consommée et appréciée, un peu partout dans le monde, en raison de son goût, de sa saveur et de sa valeur nutritive élevée (protéines, vitamines et éléments minéraux) ainsi que pour ses propriétés médicinales (Lindequist, 2005). Des études ont révélé la présence de nombreuses molécules bioactives chez ce champignon (Smith et *al.*, 2002), notamment des polyphénols et des flavonoïdes (Angelini et *al.*, 2021; Ghezal et Chemam, 2017).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui consiste à rechercher, à doser les polyphénols et à évaluer leurs activités anti-inflammatoire, antioxydante et antibactérienne *in vitro*, dans des extraits aqueux de carpophores d'une souche de *P. ostreatus*.

Le travail expérimental que nous avons réalisé a été effectué au sein du laboratoire de Production, Amélioration, Protection des Végétaux et Denrées Alimentaires nouvellement dénommé Ecologie, Biotechnologie et Santé (EBS), de la faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques de l'université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou (UMMTO), durant la période comprise entre juin et septembre 2022.

Pour cela le présent travail est subdivisé en deux parties :

- ✚ La première partie : (Synthèse bibliographique) comprend deux chapitres :
 - ✓ Le premier chapitre est consacré à l'étude des généralités du champignon comestible *P. ostreatus*.
 - ✓ Le deuxième chapitre est consacré aux définitions des composés phénoliques et des activités biologiques de champignons.
- ✚ La deuxième partie : (partie expérimentale) comprend aussi deux chapitres :
 - ✓ Le premier chapitre est consacré aux matériels et méthodes.
 - ✓ Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de l'ensemble des résultats obtenus et de leur discussion (avec une conclusion et quelques perspectives).
- ✚ Les grandes étapes de cette étude sont résumées dans la figure suivante:

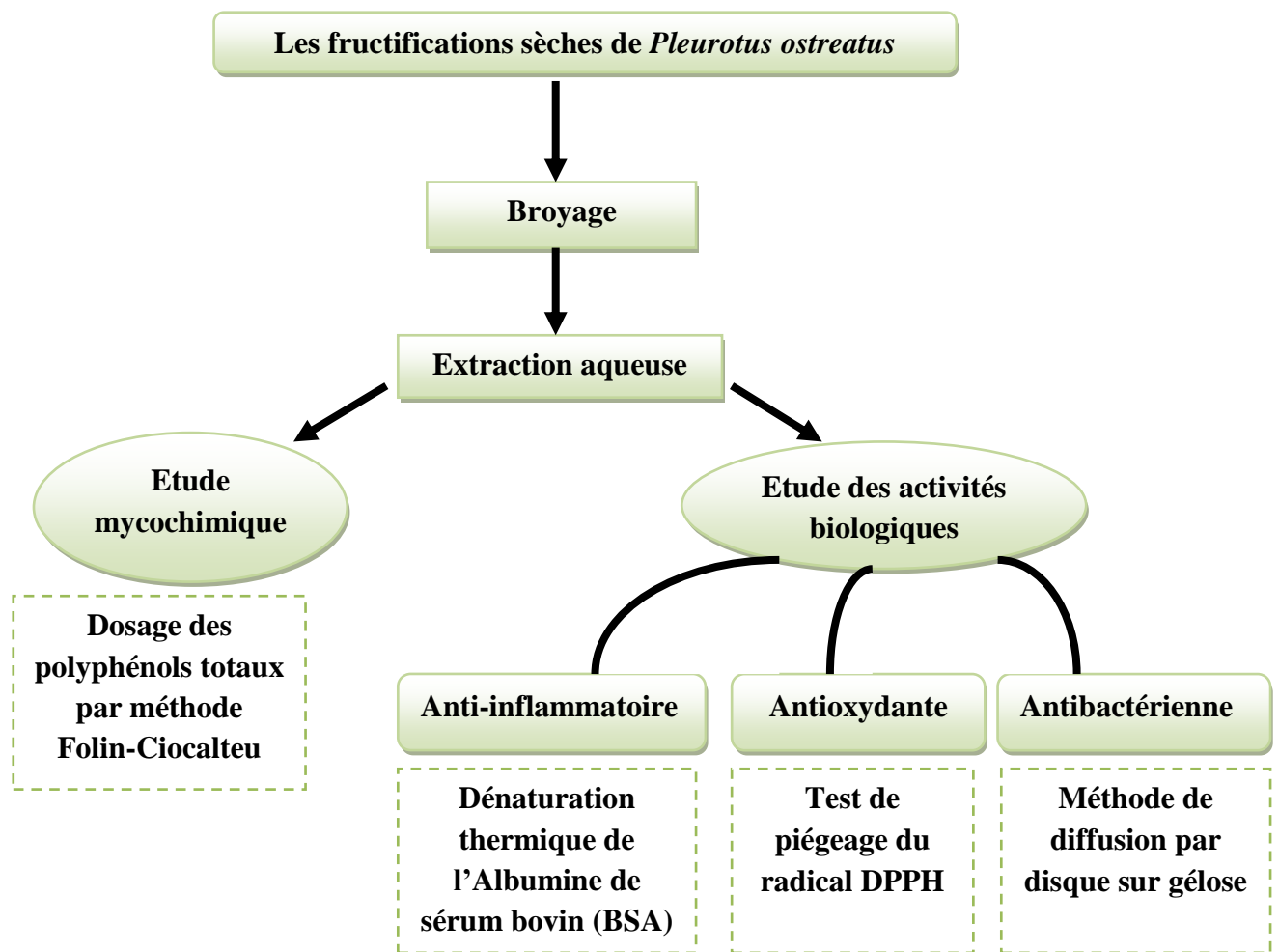


Figure 1. Protocole expérimental et méthodes adoptées.

I. Définition

Les pleurotes se définissent comme des organismes eucaryotes, thallophytes, dépourvus de chlorophylle, ce qui les confine dans un mode de vie saprophyte, à corps filamenteux appelé mycélium.

Pleurotus ostreatus, est un organisme modèle pour les champignons à pourriture blanche. Il est le deuxième champignon comestible cultivé le plus important au monde après *Agaricus bisporus* (champignon de Paris), en raison de sa capacité d'adaptation (Melanouri et al., 2022). Il s'implante facilement sur un substrat rudimentaire grâce à la libération d'enzymes par les cellules mycéliennes qui dégradent des molécules complexes telles que la lignine et la cellulose (Velázquez-Cedeño et al., 2005). *P. ostreatus* est un produit forestier non ligneux (Yilmaz et al., 2016). Il est comestible, sans aucun risque pour la santé humaine (FAO, 2000).

Le mot Pleurote dérive de celui du grec Pleurón (« flanc, côté ») et de οὔς, ous, ôtos, Oreille: qui a l'oreille de côté (Delmas, 1989); *ostrea* signifie "huître" et « atus » signifie "ressemblant".

Le nom scientifique et le nom commun font référence à la forme de la fructification dite carpophore. Le latin *Pleurotus* (latéral) fait référence à la croissance latérale du pied par rapport au chapeau, tandis que le latin *ostreatus* et le nom commun anglais, "Oyster", font référence à la forme du chapeau qui ressemble au bivalve du même nom (Hassen et al., 2011) (Fig.2).

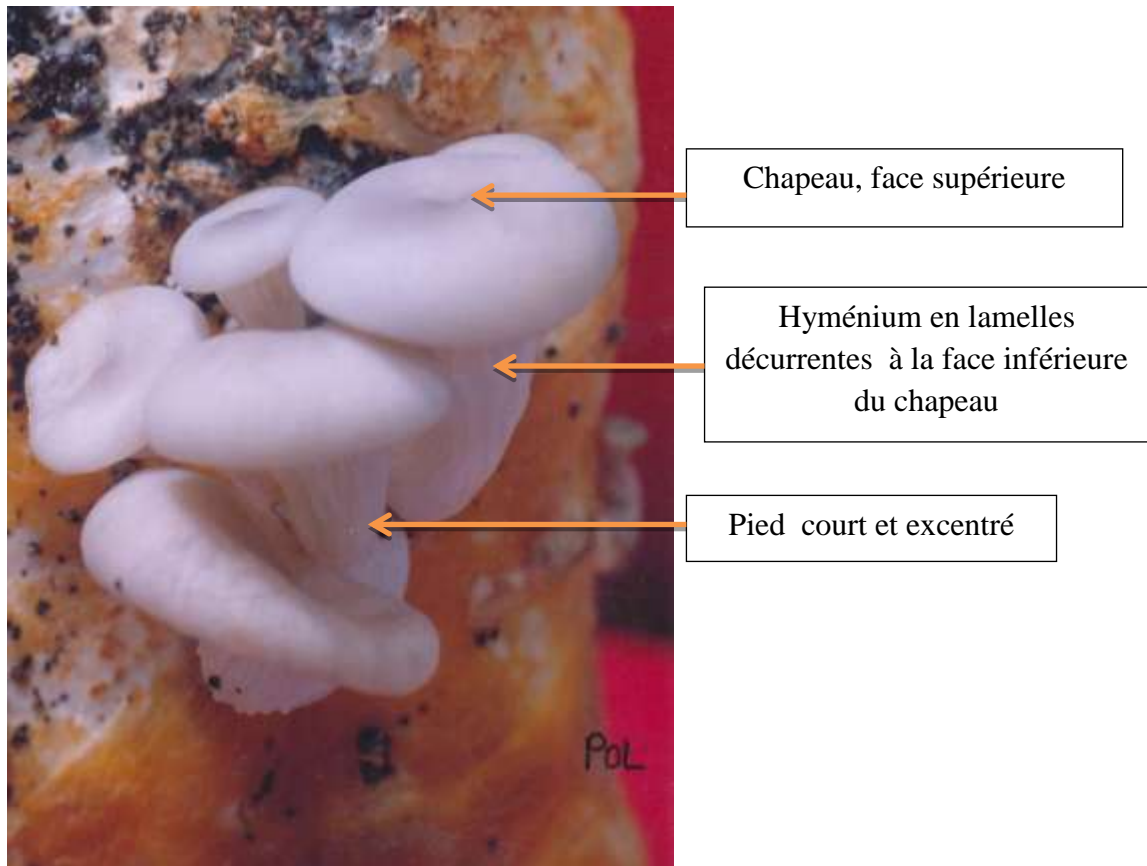


Figure 2. *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kummer (1871) souche locale (POL) cultivée sur marc de café (Archives EBS, 1998).

II. Systématique

En tenant compte des travaux de Amani et *al.* (2019), Mansour-Benamar (2016), Kalmee (2007) et Singer (1986) la systématique du Pleurote en huître se présente comme suit:

Domaine: Eukarya

Règne : Fungi

Phylum : Basidiomycota

Classe : Agaricomycètes

Sous Classe : Agaricomycetideae

Ordre : Agaricales

Famille : Pleurotaceae

Genre : *Pleurotus*

Espèce : *P. ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kummer (1871).

III. Description

Le Pleurote est un champignon macroscopique qui pousse en touffes (Mansour-Benamar, 2016). Il est composé d'un pied et d'un chapeau (Fig.2) (Tableau I).

Tableau I. Description de *Pleurotus ostreatus* (Hadjadj et al., 2020 ; Mansour-Benamar, 2016; Demers, 2015).

| | |
|----------------------|--|
| Chapeau | En forme d'huître ou d'éventail (blanc, brunâtre ou grisâtre), charnu de 4 à 15 cm de diamètre, lisse, il est fortement enroulé et souvent un peu déprimé près de l'insertion du pied. |
| Lamelles | Nettement descendantes sur le pied, inégales, blanches ou jaunâtres. Elles constituent l'hyménium. |
| Chair | Epaisse, ferme, blanche, tendre sauf le pied. |
| Odeur | D'anis et saveur agréable. |
| Stipe ou pied | Excentré par rapport au chapeau, le plus souvent blanc, très court, plein, poilu à la base, 1 –10 cm de longueur et 1–3 cm de diamètre. Pas d'anneau et pas de volve. |
| Spores | En masse gris-violet, cylindriques et lisses. |

IV. Biocycle

Les Basidiomycètes se reproduisent essentiellement par voie sexuée. Cependant, la culture in vitro du Pleurote, est réalisée par la multiplication du mycélium dicaryotique (Fig. 2). Le cycle biologique du Pleurote en forme d'huître (Fig.3), se divise en deux phases distinctes (Delmas, 1989).

IV.1 Phase végétative

La partie fertile du champignon ou hymenium est constitué par les basides portées par les lamelles situées sous le chapeau. A l'extrémité des basides se forment les basidiospores. A maturité du champignon, les spores sont libérées. Si l'endroit de leur chute est favorable, elles germent et donnent naissance à des mycéliums primaires (I) monocaryotiques pluricellulaires qui vont croître et se ramifier.

IV.2 Phase fructifère

Elle démarre avec la conjugaison (plasmogamie) de deux mycéliums primaires (I) compatibles donnant naissance à un mycélium secondaire (II) dicaryotique, qui à son tour, rentre en phase de croissance. Cette phase se caractérise par la formation des carpophores, avec leurs basides et basidiospores (Fig.3), suite à la condensation du mycélium II, lorsque les conditions du milieu changent et deviennent contraignantes.

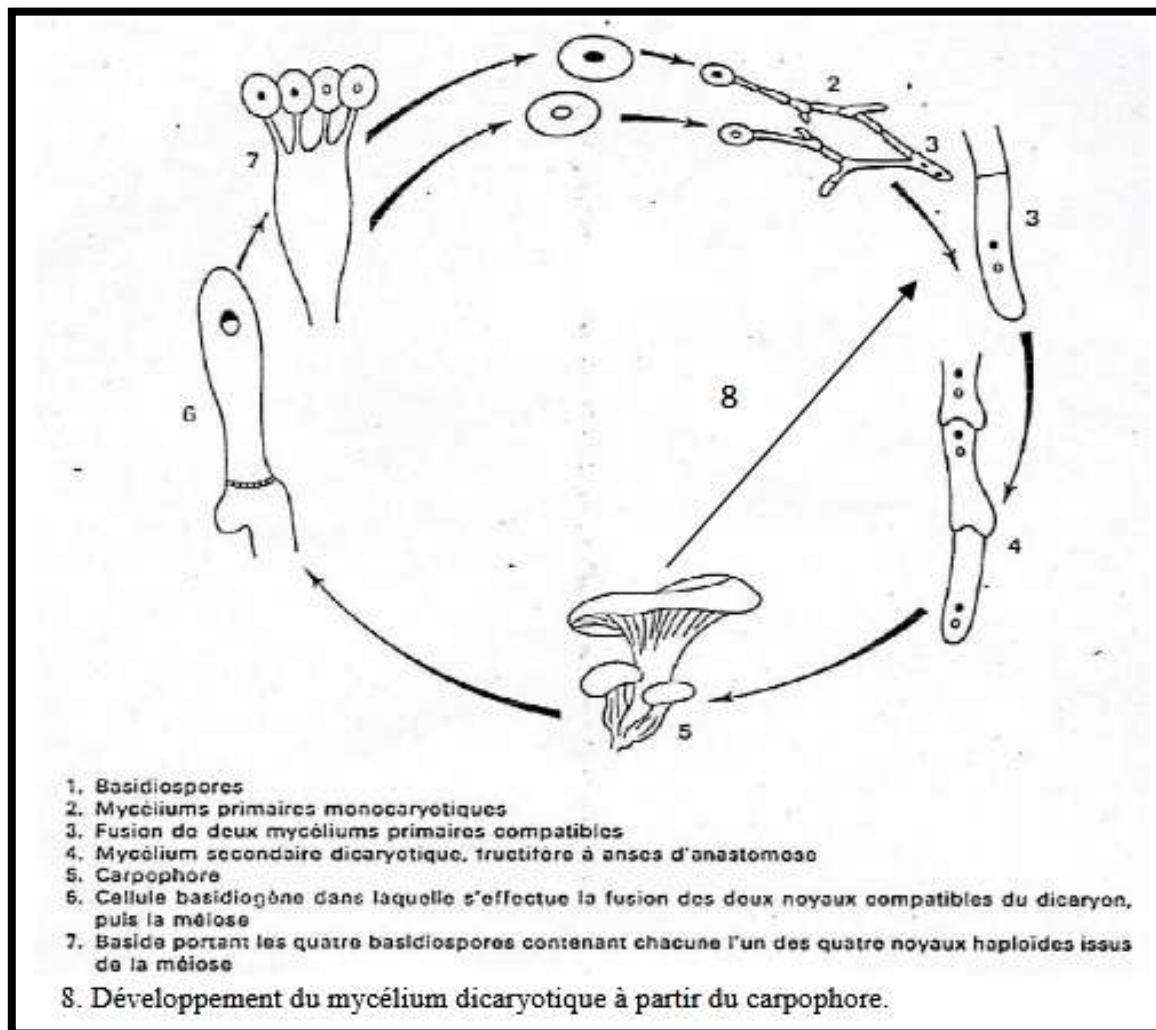


Figure 3. Cycle de reproduction de *Pleurotus ostreatus* (Mansour-Benamar 2016; Delmas, 1989).

