

La paille du vétiver (*Chrysopogon zizanioides*) dans la production des champignons pleurote (*Pleurotus ostreatus*) en milieu urbain de Butembo

Elisée Kakule Muhayirwa^{1a*}, Steve Asingya Muhongya^{2b}, Musongora Kambale Muyisa^{1c}, Willy Kahindo Munyangulo³, Héritier Kambale Mbusa^{1d}, Rodriguez Kakule Amani^{1e}, Éloge Paluku Yeye^{1f}, Dalmond Kambale Kathuko^{1g}, Éric Lukwamire Kasika^{1h}

Résumé

La culture des champignons pleurote (*Pleurotus ostreatus*) s'est développée ici comme ailleurs, grâce à l'utilisation de substrats constitués de sous-produits agricoles. Étant donné le caractère saisonnier de la production agricole, la dépendance aux résidus de récolte serait susceptible d'induire des irrégularités dans le système de production. L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel du vétiver (*Chrysopogon zizanioides*) comme substrat en myciculture. Un essai a été conduit suivant un dispositif complètement aléatoire avec quatre types de substrats à savoir la paille de vétiver, les rafles de maïs, les tiges de maïs ainsi que les fanes de haricot. Il ressort des résultats que le rendement en carpophore frais le n'a pas significativement varié entre les substrats de culture ($p=0.8539$). Néanmoins, le rendement en carpophore exprimé en kilogramme, a été plus élevé sur le substrat en base de rafle des maïs ($0,77 \pm 0,05$) et de paille de vétiver ($0,77 \pm 0,8$). Les fanes de haricot ($0,68 \pm 0,08$) et les tiges de maïs ($0,69 \pm 0,08$), ont cependant, donné un rendement en carpophore frais légèrement inférieure mais pas des deux précédents. Le substrat en base de la paille de vétiver et des rafles de maïs a généré des carpophores aux diamètres moyens élevés respectivement de 8,86 et 8,82 cm pour le chapeau ($p < 0.001$) et de 1, 27 cm et 1, 16 cm pour le stipe ($p = 0.0166$) comparativement à celui des carpophores produits sur les substrats en base des fanes des haricots et des tiges de maïs (7,83 et 7,53 cm). La durée d'envahissement a été de 15 jours sur le substrat en base de la paille de vétiver et des tiges des maïs, de 20 jours sur les rafles de maïs et de 21 jours sur les fanes de haricot. Ainsi, la paille du vétiver peut être valablement utilisée dans la production des champignons pleurotes sans risque de réduction de rendement et compétition pour les résidus de culture. La promotion de cette culture

¹ Université Catholique du Graben ;

² Institut Supérieur d'Études Agronomiques, Vétérinaires et Forestières de Butembo

³ Groupe des artisans de Butembo

Emails : a. eliseemuhayirwa833@gmail.com b. stevemuhongya@gmail.com

c. kambalemuyisam@gmail.com; d. heritiermbaf@gmail.com,

e. rodrickalvin612@gmail.com, f. elogeeyeye@gmail.com,

g. dalmondkathuko@gmail.com, h. erickasika4@gmail.com

* Auteur correspondant : Kakule Muhayirwa Elisée, eliseemuhayirwa833@gmail.com, +243 976 751 308

sur des terrains dégradés pour faire face à la pénurie en substrat en myciculture. Des investigations sur les qualités organoleptiques et nutritionnelles des champignons pleurotes produits sur la paille de vétiver sont à entrevoir pour garantir la qualité du produit et se rassurer de la sécurité des consommateurs.

Mots clés : Champignon, paille de vétiver, durée d'envahissement, rendement, Butembo.

