



**République Algérienne Démocratique et
Populaire**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique**

تلمسان-جامعة أبو بكر بلقايد

Université ABOUBEKR BELKAID-TLEMSEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,
et Sciences de la Terre et de l'Univers**

Département de l'agronomie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de Diplôme de MASTER

« En sciences alimentaires

Option : sécurité alimentaire et assurance de qualité»

**Etude de la vitesse d'envahissement du mycélium
de *Pleurotus ostreatus* sur différentes graines
-céréales et légumineuses-**

Présenté par

- / **BELARBI Abdelghani**
- / **SEDOUGUI Mohamed Amine**

Soutenu le....., devant le jury composé de:

- / **Président AZZI Nouredine**
- / **Encadrant TEFIANI Choukri**
- / **Examineur BENYOUB Nor-Eddine**

Année universitaire 2024/2025



REMERCIEMENT

Je tiens à remercier tous qui mon aider à réaliser ce travail à tous mes enseignants durant tous mon cursus.

Je tiens à remercier Monsieur TEFIANI CH. Pour nous avoir encadré.

Ainsi que monsieur AZZI N. pour avoir accepté de présider ce jury et Monsieur BENYOUB N. pour avoir, lui aussi, accepté de juger notre travail



Dédicaces

**A ma famille , épouse , mes enfants
« ABIR , MOUHAMED , MOUNDIR
,MAISSAA »**

Mes parent , mes frères et sœur...

Introduction Générale

Chapitre 01

Généralités sur *Pleurotus ostreatus*

- 1.1. Définitions de *Pleurotus ostreatus* :
- 1.2. Croissance végétative de *Pleurotus ostreatus* :
 - 1.2.1. Température
 - 1.2.2. Humidité
 - 1.2.3. Lumière
 - 1.2.4. pH et composition du substrat
- 1.3. Fructification de *Pleurotus ostreatus*
 - 1.3.1. Température
 - 1.3.2. Humidité
 - 1.3.3. Lumière
 - 1.3.4. CO₂ et O₂
 - 1.3.4.1. Concurrence avec d'autres microorganismes
 - 1.3.4.2. Symbiose et associations mutualistes
- 1.4. Stratégies de culture pour optimiser la croissance végétative et la fructification
 - 1.4.1. Choix du substrat
 - 1.4.2. Conditions environnementales contrôlées
 - 1.4.3. Utilisation de souches améliorées
- 1.5. Intérêts de *Pleurotus ostreatus*
 - 1.5.1. Propriétés nutritionnelles
 - 1.5.2. Propriétés médicinales
 - 1.5.3. Applications industrielles
 - 1.5.4. Cultivation et production

Chapitre 02

Généralité sur Diffèrent grain

- 2.1. Les céréales :
 - 2.1.1. Le riz : une céréale essentielle pour l'alimentation mondiale
 - 2.1.2. L'orge : une céréale polyvalente aux multiples usages
 - 2.1.3. Le blé : une céréale essentielle à l'alimentation humaine
 - 2.1.4. Le millet : une céréale ancienne aux multiples atouts
 - 2.1.5. Le maïs : une céréale polyvalente aux enjeux multiples
 - 2.1.6. L'avoine : une céréale nutritive aux bienfaits santé reconnus
- 2.2. Les légumes
 - 2.2.1. Le pois chiche : une légumineuse nutritive et polyvalente
 - 2.2.2. Le haricot : une légumineuse riche en nutriments et aux multiples vertus
 - 2.2.3. La lentille : une légumineuse nutritive aux atouts santé multiples
 - 2.2.4. Les petits pois : des légumes nutritifs et savoureux aux bienfaits santé

Chapitre 03

La Partie Pratique

- 1- Matériel utilisé
- 2- Produit utilisé

- 3- Méthodologie de travail
- 4- Présentation de travail
 - 4.1- choix des graines
 - 4.2- choix des bocaux
 - 4.3- humidification des graines
 - 4.4- refroidissement et séchage(égouttage)
 - 4.5- présentation des bocaux
 - 4.6- l'ajout de la choux
 - 4.7- stérilisation
 - 4.8- l'inoculation
 - 4.9- suivre de l'envahissement

Partie expérimentale

- 1- Les courbes des mesures de l'envahissement
- 2- Résultat et discussion
- 3- Conclusion

Introduction

Les champignons comestibles, tels que *Pleurotus ostreatus*, sont de plus en plus considérés comme une source de nourriture saine et durable. Cependant, leur potentiel nutritionnel et médicinal est souvent méconnu. Les recherches récentes ont mis en évidence les propriétés exceptionnelles de *Pleurotus ostreatus*, notamment ses activités antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses.

Pleurotus ostreatus est un champignon comestible appartenant à la famille des Pleurotaceae. Il est communément appelé champignon huître en raison de sa forme et de sa couleur qui évoquent une huître. Ce champignon est cultivé dans de nombreux pays, notamment en Asie et en Europe, et est considéré comme un aliment fonctionnel en raison de ses propriétés nutritionnelles et médicinales exceptionnelles.

Les grains, tels que le riz, le blé, le maïs et l'avoine, sont des aliments de base dans de nombreux pays. Ils sont une source importante de nutriments essentiels, tels que les glucides, les protéines, les fibres, les vitamines et les minéraux. Cependant, les grains peuvent également contenir des composés anti-nutritionnels, tels que les phytates et les tanins, qui peuvent réduire la biodisponibilité des nutriments.

Les recherches récentes ont mis en évidence les avantages de consommer des grains complets, tels que le riz brun et le blé complet, qui contiennent plus de fibres et de nutriments essentiels que les grains raffinés. De plus, les grains peuvent être utilisés comme support pour la croissance de microorganismes, tels que les champignons, qui peuvent améliorer la valeur nutritionnelle des grains.

Chapitre 01

GENERALITES SUR *Pleurotus ostreatus*

Introduction :

Pleurotus ostreatus, communément appelé le pleurote en forme d'huître, est un champignon basidiomycète largement cultivé pour sa valeur nutritionnelle et médicinale. Sa culture est relativement simple et peu coûteuse, ce qui en fait un candidat idéal pour la production commerciale et la myciculture amateur. La croissance végétative et la fructification de *P. ostreatus* sont influencées par divers facteurs abiotiques et biotiques, qui doivent être contrôlés pour optimiser la production. Cette étude vise à examiner les facteurs influents sur la croissance végétative et la fructification de *P. ostreatus*, en s'appuyant sur des recherches antérieures et des expériences de culture.

1. Définitions de *Pleurotus ostreatus* :

Pleurotus ostreatus, communément appelé "pleurote en forme d'huître" ou "champignon huître", est un champignon basidiomycète appartenant à la famille des Pleurotaceae. Ce champignon est largement cultivé et consommé dans le monde entier en raison de sa valeur nutritionnelle, de ses propriétés médicinales et de sa facilité de culture (**Mata et al., 2017**). Dans cet article, nous allons explorer en profondeur la définition de *Pleurotus ostreatus*, en nous appuyant sur des recherches scientifiques et des références fiables

Pleurotus ostreatus est un champignon saprophyte, ce qui signifie qu'il se nourrit de matière organique morte ou en décomposition. Il se développe naturellement sur des arbres morts ou mourants, en particulier les feuillus, tels que les chênes, les hêtres et les peupliers (**Zadrazil, 1975**). Le champignon forme des fructifications en forme d'éventail, d'où son nom commun de "pleurote en forme d'huître". Ces fructifications peuvent varier en couleur, allant du gris au brun, en passant par le bleu et le violet (**Rajarithnam et al., 1988**).

La taxonomie de *Pleurotus ostreatus* a été l'objet de débats parmi les mycologues. Initialement décrit par le mycologue suisse Jean-Jacques Paulet en 1793 sous le nom de *Agaricus ostreatus*, il a ensuite été reclassé dans le genre *Pleurotus* par le mycologue allemand Paul Kummer en 1871 (**Kummer, 1871**). Depuis lors, plusieurs espèces et variétés de *Pleurotus* ont été décrites, mais *Pleurotus ostreatus* reste l'espèce la plus connue et la plus cultivée (**Mata et al., 2017**).

La description morphologique de *Pleurotus ostreatus* est essentielle pour sa définition. Le champignon se caractérise par un chapeau en forme d'éventail, mesurant de 5 à 20 cm de diamètre, avec une surface lisse et soyeuse. Le chapeau est attaché à un pied court et excentré, qui peut être absent chez certaines variétés. Les lames sous le chapeau sont blanches à crème et descendent le long du pied. La chair est blanche, ferme et épaisse, avec une saveur douce et agréable (**Rajarithnam et al., 1988**).

La croissance végétative de *Pleurotus ostreatus* se produit sous forme de mycélium, un réseau de filaments appelé hyphes qui colonisent le substrat. Le mycélium de *Pleurotus ostreatus* est blanc et cotonneux, avec une croissance rapide et agressive. Il est capable de décomposer la lignine, la cellulose et l'hémicellulose, ce qui lui permet de se développer sur une large gamme de substrats, y compris les déchets agricoles et forestiers (**Mata et al., 2017**).

La fructification de *Pleurotus ostreatus* est le processus par lequel le champignon produit des fructifications, ou carpophores, qui contiennent les spores. Les facteurs abiotiques et biotiques, tels que la température, l'humidité, la lumière et la disponibilité des nutriments, influencent la fructification de *Pleurotus ostreatus* (**Zadrazil, 1975**). Les fructifications se développent généralement en groupes ou en bouquets, avec des chapeaux qui se chevauchent souvent. Les spores sont produites sur les lames sous le chapeau et sont libérées lorsque les fructifications sont matures (**Rajarithnam et al., 1988**).

La définition de *Pleurotus ostreatus* ne serait pas complète sans mentionner ses propriétés nutritionnelles et médicinales. Ce champignon est riche en protéines, en fibres, en vitamines et en minéraux, tels que le potassium, le calcium, le magnésium et le fer (**Mata et al., 2017**). Il contient également des composés bioactifs, tels que les bêta-glucanes, les lectines et les ergostérols, qui ont des propriétés antioxydantes, immunomodulatrices et antitumorales (**Wasser, 2010**). Des études ont montré que la consommation de *Pleurotus ostreatus* peut aider à réduire le taux de cholestérol, à améliorer la fonction immunitaire et à prévenir le cancer (**Jayakumar et al., 2011**).



Figure 1 : Carpophore de *Pleurotus ostreatus*

1.2 Croissance végétative de *Pleurotus ostreatus* :

La croissance végétative de *P. ostreatus* se déroule en plusieurs étapes, commençant par la germination des spores, suivie de la formation du mycélium et de la colonisation du substrat. Les facteurs abiotiques jouent un rôle crucial dans cette phase du cycle de vie.

1.2.1. Température

La température optimale pour la croissance végétative de *P. ostreatus* se situe entre 20 et 25 °C (**Rajarithnam et al., 1988**). Des températures inférieures à 15 °C ou supérieures à 30 °C peuvent ralentir la croissance du mycélium ou même l'inhiber complètement (**Zadražil, 1975**). Des études ont montré que la température influence également la morphologie du mycélium, avec des hyphes plus courtes et plus ramifiées à des températures plus basses (**Mata et al., 2017**).

1.2.2. Humidité

L'humidité relative optimale pour la croissance végétative de *P. ostreatus* se situe entre 80 et 90 % (**Zadražil, 1975**). Des niveaux d'humidité inférieurs peuvent entraîner une dessiccation du mycélium, tandis que des niveaux supérieurs peuvent favoriser le développement de microorganismes concurrents (**Mata et al., 2007**).

1.2.3. Lumière

La lumière n'est pas essentielle pour la croissance végétative de *P. ostreatus*, mais elle peut influencer la morphologie du mycélium. Des études ont montré que l'exposition à la lumière peut stimuler la formation de sclérotés, des structures de résistance qui permettent au champignon de survivre dans des conditions défavorables (**Rajarithnam et al., 1988**).

Cependant, une exposition prolongée à la lumière peut inhiber la croissance du mycélium et favoriser la fructification prématurée (**Zadražil, 1975**).

1.2.4. pH et composition du substrat

Le pH optimal pour la croissance végétative de *P. ostreatus* se situe entre 5,5 et 6,5 (**Zadražil, 1975**). Un pH trop élevé ou trop bas peut affecter la disponibilité des nutriments et inhiber la croissance du mycélium. La composition du substrat est également cruciale pour la croissance végétative. *P. ostreatus* peut se développer sur une large gamme de substrats, y compris les déchets agricoles et forestiers, mais la croissance optimale est obtenue avec des substrats riches en cellulose, hémicellulose et lignine (**Mata et al., 2017**).