V. Habitat

Le genre *Pleurotus* comprend environ 40 espèces (Deepalakshmi et Mirunalini, 2014). *P. ostreatus* serait l'espèce la plus répandue dans les zones tropicales (25 à 35°C) (Mushagualusa et al., 2017).

Selon Givelet (2011), on peut le trouver à l'état sauvage sur du bois mort d'arbres feuillus, exceptionnellement sur conifères, en Afrique du nord et en Europe, en hiver et en automne.

VI. Composition chimique

La composition biochimique de *P. ostreatus* est donnée dans le tableau II.

Tableau II. Composition chimique de *Pleurotus ostreatus* (Blandeau, 2012).

| Composition | Valeurs (% Matière sèche) |
|----------------------------|---------------------------|
| Fibres | 8,3% |
| Cendre | 6.6% |
| Hydrates de carbone totaux | 65% |
| Lipides | 1% |
| Protéine brute | 27,4% |
| Valeur énergétique (Kcal) | 356 Kcal |

VII. Valeur nutritionnelle

Pleurotus ostreatus, fait partie des cinq espèces de champignons les plus demandées sur le marché dans le monde (Royse et al., 2017).

D'après Deepalakshmi et Mirunalini (2014), la fructification de *P. ostreatus* contient environ 100 composés bioactifs différents ; il est principalement considéré comme une nouvelle source potentielle de fibres alimentaires. Comparativement aux légumes, *P.ostreatus* contiendrait jusqu'à cinq fois plus de protéines et de deux à cinq fois plus de fibres alimentaires, et il contribuerait à enrichir le régime alimentaire des populations vulnérables des zones rurales en malnutrition (Li et al., 2016).

Pleurotus ostreatus est une source de protéines à haute teneur en acides aminés essentiels tel que la valine, la lysine et la thréonine et contient aussi des vitamines comme la folacine (vitamine B9), la thiamine (vitamine B1), l'acide nicotinique (niacine, vitamine PP ou B3) mais peu de cobalamine (vitamine B12) (Deepalakshmi et Mirunalini, 2014).

Il contient des minéraux comme le magnésium, le potassium, le phosphore, le cuivre, le fer, le zinc et du sélénium (Zhang et *al.*, 2020), et un faible niveau de matières grasses (1 à 2%) particulièrement l'absence du cholestérol (Oka et *al.*, 2020).

En raison de la forte teneur en eau et de la faible valeur calorifique estimée à 105-209J dans 100g de matière fraîche de ce champignon, il est considéré comme un aliment diététique.

VIII. Intérêt économique et écologique

Selon Girmay et *al.* (2016), la culture de *P. ostreatus* est la seule biotechnologie relativement simple et économiquement rentable pour le recyclage des déchets organiques lignocellulosiques qui combine la production d'aliments riches en protéines avec la réduction de la pollution environnementale. En outre, ces auteurs signalent que c'est une activité agro-industrielle à forte intensité de main d'œuvre et peut donc contribuer à générer des revenus et des emplois.

I. Composés phénoliques

I.1 Généralités sur les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des molécules produites par le métabolisme secondaire des végétaux et des champignons (Tian et *al.*, 2019). Ils représentent un groupe d'au moins 10 000 composés différents (Li et *al.*, 2014 ; González-Vallinas et *al.*, 2013). Les polyphénols alimentaires les plus connus sont les flavonoïdes et les acides phénoliques (BrglezMojzer et *al.*, 2016; Araújo et *al.*, 2011).

Ce sont les antioxydants les plus abondants dans les aliments puisque l'homme en consomme environ 1g/jour (Scalbert et Williamson, 2000), soit près de dix fois plus que de vitamine C et 100 fois plus que de vitamine E ou de caroténoïdes (Grolier et *al.*, 2001).

I.2 Structure chimique et classification des polyphénols

I.2.1 Structure chimique

L'élément structural fondamental qui caractérise les polyphénols est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié à au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction chimique: éther, ester, ou hétéroside (Balasundram et *al.*, 2006; Handique et Baruah, 2002).

I.2.2 Classification

La classification des polyphénols est basée sur la structure moléculaire en fonction du nombre d'unités phénoliques, types de liaisons formées ainsi que les groupes substituant présents dans les composés (Singla et *al.*, 2019).

Les polyphénols constituent un groupe de composés bioactifs (Boros et *al.*, 2010) qui comprennent plusieurs classes et sous-classes (Fig. 4).

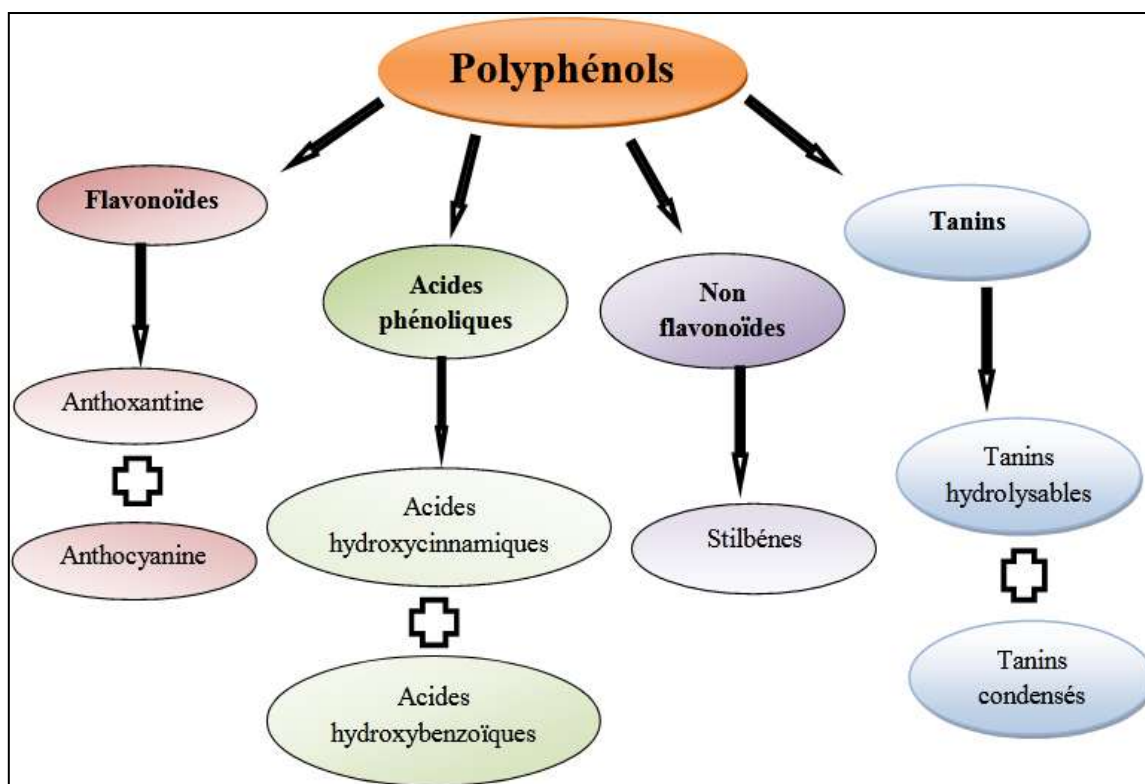


Figure 4. Classification des polyphénols (Singla *et al.*, 2019).

I.2.2.1 Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle qui peuvent être des esters ou des éthers liés à des sucres sous forme d'hétérosides, ces acides phénoliques sont solubles dans les solvants polaires (Wichtl et Anton, 2009). Leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et d'acide cinnamique (Collin et Crouzet, 2011) (Fig. 5).

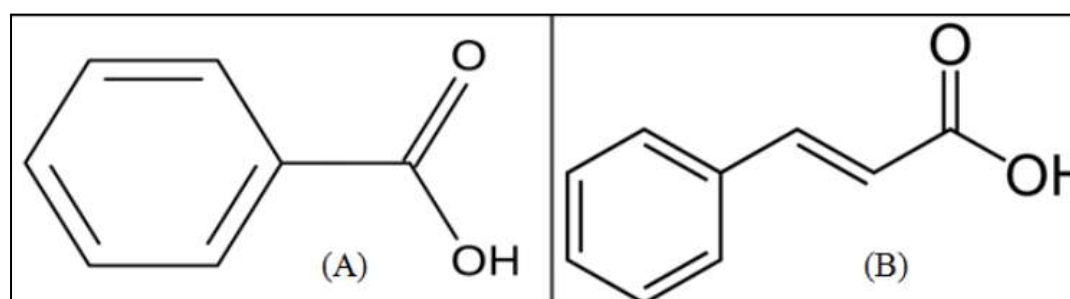


Figure 5. Structure générale de l'acide benzoïque (A) et de l'acide cinnamique (B).

I.2.2.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances très répandues dans le règne végétal (Boughrara, 2016), elles ont en commun la structure du diphenylpropane (C6-C3-C6), les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B forment généralement un hétérocycle oxygéné C (Kahlouche, 2014) (Fig.6). Ils sont très utilisés comme remède en raison de leur richesse en composés flavonoïdiques (Ghedira, 2005). De plus, ils présentent des activités antibactériennes et anti-inflammatoires (Biesaga, 2011).

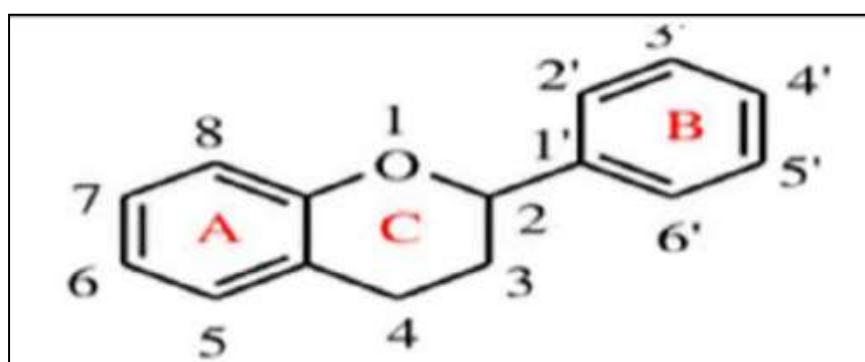


Figure 6. Structure générale du noyau des flavonoïdes (Erlund, 2004).

I.2.2.3 Tanins

Les tannins ou acides tanniques sont des composés organiques complexes. Ils sont solubles dans l'eau, avec des poids moléculaires de 500 et 3000 Dalton (Bruneton, 1999). Selon leurs structures et leurs propriétés, deux types de tannins sont distingués :

- Les tanins hydrolysables: sont des esters d'acide gallique, qui se lient aux molécules de glucose (Bruneton, 1993; Hopkins, 2003) et d'acides phénols.
- Les tanins condensés: sont des composés phénoliques hétérogènes, se trouvent sous forme d'oligomères ou polymères qui sont formés par condensation des molécules de flavonoïdes entre elles (Bruneton, 2009) (Fig. 7).

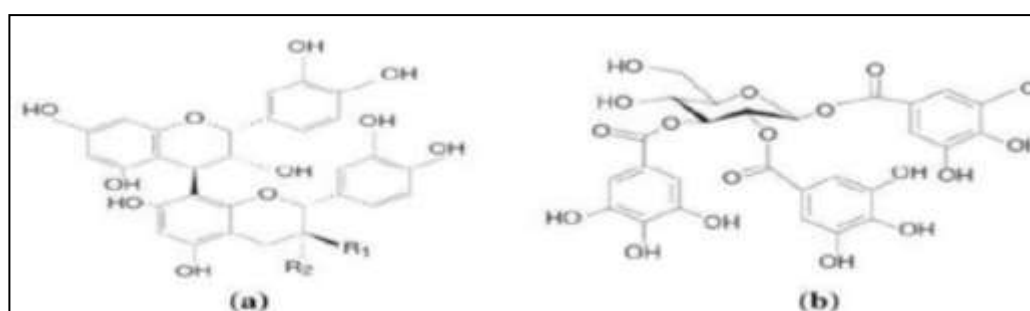


Figure 7. Structure générale du tanin condensé (a) et tanin hydrolysable (b).

I.3 Mécanismes d'action des polyphénols

Les composés phénoliques peuvent agir comme donneurs de protons ou d'électrons, comme chélateurs de métaux de transition (Márquez-García et *al.*, 2009), et comme inhibiteurs d'enzymes génératrices de radicaux libres ou comme inducteurs de la synthèse d'enzymes antioxydantes (Hennebelle et *al.*, 2004).

I.4 Composés phénoliques des champignons macroscopiques

La présence d'acides phénoliques, dont les acides caféique, p-coumarique, gallique, cinnamique, protocatéchique, férulique, chlorogénique, sinapique, p-hydroxybenzoïque, vanilique et salicylique, ainsi que des composés flavonoïdes ont été retrouvés dans des extraits de champignons macroscopiques (Bahadori et *al.*, 2019; Yahia et *al.*, 2017).

II. Activités biologiques de *Pleurotus ostreatus*

Un nombre important d'études rapportent que divers composants pharmacologiques actifs sont présents chez *P. ostreatus*. Ces composants seraient responsables de nombreuses activités biologiques telles que l'effet anti-inflammatoire, antioxydant, antimicrobien, antiviral, anticancer, immunomodulateur et antidiabétique (Deepalakshmi et Mirunalini, 2014) (Fig. 8).

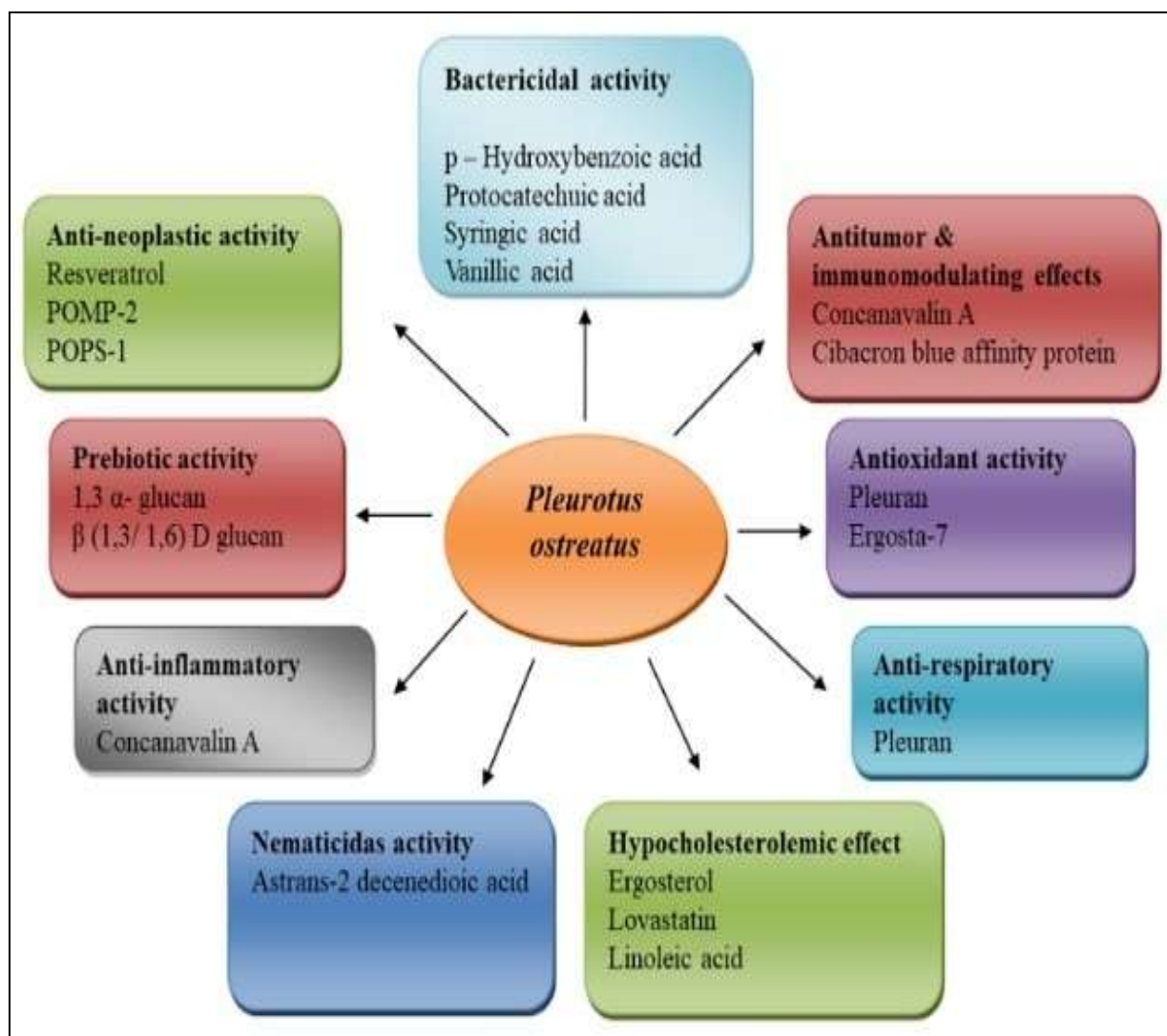


Figure 8. Activités biologiques et molécules bioactives de *Pleurotus ostreatus* (Mishra et al., 2021).