Abstract

The cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) has developed here as elsewhere, on crop residues. Given the seasonality of agricultural production, dependence on crop residues could lead to irregularities in the production system. The objective of this study is to evaluate the potential of vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) as a substrate for mushroom cultivation. An experiment was carried out under a completely randomized design with four types of substrates, namely vetiver straw, corn cobs, corn stalks, and bean straws. The results show that the yield of fresh carpophores did not vary significantly between the substrates ($p=0.8539$). Nevertheless, the carpophore yield, in kilograms, was higher on the corn cob-based substrate (0.77 ± 0.05) and vetiver straw (0.77 ± 0.8). Bean straws and corn stalks, however, yielded slightly lower fresh carpophore (0.68 ± 0.08 and 0.69 ± 0.08 , respectively), but not significantly different from the previous two. The vetiver straw and corn cobs substrate produced carpophores with high mean diameters of 8.86 and 8.82 cm for the cap ($p < 0.001$) and 1.27 cm and 1.16 cm for the stem ($p = 0.0166$) compared to that of carpophores produced on bean straw and corn stalk substrates (7.83 and 7.53 cm, respectively). The colonization period was 15 days on vetiver straw and corn stalks, 20 days on corn cobs, and 21 days on bean straws. Vetiver straw can therefore be used effectively in mushroom production without any risk of yield reduction or competition for crop residues. Investigations into the organoleptic and nutritional qualities of oyster mushrooms produced on vetiver straw are required to guarantee product quality and ensure consumer safety.

Keywords: Mushroom, vetiver straw, invasion time, yield, Butembo.

1. Introduction

En Afrique subsaharienne, l'expansion urbaine est de plus en plus réelle et consécutive à la migration interne ainsi qu'à la croissance naturelle de la population elle-même (Martin-Prével *et al.*, 2000 ; FAO, 2017). La problématique de l'explosion démographique est un phénomène manifeste dans la plupart des villes de la République Démocratique du Congo à l'occurrence la ville de Butembo. Circonscrite dans la province du Nord-Kivu dans la partie Est de la RDC, la ville de Butembo a connu ces vingt-cinq dernières années une croissance démographique sans précédent. Avec une population estimée en 527 684 habitants en 1999 après son érection en ville (Balthazare, 2022), la ville de Butembo compte aujourd'hui 1 500 000 habitants, estimés en 2024 (Tsiko & Bahoterana, 2024).

Alors que la croissance urbaine était initialement perçue comme un reflet du développement économique, elle est de plus en plus devenue un phénomène antiéconomique, surtout dans la plupart des pays en développement (Véron, 2008) ; Martin-Prével *et al.*, 2000). En effet, cette croissance urbaine est consécutive à la concentration des masses des populations dans des agglomérations largement grandes, occasionnant ce qu'on peut qualifier « d'inflation urbaine » (Bairoch, 1996). Par ailleurs, la croissance urbaine s'accompagne du défi d'amélioration des conditions de vie des habitats, de l'approvisionnement des biens et des services (FAO, 2019). Le changement qu'implique la croissance urbaine en ce qui concerne l'affectation des terres est un véritable défi pour les producteurs agricoles dans un contexte où le changement climatique constitue une pesanteur sur l'agriculture alors que la demande alimentaire ne fait que croître (FAO, 2012). Pourtant, l'agriculture urbaine constitue un levier susceptible de concilier croissance urbaine et sécurité alimentaire (Mukondo & Musalu, 2021). Néanmoins, cette agriculture fait face à un problème d'exiguïté des terres suite à l'accroissement urbaine et un faible rendement (Manirakiza, 2012). Dans ce contexte et face à une demande alimentaire imminente, l'agriculture urbaine doit se faire via des cultures à cycle végétatif court, aux qualités nutritives et organoleptiques avérées, moins dispendieuses en espace et en investissement. De telles cultures incluent le champignon, les légumes et les arbres fruitiers (Ba & Cantoreggi, 2018).