1.3 Fructification de *Pleurotus ostreatus*

La fructification de *P. ostreatus* est le processus par lequel le champignon produit des fructifications, ou carpophores, qui contiennent les spores. Les facteurs abiotiques et biotiques jouent un rôle important dans cette phase du cycle de vie.

1.3.1. Température

La température optimale pour la fructification de *P. ostreatus* se situe entre 15 et 20 °C (**Rajarithnam et al., 1988**). Des températures inférieures à 10 °C ou supérieures à 25 °C peuvent inhiber la formation des carpophores ou entraîner des malformations (**Zadražil, 1975**).

1.3.2. Humidité

L'humidité relative optimale pour la fructification de *P. ostreatus* se situe entre 85 et 95 % (**Zadražil, 1975**). Des niveaux d'humidité inférieurs peuvent entraîner une dessiccation des carpophores, tandis que des niveaux supérieurs peuvent favoriser le développement de microorganismes concurrents (**Mata et al., 2017**).

1.3.3. Lumière

La lumière est essentielle pour la fructification de *P. ostreatus*. L'exposition à la lumière stimule la formation des primordia, les structures qui donnent naissance aux carpophores (**Rajarithnam et al., 1988**). La durée et l'intensité de l'exposition à la lumière influencent également la morphologie et la taille des carpophores (**Zadražil, 1975**).

1.3.4. CO₂ et O₂

Les niveaux de CO₂ et d'O₂ influent sur la fructification de *P. ostreatus*. Des niveaux élevés de CO₂ peuvent inhiber la formation des primordia, tandis que des niveaux élevés d'O₂ peuvent stimuler la croissance des carpophores (Mata et al., 2017).

1.3.4.1. Concurrence avec d'autres microorganismes

La présence d'autres microorganismes, tels que des bactéries, des levures et d'autres champignons, peut affecter la fructification de *P. ostreatus*. Ces microorganismes peuvent concurrencer *P. ostreatus* pour les nutriments et l'espace, ce qui peut entraîner une réduction de la production de carpophores (Mata et al., 2017). Pour minimiser la concurrence, il est important de stériliser ou de pasteuriser le substrat avant l'ensemencement et de maintenir des conditions environnementales appropriées pour favoriser la croissance de *P. ostreatus*.

1.3.4.2. Symbiose et associations mutualistes

P. ostreatus peut former des associations mutualistes avec des bactéries et des champignons mycorhiziens, qui peuvent améliorer sa croissance et sa fructification. Par exemple, des bactéries promotrices de la croissance des plantes (PGPB) peuvent stimuler la croissance du mycélium et la formation des carpophores en produisant des hormones de croissance et en améliorant la disponibilité des nutriments (Sánchez et al., 2013). De même, des champignons mycorhiziens peuvent former des associations symbiotiques avec les racines des plantes, ce qui peut améliorer la nutrition minérale de *P. ostreatus* et stimuler sa fructification (Kumar et al., 2015).

1.3.5. Facteurs biotiques influençant la fructification

La fructification de *P. ostreatus* peut également être influencée par des facteurs biotiques, tels que la concurrence avec d'autres microorganismes et les associations mutualistes.

1.4 1.4 Stratégies de culture pour optimiser la croissance végétative et la fructification

Pour optimiser la croissance végétative et la fructification de *P. ostreatus*, il est important de contrôler les facteurs abiotiques et biotiques influençant ces processus. Voici quelques stratégies de culture qui peuvent être mises en œuvre :

1.4.1. Choix du substrat

Le choix du substrat est crucial pour la croissance végétative et la fructification de *P. ostreatus*. Des substrats riches en cellulose, hémicellulose et lignine, tels que la paille de céréales, les déchets de bois et les résidus agricoles, sont recommandés pour la culture de *P. ostreatus* (Mata et al., 2017). Il est important de stériliser ou de pasteuriser le substrat avant l'ensemencement pour éliminer les microorganismes concurrents.

1.4.2. Conditions environnementales contrôlées

Le contrôle des conditions environnementales, telles que la température, l'humidité, la lumière et les niveaux de CO₂ et d'O₂, est essentiel pour optimiser la croissance végétative et la fructification de *P. ostreatus*. Des chambres de culture contrôlées peuvent être utilisées pour maintenir des conditions optimales tout au long du cycle de vie du champignon.

1.4.3. Utilisation de souches améliorées

L'utilisation de souches améliorées de *P. ostreatus*, sélectionnées pour leur croissance rapide, leur rendement élevé et leur résistance aux maladies, peut améliorer la production de carpophores.

Des programmes de sélection et d'amélioration génétique peuvent être mis en œuvre pour développer de nouvelles souches adaptées aux conditions de culture locales (Mata et al., 2017).

1.5 Intérêts de *Pleurotus ostreatus*

1.5.1. Propriétés nutritionnelles

Pleurotus ostreatus est considéré comme un aliment fonctionnel en raison de sa haute teneur en nutriments essentiels. Les études ont montré que ce champignon contient jusqu'à 30% de protéines sur poids sec, ce qui en fait une source de protéines végétale intéressante (Cheung, 2013). De plus, il est riche en fibres solubles et insolubles, ce qui peut contribuer à améliorer la santé digestive et à réduire le risque de maladies chroniques telles que le diabète et les maladies cardiovasculaires (Kalac, 2013).

En outre, *Pleurotus ostreatus* est une bonne source de vitamines et de minéraux, notamment de la vitamine D, du cuivre, du zinc et du potassium (Falandysz, 2014). Ces éléments sont essentiels pour le maintien de la santé osseuse, du système immunitaire et du fonctionnement normal des cellules.

1.5.2. Propriétés médicinales

Les composés bioactifs de *Pleurotus ostreatus* ont été étudiés pour leurs propriétés médicinales. Les études ont montré que les polyphénols et les polysaccharides présents dans ce champignon ont des activités antioxydantes et anti-inflammatoires, ce qui peut contribuer à prévenir les maladies chroniques telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et les maladies neurodégénératives (**Zhang, 2015**).

De plus, les composés bioactifs de *Pleurotus ostreatus* ont été étudiés pour leurs propriétés anticancéreuses. Les études ont montré que ces composés peuvent inhiber la croissance des cellules cancéreuses et induire l'apoptose (**Gao, 2016**).

1.5.3. Applications industrielles

En raison de ses propriétés nutritionnelles et médicinales, *Pleurotus ostreatus* est utilisé dans diverses applications industrielles. Il est utilisé comme ingrédient dans la production de produits alimentaires fonctionnels tels que les barres énergétiques, les boissons et les compléments alimentaires (**Singh, 2017**).

De plus, les composés bioactifs de *Pleurotus ostreatus* sont utilisés dans la production de produits cosmétiques tels que les crèmes et les lotions, en raison de leurs propriétés antioxydantes et anti-âge (**Lee, 2018**).

1.5.4. Culture et production

La culture de *Pleurotus ostreatus* est une pratique courante dans de nombreux pays, notamment en Asie et en Europe. Les études ont montré que la culture de ce champignon peut être réalisée de manière durable et éthique, en utilisant des substrats organiques tels que les résidus de bois et les déchets agricoles (**Manzi, 2019**).

La production de *Pleurotus ostreatus* est également encouragée en raison de sa valeur économique. Les études ont montré que la production de ce champignon peut générer des revenus importants pour les agriculteurs et les communautés rurales (**Huang, 2020**).

Chapitre 02

Généralité sur Différentes graines

La culture commerciale des champignons comestibles peut s'effectuer sur une large gamme de déchets agro-industriels : le céréales (le riz, l'orge, le blé, millet, maïs, l'avoine) et les oléagineux (Pois chiche, petit pois ...).

Oie (1993) définit le substrat de culture comme étant le matériau sur lequel pousse le mycélium. Ce sont les conditions internes du substrat et le climat qui règne autour de lui qui déterminent la croissance du mycélium. Sa composition va déterminer sa sélectivité, c'est-à-dire son adéquation aux besoins du champignon cultivé et son inadéquation aux organismes compétiteurs. La sélectivité d'un substrat dépend :

- Des substances nutritives présentes.
- Du pH.
- De l'activité microbienne.
- De l'aération.
- De la teneur en eau.

1 Les céréales :

Les céréales sont des plantes cultivées principalement pour leurs graines comestibles. Elles appartiennent à la famille des Poaceae (graminées) et sont considérées comme la base de l'alimentation dans de nombreuses régions du monde. Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "les céréales sont des plantes annuelles appartenant à la famille des graminées, cultivées principalement pour leurs graines" (**FAO, 2021**).

Les principales céréales cultivées dans le monde sont le blé, le riz, le maïs, l'orge, le seigle, l'avoine et le millet. Ces graines sont riches en glucides complexes, en protéines, en fibres alimentaires, en vitamines et en minéraux essentiels (**Slavin, 2004**). Les céréales constituent une source d'énergie importante pour l'organisme et contribuent à un régime alimentaire équilibré. Le blé, par exemple, est l'une des céréales les plus largement cultivées et consommées dans le monde. Il est utilisé pour la fabrication de pain, de pâtes, de biscuits et d'autres produits alimentaires. Le riz, quant à lui, est la principale source de calories pour plus de la moitié de la population mondiale (**Khush, 2005**).

En plus de leur rôle dans l'alimentation humaine, les céréales sont également utilisées pour l'alimentation animale et la production de biocarburants. Elles jouent un rôle crucial dans la sécurité alimentaire mondiale et sont au cœur des préoccupations liées à l'agriculture durable et à la lutte contre la faim (FAO, 2021).

1.1 Le riz

Le riz (*Oryza sativa*) est une céréale de la famille des Poaceae, cultivée principalement pour ses graines comestibles. Il constitue l'aliment de base pour plus de la moitié de la population mondiale, jouant ainsi un rôle crucial dans la sécurité alimentaire (Khush, 2005). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "le riz est la culture céréalière la plus importante pour la nutrition humaine et la sécurité alimentaire de plus de la moitié de la population mondiale" (FAO, 2021).

Le riz est cultivé dans de nombreuses régions du monde, principalement en Asie, où il est originaire. La plante est adaptée à divers environnements, allant des zones tropicales aux régions tempérées. Il existe deux principales sous-espèces de riz : *Oryza sativa indica*, cultivée principalement dans les régions tropicales, et *Oryza sativa japonica*, adaptée aux climats tempérés (Maclean et al., 2002).

Sur le plan nutritionnel, le riz est riche en glucides complexes, fournissant une source d'énergie importante pour l'organisme. Il contient également des protéines, des fibres alimentaires, des vitamines (notamment les vitamines du groupe B) et des minéraux essentiels, tels que le fer et le zinc (Kennedy et Burlingame, 2003). Cependant, la teneur en nutriments peut varier en fonction des variétés de riz et des méthodes de transformation.

Le riz est consommé sous diverses formes, du riz blanc au riz complet, en passant par le riz étuvé et le riz gluant. Les différentes méthodes de cuisson et de préparation, ainsi que les plats traditionnels à base de riz, reflètent la diversité culturelle des régions où il est consommé (Huke et Huke, 1990).

Face à la croissance démographique et aux défis environnementaux, la recherche agronomique s'attache à développer des variétés de riz plus résistantes, plus nutritives et nécessitant moins d'intrants (Khush, 2013). L'amélioration génétique du riz et la promotion de pratiques agricoles durables sont essentielles pour assurer la sécurité alimentaire mondiale à long terme.

1-2 L'orge

L'orge (*Hordeum vulgare*) est une céréale de la famille des Poaceae, cultivée depuis des millénaires pour ses graines comestibles et ses diverses applications. Selon **Zohary et Hopf (2000)**, "l'orge est l'une des premières céréales domestiquées au Proche-Orient, avec des preuves de culture remontant à plus de 10 000 ans".

L'orge est une plante annuelle, adaptée à une grande variété de climats, des régions tempérées aux zones semi-arides. Elle est principalement cultivée pour ses graines, qui sont utilisées dans l'alimentation humaine et animale, ainsi que dans la production de malt pour la bière et le whisky (**Newman et Newman, 2008**).