II.1 Activité antioxydante

Les champignons ont longtemps joué un rôle en tant que branche de la médecine alternative (Lindequist et al., 2005). Selon Singh et al. (2015), *P. ostreatus* a des effets médicaux, couvrant des propriétés antioxydantes.

II.1.1 Stress oxydatif

Selon Elisha et al. (2016), Aravodis (2005) et Pasquier (1995), le stress oxydatif est défini comme une oxydation intracellulaire excessive due à un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène et la capacité antioxydante du corps à les neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs. Ce déséquilibre a pour conséquences l'apparition de dégâts souvent irréversibles pour les cellules.

Le stress oxydatif provoque des dommages internes au niveau des protéines, de l'ADN et des lipides entraînant leurs oxydation mais aussi des lésions secondaires dues aux effets cytotoxiques et mutagène des métabolites libérés (cancer, diabète, maladies cardiovasculaires rhumatisme, vieillissement accéléré) (Favier, 2006) (Fig. 9).

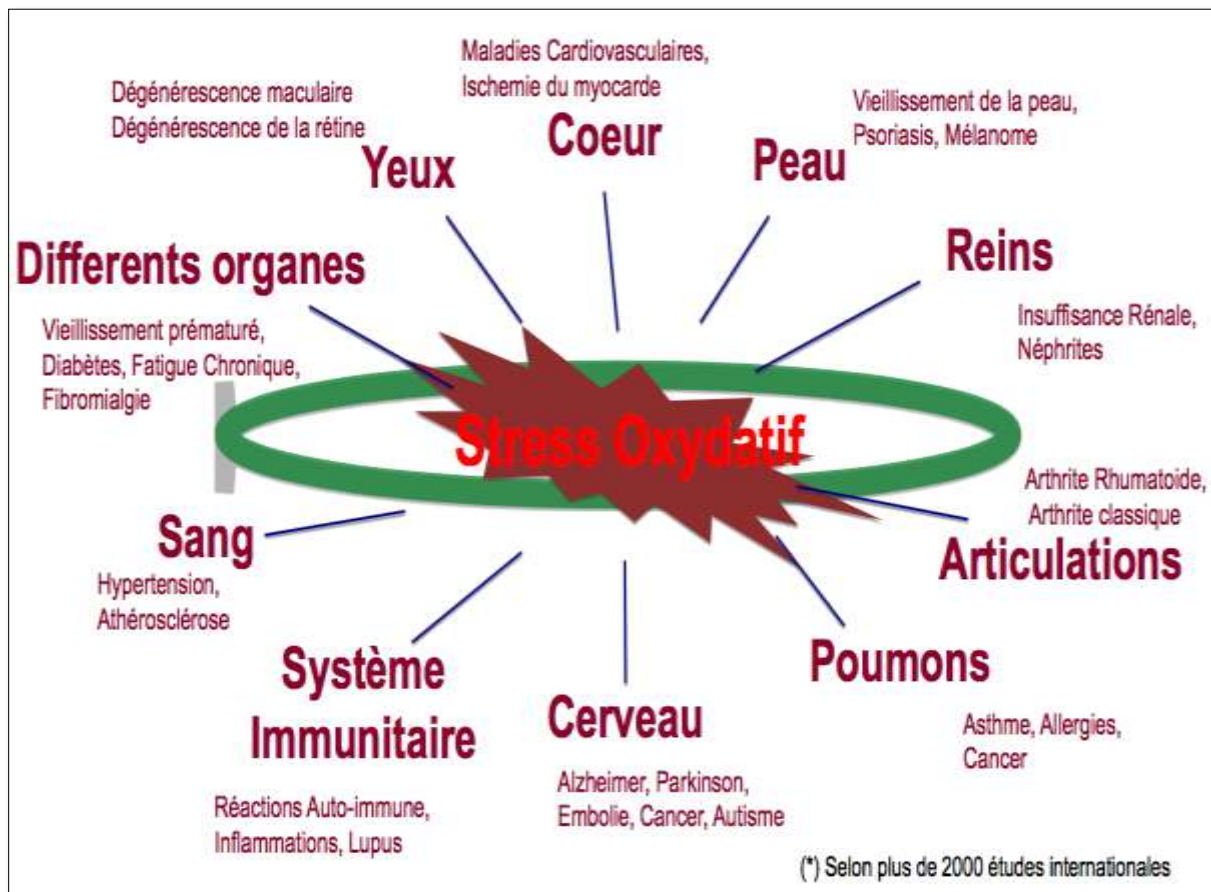


Figure 9. Maladies liées au stress oxydatif (Favier, 2006).

II.1.2 Espèces réactives de l'oxygène

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) ou les radicaux libres sont défini comme toute molécule possédant un ou plusieurs électrons non appariés sur la couche électronique la plus externe. Ce radical, très instable réagit rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir sa stabilité (Favier, 2003).

D'après Guitoune et Selli (2015), les ERO sont responsables de la dénaturation et de la dégradation des molécules biologiques et sont impliquées dans les lésions tissulaires observées au cours des processus inflammatoires, notamment dans les pathologies pulmonaires comme l'asthme.

Les ERO initient des réponses inflammatoires dans les poumons par l'activation de facteurs de transcription tels que NF- κ B, entraînant un remodelage de la chromatine et une expression génique supplémentaire de médiateurs pro-inflammatoires (Rahman et MacNee, 1998; Richter et *al.*, 1995).

II.1.3 Potentiel antioxydant de *Pleurotus ostreatus*

Une défense antioxydante essentielle de première ligne sur la surface épithéliale des voies respiratoires contre les ERO est la glutathion peroxydase (Comhair et *al.*, 2001). Une étude a montré une diminution de la concentration de diènes conjugués dans le plasma, tandis que l'activité de la glutathion peroxydase dans le sang ont augmenté après l'administration de *P. ostreatus* (Kajaba et *al.*, 2008).

Le sélénium étant un cofacteur de la glutathion peroxydase permet de prévenir la peroxydation des lipides par la réduction du peroxyde d'hydrogène (Alwarith et *al.*, 2020).

La consommation d'aliments riches en sélénium comme *P. ostreatus* (Zhang et *al.*, 2020), peut protéger contre le stress oxydatif et prévenir l'inflammation chez les patients asthmatiques (Heffner et Repine, 1989; Stone et *al.*, 1989).

La présence d'acide linoléique, d'ergostérol et de dérivés de l'ergosta dans le profil biochimique de *P. ostreatus*, révèlent une activité notable dans la capacité d'absorption des radicaux oxygénés et l'inhibition de la cyclooxygénase (Schneider, 2010).

L'ergostérol, étant un précurseur de la vitamine D (Cardwell et *al.*, 2018), la consommation de Pleurotes augmente de 12% à 13% la quantité de vitamine D (Fulgoni et Agarwal, 2021), cela entraîne une réduction significative des taux d'exacerbation de l'asthme chez les patients asthmatiques présentant de faibles niveaux de vitamine D (Ogeyingbo et *al.*, 2021).

Les flavonoïdes ont été cités pour leur rôle protecteur sur l'hyperréactivité bronchique et l'asthme (Shaheen et *al.*, 2001; Neuman et Nahum, 2000).

L'effet antioxydant de *P. ostreatus* dérive de la quantité des composés phénoliques et des flavonoïdes qu'il contient (Alam et *al.*, 2011). Ces derniers piègent et suppriment l'activité de l'anion superoxyde (O_2^-) et peuvent chélater les ions de fer (Selli et *al.*, 2021, Imam et *al.*, 2017; Romieu et Trenga, 2001).

II.2 Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est un processus naturel du système immunitaire contre des agressions physiques, chimiques ou biologiques (Villagomez et *al.*, 2019). Elle se manifeste par des signes cliniques de chaleur, rougeur, gonflement et douleur, induisant une augmentation de la dénaturation des protéines (Gunathilake et *al.*, 2018). Elle est considérée comme une réponse à de nombreuses maladies chroniques comme l'asthme, le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (Ray et Kolls, 2017, Serhan et *al.*, 2010).

Les parois cellulaires des champignons sont riches en polysaccharides non amylicés, dont les β -D-glucanes sont les composants fonctionnels les plus intéressants (Deepalakshmi et Mirunalini, 2014) car ce sont les activateurs naturels des macrophages (Sarangi et *al.*, 2006). Les α - et β -glucanes et les polysaccharides de haut poids moléculaire augmentaient la production de cytokines par les cellules dendritiques, activaient les cellules tueuses naturelles et augmentaient la production de macrophages (Jedinak et *al.*, 2011).

Selon Jayasuriya et *al.* (2020), *P. ostreatus* intervient dans l'activité anti-inflammatoire par différents mécanismes. Parmi les composés bioactifs de *P.ostreatus*, le α -tocophérol, une isoforme de la vitamine E (Cardoso et *al.*, 2020; Fernandes et *al.*, 2015; Reis et *al.*, 2012), permet d'éliminer les espèces réactives de l'azote et d'inhiber l'activité des médiateurs de transduction du signal et l'inflammation pulmonaire (Jiang, 2014).

Les composés phénoliques jouent un rôle efficace en tant que facteurs anti-inflammatoires naturels via l'inhibition de la sécrétion des médiateurs pro-inflammatoires (Abdlshafy et *al.*, 2021).

L'action pharmacologique des flavonoïdes présente des propriétés anti-inflammatoires, et ils sont capables de moduler le fonctionnement du système immunitaire (Stankov, 2012).

II.3 Activité antibactérienne

Le traitement aléatoire des maladies infectieuses humaines par les médicaments antimicrobiens a augmenté le développement de la résistance des bactéries pathogènes aux antibiotiques. Pour cette raison, de nombreuses recherches ont été menées pour trouver de nouvelles sources de composés bioactifs (Karaman et *al.*, 2003). Parmi ces sources, les Pleurotes (Bawadekji et *al.*, 2017).

Les voies respiratoires et les cellules épithéliales alvéolaires sont la première ligne de défense du système immunitaire pulmonaire, les cellules immunitaires reconnaissent et agissent pour neutraliser les agents pathogènes et les particules étrangères (Hoffmann et *al.*, 2016). Les espèces bactériennes qui ont été détectées dans les crachats des patients asthmatiques sont: *Chlamydia pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Moraxella catarrhalis* et *Staphylococcus aureus* (Sadi *al.*, 2018; Green et *al.*, 2014 et Zhang et *al.*, 2012).

I. Matériels

I.1 Matériels non biologiques (Annexe 1).

I.2 Matériels biologiques

I.2.1 Matériel mycologique

Nous avons utilisé des carpophores de *P. ostreatus* (Jacq. ex. Fries) P. Kummer d'origine commerciale, cultivée à l'EBS, par Madame Tahir en 2021, sur un substrat formé d'un mélange de résidus agricoles, grignon d'olive (9%), marc de café (9%), paille de blé (40%), sciure de bois (40%) supplémenté par 2% de Carbonate de calcium (CaCO₃).

Cette souche de Pleurote a été fournie par Monsieur Madani Aghilas (cultivateur de champignons comestibles), sous forme de blanc ou « semence » utilisé pour ensemercer le mélange de substrats agricoles.



Figure 10. Carpophores de *Pleurotus ostreatus* sur le mélange de substrats agricoles (Tahir, 2021).

Les carpophores ont été cueillis manuellement, au fur et à mesure de leur formation, pesés puis mis à sécher à température ambiante du laboratoire, à l'abri du soleil. C'est sous cette forme sèche que nous les avons utilisés.

I.2.2 Matériels bactériologique

Pour l'examen du pouvoir antibactérien de l'extrait aqueux du *P. ostreatus*, la souche bactérienne, *Staphylococcus aureus* (bactérie Gram+), isolée à partir de crachats d'un enfant asthmatique est utilisée (Sadi *et al.*, 2018).

II. Méthodes

II.1 Préparation de l'extrait aqueux

Dans 200mL d'eau distillée bouillante, 10g de poudre de fructifications de *P. ostreatus*, ont été additionnés et laissés sous agitation magnétique pendant 24h à température ambiante. Le mélange est filtré à l'aide d'un tissu en tulle, ensuite à travers du papier filtre Wattman n°1.

II.2 Séchage

Afin de déshydrater les extraits, nous avons fait un séchage simple à l'air libre à température ambiante au laboratoire qui a duré 20 jours, dans des boîtes en verre. Après obtention d'une couche sèche, la surface est gratté et les extraits secs sont conservés à +4°C dans des flacons stériles.

II.3 Rendement d'extraction

Le rendement représente la masse de l'extrait obtenue après séchage. Il représente le pourcentage de la poudre finale par rapport à la masse initiale de la poudre soumise à extraction. Il est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$R(\%) = (M/M_0) \times 100$$

R : rendement exprimé en %.

M : masse en gramme de l'extrait sec obtenue.

M₀: masse en gramme de la poudre utilisée (10g).

II.4 Dosage des polyphénols totaux

II.4. 1 Principe

Les composés phénoliques totaux ont été estimés selon la méthode colorimétrique basée sur le réactif de Folin-Ciocalteu, l'absorbance est mesurée par spectrophotométrie à 765 nm (Wong *et al.*, 2013).

Le réactif est formé d'acide phosphotungestique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_4$) qui sont réduits lors de l'oxydation des composés phénoliques en oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_3), qui induit un virement de couleur du jaune au bleu et l'intensité de cette couleur est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extrait (Boizot et Charpentier, 2006).

II.4. 2 Mode opératoire

Un volume de 0,2mL d'extrait est mélangé avec 1mL du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué au 1/10). Le mélange est agité et incubé pendant 4 minutes puis additionné de 0,8mL de carbonate de sodium ($NaCO_3$) anhydre (7,5%). Après 2 heures d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 765 nm. Le blanc est préparé dans les mêmes conditions en remplaçant le type d'extrait par l'eau distillée. Une gamme d'étalonnage d'acide gallique est réalisée à des concentrations allant de 0 à 200 μ g/mL (Wong *et al.*, 2013).

La concentration en composés phénoliques totaux est estimée en microgramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (μ g EAG/g MS) en se référant à la courbe d'étalonnage (Fig.11).

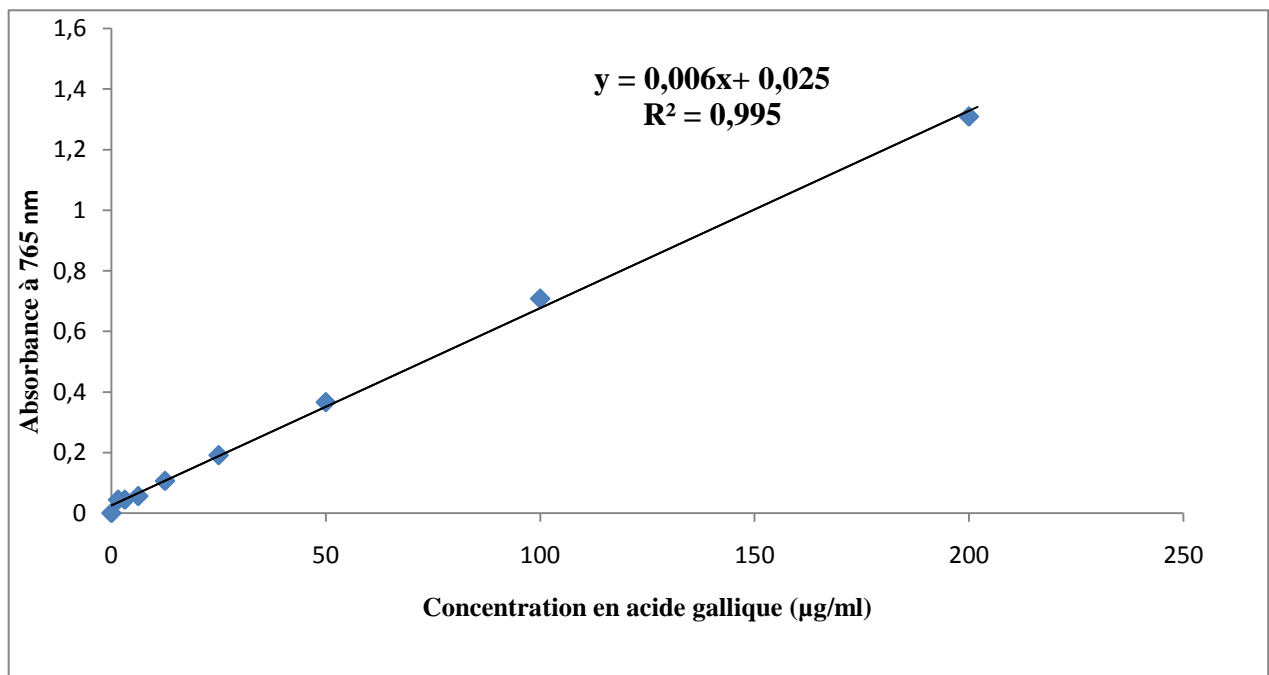


Figure 11. Courbe d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques totaux.