La culture des champignons a souvent été identifiée comme un secteur clé aux multiples avantages : elle est une source précieuse en nutriment (protéine, vitamines B1, B2, fibre, minéraux) (Belletini *et al.*, 2019) et elle est moins gourmande en espace (Duhart, 2012). Ce caractère hisse cette activité au premier niveau d'échelle et la rend indispensable dans le processus de règlement de la problématique de rareté des terres en milieu urbain (Gateri *et al.*, 2009). La culture des champignons pleurote (*Pleurotus ostreatus*), s'est développée ici comme ailleurs, grâce à l'utilisation de substrats constitués de sous-produits agricoles à l'occurrence la paille de blé, des fanes de haricot, les feuilles mortes des bananiers les renfles et les tiges de maïs, la sciure du bois et des sous-produits agro-industriels tel que la parche de café (Mondo *et al.*, 2016 ; Mpulusu *et al.*, 2010 ; Benamar *et al.*, 2016). Ce substrat doit fournir au champignon tous les nutriments nécessaires

à son développement (azote, carbone, vitamines, et éléments minéraux) (Benamar *et al.*, 2016).

Étant donné le caractère saisonnier de la production agricole, la dépendance aux résidus de récolte serait susceptible d'induire des irrégularités dans le système de production (Samira *et al.*, 2022). Bien plus, une fois disponibles à la fin d'une saison culturale, les sous-produits agricoles sont utilisés en alimentation animale, induisant un risque de pénurie prolongée suite à une forte demande et concurrence pour d'autres usages (Ousseini *et al.*, 2017). En effet, les fanes de haricots comme tout autre fane de légumineuse sont riches en protéine et éléments minéraux (Samira *et al.*, 2022). Pour cette richesse, les fanes de haricot sont sollicités par les éleveurs comme supplément alimentaire (Archimède *et al.*, 2018). Les tiges de maïs sont utilisées dans l'alimentation des vaches laitières comme aliment de substitution (Chenost *et al.*, 1993). Les rafles de maïs à leur tour, sont carbonisées et utilisés comme source d'énergie et comme litière en aviculture (Dedehou *et al.*, 2022). Ainsi disposer d'un substrat capable d'être mis en culture, et dont les fonctions sont multiples, permettrait de maintenir le cycle continu de production des champignons tout au long de l'année (Kiyuku & Bigawa, 2013).

Pour lever le défi, le vétiver (*Vetiveria zizanoïdes*) a été identifié parmi tant des graminées pour substituer les résidus de récoltes. Plante aux multiples usages, le vétiver est utilisé depuis des années dans la lutte antiérosive, sa paille sert de paillis pour les agriculteurs (The World Bank, 1990). La présence des huiles essentielles dans ses racines lui confère un usage médicinal et aromatique (Rao & Suseela, 2024 ; Mishra *et al.*, 2013 ; Dotse *et al.*, 2011). Il est aussi utilisé en phytoremediation pour la dépollution des sols contaminés par des métaux lourds (Saidi & Bouabdli, 2020). De par sa biomasse, le vétiver serait une bonne alternative pour la production des champignons comestibles dont le champignon pleurote (*Pleurotus ostreatus*).

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la pérennisation de la myciculture en région de Butembo en limitant la dépendance aux résidus de récoltes. En effet, suite à la raréfaction des substrats, conséquence de la baisse et de la saisonnalité de la production agricole, le vétiver qui sert déjà à multiples autres besoins, peut être bien valorisé en myciculture pour réduire la concurrence avec les résidus de récolte.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel du vétiver (*Chrysopogon zizanioides*) comme substrat de culture en myciculture.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée en commune de Bulengera, ville de Butembo, province du Nord-Kivu, République Démocratique du Congo (0°05'–0°10' N, 29°17'–29°18' E) (Figure 1). La majeure partie de la population vit du commerce et de l'agriculture et en évolution dynamique, exacerbé par des migrations des populations suite à des guerres et massacres dans la région. La densité de la population a été multipliée par dix sur un quart de siècle entre 1999 et 2024, passant de 0,0024 à 0,025 habitants par hectare sur cette période (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2024).