Sur le plan nutritionnel, l'orge est riche en glucides complexes, en fibres alimentaires (notamment les bêta-glucanes), en protéines, en vitamines (en particulier les vitamines du groupe B) et en minéraux essentiels, tels que le fer, le zinc et le magnésium (**Baik et Ullrich, 2008**). Les bêta-glucanes présents dans l'orge ont été associés à des effets bénéfiques sur la santé, notamment la réduction du cholestérol sanguin et la régulation de la glycémie (**Behall et al., 2004**). En plus de son utilisation dans l'alimentation, l'orge est également cultivée comme plante fourragère pour le bétail. La paille d'orge est utilisée comme litière pour les animaux et comme matériau de construction (**Newman et Newman, 2008**). Dans certaines régions, l'orge est même utilisée comme plante de couverture pour protéger les sols de l'érosion et améliorer leur fertilité (**Carr et al., 2004**).

La recherche agronomique s'attache à développer des variétés d'orge plus résistantes aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'à améliorer leur qualité nutritionnelle et leurs propriétés fonctionnelles pour répondre aux demandes croissantes de l'industrie alimentaire et des consommateurs (**Ullrich, 2010**).

1-3 Le blé

Le blé (*Triticum* spp.) est une céréale de la famille des Poaceae, cultivée depuis des millénaires pour ses graines riches en nutriments. C'est l'une des céréales les plus importantes au monde, tant en termes de production que de consommation (**Shewry, 2009**). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "le blé est la première source de protéines végétales dans l'alimentation humaine, avec une teneur en protéines supérieure à celle des autres grandes céréales" (**FAO, 2021**).

Le blé est principalement cultivé sous deux formes : le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). Le blé tendre est utilisé pour la fabrication de pain, de pâtisseries

et de biscuits, tandis que le blé dur est principalement destiné à la production de pâtes alimentaires et de semoule (**Shewry, 2009**).

Sur le plan nutritionnel, le blé est riche en glucides complexes, en protéines (notamment le gluten), en fibres alimentaires, en vitamines (en particulier les vitamines du groupe B) et en minéraux essentiels, tels que le fer, le zinc et le magnésium (**Shewry et Hey, 2015**). Cependant, certaines personnes souffrant de troubles liés au gluten, comme la maladie cœliaque, doivent éviter de consommer des produits à base de blé (**Biesiekierski, 2017**).

Le blé est cultivé dans de nombreuses régions du monde, s'adaptant à divers climats et types de sols. Les pratiques agricoles, telles que la sélection des variétés, la gestion des nutriments et la protection des cultures, jouent un rôle essentiel dans l'optimisation de la production de blé (**Hawkesford, 2014**). Face aux défis du changement climatique et de la croissance démographique, la recherche agronomique s'attache à développer des variétés de blé plus résistantes et plus productives (**Reynolds et al., 2012**).

Le blé joue également un rôle important dans l'économie mondiale, étant l'une des principales denrées échangées sur les marchés internationaux. Les fluctuations des prix du blé peuvent avoir des répercussions significatives sur la sécurité alimentaire et la stabilité économique des pays producteurs et consommateurs (**Asseng et al., 2015**).

1-4 Le millet

Le millet est un terme générique désignant plusieurs espèces de céréales de la famille des Poaceae, principalement cultivées pour leurs graines. Les espèces les plus courantes sont le millet perle (*Pennisetum glaucum*), le millet commun (*Panicum miliaceum*) et le millet à chandelle (*Setaria italica*) (**Amadou et al., 2013**). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "les millets sont des céréales vivrières importantes, cultivées principalement dans des régions semi-arides d'Asie et d'Afrique" (**FAO, 2021**).

Cultivé depuis des millénaires, le millet est l'une des plus anciennes céréales domestiquées par l'homme. Il est bien adapté aux climats chauds et secs, nécessitant moins d'eau que d'autres céréales (**Saleh et al., 2013**). Cette caractéristique fait du millet une culture essentielle pour la sécurité alimentaire dans les régions arides et semi-arides, où la production d'autres céréales peut être limitée (**Naylor et al., 2004**).

Sur le plan nutritionnel, le millet est riche en glucides complexes, en protéines, en fibres alimentaires, en vitamines (notamment les vitamines du groupe B) et en minéraux essentiels, tels que le fer, le zinc et le magnésium (**Saleh et al., 2013**). De plus, le millet est naturellement

sans gluten, ce qui en fait une alternative intéressante pour les personnes souffrant de troubles liés au gluten (**Niro et al., 2019**).

Le millet est consommé sous diverses formes, du grain entier aux farines, en passant par les boissons fermentées traditionnelles. Dans de nombreuses régions d'Afrique et d'Asie, le millet constitue la base de l'alimentation et est utilisé pour la préparation de bouillies, de pains et de couscous (**Amadou et al., 2013**).

Malgré ses nombreux atouts, le millet reste une céréale sous-utilisée et peu étudiée par rapport à d'autres cultures comme le blé, le riz ou le maïs. La recherche agronomique s'attache à développer des variétés de millet plus productives et résistantes aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'à promouvoir sa culture et sa consommation (**Vettrivethan et al., 2020**).

1-5 Le maïs

Le maïs (*Zea mays*) est une céréale de la famille des Poaceae, originaire d'Amérique centrale et largement cultivée à travers le monde. C'est l'une des trois principales céréales au monde, avec le blé et le riz, en termes de production et de consommation (**FAO, 2021**). Selon **Ranum et al. (2014)**, "le maïs est une culture polyvalente, utilisée pour l'alimentation humaine, l'alimentation animale et la production de biocarburants".

Le maïs est cultivé dans des environnements très divers, des régions tropicales aux zones tempérées. Il existe de nombreuses variétés de maïs, adaptées à différents usages et conditions de culture (**Shiferaw et al., 2011**). Le maïs est principalement utilisé pour la production de grains, mais d'autres parties de la plante, comme les tiges et les feuilles, sont également valorisées pour l'alimentation animale et la production de bioénergie (**Ranum et al., 2014**).

Sur le plan nutritionnel, le maïs est riche en glucides complexes, en fibres alimentaires et en plusieurs vitamines et minéraux essentiels, tels que les vitamines du groupe B, le fer et le zinc (**Nuss et Tanumihardjo, 2010**). Cependant, le maïs est relativement pauvre en protéines et en certains acides aminés essentiels, comme la lysine et le tryptophane. Des efforts de biofortification ont été entrepris pour améliorer la qualité nutritionnelle du maïs, notamment en augmentant sa teneur en provitamine A (**Bouis et Welch, 2010**).

Le maïs joue un rôle crucial dans la sécurité alimentaire mondiale, en particulier dans les pays en développement où il constitue une culture vivrière de base. Cependant, la production de maïs est confrontée à de nombreux défis, tels que le changement climatique, la dégradation des sols et les ravageurs (**Shiferaw et al., 2011**). La recherche agronomique s'attache à développer des variétés de maïs plus résilientes et productives, ainsi qu'à promouvoir des pratiques agricoles durables (**Prasanna et al., 2021**).

Outre son importance pour l'alimentation, le maïs est devenu une culture industrielle majeure, utilisée pour la production de biocarburants, de plastiques biosourcés et de nombreux autres produits dérivés (**Ranum et al., 2014**). Cette demande croissante pour le maïs soulève des questions sur la durabilité de sa production et sur les potentiels conflits d'usage entre alimentation et utilisations industrielles (**Shiferaw et al., 2011**).

L'avoine :

L'avoine (*Avena sativa*) est une céréale de la famille des Poaceae, principalement cultivée dans les régions tempérées. Bien que moins répandue que le blé, le riz ou le maïs, l'avoine présente des caractéristiques nutritionnelles uniques qui en font une céréale d'intérêt pour la santé humaine (**Rasane et al., 2015**). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "l'avoine est une céréale importante pour l'alimentation humaine et animale, ainsi que pour des utilisations industrielles" (**FAO, 2021**).

L'avoine est principalement cultivée pour ses graines, qui sont transformées en flocons, en farine ou en son. Les flocons d'avoine sont couramment consommés sous forme de porridge, de muesli ou de barres de céréales (**Gulvady et al., 2013**). La farine d'avoine est utilisée en boulangerie et en pâtisserie, apportant une saveur et une texture particulières aux produits.

Sur le plan nutritionnel, l'avoine se distingue par sa teneur élevée en fibres alimentaires, en particulier les bêta-glucanes. Ces fibres solubles ont démontré des effets bénéfiques sur la santé, notamment en réduisant le cholestérol sanguin, en régulant la glycémie et en favorisant la satiété (**Whitehead et al., 2014**). L'avoine est également une source intéressante de protéines, de vitamines (notamment les vitamines du groupe B) et de minéraux essentiels, tels que le fer, le zinc et le magnésium (**Rasane et al., 2015**).

De nombreuses études ont mis en évidence les bienfaits santé de la consommation régulière d'avoine. Outre ses effets sur le cholestérol et la glycémie, l'avoine pourrait contribuer à réduire le risque de maladies cardiovasculaires, de diabète de type 2 et de certains cancers (**Thies et al., 2014**).

Ces effets bénéfiques sont principalement attribués aux bêta-glucanes et aux composés phytochimiques présents dans l'avoine, tels que les avenanthramides (**Meydani, 2009**).

En plus de son intérêt pour l'alimentation humaine, l'avoine est également utilisée comme plante fourragère pour le bétail. La paille d'avoine est appréciée pour sa valeur nutritive et sa digestibilité supérieures à celles d'autres céréales (**Hoffman, 2005**). Dans certaines régions, l'avoine est également cultivée comme engrais vert pour améliorer la fertilité des sols (**Gulvady et al., 2013**).

2- Les légumes secs

2-1 Le pois chiche :

Le pois chiche (*Cicer arietinum*) est une légumineuse de la famille des Fabacées, cultivée depuis des millénaires pour ses graines comestibles. Originaire du Moyen-Orient, le pois chiche est aujourd'hui largement répandu dans les régions tropicales et subtropicales, ainsi que dans les zones tempérées (**Jukanti et al., 2012**). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "le pois chiche est la troisième légumineuse la plus produite au monde, après le haricot et le pois" (**FAO, 2021**).

Le pois chiche est principalement cultivé pour ses graines, qui sont riches en nutriments essentiels. Les graines de pois chiche sont une excellente source de protéines végétales, de fibres alimentaires, de vitamines (notamment les vitamines du groupe B) et de minéraux, tels que le fer, le zinc et le magnésium (**Wood et Grusak, 2007**). Les pois chiches contiennent également des phytonutriments bénéfiques pour la santé, comme les polyphénols et les saponines (**Jukanti et al., 2012**).

Sur le plan nutritionnel, les pois chiches se distinguent par leur faible index glycémique et leur capacité à réguler la glycémie, ce qui en fait un aliment de choix pour les personnes diabétiques (**Jenkins et al., 2012**). De plus, la consommation régulière de pois chiches a été

associée à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires, de certains cancers et de l'obésité (**Murty et al., 2010**).

Les pois chiches sont consommés sous diverses formes, des graines entières aux farines, en passant par les purées et les pâtes. Ils sont un ingrédient de base dans de nombreuses cuisines traditionnelles, notamment dans les régions méditerranéennes, moyen-orientales et indiennes (**Jukanti et al., 2012**). Le houmous, le falafel et le curry de pois chiches sont des préparations culinaires populaires mettant en valeur cette légumineuse.

En plus de leur intérêt pour l'alimentation humaine, les pois chiches jouent un rôle important dans les systèmes agricoles durables. En tant que légumineuse, le pois chiche est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*, ce qui contribue à la fertilité des sols et réduit les besoins en engrais azotés (**Saxena, 1990**). La recherche agronomique s'attache à développer des variétés de pois chiches plus résistantes aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'à améliorer leur qualité nutritionnelle et leurs rendements (**Millan et al., 2006**). Des efforts sont également entrepris pour promouvoir la culture et la consommation de pois chiches, en particulier dans les régions où la sécurité alimentaire et la malnutrition sont des enjeux majeurs.

2-2 Le haricot

Le haricot (*Phaseolus vulgaris*) est une légumineuse de la famille des Fabacées, largement cultivée pour ses graines comestibles. Originaire d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud, le haricot est aujourd'hui présent dans de nombreuses régions du monde, s'adaptant à divers climats et types de sols (**Broughton et al., 2003**). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "le haricot est la légumineuse la plus importante pour la consommation humaine directe" (**FAO, 2021**).