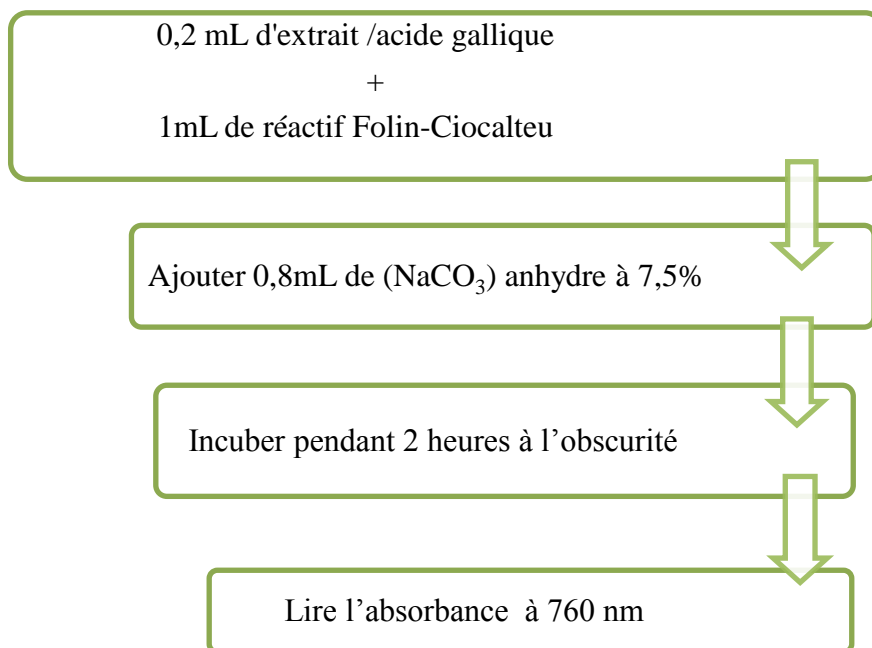


Figure 12: Schéma récapitulatif des étapes de dosage des composés phénoliques totaux.

II.5 Activité antioxydante de l'extrait aqueux par le test de piégeage du radical libre DPPH

II.5.1 Principe

L'activité antioxydante est mesurée par le 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) de couleur violette qui se réduit en un composé jaune, le diphénylpicrylhydrazile, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité réductrice des antioxydants présents dans le milieu (Sanchez-Moreno, 2002).

L'effet des antioxydants sur ce radical se traduit par leurs capacités à lui donner un atome d'hydrogène ou un électron et de le maintenir dans la forme stable (Atoui et *al.*, 2005).

L'absorbance est mesurée par spectrophotomètre à 517 nm. Une faible absorbance indique une meilleure activité antioxydante (Molyneux, 2004).

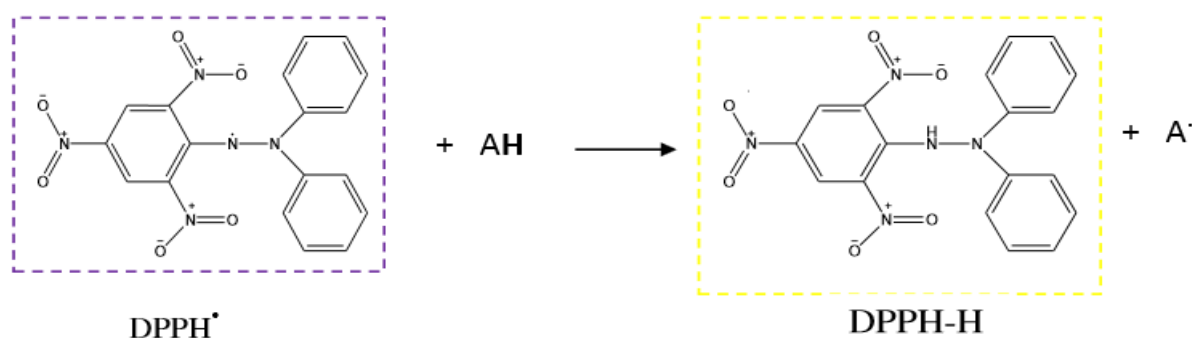


Figure 13. Réaction de l'antioxydant avec le DPPH (Milardovic et *al.*, 2006).

II.5.2 Mode opératoire

Le dosage est réalisé selon la méthode utilisée par Talbi et *al.*, en 2015 comme suit:

Un mélange réactionnel de 1mL a été préparé avec 250µL de chacune des concentrations d'extrait (dilué au 1/2), 750 µL de la solution éthanolique de DPPH préparé à 0,008%. Après une incubation de 30 minutes à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 517nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV. Une solution standard a été préparée avec l'acide ascorbique dans les mêmes conditions. Prévoir un blanc d'étalonnage (éthanol 96%).

L'activité antioxydante, qui exprime la capacité à piéger le radical libre est généralement estimée par le pourcentage d'inhibition (I%) donné par la relation suivante :

$$I \% = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

A0: Absorbance à 517nm du standard (contient tous les éléments mais sans aucun échantillon).

A1: Absorbance à 517 nm après 30 minutes d'incubation de l'échantillon.

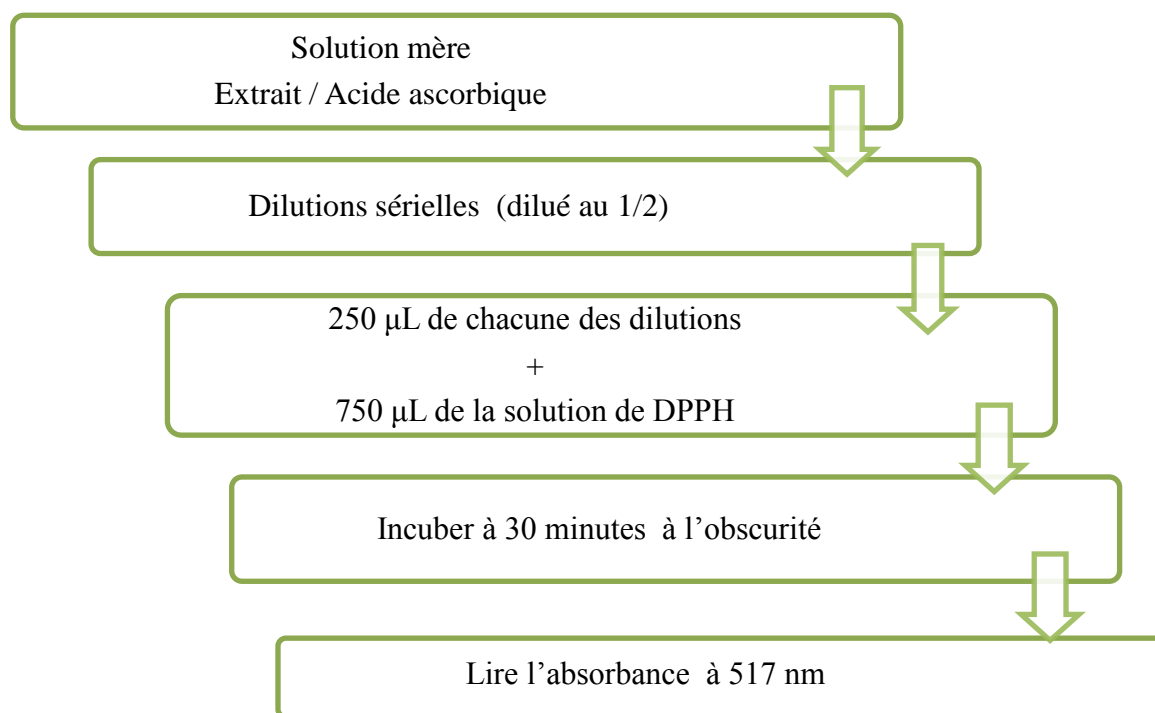


Figure 14. Schéma récapitulatif des étapes du test de piégeage du radical libre DPPH.

II.6 Mesure de l'activité anti-inflammatoire

II.6.1 Principe

Afin d'évaluer l'effet anti-inflammatoire des extraits aqueux, nous avons opté pour la méthode de l'inhibition de la dénaturation thermique de la BSA décrite par Gunathilake et *al*, en 2018.

II.6.2 Mode opératoire

Un volume de 0,02mL d'extrait aqueux à concentration allant de 0 à 500 µg/mL est mélangé à 0,2mL de la BSA à 1% préalablement préparée avec du PBS (pH=6,4), et 4,78mL de solution saline tamponnée au phosphate (PBS) (Annexe 2).

Le mélange réactionnel est incubé dans un bain marie à 37° C pendant 15min. Ensuite le mélange est chauffé pour une deuxième fois à 70°C pendant 5 min. Après refroidissement,

lire l'absorbance au spectromètre UV/Vis à 660 nm. Une solution standard a été préparée avec de l'acide acétylsalicylique (aspirine) dans les mêmes conditions. Une solution tampon de phosphate est utilisée comme un témoin négatif (le blanc d'étalonnage), et une solution d'acide acétylsalicylique comme témoin positif.

Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation thermique de la BSA a été exprimé par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = (1 - A2 / A1) \times 100$$

A savoir :

A1 : absorbance de l'échantillon de contrôle (un témoin positif) : BSA + PBS

A2 : absorbance de l'échantillon à tester (contenant: l'extrait + BSA +PBS (1X)).

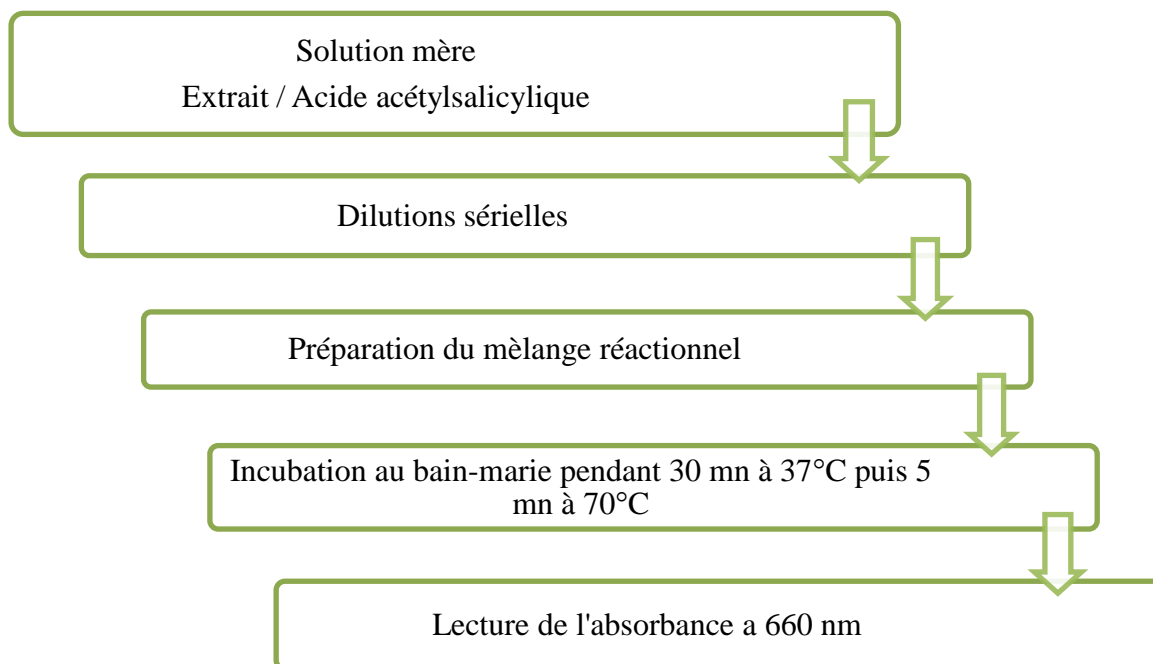


Figure 15. Schéma récapitulatif des étapes du test de l'inhibition de la dénaturation de la BSA.

II.7 Mesure de l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur milieu gélosé

II.7.1 Principe

L'activité antibactérienne est examinée par la méthode de diffusion sur milieu gélosé décrite par (Sadegh et *al.*, 2014). Des disques imprégnés d'extrait, déposés sur une gélose préalablement ensemencée, va induire après incubation de 24 h à 37°C, une diffusion de l'extrait qui engendrera l'inhibition de la croissance microbienne, visualisable par des zones claires, ne contenant pas de colonies, autour du disque à extrait ayant une activité antimicrobienne.

Selon Ponce et *al.* (2003), les diamètres (\emptyset) des zones d'inhibition sont mesurés en millimètre, incluant le diamètre du disque, permettant ainsi de classer les souches microbiennes selon leurs sensibilités vis-à-vis de l'extrait comme suit :

- $\emptyset < 8$ mm : microorganisme non sensible
- $9 < \emptyset < 14$ mm : microorganisme sensible
- $15 < \emptyset < 19$ mm : microorganisme très sensible
- $\emptyset > 20$ mm : microorganisme extrêmement sensible

II.7.2 Mode opératoire

II.7.2.1 Repiquage et confirmation de l'identification de la souche à utiliser

Nous avons procédé au repiquage et à l'identification de la souche de *Staphylococcus aureus* isolée de l'enfant asthmatique, en utilisant une galerie d'identification Api20Staph de la marque Biomerieux. Après ensemencement et incubation de 24h à 37°C, nous avons utilisé le logiciel (apiweb) pour réaliser la lecture des résultats.

Staphylococcus aureus est une coccobactérie Gram⁺ et catalase⁺. Elle a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 μ m, est immobile, asporulée et facultativement anaérobique, se développe à des températures comprises entre 18°C et 40°C (Taylor et Unakal, 2021 ; Becker et *al.*, 2004 ; Murray et *al.*, 2003). Elle se présente habituellement en grappes de raisins ; les colonies sont caractérisées par une coloration jaune (Staphylocoque doré). *S. aureus* fait partie de la flore humaine, généralement dans le nez, les voies respiratoires et la peau (Kluytmans et *al.*, 1997).

II.7.2.2 Préparation des souches bactériennes

La revivification de la souche bactérienne est effectuée par prélèvement de quelques colonies bactériennes à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. Ces dernières sont transférées dans un tube à essai contenant le milieu BHIB stérile avant d'être incubées à 37°C pendant 18h (Burnichon et Texier, 2003).

Après la revivification, les souches bactériennes sont isolées par la technique de stries sur milieu Mueller-Hinton (MH) et incubées à 37°C pendant 24h afin d'obtenir de jeunes colonies.

II.7.2.3 Préparation de la suspension bactérienne

Une ou plusieurs colonies sont prélevées pour réaliser une suspension standardisée dans l'eau physiologique ($10^6 - 10^8$ UFC/mL, à 625 nm, DO = 0,08 à 0,1).

II.7.2.4 Ensemencement sur gélose

De nouvelles boîtes contenant le milieu MH sont ensemencées à partir de cet inoculum par écouvillonnage, des disques de papier Whatman n°1 (6 mm de diamètre), stériles, sont déposés à la surface du milieu puis chargés de 20 µL d'extrait aqueux du champignon stérilisé à l'aide d'un microfiltre de diamètre 0,22 µm (Annexe 3), à différentes concentrations (5µg, 10µg et 20µg).

Les disques des contrôles positifs (antibiotiques de références) sont placés à la surface de ces boîtes puis incubé à 37°C pendant 24h (Tableau III).

Tableau III. Liste des antibiotiques de références utilisés.

| Antibiotiques | Concentration par disque de 6mm |
|---------------------|---------------------------------|
| (Neomycine (N)) | 30 µg |
| Cotrimoxazole (COT) | 25 µg |
| Amoxiciline (AX) | 25 µg |
| Cefotaxime (CTX) | 30 µg |
| Gentamicine(CN) | 10 µg |
| Ampicilline (AM) | 10 µg |
| Tetracycline (TE) | 30 µg |

I. Rendement d'extraction

Dans cette étude, on a opté pour l'utilisation de l'eau comme solvant extracteur, en raison de son affinité avec les composés organiques polaires du champignons, tel que les polyphénols (Mattila et *al.*, 2001). A température élevée, le rendement d'extraction augmente, car l'eau à haute température provoque la perturbation des cellules facilitant la pénétration du solvant et la solubilisation des molécules (Albano et Miguel, 2011; Su et *al.*, 2006).