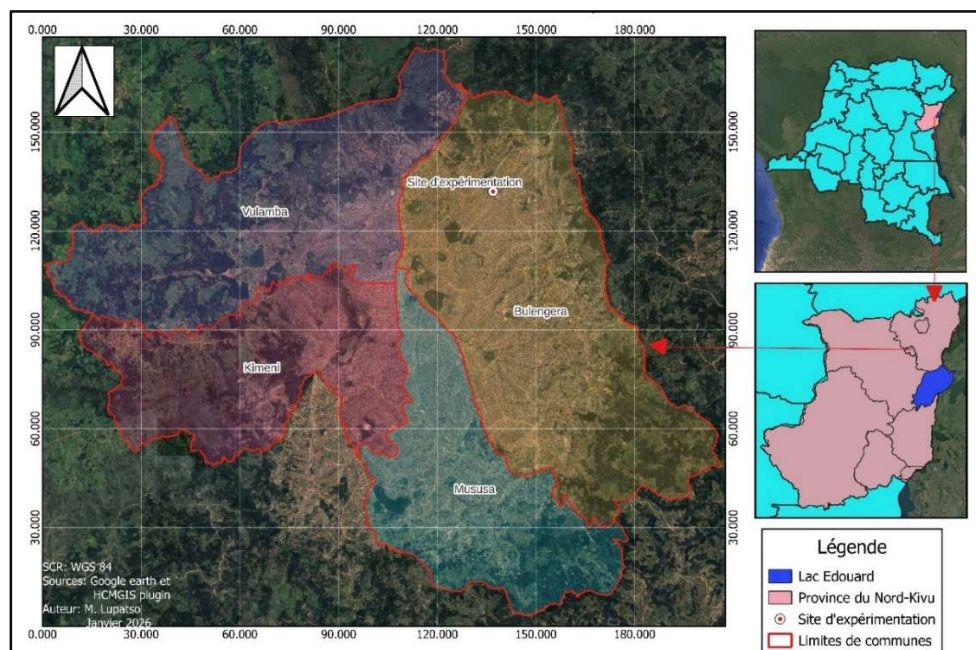


Figure 2: Carte de la ville de Butembo

2.2. Conduite de l'essai

Les matériels biologiques utilisés comme substrat ont consisté aux fanes de haricot, rafles et tiges de maïs et la paille du vétiver (*Chrysopogon zizanioides*) sur quoi a été lardé le mycélium pur du pleurote (*Pleurotus*

ostreatus P 2050) fourni par le laboratoire Hello-Mushroom localisé en Ouganda. Cette souche est caractérisée par une forte vigueur, une vitesse de colonisation importante et des chapeaux de couleur blanche.

2.2.1. Préparation et traitement des substrats de culture

Tous les types de substrats ont été séchés au soleil. La paille de vétiver a été fauchée à la scie puis hachée à l'aide d'un hache-paille et séchée au soleil. Une fois sèche, la paille a été moulue à l'aide d'un moulin-broyeur jusqu'à obtenir les particules moins grossières d'au moins trois millimètres diamètre conformément au protocole développé par (Nieuwenhuljzen, 2007).

Les rafles de maïs ont été ramassées pendant la saison culturale de maïs (Novembre 2024) puis conservés dans une chambre bien aérée et bien sèche pour éviter le développement des moisissures indésirables susceptibles d'entrer en compétition avec la culture pure et avoir des répercussions sur le rendement des pleurotes (Mushagalusa *et al.*, 2017). Les tiges de maïs ont été ramassées fraîches juste après récolte des épis, puis, hachées à l'aide d'un hache-paille et fermentées pendant quatre jours avant séchage au soleil. La fermentation a consisté à recouvrir le substrat d'une bâche et laisser le processus se déclencher spontanément. Le but de cette opération c'est de dégrader le sucre contenu dans la tige en général mais surtout du sucre encastré dans le parenchyme médullaire qui peut compromettre le séchage (Oei, 1991). Après déstockage, les rafles de maïs ont été concassées à l'aide d'un concasseur doté d'un treillis de cinq millimètres de maille pour faciliter leur manipulation.