Les haricots sont principalement cultivés pour leurs graines, qui sont riches en nutriments essentiels. Ils sont une excellente source de protéines végétales, de fibres alimentaires, de vitamines (notamment les vitamines du groupe B) et de minéraux, tels que le fer, le zinc et le magnésium (**Hayat et al., 2014**). Les haricots contiennent également des composés bioactifs bénéfiques pour la santé, comme les polyphénols et les flavonoïdes (**Câmara et al., 2013**).

Sur le plan nutritionnel, les haricots se distinguent par leur faible index glycémique et leur capacité à réguler la glycémie, ce qui en fait un aliment de choix pour les personnes diabétiques (**Thompson et al., 2012**). De plus, la consommation régulière de haricots a été

associée à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires, de certains cancers et de l'obésité (**Hutchins et al., 2012**).

Les haricots sont consommés sous diverses formes, des graines entières aux farines, en passant par les purées et les soupes. Ils sont un ingrédient de base dans de nombreuses cuisines traditionnelles à travers le monde, offrant une grande diversité de préparations culinaires (**Broughton et al., 2003**).

Les haricots secs, les haricots verts, les flageolets et les azukis sont quelques exemples de la variété des haricots consommés.

En plus de leur intérêt pour l'alimentation humaine, les haricots jouent un rôle important dans les systèmes agricoles durables. En tant que légumineuse, le haricot est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*, ce qui contribue à la fertilité des sols et réduit les besoins en engrais azotés (**Peoples et al., 2009**).

La recherche agronomique s'attache à développer des variétés de haricots plus résistantes aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'à améliorer leur qualité nutritionnelle et leurs rendements (**Beebe et al., 2013**). Des efforts sont également entrepris pour promouvoir la culture et la consommation de haricots, en particulier dans les régions où la sécurité alimentaire et la malnutrition sont des enjeux majeurs.

2-3 La lentille

La lentille (*Lens culinaris*) est une légumineuse de la famille des Fabacées, cultivée pour ses graines comestibles riches en nutriments. Originaires du Proche-Orient, les lentilles sont aujourd'hui répandues dans le monde entier, s'adaptant à divers climats et types de sols (**Erschine et al., 2009**). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "la lentille est une source importante de protéines, de fibres alimentaires et de micronutriments essentiels dans de nombreux pays en développement" (**FAO, 2021**).

Les lentilles sont principalement cultivées pour leurs graines, qui sont riches en nutriments essentiels. Elles sont une excellente source de protéines végétales, de fibres alimentaires, de vitamines (notamment les vitamines du groupe B et l'acide folique) et de minéraux, tels que le fer, le zinc et le magnésium (**Urbano et al., 2007**). Les lentilles contiennent également des composés bioactifs bénéfiques pour la santé, comme les polyphénols et les phytostérols (**Roy et al., 2010**).

Sur le plan nutritionnel, les lentilles se distinguent par leur faible index glycémique et leur capacité à réguler la glycémie, ce qui en fait un aliment de choix pour les personnes diabétiques (**Jenkins et al., 2012**). De plus, la consommation régulière de lentilles a été associée à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires, de certains cancers et de l'obésité (**Abeysekara et al., 2012**).

Les lentilles sont consommées sous diverses formes, des graines entières aux farines, en passant par les soupes et les purées. Elles sont un ingrédient de base dans de nombreuses cuisines traditionnelles, notamment dans les régions méditerranéennes, moyen-orientales et indiennes (**Erskine et al., 2009**). Les lentilles vertes, les lentilles corail et les lentilles noires sont quelques exemples de la diversité des lentilles consommées.

En plus de leur intérêt pour l'alimentation humaine, les lentilles jouent un rôle important dans les systèmes agricoles durables. En tant que légumineuse, la lentille est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*, ce qui contribue à la fertilité des sols et réduit les besoins en engrais azotés (**Gan et al., 2015**).

La recherche agronomique s'attache à développer des variétés de lentilles plus résistantes aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'à améliorer leur qualité nutritionnelle et leurs rendements (**Kumar et al., 2013**). Des efforts sont également entrepris pour promouvoir la culture et la consommation de lentilles, en particulier dans les régions où la sécurité alimentaire et la malnutrition sont des enjeux majeurs.

2.4. Les petits pois :

Les petits pois (*Pisum sativum*) sont des légumes de la famille des Fabacées, cultivés pour leurs graines tendres et sucrées. Originaires du Proche-Orient, les petits pois sont aujourd'hui largement répandus dans le monde entier, s'adaptant à divers climats et types de sols (**Smýkal et al., 2012**). Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), "les petits pois sont une source importante de nutriments essentiels et de composés bioactifs bénéfiques pour la santé" (**FAO, 2021**).

Les petits pois sont principalement cultivés pour leurs graines immatures, récoltées avant que les graines ne durcissent. Ils sont riches en nutriments essentiels, notamment en fibres alimentaires, en vitamines (en particulier la vitamine C, la vitamine K et les vitamines du groupe B) et en minéraux, tels que le fer, le zinc et le manganèse (**Dahl et al., 2012**). Les petits pois contiennent également des phytonutriments bénéfiques pour la santé, comme les polyphénols et les saponines (**Marles, 2017**).

Sur le plan nutritionnel, les petits pois se distinguent par leur faible index glycémique et leur capacité à réguler la glycémie, ce qui en fait un aliment de choix pour les personnes diabétiques (**Schäfer et al., 2003**). De plus, la consommation régulière de petits pois a été associée à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires, de certains cancers et de l'obésité (**Dahl et al., 2012**).

Les petits pois sont consommés sous diverses formes, des graines fraîches aux conserves, en passant par les surgelés. Ils sont un ingrédient apprécié dans de nombreuses cuisines à travers le monde, offrant une saveur sucrée et une texture tendre aux plats (**Smýkal et al., 2012**). Les petits pois sont souvent utilisés dans les salades, les soupes, les ragoûts et comme accompagnement de plats principaux.

En plus de leur intérêt pour l'alimentation humaine, les petits pois jouent un rôle important dans les systèmes agricoles durables. En tant que légumineuse, le pois est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*, ce qui contribue à la fertilité des sols et réduit les besoins en engrais azotés (**Stagnari et al., 2017**).

La recherche agronomique s'attache à développer des variétés de petits pois les plus résistantes aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'à améliorer leur qualité nutritionnelle et leurs rendements. Des efforts sont également entrepris pour promouvoir la culture et la consommation de petits pois, en particulier dans le cadre d'une alimentation saine et durable (**Warkentin et al., 2015**).

Partie Pratique

➤ Matériel et méthodes

1. Matériel et produits utilisés

Le matériel et les produits utilisés dans cette expérimentation sont comme suit :

- ✓ Les bocaux en vers
- ✓ Casserole pour bouillir
- ✓ Balance électronique
- ✓ Coton hydrophile
- ✓ Papier aluminium
- ✓ Autoclave
- ✓ La haute à flux laminaire
- ✓ Etuve
- ✓ Pied à coulisse
- ✓ L'éthanol 70%
- ✓ Les choux vifs
- ✓ Gel désinfectant

2. Matériel biologique utilisé :

Le matériel biologique utilisé dans notre travail a été obtenu du commerce et est composé de :

- ✓ Mycélium de *Pleurotus ostreatus*
- ✓ Céréales
 - / Riz
 - / Orge
 - / Blé
 - / Mais
 - / Avoine
- ✓ Oléagineuse
 - / Pois chiche
 - / Haricot blanc
 - / Lentille vert

4. Méthodologie de travail

4.1 Le Choix des graines

Le choix des graines a été basé sur la disponibilité de ces graines sur le marché local.

A- Les céréales

L'orge, blé, l'avoine et le maïs sont disponibles et coûtent moins cher sur le marché.

Nous avons utilisé le même volume ($2/3$ de bocal = 22cc) de chaque graine ce qui signifie que les poids utilisés sont différents d'une graine à une autre.

Les céréales sont bien choisies et aussi triées pour éliminer les mauvaises graines qui peuvent fausser les résultats et nuire à la qualité du travail.

Après avoir rempli les deux tiers des bocaux nous avons pesé ces céréales et nous avons obtenu les poids suivants le **tableau 1**.

Tableau 1 : poids sec et humide des graines de céréales utilisées.

graine	nombre	Poids sec (g)	poids humide (g)	Volume (cc)
Orge	03	115	130	22
Blé	03	146	160	22
Avoine	03	113	120	22
Maïs	03	150	160	22

B- Les oléagineuses

Le pois chiche, le haricot blanc, le riz et la lentille ont été utilisés dans cette expérimentation.

Nous avons adopté le même principe utilisé pour les céréales car nous avons utilisé le même volume ($2/3$ de bocal = 22cc) de chaque graine ce qui signifie que les poids utilisés sont différents d'une graine à une autre (**tableau 2**).

Tableau 2 : poids sec et humide des graines d'oléagineuses utilisées.

graine	Nombre	Poids sec (g)	Poids humide(g)	Volume (cc)
Pois-chiche	03	130	130	22
Haricot	03	150	125	22
Riz	03	165	130	22
Lentille	03	194	160	22

4.2 Choix des bocaux

Les bocaux utilisés sont en verre avec des fermetures en métal et n'ont jamais été utilisés avant. Ils ont des dimensions de 11,5cm sur 7,5cm et avec un volume de 32cc.

Pour chaque type de graine nous avons utilisé trois bocaux ce qui signifie que pour les huit types de graines nous avons utilisé 24 bocaux.

Les fermetures des bocaux ont été perforées (5mm) pour permettre aux graines de respirer durant l'expérimentation et cette perforation a été couverte avec du coton afin d'éviter la contamination des graines (**figure 2**).

4.3 humidification des graines

Nous avons fait bouillir les graines dans une casserole pendant 15 à 25 minutes afin d'humidifier ces graines et pour éviter leur germination pendant la croissance du mycélium.

4.4 refroidissement et égouttage

Après l'ébullition des graines, nous avons éliminé l'eau à l'aide d'un tamis en plastique et nous avons laissé les graines jusqu'à l'égouttage total de ces graines sans qu'il y ait un séchage excessif afin d'atteindre une humidité de ces graines avoisinant 60 à 65%.

4.5 Remplissage des bocaux

Après le refroidissement et l'élimination de l'eau, les quantités de chaque type de graine est divisée sur les trois bocaux en remplissant les 2/3.



Figure 2 : préparation des bocaux (photo originale)

4.6 L'addition du la chou

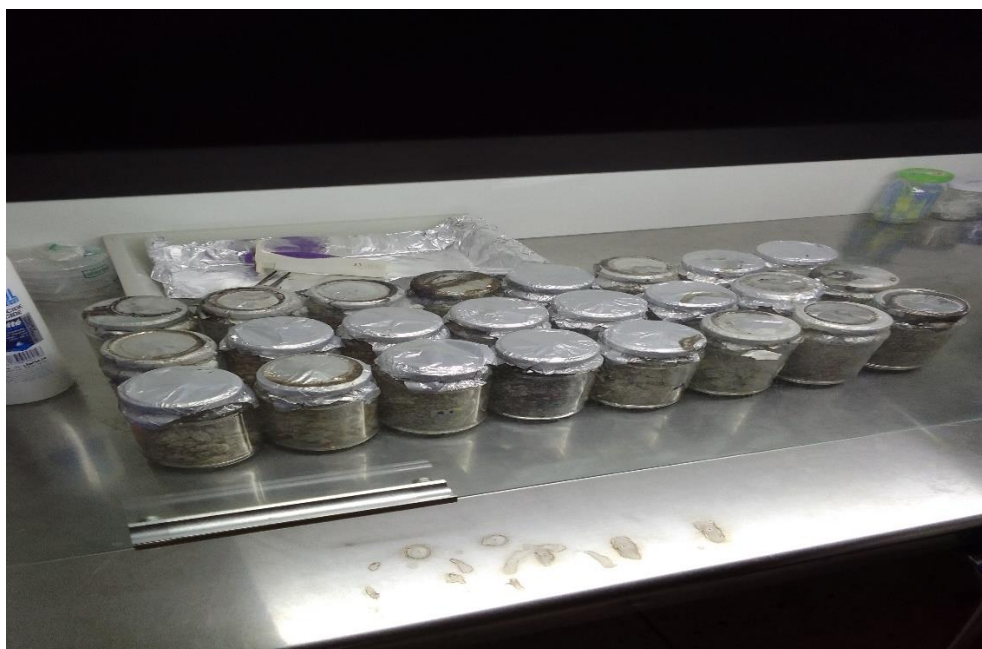
- Après le remplissage des bocaux nous avons ajouté 2% de la chou vif du poids humide dans chaque un des bocaux (**tableau 3**), après nous avons fermé les perforations avec un coton hydrophile
- Nous avons couvert la partie supérieure des bocaux avec un papier aluminium et cela pour évite l'humidification de coton.
- Les bocaux ont été étiquetés pour définir le type de graines utilisé et le numéro de répétition.