Dans la présente étude, l'extrait aqueux (EA) est obtenu avec un rendement d'extraction de 10,23% [champignon sec (10g)/ EA (1,023g)]. Un rendement presque similaire (8%) à celui obtenu dans une autre étude examinant les propriétés bioactives de l'extrait aqueux de *P.ostreatus* (Lam et Okello, 2015).

Selon Bhekti Rahimah et *al.* (2019), *P. ostreatus* est fortement influencé par le processus de séchage, en effet, un rendement de 20,2% est obtenu par Ghezal et Chemam en 2017 en utilisant la méthode de lyophilisation, qui semble être une meilleure technique pour l'extraction des poudres de champignons (Ucar et Karadag, 2019).

Le rendement des extractions varie en fonction de différents facteurs comprenant la méthode, les conditions expérimentales, l'espèce et l'origine géographique du champignon, les conditions et la durée de stockage ainsi que la période de récolte (Ghedadba et *al.*, 2015).

II. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est estimé par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu qui se traduit par une coloration bleue (Annexe 4). C'est l'une des méthodes les plus anciennes conçue pour déterminer la concentration en polyphénols totaux des plantes médicinales et des aliments.

La composition du contenu phénolique des champignons dépend généralement de facteurs génétiques, environnementaux, du substrat de culture utilisé, de la méthode de traitement de l'échantillon et de la méthode d'extraction (Ezzudin et *al.*, 2018; Yildiz et *al.*, 2015).

La courbe d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques totaux, montre une linéarité de l'absorbance en fonction des concentrations. La teneur en composés phénoliques totaux de l'extrait aqueux de *P. ostreatus* est exprimée en microgramme d'équivalent de standard par gamme de matière sèche $\mu\text{g EAG/g MS}$, elle est calculée à partir de l'équation ($y= 0,006x+0,025$) avec un $R^2= 0,995$ donnant une valeur de $36,27\pm 6,39 \mu\text{g EAG/g MS}$.

Les rendements ($2,63\mu\text{g EAG/g MS}$) obtenues par Oyetayo et Ario en 2013 avec des carpophores d'une souche de *P. ostreatus* cultivée sur des substrats à base de bois d'arbres tropicaux (*Pycnanthus angolensis*) sont inférieurs aux nôtres, cela pourrait être du à la culture sur un mélange de substrats agricoles utilisée dans la présente étude. De plus les résultats de Bhekti Rahimah et al. (2019) ont montré un taux de polyphénols de $6,67 \mu\text{g}$ dans un extrait éthanolique de *P. ostreatus*.

Cette différence notable de contenu phénoliques ; peut être expliquée probablement par le fait que la majorité des polyphénols se dissolvent dans l'eau, ce qui le qualifie comme un meilleur solvant extracteur.

D'autre part Ghosh et al. (2020), ont obtenu un taux également faible ($8,2 \pm 1,87 \mu\text{g EAG/g MS}$) dans un extrait aqueux de *P. florida*, une autre espèce voisine de *P. ostreatus*.

Néanmoins, l'extrait aqueux de *P. ostreatus* sauvage obtenu par Vishwakarma et al. (2017) est largement plus riche en polyphénols (39.01 mg EAG/gMS).

La différence de teneur en polyphénols est due aussi aux méthodes d'extraction, aux différentes sources de *P. ostreatus* et à d'autres facteurs tels que : les souches de champignons, les conditions de croissance et la maturité des sporocarpes (Synytsya et al., 2008).

III. Activité antioxydante

Les défenses antioxydantes dans le corps humain sont capables de détruire les radicaux produits en excès, la balance oxydants /antioxydants est en équilibre (Bendif, 2017). Ce mécanisme de défense est caractérisé par la capacité d'un antioxydant à céder un électron ou un hydrogène, pour être capté par l'espèce oxydante.

Afin de déterminer l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de carpophores de *P. ostreatus*, nous avons procédé par l'activité anti-radicalaire du radical DPPH. La capacité antioxydante de ce champignon et de l'acide ascorbique ont été déterminés à partir des valeurs des IC_{50} , ce dernier est défini comme étant la concentration de l'extrait nécessaire pour réduire 50% du radical libre dans le milieu réactionnel.

La valeur d'IC₅₀ la plus basse donne une forte activité antioxydante (Milladi et al., 2013, Athamena et al., 2010).

Les résultats de l'activité anti-radicalaire de l'extrait aqueux du *P. ostreatus* et de l'acide ascorbique sont exprimés en pourcentage d'inhibition du radical DPPH (Fig.16.17) (Annexe 5).



Figure 16. Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait aqueux de carpophores de *Pleurotus ostreatus*.

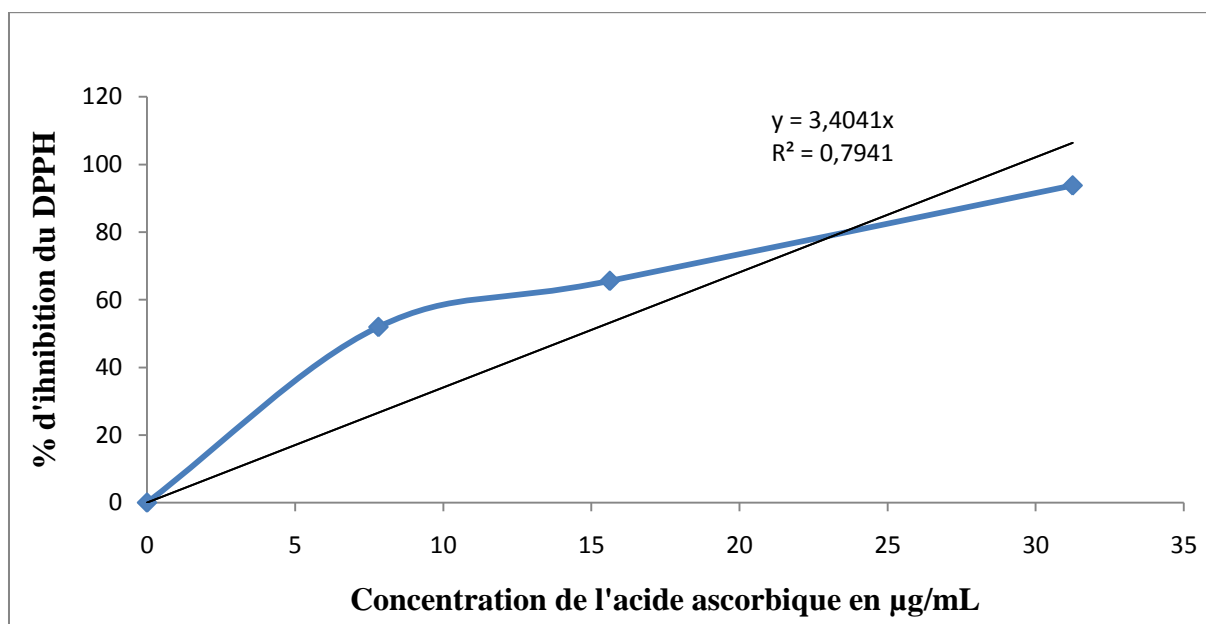


Figure 17. Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'acide ascorbique.

Dans cette étude, les profils de l'activité anti-radicalaire révèlent que l'extrait possède une activité dose dépendante, le pourcentage d'inhibition augmentait avec l'augmentation de la concentration de la solution.

L'acide ascorbique ou la vitamine C ($IC_{50} = 0,014 \pm 0,006$ mg/ml) possède un pouvoir antioxydant supérieur à celui de l'extrait aqueux de *P. ostreatus* ($IC_{50} = 1,98 \pm 0,15$ mg/ml). Néanmoins, L'existence d'une activité antioxydant de l'extrait brut pourrait favoriser la recherche de biomolécules avec un meilleur potentiel antioxydant. En effet, Bernás et al. 2006 ont rapporté des valeurs plus importantes d'une autre souche de *P. ostreatus* (20 mg/100g MS de la vitamine C), ce qui pourrait diminuer le risque de pneumonie et d'inflammation alvéolaire (Aileen et al., 2018).

Les polyphénols de *P. ostreatus* peuvent exercer un effet antioxydant, qui est fortement lié à leur teneur en hydroxyle (Bhekti Rahimah et al., 2019).

Dans une autre étude sur l'évaluation de l'activité antioxydante de la même espèce et à la même température de conservation (+4°C), les résultats obtenus ont montré une remarquable similitude comparativement à nos résultats avec une IC_{50} de 1,816mg/ ml; ces auteurs affirment qu'à températures plus basses (-10°C,-20°C,-40°C°), les valeurs d' IC_{50} augmentent et l'activité antioxydante diminue (Bakir et al., 2018).

IV. Activité anti-inflammatoire

La dénaturation des protéines est parmi les causes de l'inflammation. Le mécanisme possible de la dénaturation consiste en l'altération des liaisons électrostatique, hydrogène, hydrophobe et disulfure qui maintiennent la structure tridimensionnelle des protéines (Musfiq Marliyah et Ananthi, 2015).

Dans le but d'examiner l'activité anti-inflammatoire, nous avons testé le pouvoir de l'extrait aqueux à empêcher l'altération de la chaîne peptidique de la BSA par un traitement thermique. Les résultats sont présentés ci-dessous (Fig.18).

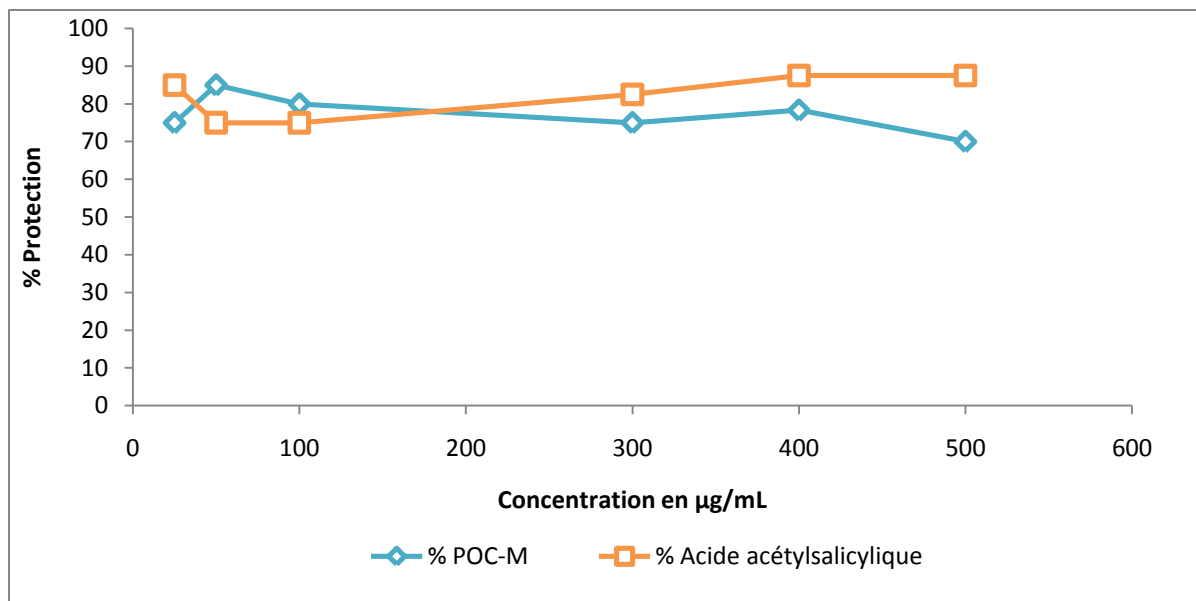


Figure 18. Pourcentage de protection de l'extrait aqueux de *Pleurotus ostreatus* contre la dénaturation thermique de la BSA. L'acide acétylsalicylique est utilisé comme contrôle.

La figure ci-dessus représente l'effet inhibiteur de l'extrait aqueux (*P. ostreatus*) sur la dénaturation de la BSA comparé à celui de l'acide acétylsalicylique (témoin). Ces résultats montrent un taux d'inhibition différent selon les concentrations. Cependant, à de fortes concentrations l'inhibition de la dénaturation des deux solutions est relativement proche.

A concentration de 50 µg/mL et 100 µg/mL, la protection de l'extrait semble supérieure à celle de l'acide acétylsalicylique avec un pourcentage de $83,33 \pm 7,63\%$ et $78,33 \pm 8,03\%$ respectivement, contre 75% pour le témoin.

Par comparaison, l'étude réalisée par Touat en 2019 sur la recherche du potentiel anti-inflammatoire de variétés de l'huile olive, a montré une activité plus faible de la protection de la dénaturation de la BSA (13,39 à 39,59%). Ces résultats ne peuvent être pris en considération que par rapport aux conditions expérimentales car la comparaison est limitée (Huile versus champignon).

D'une manière intéressante, l'étude de Harbane et Lamouri en 2019 sur des extraits optimisés d'*Ephedra alata* fraîche a montré des valeurs comparables à nos résultats (85% versus 83,33%).

D'après Kala et al. (2017), les champignons basidiomycètes voisins de *P.ostreatus*, tel que *Tricholoma equestre*, *Agaricus bisporus* et *Auricularia polytricha* sont riches en polyphénols, ce qui pourrait leurs conférer une importante activité anti-inflammatoire.

Cette propriété pourrait être due à l'interaction des composés phénoliques (Clemenzi et al., 2018 ; Choi et al., 2018) avec les régions aliphatiques autour du résidu lysine des protéines (Yan et al., 2013 ; Kirkeskov et al., 2011).

V. Activité antibactérienne

La capacité des bactéries pathogènes à développer une résistance contre plusieurs médicaments antimicrobiens a augmenté, en raison de l'usage aléatoire de plusieurs antibiotiques dans le traitement des maladies infectieuses humaines.

Staphylococcus aureus est responsable des épidémies d'infections nosocomiales et communautaires, y compris les infections des plaies et des brûlures, les infections des voies urinaires, et des voies respiratoires (Wang et Ruan, 2017). *S. aureus* est résistant à de nombreux types d'antibiotiques, notamment à ceux à base de méthicilline de la famille de la pénicilline, les souches résistantes sont appelées (SARM) (Safapoor et al., 2017 ; Hanspour et al., 2017). La résistance à la méthicilline est médiée par la protéine alternative de liaison à la pénicilline 2a (PBP2a), codée par le *mecA* (Chambers, 2001) située sur un élément génétique mobile, la cassette chromosomique staphylococcique (Diep et al., 2006 ; Kataya et al., 2000). PBP2a a une faible affinité pour les antibiotiques β -lactamines et est donc capable de réticuler les brins de peptidoglycane même en présence d'antibiotiques β -lactamines et confère ainsi une résistance. Les souches de *S. aureus* résistant à la méthicilline (SARM) sont résistantes ainsi qu'à tous les autres antibiotiques β -lactamines (Chambers, 2001; Hartman, 1984), ce qui rend les infections à SARM difficiles à traiter.

De ce fait, la recherche de nouvelles molécules bioactives est indispensable notamment celles issues des champignons comestibles (Bawadekji et al., 2017).

Les résultats obtenus de la galerie d'identification Api20Staph et de l'analyse par logiciel (apiweb), confirment la souche *Staphylococcus aureus* isolée par Sadi et al. (2018) (Annexe 6, 7).

Les résultats des tests de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *P.ostreatus* sont présentés ci-dessous (Tableau IV) (Fig.20).

Staphylococcus aureus révèle une sensibilité à certains antibiotiques testés: la Neomycine, le Cotrimoxazole, l'Amoxiciline, la Gentamicine et la Tetracycline. Nous remarquons ainsi une résistance de la bactérie à l'Ampiciline et au Céfotaxime (Fig.19).