Les fanes de haricot ont été récoltées, les tiges et les gousses ensemble. Le hachage des fanes de haricot a été réalisé à la machette. Les différents substrats ont été trempés dans l'eau pendant 24 h dans quatre vases distincts. Le but du trempage est de permettre la levée de la dormance des spores des germes de champignons indésirables pour que la destruction à la chaleur soit possible (Geoffrion & Marmette, 2016). Le trempage vise aussi à dissoudre certains sucres désirables par les ravageurs de pleurote et être éliminés par l'essorage (Bonenfant-Magné *et al.*, 2000).

Après trempage, les substrats ont été essorés à l'aide d'une presse mécanique afin de rabattre le taux d'humidité jusqu'à entre 35 et 50 %. Au de-là de 50 % il y a risque d'asphyxie du mycélium et en-dessous de 35 % l'envahissement est trop lente suite au manque d'eau (Oei, 2003). Ensuite, sur une bâche très large, les substrats ont été mélangés avec la chaux éteinte

en raison de 600g de la chaux éteinte pour 12 kg de substrat sec. La chaux sert à maintenir le pH stable et éliminer d'avance certains microorganismes indésirables (Khan, 2025). Les substrats déjà essorés et mélangés à la chaux ont été remplis dans des conteneurs à plastic thermorésistant de 7×12 fermée sur les deux bouts, puis pasteurisés dans un fut métallique de 0,1 m³ pendant quatre heures à une température d'environ 97 à 100°C pour éviter la fusion du plastique aux très hautes températures (Goullet D *et al.*, 2003 ; Oei, 1991).

2.2.2. Ensemencement du mycélium sur le substrat de fructification

Après pasteurisation, les ballottes ont été refroidies à l'air libre pendant six heures. Cette opération est jugée terminée lorsque la température au cœur de la balle est en-dessous de 30°C (NieuwenhuJzen, 2007). Le refroidissement a été suivi du lardage, qui consiste à une mise en contact du substrat de semis avec du mycélium de la culture pure du pleurote, inoculé sur les deux pôles de la ballotte en raison de deux cuillères à café par pôle, dans des conditions aseptiques. Aussitôt inoculées, les ballottes ont été rangées dans un coffre d'incubation, sous obscurité pendant 21 à 30 jours à une température oscillant entre 22 et 25 °C afin de créer les conditions qui favorisent la colonisation du substrat par le mycélium (Tsfay *et al.*, 2020).

Après colonisation complète du substrat par les mycéliums, les ballottes ont été transférées du coffre d'incubation vers la salle de fructification aérée et éclairée et où la température ambiante varie de 22 à 25 °C, avec une humidité atmosphérique de 75 % afin de booster la fructification (Girmay *et al.*, 2016). Dans la salle de fructification, les ballottes colonisées par le mycélium ont été déballonnées et installées sur des étagères en bois, espacées de dix centimètres. Les ballottes de 0.8 kg de poids en moyenne ont été disposées sur une surface de trois mètres carré (3m×1m). Chacune des ballottes déballonnées était recouverte d'une fine couche de sable d'un centimètre enfin de limiter leur déshydratation (Oei, 1991). A cette étape les arrosages ont été réalisés deux fois par jour, matin et soir.

2.2.3. Dispositif expérimental et collecte des données

L'essai a été réalisé suivant un dispositif complètement aléatoire, ou les quatre traitements pris en compte ont été répétés huit fois chacun, donnant un total de 32 ballotes par traitement. Les ballottes ont été considérées comme des parcelles expérimentales et ont servi pour la collecte des données jusqu'à la fin de l'expérimentation. Les données collectées incluent le temps

d'envahissement (colonisation), le temps d'incubation et le temps de maturation des carpophores. Le temps d'envahissement correspond au nombre des jours entre le lardage et la mise en fructification. Alors que le temps d'incubation traduit le nombre des jours entre la mise en fructification et l'apparition des premiers boutons fructifères ; le temps de maturation des carpophores correspondant au nombre des jours entre l'apparition des boutons fructifères et le murissement (Wathumbe & Mada, 2020).