Tableau 3 : Les quantité de chaux ajoutées à chaque graine

Graines	Poids humide des graines (g)	Quantité de chaux ajoutée (g)
Orge	130	02.6
Blé	160	03.2
Avion	120	02.4
maïs	160	03.2
Pois-chiche	130	02.6
Haricot	125	02.5
Riz	130	02.6
Lentille	160	03.2

4.7 Stérilisation

Les bocaux sont transférés à l'autoclave afin de les stériliser pendant 90 minute à la température de 121°C. Après la stérilisation nous avons laissés les bocaux reposer et refroidir pour faire l'inoculation (**figure 3**).

**Figure 3 :** Les flacons contenant les différentes graines après stérilisation (**photo originale**)

4.8 L'inoculation

Cette opération est la plus importante, elle doit être faite avec précaution et dans des conditions de stérilité, elle se déroule comme suite :

- ❖ après la désinfection des mains et de matériel (**figure 4**), nous avons mis les bocaux dans la haute à flux laminaire avec le mycélium et la balance (**figure 5**).



Figure 4 : désinfection de matériel avec de l'éthanol à 70% (photo originale).



figure 5 : la haute à flux laminaire (photo originale)

- ❖ à l'aide d'une spatule nous avons pesé 7g de mycélium (**figure 6**) ce qui constitue un taux avoisinant 5% du poids des graines (Sofi et al., 2014) et nous l'avons ajouté dans chaque bocal (**figure 7**) que nous avons refermé par la suite.



Figure 6 : pesé du mycélium pour inoculation



Figure 7 : Inoculation des bocaux par le mycélium de pleurotes (photo originale)

- ❖ ensuite nous avons transformé tous les bocaux à l'étuve qui a été préalablement réglée à la température de 25°C (figure 8) afin de commencer le suivi de l'envahissement des graines par le mycélium (figure 9).



Figure 8 : Température de l'étuve (photo originale).



Figure 9 : dépôt des bocaux dans l'étuve (photo originale)

4.9 Suivre de l'envahissement

Après le dépôt des bocaux dans l'étuve, les mesures de l'envahissement sont pris chaque deux jour jusqu'à l'envahissement total des différentes graines.

Il faut signaler que l'envahissement a été du haut en bas puisque le mycélium a été déposé à la surface des différentes graines étudiés.

Le dépôt des bocaux dans l'étuve le 22/04/2024

Mois d'avril





Figures 12,13,14 : début d'envahissement





Figures 15,16,17 : suivi d'envahissement

Mois de mai





Figures 18,19,20 : fin d'envahissement

Résultats et discussion

1- L'envahissement des graines par le mycélium des pleurotes

1.1. Les céréales

1.1.1. L'orge

A travers la **figure 9**, il apparaît que le mycélium de *Pleurotus ostreatus* a nécessité 16 jours pour coloniser la totalité des graines d'orge.

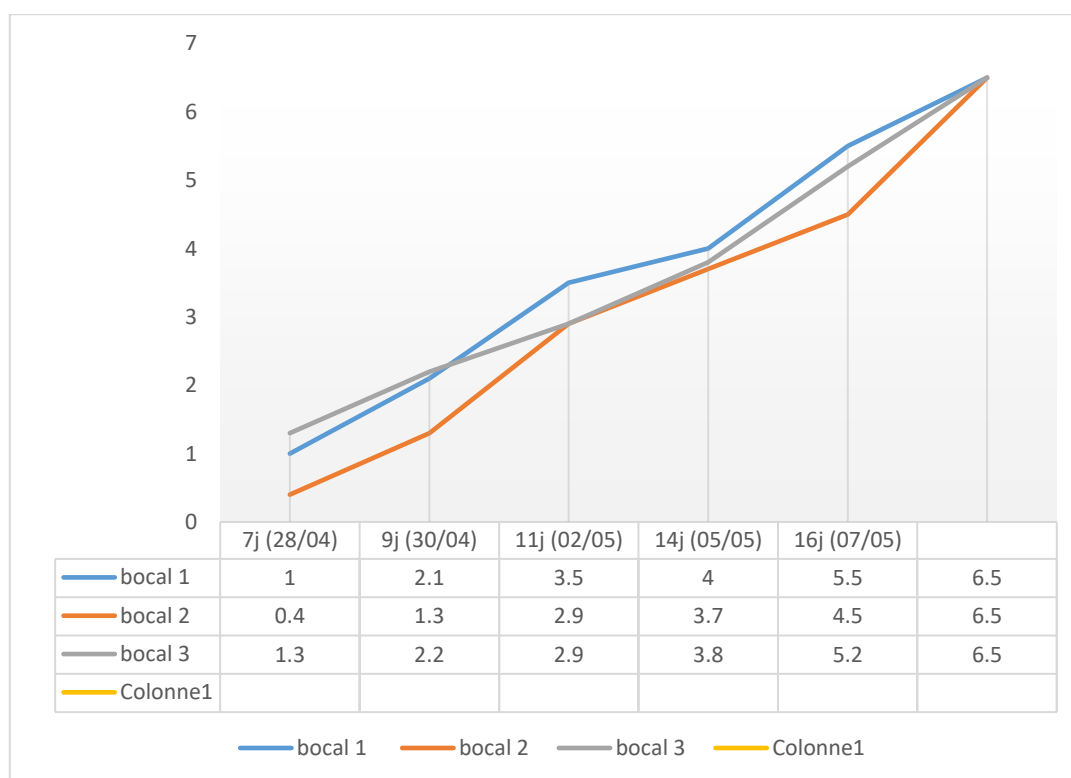


Figure 9 : Vitesse d'envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur l'orge.

1.1.2. Blé

La **figure 10** nous montre que le premier bocal a démontré le plus faible taux de croissance mais qui lui aussi colonisé la totalité des graines après 16 jours de culture.

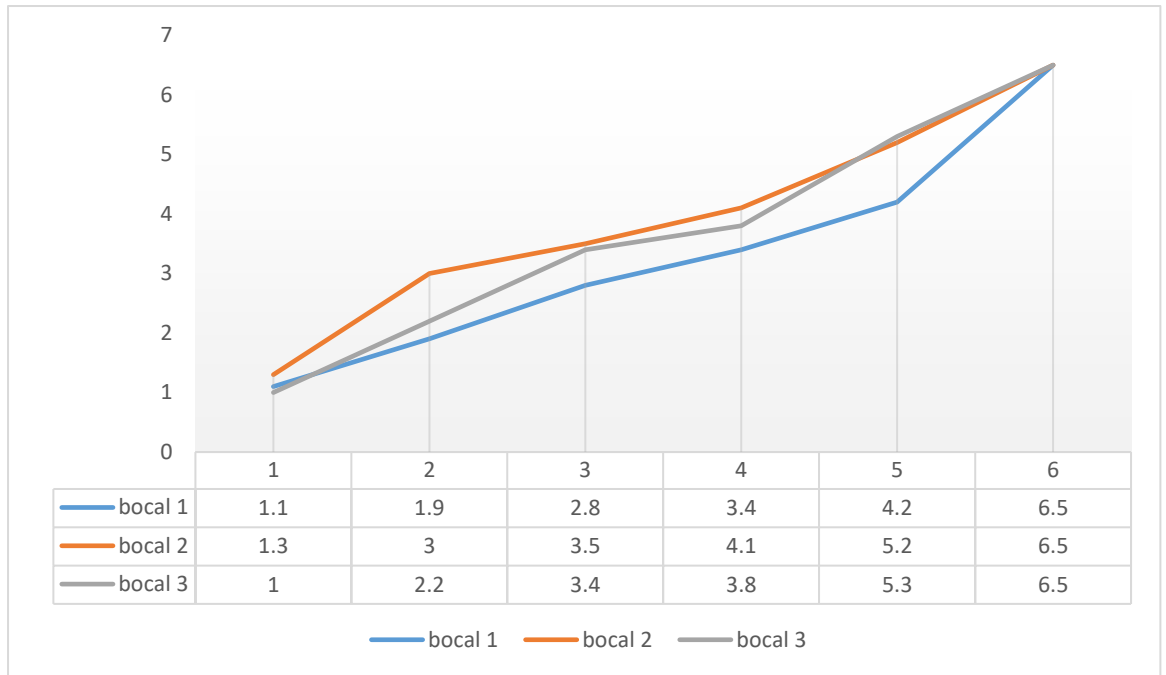


Figure 10 : Vitesse d’envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur le blé.

1.1.3. L’avoine

D’après la **figure 11**, nous remarquons que le mycélium des trois bocaux enregistre une similarité de croissance après le 9^{ème} jour de croissance.

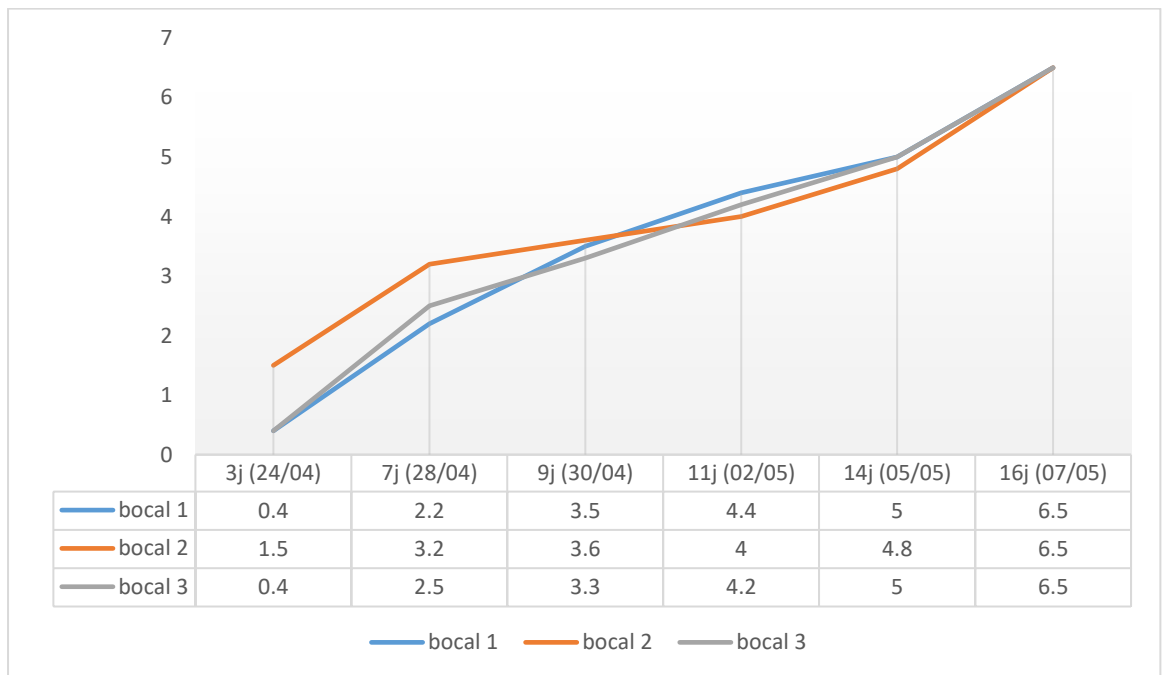
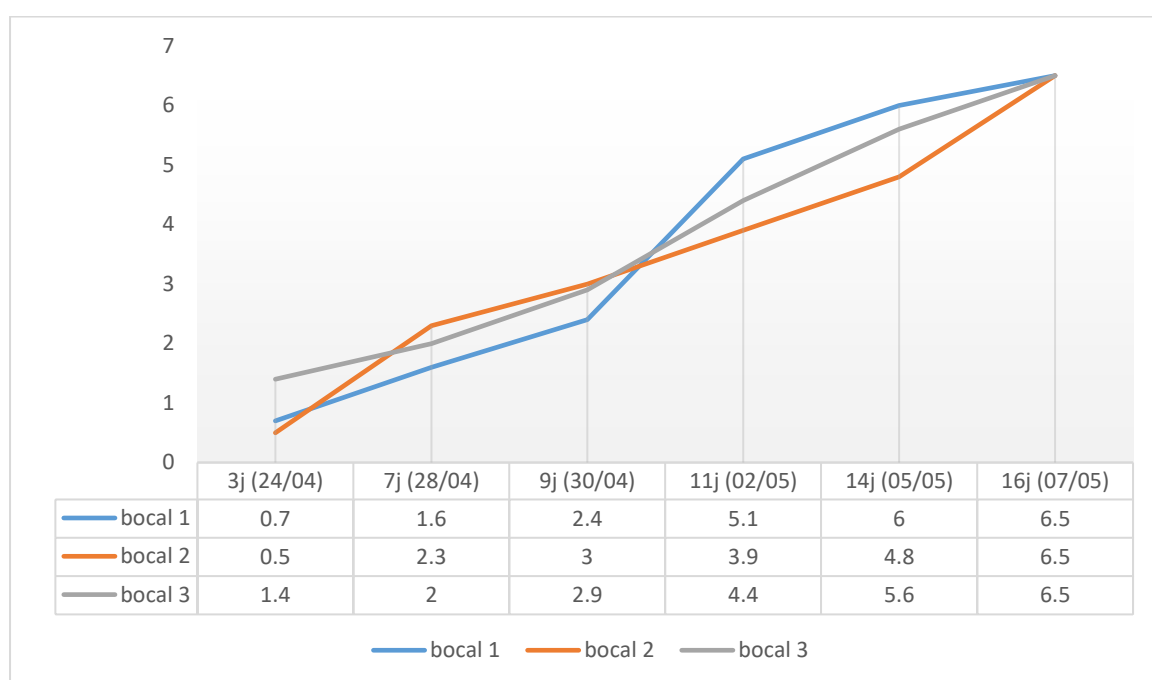