Tableau IV. Antibiogramme de *Staphylococcus aureus* isolé à partir des crachats d'un enfant asthmatique.

| Antibiotiques | Symboles | Concentrations d'antibiotiques (µg) | Diamètre (mm) | Résistante /Sensible |
|--|----------|-------------------------------------|---------------|----------------------|
| Neomycine | N | 30 | 16 | Sensible |
| Cotrimoxazole | COT | 25 | 32 | Sensible |
| Amoxiciline | AX | 25 | 15 | Sensible |
| Céfotaxime | CTX | 30 | 07 | Résistante |
| Gentamicine | CN | 10 | 17 | Sensible |
| Ampicilline | AM | 10 | 06 | Résistante |
| Tetracycline | TE | 30 | 19 | Sensible |
| Extrait aqueux de <i>Pleurotus ostreatus</i> | C1 | 10 | 11 | Sensible |
| | C2 | 5 | 10 | Sensible |
| | C3 | 20 | 8 | Résistante |

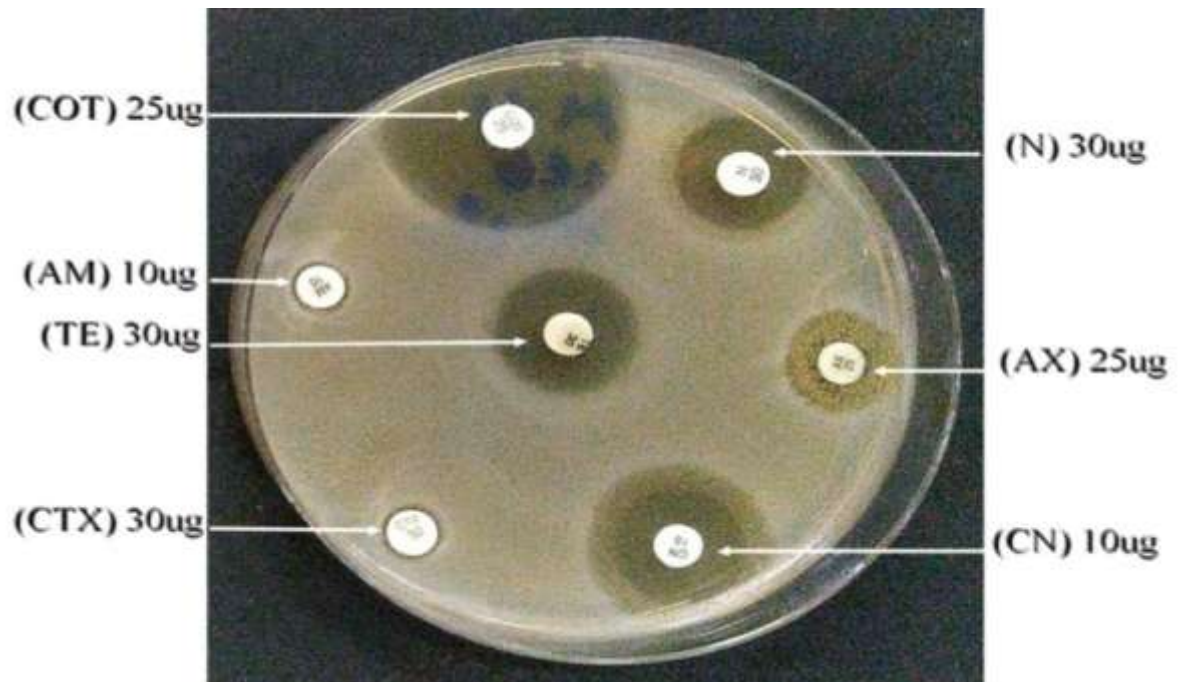


Figure 19. Antibiogramme de *Staphylococcus aureus*.

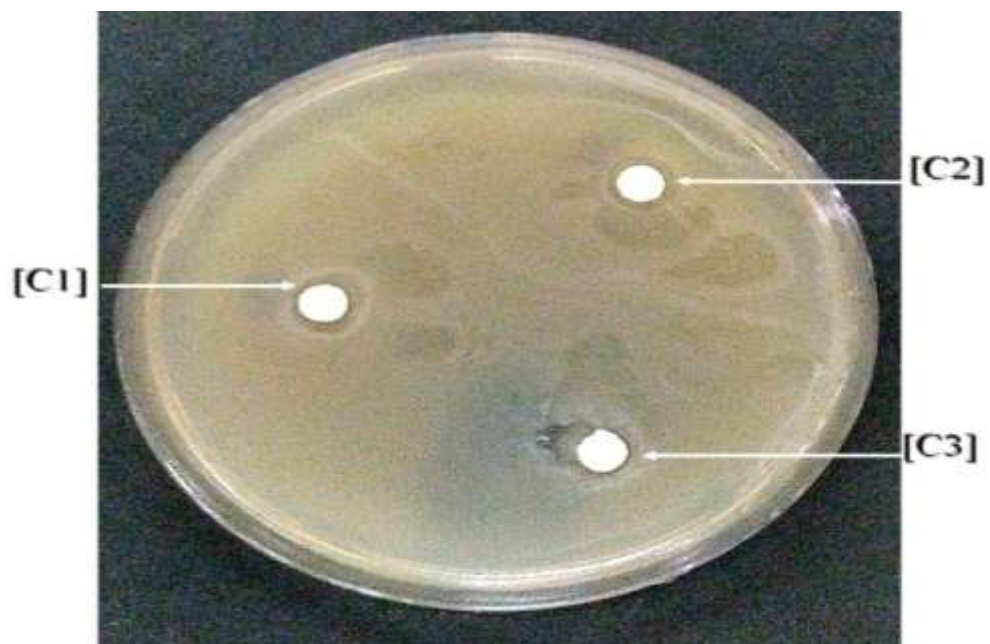


Figure 20. Zones d'inhibitions de l'extrait aqueux de *Pleurotus ostreatus* sur *Staphylococcus aureus*.

Nous remarquons que l'extrait aqueux présente un effet inhibiteur sur la croissance de la souche *S. aureus*, avec des zones d'inhibition de 11, 10, et 08 mm pour des concentrations de 10, 5, et 20 µg/mL respectivement. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Suliaman *et al.* (2021) avec un extrait méthanolique de *P. ostreatus*. De plus, le champignon comestible *Agaricus biosporus* semble avoir également une activité antibactérienne contre *S. aureus* similaire à celle de *P. ostreatus* (Smolskait *et al.*, 2015).

L'activité antibactérienne est due à la présence des composés phénoliques chez *P.ostreatus* (Abdullah *et al.*, 2015) qui peuvent être toxiques envers les bactéries par le mécanisme d'hydroxylation des polyphénols ou bien par le blocage des enzymes hydrolytiques (Cowan, 1999).

D'autre part, l'extrait aqueux de *P. ostreatus* (10µg) a donné une zone d'inhibition supérieure à celle obtenue par l'antibiotique de référence (Ampicilline). De ce fait, l'extrait semble avoir un intéressant potentiel antibactérien contre la bactérie *S. aureus*. D'autres expérimentations peuvent être réalisées afin de confirmer d'avantage les potentiels anti-inflammatoire et antibactérien de *P. ostreatus*.

Conclusion et perspectives

Les champignons comestibles ont un haut potentiel nutritionnel et médicinal, car ils contiennent un grand réservoir de composants bioactifs qui peuvent contrôler de nombreuses maladies humaines. L'objectif de la présente étude était de valoriser les carpophores de *Pleurotus ostreatus* cultivé sur un mélange de substrats agricoles, par l'évaluation de sa composante mycochimique et de ses activités biologiques.

L'analyse quantitative des composés phénoliques totaux, révèle la richesse en polyphénols de l'extrait de *P. ostreatus*. De plus, ce dernier montre des activités intéressantes notamment antioxydante, anti-inflammatoire et antimicrobienne sur une souche de *Staphylococcus aureus* isolée à partir d'un patient asthmatique.

Le potentiel anti-inflammatoire de *P. ostreatus* est plus important que certaines plantes médicinales. Cela indique que l'extrait pourrait avoir des effets thérapeutiques dans les maladies inflammatoires. Son pouvoir antibactérien semble satisfaisant ce qui pourrait orienter la recherche au développement d'un antibiotique naturel à base de *P. ostreatus*, notamment dans le traitement des infections respiratoires. Cette activité antibactérienne reste très prometteuse, vu que l'extrait préparé peut subir des purifications des molécules cibles à effet bactéricide ou bactériostatique.

En conclusion, *P. ostreatus* devrait faire l'objet d'études approfondies afin de réaliser des tests complémentaires et confirmer d'avantage le potentiel thérapeutique. Pour cela, l'isolement des composés actifs du champignon et leur identification peuvent se faire par les méthodes chromatographiques. Ensuite, déterminer leur potentiel biologique et étudier les mécanismes moléculaires impliqués dans les processus pathologiques des maladies respiratoires.

Références bibliographiques

- **Abdelshafy A.M., Belwal T., Liang Ze., Wang L., Li D., Luo Z., Li L., 2021.** A comprehensive review on phenolic compounds from edible mushrooms: Occurrence, biological activity, application and future prospective, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2-21p.
- **Abdullah S.K., Al-Samarraie M.Q., Al-Assie A.H., 2015.** Les champignons associés au déclin de la vigne (*Vitis vinifera* L) au centre de l'Irak. Egypte. *Academic Journal of Biological Sciences G. Microbiology*, 7(1), 53-59.
- **Aileen H., Sebastian W., Carina B., Christina N., Patrick M., Pascal L., Neill K.J., Daren A., Heyland k., Christian S., 2018.** Vitamin C to Improve Organ Dysfunction in Cardiac Surgery Patients Review and Pragmatic Approach. *Nutrients*, 10(8): 974.
- **Alam N., Yoon K.N., Lee T.S., 2011.** Évaluation des activités antioxydantes et antityrosinase de trois extraits de fructifications de *Pleurotus nebrodensis*. *African Journal of Biotechnology*, 10, 2978-2986.
- **Alam N, Yoon K.N., Cha Y.J., Kim J.H., Lee K.R., Lee T.S., 2011.** Évaluation de la concentration des antioxydants, des composés phénoliques, des activités inhibitrices de la xanthine oxydase et de la tyrosinase de *Pleurotus salmoneostramineus*. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 1555-1563.
- **Albano S.M., Miguel M.G., 2011** .Biological activities of extracts of plants grown in Portugal. *Industrial Crops and Products*, 33: 1-6.
- **Alwarith J., Kahleova H., Crosby L., Brooks A., Brandon L., Levin S. M., Barnard N. D., 2020.** The role of nutrition in asthma prevention and treatment. *Nutrition Reviews*, 78(11), 928–938.
- **Amani G., Cubaka A., Baguma G., Irengé, E., Casinga C., Cirimwami L., 2019.** Effet des déchets agricoles sur la phénologie et le rendement de deux souches de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.Fr.) Kummer (Fungi, Basidiomycotina). *Afrique Science*, 15(6) 276 – 285.
- **Angelini P., Pellegrino R.M., Tirillini B., Flores G.A., Alabed H.B.R., Ianni F., Blasi F., Cossignani L., Venanzoni R., Orlando G., Menghini L., Ferrante C., 2021.** Metabolomic Profiling and Biological Activities of *Pleurotus columbinus* Qué. Cultivated on Different Agri-Food By products. *Antibiotics*, 10 (10):1245.

- **Araújo J.R., Gonçalves P., Martel F. 2011.** Chemopreventive effect of dietary polyphenols in colorectal cancer cell lines. *Nutrition Research*, 31, 77–87.
- **Aravodis E., 2005.** Antioxidant potential of African medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 4 (2):128-133.
- **Athamena S., Chalghemi L., Kassah-Laouar A., Laroui S., Khebri S., 2010.** Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L, Lebanese. *Science Journal*, 11(1), 69.
- **Atoui A., Mansouri A., Boskou G., Kefalas P., 2005.** Tea and herbal infusions: their antioxydant activity and phenolic profile. *Food Chemistry*, 89: 27-36.
- **Bahadori M.B., Sarikurku C., Yalcin O.U., Cengiz M., Gungor H., 2019.** Metal concentration, phenolics profiling, and antioxi-dant activity of two wild edible *Melanoleuca* mushrooms (*M. cog-nata* and *M. stridula*). *Microchemical Journal* 150:104172.
- **Bakir T., Karadeniz M., Unal S., 2018.** Investigation of the antioxidant activities of *Pleurotus ostreatus* stored at different temperatures. *Alimentation and Science of Nutrition*, 6:1040–1044.
- **Balasundram N., Sundram K., Samman S., 2006.** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99, 191–203.
- **Bawadekji A., Mridha M.A.U., Al Ali M., Jamith B.W., 2017.** Antimicrobial Activities of Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) Kummer. *Journal of Applied Environmental and Biological Science*, 7(10)227-231.
- **Becker K., Harmsen D., Mellmann A., Meier C., Schumann P., Peters G., Von Eiff C., 2004.** Development and evaluation of a quality-controlled ribosomal sequence database for 16S ribosomal DNA-based identification of *Staphylococcus* species. *Journal of Clinical Microbiology*, 42(11), 4988-4995.
- **Bendif H., 2017.** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques invitro des extraits actifs de quelques lamiaceae: *ajuga iva* (l.) schreb., *teucrium polium* l., *thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (boiss. & reut.) greuter & burdet et *rosmarinus eriocalyx* jord & fourr. Thèse de doctorat, Ecole normale supérieure de kouba-Alger, 154 p.

- **Bernaś E., Jaworska G., Lisiewska Z., 2006.** Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 5(1):5–20.
- **Bhekti Rahimah S., Djunaedi D.D., Soeroto A.Y., Bisri T., 2019.** The Phytochemical Screening, Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities in Vitro of WhiteOyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) Preparations. *Open Access Macedonien Journal of Medical Sciences*, 7(15):2404-2412.
- **Biesaga M., 2011.** Influence of extraction methods on stability of flavonoids. *Journal of Chromatography A*, 1218, 2505–2512.
- **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 Angres, France. 80p.
- **Bougandoura N., Bendimerad N., 2012.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanoliques de *Satureja calamintha ssp. Nepeta (L.) Briq.* *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n°09/Juin 2013, p14-19.
- **Brglez Mojzer E., Knez Hrcic M., Škerget M., Knez Ž., Bren U., 2016.** Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. *Molecules*, 21(7), 901.
- **Bruneton J., 1993.** *Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales*. La Voisier TEC et DOC, Paris. 2ème édition, pp. 268-277.
- **Bruneton J., 1999.** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3ème édition, Paris: Tec & Doc Lavoisier, pp. 207-211.
- **Bruneton J., 2009.** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 4ème édition, Lavoisier Tec et Doc, Paris. p 1240.
- **Boizot N., Charpentier J.P., 2006.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, pp.79-82.
- **Boros B., Jakabova S., Dornyei A., Horvath G., Pluhar Z., Kilar F., Felinger A., 2010.** Determination of polyphenolic compounds by liquid chromatography–mass spectrometry in *Thymus* species. *Journal of Chromatography A*, 1217,7972–7980.

- **Boughrara B., 2016.** Inventaire et étude ethnobotanique et chimique des plantes à intérêts thérapeutique et nutritif du Parc national El- kala. Thèse de doctorat, université badji mokhtar-annaba, 158p.
- **Burnichon N., Texier A., 2003.** L'antibiogramme : la détermination de sensibilité aux antibiotiques. Bactériologie, Paris. 16p.
- **Cardoso R. V. C., Carocho M., Fernandes Â., Zied D. C., Cobos J. D. V., González-Paramás A. M., Barros L., 2020.** Influence of Calcium Silicate on the Chemical Properties of *Pleurotus ostreatus* var. *florida* (Jacq.) P. Kumm. Journal of Fungi, 6(4), 299.
- **Cardwell G., Bornman J.F., James A.P., Black L.J., 2018.** A Review of Mushrooms as a Potential Source of Dietary Vitamin D. Nutrients, 10, 1498.
- **Chambers H.F., 2001.** Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: mechanisms of resistance and implications for treatment. Postgraduate Medical Journal, 109:43–50.
- **Choi S., Saxena N., Dhammu T., Khan M., Singh A.K., Singh I., Won J., 2018.** Regulation of endothelial barrier integrity by redox-dependent nitric oxide signaling: Implication in traumatic and inflammatory brain injuries. Nitric Oxide Biological Chemistry, 1(83): 51-64.
- **Clemenzi M., Wellhauser L., Aljghami M., Belsham D., 2018.** Tumour necrosis factor alpha induces neuroinflammation and insulin resistance in immortalized hypothalamic neurons through dependent pathways. Journal of Neuroendocrinology, 31(1): 1-11.
- **Collin S., Crouzet J., 2011.** Polyphénols et procédés. En France par EMP. S.S.A., Paris, p 5.
- **Comhair S.A., Bhatena P.R., Farver C., Thunnissen F.B., Erzurum S.C., 2001.** Extracellular glutathione peroxidase induction in asthmatic lungs: evidence for redox regulation of expression in human airway epithelial cells. FASEB Journal, 15, 70-78.
- **Cowan M.M., 1999.** Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Reviews. 12(4):564-82.
- **Deepalakshmi K., Mirunalini S., 2014.** *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. Journal of Biochemical Technology, 5(2) : 718-726.