Sur chaque ballotte, huit pieds ont été aléatoirement sélectionnés pour la prise des données sur le diamètre du carpophore, le diamètre du stipe à l'aide d'un pied à coulisse ainsi que la hauteur du stipe mesuré à l'aide d'une trace graduée. Le nombre de touffes ainsi que le nombre de pieds par ballotte ont été obtenu par comptage simple de toutes les touffes et tous les pieds développés par ballotte. Le rendement par touffe a été calculé additionnant les productions de trois premières récoltes réalisées dès la première apparition des carpophores. L'efficacité biologique de chaque substrat a été calculée en prenant en considération le poids des carpophores à l'état frais et le poids du substrat de départ à l'état sec comme proposé par Oei (1991). Il s'agit de calculer le rendement des substrats de culture utilisés pour produire et évaluer la performance de la croissance du champignon sur ceux-ci selon la formule proposée par (Oei, 1991 ; Girmay *et al.* 2016 ; Mwita *et al.* 2011) ci-dessous :

$$EB = \frac{MF (\text{carpophore produit})}{MS (\text{substrat de base})} \times 100$$

Où EB= efficacité biologique en pourcentage (%) ; MS= matière sèche ; MF= matière fraîche

L'efficience biologique est un indicateur qui, exprimée en pourcentage, traduit la quantité de carpophores frais, produits par unité de masse sèche du substrat de référence (Wathumbe & Mada, 2020). C'est donc un indicateur de l'influence de chaque type de substrat sur le rendement en carpophores cultivé dans les mêmes conditions.

Les différents traitements ont été codifiés en T₁, T₂, T₃ et T₄ où T₁ représente le substrat en base de paille de vétiver, T₂ substrat en base des rafles de maïs, T₃ substrat en base en base de fanes de haricot et T₄ substrat en base des tiges de maïs.

2.3. Analyse statistique

La performance comparée de différents substrats a été appréciée par l'analyse de la variance à un seul critère de classification (ANOVA I) à l'aide du logiciel R sous l'environnement R studio. Là où des différences significatives ont été observées, la comparaison multiple des moyennes a été réalisée à l'aide du test de Turkey. Ce test a permis de repérer les traitements ayant différé significativement entre eux pour chacun des paramètres d'intérêt.

3. Résultats

3.1. Temps d'envahissement, d'incubation et de maturation

L'analyse de la variance des données relatives au temps d'envahissement mycélien, d'incubation et de maturation des sporophores a révélé des différences significatives entre les substrats testés (p -value $< 0,05$) (Tableau 1). Les plus courtes durées d'envahissement ont été enregistrées sur les substrats en base de la paille de vétiver et de tige de maïs. Par ailleurs, la période d'incubation la plus courte a été observée sur le substrat en base de paille de vétiver. Cependant, les substrats en base des fanes de haricots et rafles de maïs ont enregistré le temps d'envahissement et d'incubation significativement longs ($p < 0,001$) comparativement à ceux enregistrés sur les substrats en base des tiges de maïs et paille de vétiver (Tableau 1). Cette différence d'entre le temps d'envahissement et le temps d'incubation entre les substrats serait liée à la granulométrie des substrats qui assure une forte surface de contact pour les rafles de maïs et les fanes de haricot comparativement à la paille de vétiver et aux tiges de maïs.