Figure 11 : Vitesse d'envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur l'avoine

1.1.4. Mais

Dans le premier bocal la croissance du mycélium a été la plus faible mais qui s'est rattrapé après 10 jours de culture et a même dépassé les autres bocaux au 11^{ème} (**Figure 12**)

**Figure 12 :** Vitesse d'envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur le maïs

1.1.5. Le riz

Sur le riz le mycélium du troisième bocal a démontré une vitesse de croissance plus importante que celle des autres bocaux suivi par celle du premier bocal (**Figure 13**).

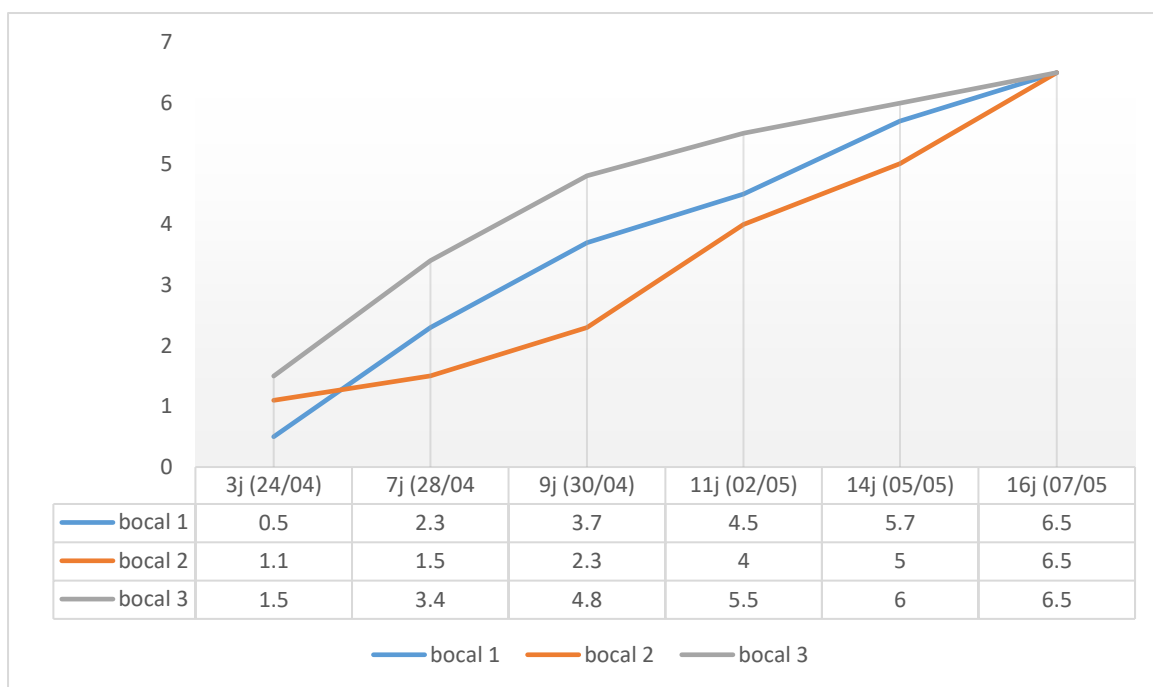


Figure 13 : Vitesse d’envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur le riz

1.2. Les légumineuses

Dans cette étude nous avons remarqué aussi que le mycélium de *Pleurotus ostreatus* a colonisé la totalité des graines de pois chiche, de haricot et de lentille après 16 jours de culture (Figures 14, 15 et 16).

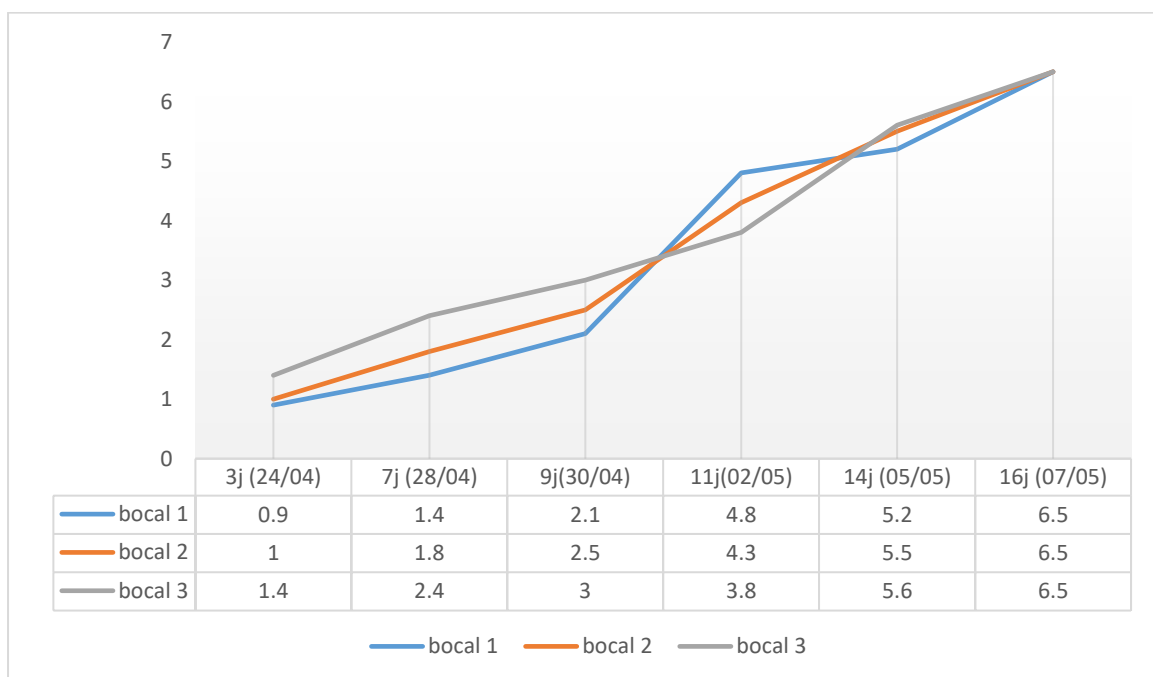


Figure 14 : Vitesse d’envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur le pois chiche

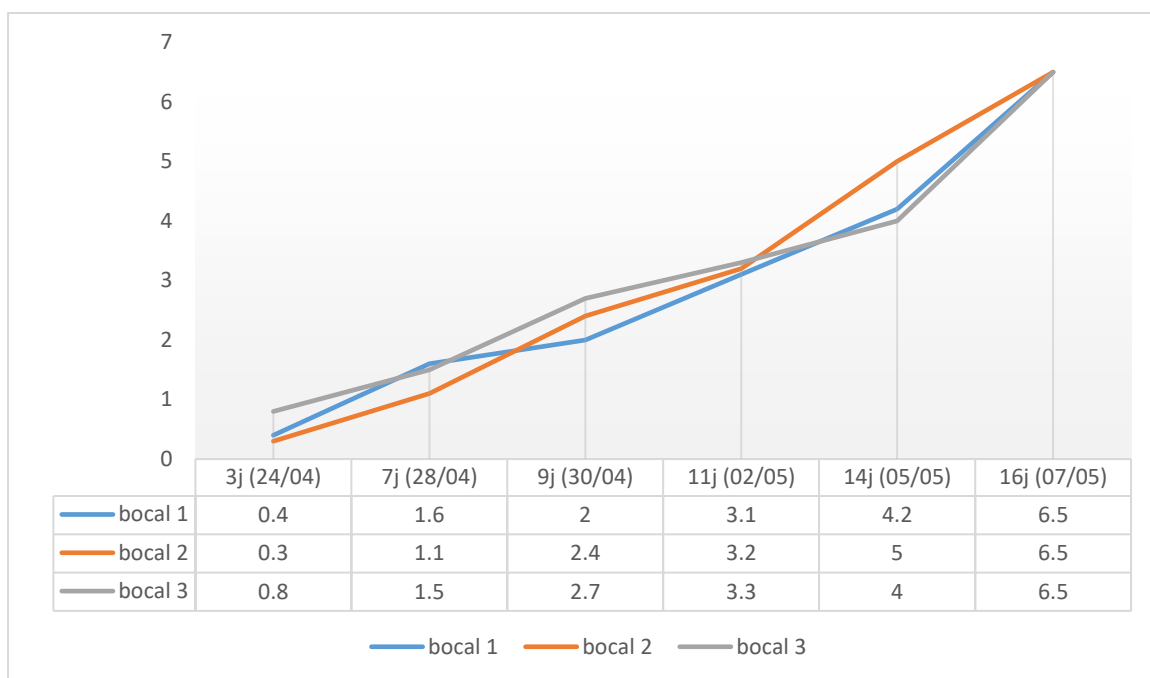


Figure 15 : Vitesse d’envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur le haricot