- **Delmas J., 1989.** Les champignons et leur culture. Culture actuelle et potentielle des champignons supérieurs. La Maison Rustique, Flammarion.940p.
- **Demers S., 2015.** Champignons : Technique de culture en foret. Coopérative de solidarité Cultur’Innov, 88p.
- **Diep B.A., Gill S.R., Chang R.F., Phan T.H., Chen J.H., Davidson M.G., Lin F., Lin J., Carleton H.A., Mongodin E.F., Sensabaugh G.F., Perdreau-Remington F., 2006.** Complete genome sequence of USA300, an epidemic clone of community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Lancet* 367:731–739.
- **Elisha I.L., Dzoyem J.P., McGaw L.J., Botha F.S., Eloff J.N., 2016.** The anti-arthritic, anti-inflammatory, antioxidant activity and relationships with total phenolics and total flavonoids of nine South African plants used traditionally to treat arthritis. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1) 307.
- **Erlund I., 2004.** Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition Research*, 24 (10), 851-874.
- **Ezzudin M.R., Rabeta M.S., Shaida Fariza S., Leong Ooi K., 2019.** Nurul Shafiqah H. Primary and secondary antioxidant activities of nine edible mushrooms species. *Food Research*, 3(1):14-20.
- **F.A.O., 2000.** Manuel de pratiques intégrées de gestion et des sols. Bulletin des terres et des eaux de la FAOn°8 Rome, 208p.
- **Favier A., 2006.** Stress oxydant et pathologies humaines. *Annales Pharmaceutiques Française*, 64, 390-396.
- **Favier A., 2003.** Le stress oxydant. *L’actualité Chimique, Le Journal de La SCF*, 108, 863-832.
- **Fernandes Â., Barros L., Martins A., Herbert P., & Ferreira I. C. F. R., 2015.** Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. *Food Chemistry*, 169, 396–400.
- **Fulgoni V. L., Agarwal S., 2021.** Nutritional impact of adding a serving of mushrooms on usual intakes and nutrient adequacy using National Health and Nutrition Examination Survey 2011–2016 data. *Food Science & Nutrition*, 9(3), 1504–1511.

- **Ghedadba N., Hambaba L., Ammar A., Mohamed-Cherif A., Bousselesla H., Oueld_Mokhtar S., 2015.** Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie* 13, 118-129.
- **Ghedira K., 2005.** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emploi en thérapeutique. Tunisie. 162-169.
- **Ghezal L., Chemam H., 2017.** Recherche d'activités antioxydante et antibactérienne chez une souche locale de champignons comestibles cultivée sur certains résidus agricoles. Mémoire de Master 2 en Science de la Matière option Chimie Pharmaceutique. Faculté des Sciences, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p28-29.
- **Ghosh S., Chatterjee T., Sardar A., Chatterjee I., Bose A., Dasgupta A., Malitha A., Acharya K., 2020.** Antioxidant properties and phyto-chemical screening of infusion and decoction obtained from threecultivated *Pleurotus* species: A comparative study. *Jordan Journal of Pharmaceutical Science*, 13, 121–129.
- **Girmay Z., Goremz W., Zewdie S., 2016.** Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus*. *AMB Express*, 87 (6).7p.
- **Givelet P.H., 2011.** Les compléments alimentaires à base de champignons. Mémoire pour le Diplôme d'Etudes Spécialisées de docteur en Pharmacie. Université de Lille 294p.
- **Green B.J., Wiriyachaiyom S., Grainge C., Kehagia V., Lau L., Carroll M.P., Bruce K.D., Howarth P.H., 2014.** Potentially pathogenic airway bacteria and neutrophilic inflammation in treatment resistant severe asthma. *PLoS One* 9, e100645.
- **Grolier P., Borel, P., Scalbert, A., Remesy, C., 2001.** Les phyto-micro-nutriments. In : *Traite de nutrition clinique de l'adulte, Medecine-Sciences*, Flammarion, p165-177.
- **González-Vallinas M., González-Castejón M., Rodríguez-Casado A., Ramírez de Molina A., 2013.** Dietary phytochemicals in cancer prevention and therapy; a complementary approach with promising perspectives. *Nutrition Review*, 71, 585–599.

- **Guitoune T., Selli N., 2015.** Dosages biochimiques et mesure des activités biologiques (antioxydante et antifongique) des composés bioactifs du *Myrtus communis* L. université A. Mira, Bejaia.
- **Gunathilake K.D.P.P., Ranaweera K.K.D.S., VasanthaRupasinghe H. P., 2018.** In vitro anti-inflammatory properties of selected green leafy vegetables. *Biomedicines*, 6, 107.
- **Hadjadj L.I., Bourema N., Hafid D., 2020.** Création d'une entreprise de culture et de commercialisation des champignons comestibles *Pleurotus ostreatus*. Université des Frères Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master, p.23.
- **Harbane S., Lamouri L., 2019.** Potentiel antioxydant et anti-inflammatoire de deux plantes médicinales récoltées dans le Sud algérien. Mémoire de Master 2 en Science Biologique Option Biotechnologie et Valorisation des Plantes. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p.34.
- **Handique J.G., Baruah J.B., 2002.** Polyphenolic compounds: an overview. *React Funct Polym*, 52, 163- 188.
- **Hasanpour Dehkordi A., Khaji L., Sakhaei Shahreza M.H., Mashak Z., Safarpour Dehkordi F., Safae Y., 2017.** One-year prevalence of antimicrobial susceptibility pattern of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* recovered from raw meat. *Tropical Biomedicine*, 34(2):396-404.
- **Hassen S., Mohammad A.Y., Kiramat K., 2011.** Cultivation of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) in two different agro-ecological zone of Pakistan. *A. Journal of Biotechnology*, 10:183-188.
- **Heffner J. E., Repine J. E., 1989.** Pulmonary Strategies of Antioxidant Defense. *American Review of Respiratory Disease*, 140(2), 531–554.
- **Hennebelle T., Sahpaz S., Bailleul F., 2004.** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2(1), 3-6.
- **Henzen C., 2003.** Traitement aux glucocorticoïdes: risques et effets secondaires. *Forum médical suisse*, 19; 442-446.
- **Hoffmann F., Ender F., Schudde I., Lewkowich I. P., Kohl J., König P., Laumonier Y., 2016.** Origin, Localization, and Immunoregulatory Properties of Pulmonary Phagocytes in Allergic Asthma. *Frontier In Immunology*, 7, 107.

- **Hopkins W.G., 2003.** Physiologie végétale. Traduction de la 2^{ème} édition, par Serge Rambour Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, Américain, pp. 267-283.
- **Imam M.U., Zhang S., Ma J., 2017.** Antioxidants mediate both iron homeostasis and oxidative stress. *Nutrients*. 9:671.
- **Jayakumar T., Ramesh E., Geraldine P., 2006.** Antioxidant activity of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on CCl₄-induced liver injury in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 1989–1996.
- **Jayasuriya W.J.A.B.N., Handunnetti S.M., Wanigatunge C.A., Fernando G.H., Abeytunga D.T.U., Suresh T.S., 2020.** Anti-Inflammatory Activity of *Pleurotus Ostreatus*, a Culinary Medicinal Mushroom, in Wistar Rats. *Evid.-Based Complement. Alternative Medecin Review*, 6845383 ,p9.
- **Jedinak A., Dudhgaonkar S., Wu Q., Simon J., Sliva D., 2011.** Anti-Inflammatory Activity of Edible Oyster Mushroom Is Mediated through the Inhibition of NF-KB and AP-1 Signaling. *Nutrition Journal*, 10, 52.
- **Jiang Q., 2014.** Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radical Biology and Medicine*, 72, 76–90.
- **Kahlouche R F., 2014.** Evaluation chimique et activité antibactérienne de quelques plantes médicinales d'Algérie. Thèse de doctorat, université de Constantine, 128p.
- **Kajaba I., Simoncic R., Frecerova K., Belay G., 2008.** Clinical studies on the hypolipidemic and antioxidant effects of selected natural substances. *Bratislavske Lekarske Listy*, 109(6), 267–272.
- **Kała K., Krakowska A., Sułkowska-Ziaja K., Szewczyk A., Reczyński W., Opoka W., Muszyńska B., 2017.** Kinetics of extracted bioactive components from mushrooms in artificial digestive juices, *International Journal of Food Properties*, 20:8, 1796-1817.
- **Kalamee K., 2007.** Checklist of some pleurotoid fungi (Agaricomycetidae, Basidiomycetes) of Estonia *Folia Cryptog. Estonica*, Fasc, 43: 13–15.
- **Karaman I., Sahin F., Gulluce M., Ogutcu H., Hsengu I.M., Adiguzel A., 2003.** Antimicrobial activity of aqueous and methanol extracts of *Juniperus oxycedrus* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 85: 213-235.

- **Katayama Y., Ito T., Hiramatsu K., 2000.** A new class of genetic element, *staphylococcus* cassette chromosome *mec*, encodes methicillin resistance in *Staphylococcus aureus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 44:1549–1555.
- **Kirkeskov B., Christensen R., Bügel S., Bliddal H., Dannekiold-Samsøe B., Porskjær L., 2011.** The effects of rose hip (*Rosa canina*) on plasma antioxidative activity and creatinine protein in patients with rheumatoid arthritis and normal controls: A prospective cohort study. *Phytomedicine*, 18: 953-8.
- **Kluytmans J., Van Belkum A., Verbrugh, H., 1997.** Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* : epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. *Clinical Microbiology Reviews*, 10(3), 505-520.
- **Kumar K., Mehra R., Guiné R.P.F., Lima M.J., Kumar N., Kaushik R., Ahmed N., Yadav A.N., Kumar H., 2021.** Edible Mushrooms: A Comprehensive Review on Bioactive Compounds with Health Benefits and Processing Aspects. *Foods*, 10, 2996.
- **Lapeyre-Mestre M., Grolleau S., Montastruc, J.L., 2011.** Adverse drug reactions associated with the use of NSAIDs: a case/noncase analysis of spontaneous reports from the French pharmacovigilance database 2002-2006. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 27(2), 223–230.
- **Lam, Y.S., Okello E.J., 2015.** Determination of Lovastatin, β -glucan, total polyphenols, and antioxidant activity in raw and processed Oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Higher Basidiomycetes). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 17, 117–128.
- **Li A.N., Li S., Zhang Y.J., Xu X.R., Chen Y.M., Li H.B. 2014.** Resources and Biological Activities of Natural Polyphenols. *Nutrients*. 6, 6020–6047.
- **Li S., Shah N.P., 2016.** Characterization, antioxidative and bifidogenic effects of polysaccharides from *Pleurotus eryngii* after heat treatments. *Food Chemistry*, 197:240–249.
- **Lindequist U., Niedermeyer T.H.J., Jülich W.D., 2005.** The pharmacological potential of mushrooms. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2, 285–299.
- **Makhloufi M., Guerinik M., 2015.** Évolution du profil des asthmatiques à Alger. *Revue des Maladies Respiratoires*, 33 S:A77.

- **Marliyah M.M., Ananthi T., 2015.** In Vitro Anti-inflammatory Activity Of Seed Extract Of *Zea Mays* (L.). *Journal of Global Biosciences*, 4(5), 2168-2173.
- **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.
- **Márquez-García B., Fernández M.Á., Córdoba F., 2009.** Phenolics composition in *Ericasp.* differentially exposed to metal pollution in the Iberian Southwestern Pyritic Belt. *Bioresource Technology*. 100: 446–451.
- **Mattila, P., Konkô, K., Eurola, M., Pihlava, J.M., Astola, J., Vahteristo, L., Hietaniemi, V., Kumpulainen, J., Valtonen, M., Piironen, V., 2001** .Contents of Vitamins, Mineral Elements, and some Phenolic Compounds in Cultivated Mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 2343-2348.
- **Melanouri E.M., Dedousi M., Diamantopoulou P., 2022.** Cultivating *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* mushroom strains on agro industrial residues in solid-state fermentation. Part II: Effect on productivity and quality of carposomes. Laboratory of Edible Fungi, Institute of Technology of Agricultural Products, Hellenic Agricultural Organization Demeter, 1 S. Venizelou Street, 14123 Lykovrysi, Attiki Greece. *Carbon Resources Conversion*, 5:52–60.
- **Milladi H., Ben Slama R., Mili D., Zouari S., Bakhrouf A., E. Ammar E., 2013.** Chemical composition and cytotoxic and antioxydant activities of *Satureja Montana* L. essential oil and its antibacterial potential against *Salmonella ssp.* strains. *Journal of Chemistry*, p 9-18.
- **Milardović S., Iveković D., Grabarić B.S., 2006.** A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. *Bioelectrochemistry*, 68 (2), 175–180.
- **Mishra V., Tomar S., Yadav P., Singh M.P., 2021.** Promising anticancer activity of polysaccharides and other macromolecules derived from oyster mushroom (*Pleurotus sp.*): An updated review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 1628–1637.

- **Molyneux P., 2004.** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Song Klama Karin Journal of Science and Technology, 26 (2): 211-219.
- **Murray P.R., Baron E.J., Jorgensen J.H., Landry M.L., Pfaller M.A., Tenover F.C., Tenover R.H., 2003.** Manual of Clinical Microbiology (8th ed.). Herdon, VA, United States of America : American Society for Microbiology Press, 2003. 2322 pp.
- **Musfiq Marliyah M.M., Ananthi T., 2015.** In Vitro Anti-inflammatory Activity Of Seed Extract Of *Zea Mays* (L.). Journal of Global Biosciences, 4 (5) 2168-2173.
- **Mushagalusa G.N., Mondo J.M., Masangu G.B., Lutwamuzire S.C., Sambili C., Bagula E.M., Balezi A.Z., 2016.** Effets de doses croissantes d'additifs sur la productivité de deux souches de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. sous la technique de gobetage et sur substrats locaux en R.D. du Congo. Tropicultura, 35, 1 02-1 09.
- **Neuman I, Nahum H., 2000.** Reduction of exercise-induced asthma oxidative stress by lycopene, a natural antioxidant. Allergy, 55:1184-9.
- **Ogeyingbo O.D, Ahmed R, Gyawali M, Venkatesan N, Bhandari R, Botleroo R.A., 2021.** The relationship between vitamin D and asthma exacerbation. Cureus, 13(8): 2-7.
- **Oka N.K.C., Kouamé A.C., N'dri Y.D., Amani N.G., 2020.** Évaluation nutritionnelle du champignon *Pleurotus geesteranus* issu de différentes périodes de récolte. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 14(6):2018-2027.
- **Oyetayo V.O., Ariyo O.O., 2013.** Antimicrobial and Antioxidant Properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fries) Cultivated on Different Tropical Woody Substrates. Journal of Waste Conversion, Bioproducts and Biotechnology, 1(2): p.28-32.
- **Pasquier C., 1995.** Stress oxydatif et inflammation. Revue Française des Laboratoires, 87-92.
- **Pennerma K., Yin G., Bennett J.W., 2015.** Health Effects of Small Volatile Compounds from East Asian Medicinal Mushrooms, Mycobiology, 43:1, 9-13.
- **Ponce A.G., Fritz R., Del Valle C.E., Roura S.I., 2003.** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 36: 679-684.

- **Rahman I., MacNee W., 1998.** Role of transcription factors in inflammatory lung diseases. *Thorax*, 53, 601-612.
- **Ray A., Kolls J.K., 2017.** Neutrophilic Inflammation in Asthma and Association with Disease Severity. *Trends in Immunology*, 38(12), 942–954.
- **Reis F.S., Barros L., Martins A., Ferreira I.C.F.R., 2012.** Composition chimique et valeur nutritionnelle des champignons cultivés les plus appréciés : une étude comparative inter-espèces. *Toxicologie alimentaire et chimique*, 50, 191–197.
- **Richter C., Gogvadze V., Laffranchi R., Schlapbach R., Schweizer M., Suter M., Walter P., Yaffee M., 1995.** Oxidants in mitochondria: from physiology to diseases. *Biochim Biophys Acta*, 1271, 67-74.
- **Romieu I., Trenga C., 2001.** Diet and obstructive lung diseases. *Epidemiology Review*, 23: 268–287.
- **Royse D.J., Baars J., Tan Q., 2017.** Current overview of mushroom production in the world. *Edible and Medicinal Mushrooms*. John Wiley & Sons, Ltd, 5–13.
- **Sadegh F., Ebrahim Z., Zeinab A., Roghayeh P., Ali M.A., Amrollah M., I., 2014.** Total phenolic and flavonoid contents of aqueous extract of stinging nettle an *in vitro* anti proliferative effect on Hela and BT-474 cell lines. *International Journal Molecules Cells Medicine*. vol 3, p. 7-102.
- **Sadi S, Messad M, Bouazza B., 2018.** Respiratory Infections in Asthmatic Children in Algeria. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*;197:A1901. Biochemistry and Microbiological department, Mouloud Mammeri University of Tizi Ouzou, Algeria.
- **Safarpour Dehkordi F., Gandomi H., Basti A.A., Misaghi A., Rahimi E., 2017.** Phenotypic and genotypic characterization of antibiotic resistance of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from hospital food. *Antimicrob Resist Infect Control*. 6:104.
- **Sanchez-Moreno C., 2002.** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*. 8(3):121-37.
- **Sangeetha M., Kousalya K., Lavanya R., Cherukuru S., Chamundeeswari D., UmaMaheswara R., 2011.** In-vitro Anti-inflammatory and Anti-arthritic Activity of Leaves of *Cleodendron Inerme*. *International Journal of Phytotherapy*, 2 (1): 822-827.