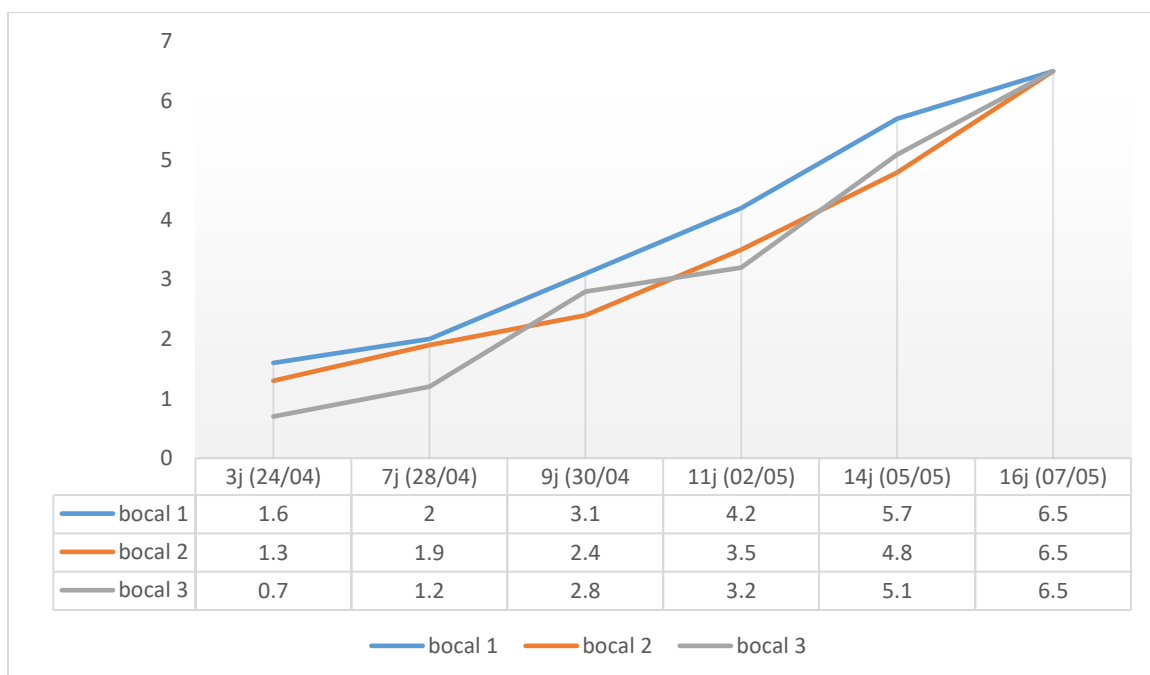
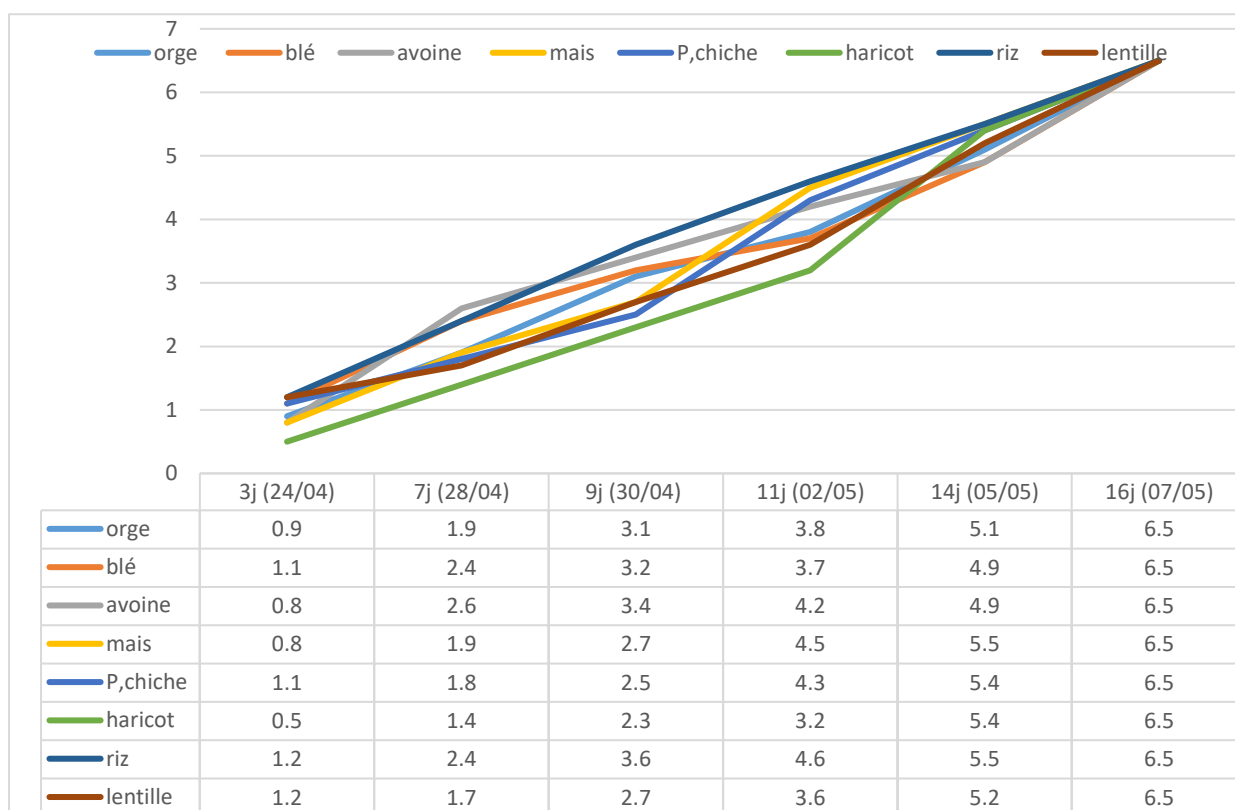


Figure 16 : Vitesse d’envahissement du mycélium de *Pleurotus ostreatus* sur le lentille.

1.3. Récapitulation



L'envahissement dans tous les bocaux à commencer presque au même temps et les vitesses se sont changé au fil du temps. La fin de l'envahissement était convergente

donc nous avons remarqué que le haricot, le riz et le lentille a démontré une vitesse sensiblement lente que les autres graines suivi par celles de l'orge et du pois chiche et en dernier lieu celles du maïs, d'avoine et du blé.

2- Discussion

La qualité de la semence, la croissance mycélienne et la densité sont très importantes pour la culture des champignons (Yildiz, 1994; Akbayin et al., 1998).

Les résultats de cette expérimentation ont montré que le diamètre d'extension de la colonie dans diverses céréales est différent et est affecté par le type de substrat. Selon Sofi et al., (2014), la plus grande surface et les pores des substrats sont responsables de la croissance plus importante du mycélium. Étant donné que la taille des graines de maïs est plus grande que celle des graines de blé, les pores des graines de maïs sont également plus grands. En conséquence, cela influence le taux de croissance du mycélium. La croissance accrue du

mycélium dans le maïs est probablement due à une ventilation accrue et la concentration en Oxygène dans le substrat de maïs sous forme d'O₂ est l'un des plus importants facteurs environnementaux, il joue un rôle important dans le métabolisme et est essentiel à la respiration des champignons. Pour une respiration maximale, il y a une croissance active du mycélium. Par conséquent, aux concentrations les plus faibles en O₂, ce qui signifie que le taux de respiration est directement lié à la concentration en O₂ du substrat (**Siddhant et al., 2013**).

Bandura et al. (2022) ont testé l'adéquation de différents matériaux céréaliers pour la production de semence de champignons. Les résultats ont indiqué que l'utilisation du blé seul, ou en combinaison avec le millet, n'était pas la meilleure parmi les grains testés. L'orge, l'avoine et leurs combinaisons ont montré des performances équivalentes en tant que matériaux de semence. Cependant, la combinaison qui s'est distinguée le plus était celle du blé, du millet et de l'avoine car elle a surpassé toutes les autres combinaisons de substrats sous des conditions régulées et non régulées. De plus, l'utilisation de cette combinaison serait plus rentable, car elle pourrait représenter des économies significatives sur les matériaux de semence et ainsi réduire le coût de la semence dans l'industrie des champignons.

Selon **Solangi (1988)**, parmi quatre types de grains différents testés pour la préparation de semences de *Pleurotus ostreatus*, les grains de sorgho étaient les meilleurs, suivis par ceux de maïs, de blé et de millet perlé. **Lozano (1990)**, **Moorthy & Mohanan (1991)**, **Mansur et al. (1992)**, **Marimuthu (1995)**, **Mathew et al. (1996)**, **Hafeez et al. (2000)** et **Jiskani et al. (2000)** ont également cultivé des semences sur des grains de sorgho et ont rapporté des résultats similaires que celle **Jiskani et al. (2007)**.

Dans une étude menée par **Maurya et al. (2019)**, Six types de substrats ont été utilisés pour déterminer la croissance linéaire du mycélium de *Pleurotus ostreatus*, et il a été constaté que les grains de sorgho nécessitaient le moins de jours pour compléter la colonisation mycélienne, suivis par le millet perlé, les grains de blé, les grains de riz, les grains de maïs et les grains de pois. Il ressort également du tableau que les grains de pois soutenaient une faible croissance végétative de *Pleurotus ostreatus*.

Thulasi et al. (2010) ont observé que les grains de sorgho étaient un substrat significatif pour la préparation de semence de *P. florida* et *P. eous*. **Oei et Nieuwenhuijzen, (2005)** ont constaté que L'utilisation des grains de sorgho est répandue dans le monde entier pour la préparation de semence de pleurote. De leurs coté **Sharma et al., (2006)**, constatent que les graines de sorgho, de blé, d'orge et de maïs sont utilisés à l'échelle industrielle pour la préparation de semence des champignons comestibles.

Dans une étude menée par **Nguyen et Ranamukhaarachchi (2020)**, ils ont constaté que les grains d'orge et de seigle étaient les plus favorables à la croissance du mycélium de *P. eryngii*, tandis que les grains d'avoine étaient la meilleure source pour améliorer à la fois l'extension et la densité mycélienne de *P. ostreatus*. Ils ajoutent aussi que l'ajout de marc de café usagé au substrat de paille de blé a amélioré l'extension mycélienne, tandis que le substrat contenant 50 % de paille de blé + 50 % de carton était le plus favorable à la fois pour la croissance mycélienne et la formation de primordia chez *P. eryngii* et *P. ostreatus*.

Conclusion

Pleurotus ostreatus est cultivé et consommé partout dans le monde puisqu'elle est reconnue pour sa valeur nutritive et ses vertus curatives d'aliment ou aliment fonctionnel.

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

Selon cette expérience nous avons conclu que le mycélium de *Pleurotus ostreatus* peut se développer facilement et très vite dans des différents grains pendant seize (16) jours, les bocaux ont été remplis d'un volume de vingt-deux (22) cc.

Cela après avoir créé de bonnes conditions telle que « la stérilisation des graines, la désinfection des mains et matériel »

Aussi le bon déroulement des étapes de travail telle que « choix des graines, bonne ébullition, bon égouttage des graines »

Comme perspectives nous suggérons d'utiliser d'autres types de graines non conventionnelles pour la production de semences destinée à la culture de pleurotes pour ne pas affecter la disponibilité des graines destinées à la consommation humaine et animale.

Références

1. Kumar, V., Singh, S., & Singh, R. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi and *Pleurotus ostreatus*: a potential strategy for improving crop productivity and soil health. *Applied Soil Ecology*, 95, 115-120.
2. Mata, G., Savoie, J. M., & Roy, G. (2017). Cultivation of *Pleurotus ostreatus*: a review. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(1), 1-15.
3. Rajarathnam, S., Bano, Z., & Singh, R. (1988). Influence of temperature, light and carbon dioxide on the growth and fruiting of *Pleurotus ostreatus*. *Mushroom Science*, 11, 55-60.
4. Sánchez, A., Hernández, M., & Ruiz, J. (2013). Plant growth-promoting bacteria and their potential application in *Pleurotus ostreatus* cultivation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(2), 639-647.
5. Zadražil, F. (1975). The influence of environmental factors on the growth and fruiting of *Pleurotus ostreatus*. *Mushroom Science*, 9, 25-30.
6. Jayakumar, T., Thomas, P. A., & Geraldine, P. (2011). Medicinal properties of *Pleurotus ostreatus*: a review. *Journal of Pharmacy Research*, 4(2), 155-159.
7. Kummer, P. (1871). *Der Führer in die Pilzkunde*. W. Engelmann.
8. Mata, G., Savoie, J. M., & Roy, G. (2017). Cultivation of *Pleurotus ostreatus*: a review. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(1), 1-15.
9. Rajarathnam, S., Bano, Z., & Singh, R. (1988). Influence of temperature, light and carbon dioxide on the growth and fruiting of *Pleurotus ostreatus*. *Mushroom Science*, 11, 55-60.
10. Wasser, S. P. (2010). Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 88(1), 1-16.
11. Zadražil, F. (1975). The influence of environmental factors on the growth and fruiting of *Pleurotus ostreatus*. *Mushroom Science*, 9, 25-30.
- (1) CHANG, S. T. (2010). OVERVIEW OF MUSHROOM CULTIVATION AND UTILIZATION AS FUNCTIONAL FOODS. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICINAL MUSHROOMS*, 12(1), 1-12.
- (2) WASSER, S. P. (2010). MEDICINAL MUSHROOM SCIENCE: HISTORY, CURRENT STATUS, FUTURE PROSPECTS, AND UNSOLVED PROBLEMS. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICINAL MUSHROOMS*, 12(1), 13-28.
- (3) CHEUNG, P. C. K. (2013). MUSHROOM AND HEALTH. *NUTRIENTS*, 5(10), 3490-3502.
- (4) KALAC, P. (2013). A REVIEW OF EDIBLE MUSHROOM NUTRITION AND HEALTH. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE*, 78(2), R243-R253.
- (5) FALANDYSZ, J. (2014). MINERAL COMPOSITION OF OYSTER MUSHROOMS (*PLEUROTUS OSTREATUS*) FROM DIFFERENT SUBSTRATES. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE*, 79(2), S144-S149.
- (6) ZHANG, J. (2015). ANTIOXIDANT AND ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITIES OF POLYSACCHARIDES FROM *PLEUROTUS OSTREATUS*. *CARBOHYDRATE POLYMERS*, 131, 185-193.