- **Sarangi I., Ghosh D., Bhutia S.K., Mallick S.K., Maiti T.K., 2006.** Anti-Tumor and Immunomodulating Effects of *Pleurotus Ostreatus* Mycelia-Derived Proteoglycans. *International Immunopharmacology*, 6, 1287–1297.
- **Scalbert A., Williamson G., 2000.** Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*, 130: 2073-2085.
- **Schneider I., Kressel G., Meyer A., Krings U., Berger R.G., Hahn A., 2010.** Lipid lowering effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in humans. *Journal of Functional Foods*, 3, 17–24.
- **Serhan C.N., Ward P.A., Gilroy D.W., 2010.** Fundamentals of inflammation. Cambridge University Press United Kingdom. 473p.
- **Shaheen S.O., Sterne J.A.C., Thompson R.L., Songhurst C.E., Margetts B.M., Burney P.G., 2001.** Dietary antioxidants and asthma in adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 164: 1823-8.
- **Singer R., 1986.** The Agaricales in modern taxonomy. Fourth E. P 174-179. Koeltz Scientific Books. Germany.
- **Singh V., Vyas D., Pandey R., Sheikh I.M., 2015.** *Pleurotus ostreatus* produces antioxidant and antiarthritic activity in Wistar albino rats. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4, 1230–1246.
- **Singla K.R., Dubey A.K., Garg A., Sharma R.K., Fiorino M., Ameen S.M., Haddad M.A., 2019.** Natural polyphenol : chemical classification, definition of classes, subcategories and structures. 1397-1400.
- **Smith J.E., Rowan N.J., Sullivan R., 2002.** Medicinal mushrooms: a rapidly developing area of biotechnology for cancer therapy and other bioactivities. *Biotechnology Letters*, 24, 1839–1845.
- **Smolskaitė L., Venskutonis P.R., Talou T., 2015.** Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 462–471.
- **Stankov V.S., 2012.** Definition of Inflammation, Causes of Inflammation and Possible Anti-inflammatory Strategies. *Open Inflammation Journal*, 5, 1-9.
- **Stone J., Hinks L. J., Beasley R., Holgate S. T., Clayton B. A., 1989.** Reduced Selenium Status of Patients with Asthma. *Clinical Science*, 77(5), 495–500.

- **Su X., Duan J., Jian Y., Shi J., Kakuda Y., 2006.** Effect of soaking conditions on the antioxidant potentials of *Oolong tea*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 348-353.
- **Suliaman S.Q., AL-Abbasi S.H., Mahmood Y.H., AL-Azzawi H.A., 2021.** Antimicrobial Activity Of Four Selected Wild Mushrooms In Iraq. *Biochemical and Cellular Archives*, 21(2), 4533-4537.
- **Synytsya A., Mířková K., Jablonský I., Sluková M., řopíková J., 2008.** Champignons du genre *Pleurotus* comme source de fibres alimentaires et de glucanes pour les compléments alimentaires. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(6):441–46.
- **Tahir I., 2021.** Essai de production d'une souche commerciale de champignons comestible, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex.Fries) Kummer sur différents résidus agricoles et agroindustriels. Mémoire de Master2 en Sciences Agronomiques option Production Végétale. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou, 73p.
- **Talbi H., A. Boumaza A., El-mostafa K., Talbi J., Hilali A., 2015.** Evaluation de l'activité antioxydante et la composition physico-chimique des extraits méthanolique et aqueux de la *Nigella sativa* L. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6 (4) 1111-1117.
- **Taylor T.A., Unakal C.G., 2021.** *Staphylococcus aureus*. *Staph Pearls Internet*, 16, 13-64.
- **Tian S., Sun Y., Chen Z., Yang Y., Wang Y., 2019.** Functional Properties of Polyphenols in Grains and Effects of Physicochemical Processing on Polyphenols. *Journal of Food Quality*, 2019, 1–8.
- **Touat S., 2019.** Effets de l'origine géographique, de la saison oléicole et de la maturation des olives sur les polyphénols et les activités biologiques de l'huile d'olive de Kabylie. Mémoire de Master 2 en Biologie option Biochimie de la nutrition. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p32.
- **Ucar T.M., Karadag A., 2019.** The effects of vacuum and freeze-drying on the physicochemical properties and in vitro digestibility of phenolics in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Food Measure*, 13, 2298–2309.
- **Velázquez-Cedeño M.A., 2005.** Compétition entre *Pleurotus ostreatus* et *Trichoderma* en culture sur paille de blé: rôle des communautés bactériennes du

substrat et des laccases de *Pleurotus*. Thèse Dr. de l'Univers Paul Cézanne (Aix-Marseille III), France.166p.

- **Vishwakarma P., Singh P., Tripathi N.N., 2017.** In-vitro antioxidant activity and nutritional value of four wild oyster mushroom collected from North-Eastern Part of Uttar Pradesh. *Mycosphere*, 8(4), 592–602.
- **Villagomez R.A., Ramos J., Campos P., Perze-Gonzalez A.L.E., Perez-Gutiérrez C.C.A.S.P.S., 2019.** Anti-inflammatory activity of *Jefea gnaphalioides* (a. gray), Astereaceae. *BMC Complementaru and Alternative Medicine*, 19: 263.
- **Wang L., Ruan S., 2017.** Modeling nosocomial infections of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* with environment contamination. *Scientific Reports*, 7(1):580.
- **Wichtl M., Anton R., 2009.** Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Édition lavoisier, Paris, p 38, 41.
- **Williams D. M., 2018.** Clinical Pharmacology of Corticosteroids. *Respiratory Care*, 63(6), 655–670.
- **Wong F.C, Chai T.T, Tan S.L, Yong A.L., 2013.** Evaluation of bioactives and phenolic content of selected edible mushrooms in Malaysia. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. Vol. 12, no6, p.1011-1016.
- **World Health Organization., World Health Statistics., 2016.** Monitoring Health for the SDGs, Sustainable Development Goals, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- **Yahia E.M., Gutiérrez-Orozco F., Moreno-Pérez M.A., 2017.** Identification of phenolic compounds by liquid chromatography-mass spectrometry in seventeen species of wild mushrooms in Central Mexico and determination of their antioxidant activity and bioactive compounds. *Food Chemistry* 226:14–22.
- **Yan M., Zhu Y., Zhang H.J., Jiao W.H., Han B.N., Liu Z.X., 2013.** Anti-Inflammatory secondary metabolites from the leaves of *Rosa laevigata*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 21: 3290-7.
- **Yildiz O., Can Z., Laghari A.Q, Sahin H., Malkoç M., 2015.** Wild edible mushrooms as a natural source of phenolics and antioxidants. *Journal of Food Biochemistry*, 39:148-154.
- **Yilmaz A., Yıldız S., Tabbouche S., Kılıç A.O., Can Z., 2016.** Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial properties of *Pleurotus ostreatus* grown on

lime (*Tilia tomentosa*) leaves. Hacettepe Journal of Biological Chemistry, 44 (2): 119–124.

- **Zhang Q., 2012.** Bacteria in sputum of stable severe asthma and increased airway wall thickness. Respiratory Research, 13, 35.
- **Zhang Y., Zhang Z., Liu H., Wang D., Wang J., Deng Z., Zhong, S., 2020.** Physicochemical characterization and antitumor activity in vitro of a selenium polysaccharide from *Pleurotus ostreatus*. International Journal of Biological Macromolecules, 165, 2934–2946.

Annexe 1 : Matériels non biologiques

| Appareillages | Petits matériels | Verreries | Réactifs & Solvants |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Agitateur magnétique Rühromag • Autoclave Wisd • Balance de précision électronique Kern 770 • Bain marie Wisd • Balance technique Mettler PJ400 • Bec benson • Broyeur Retsch sm1 nr74174 • Etuve Memmert réglée à 37 °C • pH mètre Hanna Instruments HI 2210 • Spectrophotomètre Biotech Engineering • Vortex Velpscientifica | <ul style="list-style-type: none"> • Anse de platine • Barreaux magnétiques • Boîtes de pétri • Coton • Cuves • Ecouvillon stérile • Embouts bleus et jaunes • Eppendorff • Etiquettes • Gants à usage unique non stériles • Masques • Micropipettes a volumes réglable 10-1000µl Biohit 20-100µl Spinreact 20µl Tranferpette • Microfiltre stérile de diamètre 0,22 µm • Papier aluminium • Papier film étirable • Papier Whattman n°1 • Portoirs • Pinces • Spatule • Tubes à hémolyses | <ul style="list-style-type: none"> • Béchers 500mL • Erlenmeyers • Eprouvette 100mL • Entonnoirs en verre • Fiole 1 Litre • Flacons 100mL, 250mL, 500mL • Pipettes Pasteur • Tubes à vis | <ul style="list-style-type: none"> • Acide acétylsalicylique • Acide gallique • Acide ascorbique • BSA • Chlorure de potassium (KCl) • Chlorure d'hydrogène (HCl) • DPPH • Eau distillé (H₂O) • Ethanol absolu à 96% (C₂H₅OH) • Folin-ciocalteu • Hydrogénophosphate de sodium (Na₂HPO₄) • Milieu BHIB commercial • Milieu Mueller Hinton commercial • Potassium dihydrogen phosphate (KH₂PO₄) • Sodium chloride (NaCl) |

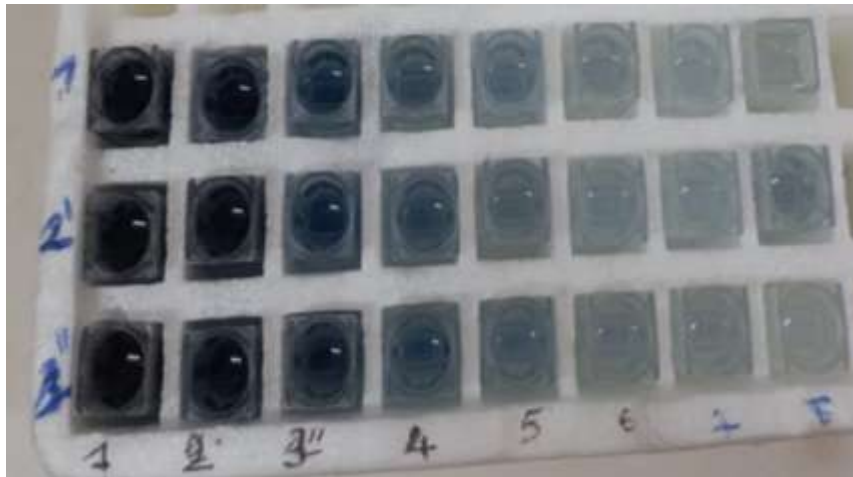
Annexe 2 :

Préparation solution du tampon phosphate salin (**PBS** à pH 6.4) **PBS X10**

- Dissoudre dans une fiole de 500 mL rempli d'eau distillée les éléments suivants:
- 40 g de NaCl.
- 1g de KCl.
- 7,2g de Na_2HPO_4 .
- 1,2 g de KH_2PO_4 .
- Mettre la solution sous agitation magnétique jusqu'à homogénéisation
- Ajuster au pH= 6,4 avec quelques gouttes du HCl sous agitation magnétique
- Couvrir la solution de PBS avec du film étirable et conserver au réfrigérateur à +4°C.



Annexe 3: Stérilisation de l'extrait aqueux du champignon *P.ostreatus* avec un microfiltre stérile sur paillasse.



Annexe 4: Mise en évidence de la coloration bleue après l'oxydation des composants du réactif du Folin-ciocalteu en molybdène et tungstène.



Annexe 5: Mise en évidence de la coloration jaune après la réduction du radical libre DPPH.



Annexe 6 : Résultats obtenus après ensemencement et incubation de 24h à 37°C de la galerie api20 Staph.

| | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---|-------|-------|---|------------------|-------------------|--|--|
| 1 | Staphylococcus aureus | ← | 0,520 | -0,93 | 0 | TB Id | mauvaise typicité | | |
| 2 | Staphylococcus sciuri | | 0,325 | -0,93 | 0 | Bonne Id | mauvaise typicité | | |
| 3 | Staphylococcus xylosum | | 0,036 | -1,03 | 0 | mauvaise identif | mauvaise typicité | | |
| 4 | Staphylococcus simulans | | 0,033 | -1,07 | 0 | mauvaise identif | mauvaise typicité | | |
| 5 | Staphylococcus chromogenes | | 0,033 | -1,18 | 0 | mauvaise identif | mauvaise typicité | | |

| API 20 Stapli v4.1 | GLU | FRU | MNE | MAL | LAC | TRE | MAN | XLT | MEL | NIT | PAL | VP | RAF | XYL | SAC | MDG | NIAG | ADH | URE | LSTR | classement | P (taxon/ profil) | P (taxon/ profil) | P (plus typique) | T | taxons | |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------------|-------------------|-------------------|------------------|-------|--------|-----------------------------|
| profil | + | + | + | + | + | + | + | - | - | / | / | / | - | - | + | - | + | / | / | / | | | | | | | |
| Staphylococcus aureus | 100 | 100 | 95 | 96 | 88 | 92 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 94 | 0 | 0 | 0 | 1 | 100% | 62,0% | 100% | -0,93 | 0 | Staphylococcus aureus |
| Staphylococcus aureofaciens | 100 | 94 | 35 | 72 | 10 | 90 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 15 | 90 | 1 | 12 | 100% | 0,0% | 100% | -1,50 | 0 | Staphylococcus aureofaciens |
| Staphylococcus capitis | 100 | 94 | 80 | 47 | 22 | 2 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 18 | 100% | 0,0% | 100% | -1,89 | 0 | Staphylococcus capitis |
| Staphylococcus caprae | 100 | 94 | 70 | 10 | 75 | 14 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 20 | 100% | 0,0% | 100% | -1,94 | 1 | Staphylococcus caprae |
| Staphylococcus carnosus | 100 | 100 | 98 | 0 | 99 | 99 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 0 | 0 | 13 | 100% | 0,0% | 100% | -1,64 | 2 | Staphylococcus carnosus |

Annexe 7: Résultats de l'identification sur ApiWeb.

Résumé

Pleurotus ostreatus est un champignon (basidiomycète) comestible, cultivé pour ses propriétés diététiques et thérapeutiques en raison de sa richesse en métabolites secondaires notamment les composants bioactifs. La présente étude a pour objectif d'évaluer les activités biologiques d'une souche commerciale de *P. ostreatus* (Jacq. ex. Fries) P. Kummer cultivée au laboratoire sur un substrat formulé à partir de résidus agricoles. Les carpophores sont récoltés, séchés à température ambiante, broyés, puis soumis à une extraction aqueuse. La quantification des composés phénoliques est déterminée par la méthode colorimétrique du Folin-Ciocalteu. La quantité de polyphénols obtenue est de $36,27 \pm 6,39$ $\mu\text{gEAG/gMS}$. Le pouvoir antioxydant réducteur du radical DPPH, a révélé une importante activité antioxydante (IC_{50} de $1,98 \pm 0,15$ mg/mL). De plus, l'activité anti-inflammatoire de l'extrait aqueux exprimée en pourcentage d'inhibition de la dénaturation thermique de la BSA a donné une valeur importante, soit $83,33 \pm 7,63\%$ à une concentration de 50 $\mu\text{g/mL}$. Le test antibactérien effectué sur la bactérie *Staphylococcus aureus*, isolée à partir de crachats d'un enfant asthmatique, a révélé une sensibilité appréciable avec une zone d'inhibition de 11mm de diamètre pour une concentration de l'extrait aqueux de 10 $\mu\text{g/mL}$.

En conclusion, cette étude suggère que *P. ostreatus* est riche en polyphénols et présente des propriétés biologiques intéressantes à savoir, l'activité antioxydante, l'activité anti-inflammatoire et l'activité antibactérienne.

Mots clés: *Pleurotus ostreatus*, polyphénols, activité antioxydante, activité anti-inflammatoire, activité antibactérienne.

Abstract

Pleurotus ostreatus is an edible fungus (basidiomycete), cultivated for its dietary and therapeutic properties due to its richness in secondary metabolites, especially bioactive components. The objective of the present study was to evaluate the biological activities of *P. ostreatus* (Jacq. ex. Fries) P. Kummer, a commercial strain grown in the laboratory on a substrate formulated from different agricultural residues. Carpophores were harvested, dried at room temperature, ground, and then subjected to aqueous extraction. Quantification of phenolic compounds was determined by the Folin-Ciocalteu colorimetric method. Total phenolic content was $36,27 \pm 6,39$ $\mu\text{gEAG/gMS}$. The antioxidant reducing power of DPPH radical revealed an important antioxidant activity (IC_{50} of $1,98 \pm 0,15$ mg/mL). In addition, the anti-inflammatory activity of the aqueous extract expressed as percentage inhibition of BSA thermal denaturation was significant with a value of $83.33 \pm 7.63\%$ at a concentration of 50 $\mu\text{g/mL}$. The antibacterial test performed on *Staphylococcus aureus*, isolated from an asthmatic child's sputum showed an average sensitivity with an inhibition zone of 11mm at $10\mu\text{g/mL}$ of the aqueous extract.

In conclusion, this study suggests that *P. ostreatus* is rich in polyphenols with interesting biological properties including antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, polyphenols, antioxidant activity, anti-inflammatory activity, antibacterial activity.