- (7) GAO, Y. (2016). ANTITUMOR ACTIVITIES OF POLYSACCHARIDES FROM PLEUROTUS OSTREATUS. INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES, 93, 1144-1152.
- (8) SINGH, R. (2017). EDIBLE MUSHROOMS AS NOVEL FUNCTIONAL FOODS. JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, 54(4), 1086-1096.
- (9) LEE, S. (2018). COSMECEUTICAL APPLICATIONS OF MUSHROOM-DERIVED INGREDIENTS. JOURNAL OF COSMETICS, DERMATOLOGICAL SCIENCES AND APPLICATIONS, 8(2), 147-155.
- (10) MANZI, P. (2019). SUSTAINABLE PRODUCTION OF EDIBLE MUSHROOMS: A REVIEW. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, 235, 1220-1231.
- (11) HUANG, Y. (2020). ECONOMIC ANALYSIS OF OYSTER MUSHROOM PRODUCTION IN CHINA. JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS, 71(2), 341-355.
12. FAO. (2021). Les céréales. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/cereals/fr/>
13. Khush, G. S. (2005). What it will take to Feed 5.0 Billion Rice consumers in 2030. Plant Molecular Biology, 59(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11103-005-2159-5>
14. Slavin, J. (2004). Whole grains and human health. Nutrition Research Reviews, 17(1), 99-110. <https://doi.org/10.1079/NRR200374>
15. FAO. (2021). Le riz. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/rice/fr/>
16. Huke, R. E., & Huke, E. H. (1990). Rice: Then and Now. International Rice Research Institute.
17. Kennedy, G., & Burlingame, B. (2003). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. Food Chemistry, 80(4), 589-596. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00507-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00507-1)
18. Khush, G. S. (2005). What it will take to Feed 5.0 Billion Rice consumers in 2030. Plant Molecular Biology, 59(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11103-005-2159-5>
19. Khush, G. S. (2013). Strategies for increasing the yield potential of cereals: case of rice as an example. Plant Breeding, 132(5), 433-436. <https://doi.org/10.1111/pbr.1991>
20. Maclean, J. L., Dawe, D. C., Hardy
21. Baik, B. K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. Journal of Cereal Science, 48(2), 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>

22. Behall, K. M., Scholfield, D. J., & Hallfrisch, J. (2004). Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(5), 1185-1193. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1185>
23. Carr, P. M., Horsley, R. D., & Poland, W. W. (2004). Barley, oat, and cereal-pea mixtures as dryland forages in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 96(3), 677-684. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0677>
24. Newman, C. W., & Newman, R. K. (2008). *Barley for food and health: Science, technology, and products*. John Wiley & Sons.
25. Ullrich, S. E. (2010). *Barley: Production, improvement,*
26. Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., ... & Zhu, Y. (2015). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5(2), 143-147. <https://doi.org/10.1038/nclimate2470>
27. Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten?. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32, 78-81. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>
28. FAO. (2021). Le blé. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/wheat/fr/>
29. Hawkesford, M. J. (2014). Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 276-283. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.12.001>
30. Amadou, I., Gounga, M. E., & Le, G. W. (2013). Millets: Nutritional composition, some health benefits and processing-A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(7), 501-508. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i7.12045>
31. FAO. (2021). Les millets. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/millets/fr/>
32. Naylor, R. L., Falcon, W. P., Goodman, R. M., Jahn, M. M., Sengooba, T., Tefera, H., & Nelson, R. J. (2004). Biotechnology in the developing world: a case for increased investments in orphan crops. *Food Policy*, 29(1), 15-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.01.002>
33. Bouis, H. E., & Welch, R. M. (2010). Biofortification—a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global south. *Crop Science*, 50, S-20-S-32. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.09.0531>
34. FAO. (2021). Le maïs. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/maize/fr/>

35. Nuss, E. T., & Tanumihardjo, S. A. (2010). Maize: a paramount staple crop in the context of
36. FAO. (2021). L'avoine. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/oats/fr/>
37. Gulvady, A. A., Brown, R. C., & Bell, J. A. (2013). Nutritional comparison of oats and other commonly consumed whole grains. In *Oats Nutrition and Technology* (pp. 71-93). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118354100.ch4>
38. FAO. (2021). Chickpea. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/pulses/en/chickpea>
39. Jenkins, D. J., Kendall, C. W., Augustin, L. S., Mitchell, S., Sahye-Pudaruth, S., Blanco Mejia, S., ... & Josse, R. G. (2012). Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 172(21), 1653-1660. <https://doi.org/10.1001/2013.jamainternmed.70>
40. Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
41. Millan, T., Clarke, H. J., Siddique, K. H. M., Buhariwalla, H. K., Gaur, P. M., Kumar, J., ... & Winter, P. (2006). Chickpea molecular breeding: new tools and concepts. *Euphytica*, 147(1), 81-103. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-4261-4>
42. Murty, C. M., Pittaway, J. K., & Ball, M. J. (2010). Chickpea supplementation in an Australian diet affects food choice, satiety and bowel health. *Appetite*, 54(2), 282-288. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.11.012>
43. Saxena, M. C. (1990). Problems and potential of chickpea production in the nineties. In *Chickpea in the Nineties: Proceedings of the Second International Workshop on Chickpea Improvement* (pp. 13-27). ICRISAT.
44. Wood, J. A., & Grusak, M. A. (2007). Nutritional value of chickpea. In *Chickpea Breeding and*
45. Beebe, S., Rao, I. M., Blair, M. W., & Acosta-Gallegos, J. A. (2013). Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, 4, 35. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00035>
46. Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55-128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>

47. Câmara, C. R. S., Urrea, C. A., & Schlegel, V. (2013). Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a functional food: Implications on human health. *Agriculture*, 3(1), 90-111. <https://doi.org/10.3390/agriculture3010090>
48. FAO. (2021). Beans. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/pulses/en/beans>
49. Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 580-592. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>
50. Hutchins, A. M., Winham, D. M., & Thompson, S. V. (2012). Phaseolus beans: impact on glycaemic response and chronic disease risk in human subjects. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S52-S65. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000761>
51. Peoples, M. B., Brockwell, J., Herridge, D. F., Rochester, I. J., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., ... & Jensen, E. S. (2009). The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis*, 48(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/BF03179980>
52. Thompson, S. V., Winham, D. M., & Hutchins, A. M. (2012). Bean and rice meals reduce postprandial glycaemic response in adults with type 2 diabetes: a cross-over study. *Nutrition Journal*, 11(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-23>
53. Abeysekara, S., Chilibeck, P. D., Vatanparast, H., & Zello, G. A. (2012). A pulse-based diet is effective for reducing total and LDL-cholesterol in older adults. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S103-S110. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000748>
54. Erskine, W., Muehlbauer, F. J., Sarker, A., & Sharma, B. (Eds.). (2009). *The lentil: botany, production and uses*. CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845934873.0000>
55. FAO. (2021). Lentils. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/pulses/en/lentils>
56. Gan, Y., Hamel, C., O'Donovan, J. T., Cutforth, H., Zentner, R. P., Campbell, C. A., ... & Poppy, L. (2015). Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity. *Scientific Reports*, 5(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/srep14625>
57. Jenkins, D. J., Kendall, C. W., Augustin, L. S., Mitchell, S., Sahye-Pudaruth, S., Blanco Mejia, S., ... & Josse, R. G. (2012). Effect of legumes as part of a low glycaemic index diet on glycaemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 172(21), 1653-1660. <https://doi.org/10.1001/2013.jamainternmed.70>
58. Kumar, S., Barpete, S., Kumar, J., Gupta, P., & Sarker, A. (2013). Global lentil production: constraints and strategies. *SATSA Mukhapatra-Annual Technical Issue*, 17, 1-13.

59. Roy, F., Boye, J. I., & Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432-442. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.002>
60. Urbano, G., Porres, J. M., Frías, J., & Vidal-Valverde, C. (2007). Nutritional value. In *Lentil* (pp. 47-93). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_4
61. Sofi, B., Ahmad, M., & Khan, M. (2014). Effect of different grains and alternate substrates on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production. *African Journal of Microbiology Research*, 8(14), 1474-1479.
62. Siddhant, Swapnil Y, Singh CS (2013). Spawn and Spawning Strategies for the Cultivation of *Pleurotus eous* (Berkeley) Saccardo. *Int. J. Pharm. Chem. Sc.* 2(3):1494-1500.
63. Bandura, I., Makohon, S., Oleksandr, T. S. Y. Z., Ivanova, I., Khareba, O., Khareba, V., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S. & Chausov, S. (2022). Effect of different grain spawn materials on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mushroom cultivation under unregulated and regulated fruiting conditions. *Acta agriculturae Slovenica*, 118(1), 1-13.
64. Jiskani, M. M., Bhatti, M. I., Wagan, K. H., Pathan, M. A., & Bhatti, A. G. (2007). Determination of sorghum grains for spawn growth of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* (jacq. Ex. Fr) kummer. *Pak. J. Bot*, 39(7), 2681-2684.
65. Solangi, G.R. (1988). Investigation on tropical mushrooms of Sindh. FG-Pa-389 (PK-ARS-214). Final Research Report. 1st Nov., 1984 to 31st Oct. 1988 Department of Plant Pathology, Sindh Agriculture University, Tandojam, pp. 37.
66. Lozano, J.C. (1990). Commercial production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in coffee pulp. *Fitopatologia Colombiana*, 14 (2): 42-47.
67. Moorthy, V.K. and R.C. Mohanan. (1991). Evaluation of various organic substrates for the cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. *Journal of Plantation Crops*, 19 (1): 65-69.
68. Mansur, M., M. Klibansky, I. Gutierrez and L. Gonzalez. (1992). Evaluation of process parameters for production of *Pleurotus* fungi cultivated on cane straw. *Boletín GEPLACEA, Items of Technology*, 9(8): 1-8.
69. Marimuthu, T. (1995). Prospects of oyster mushroom cultivation in Tamil Nadu. *Journal of Ecobiology*, 7(1): 27-34.
70. Mathew, A.V., G. Mathai and M. Suharban. (1996). Performance evaluation of five species of *Pleurotus* (Oyster mushroom) in Kerala. *Mushroom Research*, 5 (1): 9-12.
71. Hafeez, Z., M.K. Shawani, M. Shakeel and Hafiz-ul-llah. (2000). Effects of temperature on linear colony and spawn growth of *Pleurotus florida* (Strain Yelova-1). *Balochistan J. Agri. Sci.*, 1(2): 48-51.
72. Jiskani, M.M., K.H. Wagan, M.A. Pathan and G.H. Jamro. (2000). Spawn growth of oyster mushroom as affected by different temperatures and grain media. *The Farm Scientist*, 6 (10): 33-35.
73. Maurya, A. K., John, V., Srivastava, D. K., Simon, S., & Pant, H. (2019). Effect of media and substrates for spawn production of dhingri mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Natural Resource and Development*, 14(2), 88-92.

74. Thulasi, E., Thomas, P. D., Ravichandran, B., Madhusudhanan, K. (2010). Mycelial culture and spawn production of two oyster mushrooms, *Pleurotus florida* and *Pleurotus eous* on different substrates. *International Journal of Biological Technology*, 1:39-42.
75. Sharma, S. R., Kumar, S, and Sharma, V. P. (2006). Physiological Requirement for Cultivation of Malaysian Strain of Shiitake, *Lentinula edodes*. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 36, 149- 152.
76. Oei, P, Nieuwenhuijzen, B. V. (2005). *Small Scale Mushroom Cultivation*, Agrodok 40, Agromisa Foundation and CTA, Digigrafi, Wageningen.
77. Nguyen, T. M., & Ranamukhaarachchi, S. L. (2020). Effect of Different Culture Media, Grain Sources and Alternate Substrates on the Mycelial Growth of *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus ostreatus*. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 23(3), 223-230.
78. Akbayin, H., Yildiz, A. & Ertekin, S. (1998). An experimental study on mycelial development period of some *Pleurotus* species, *P. ostreatus*, *P. sapidus* and *P. sajor-caju* on the media that contain certain amount of barley crumb or wheat flour. *Biochem. Archs*, 14, 199-206.
79. Yildiz, A. (1994). Production of *Pleurotus florida* Fovose spawn on grains of wheat and barley. 12th National Biology Congress, Section of Botany, Volume 1. Edirne, Turkey. 6-7 July, pp. 330-333.