Tableau 19: Temps d'envahissement, d'incubation et la durée de maturation

	T1	T2	T3	T4
TEV	15 ± 0^b	$20,38 \pm 0,33^a$	$21,38 \pm 0,42^a$	$15,88 \pm 0,29^b$
TIC	$3,75 \pm 0,37^b$	$7,38 \pm 0,65^a$	$7,88 \pm 0,35^a$	$7,12 \pm 0,29^a$
DM	$4,88 \pm 0,29$	$4,62 \pm 0,42$	$4,88 \pm 0,23$	$5,5 \pm 0,19$

Légende : TEV : temps d'envahissement ; TIC : temps d'incubation ; DM : durée de maturation. Sur une même ligne, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

3.2. Diamètre du chapeau, diamètre et hauteur des pieds

À la première récolte, les différents substrats de culture ont induit des différences significatives ($p < 0,001$) des résultats obtenus pour le diamètre du chapeau ainsi que le diamètre et la hauteur du pied (Tableau 2). Une telle tendance peut d'une part se justifier par le fait qu'à la première récolte chaque substrat contient encore tous les éléments nutritifs nécessaires pour influencer les paramètres de croissance du champignon et exprimer son vrai potentiel. D'autre part, la différence de vitesse de décomposition de différents substrats est susceptible d'induire une différence de libération des nutriments nécessaires pour la croissance des champignons. A la deuxième récolte, seul le diamètre des pieds n'a pas été significativement différent entre les champignons cultivés sur les différents substrats ($p=0,2478$). A la troisième récolte, des différences significatives ont été observées seulement pour les données relatives à la hauteur des pieds ($p < 0,001$). En effet, dans la plupart des cas, le substrat continu à influencer la hauteur des carpophores en dépit de son épuisement progressif parce que pour les champignons, la hauteur des carpophores dépend non seulement du substrat mais aussi d'autres facteurs comme la lumière.

La comparaison multiple des moyennes à la première récolte révèle que les substrats en base de paille de vétiver et des rafles de maïs ont généré des carpophores au chapeau significativement plus large et au pied significativement plus robuste que ceux obtenus sur les substrats en base des fanes de haricot et des tiges de maïs (Tableau 2). Une telle évolution dénote d'une richesse en matière nutritive de ces deux substrats qui a directement influencé la vigueur des carpophores. Toutefois, la hauteur des pieds s'est révélée significativement faible sur le substrat en base des tiges de maïs et paille de vétiver comparativement à ceux obtenus sur le substrat en base des fanes de haricot et des rafles de maïs. A la deuxième récolte, les substrats en base de paille de vétiver, des rafles de maïs et des fanes de haricot ont généré des carpophores au diamètre significativement plus large que ceux obtenus sur le substrat en base des tiges de maïs. La hauteur des pieds sur le substrat en base des fanes de haricot est restée significativement plus élevée que celle obtenue sur les autres substrats (Tableau 2). A la troisième récolte, la hauteur des pieds a été significativement plus élevée sur le substrat en base des rafles de maïs comparativement à tous les autres substrats (Tableau 2).

Tableau 20: Diamètre de carpophores, diamètre et hauteur des pieds

	Récolte1				Récolte2				Récolte3			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
DC	10,43±0,38 ^a	11,2±0,36 ^a	8,43±0,27 ^b	8,57±0,49 ^b	8,32±0,37 ^a	8,13±0,32 ^{ab}	8,03±0,28 ^{ab}	7,06±0,36 ^b	7,85±0,41	7,14±0,29	7,04±0,31	6,96±0,37
DP	1,51±0,05 ^a	1,58±0,06 ^a	1,16±0,05 ^b	1,13±0,06 ^b	1,26±0,05	1,02±0,04	1,17±0,03	1,21±0,16	1,04±0,04	0,88±0,03	1,01±0,08	0,97±0,04
HP	7,05±0,25 ^b	7,51±0,23 ^{ab}	8,02±0,18 ^a	4,55±0,22 ^c	5,57±0,15 ^c	6,38±0,17 ^b	7,69±0,19 ^a	6,08±0,18 ^{bc}	5,21±0,17 ^b	6,39±0,20 ^a	5,48±0,18 ^b	5,47±0,17 ^b

Légende : DC : Diamètre du carpophore ; DP= Diamètre du pied ; HP : Hauteur du pied. Pour chaque récolte, les valeurs d'une même ligne suivie des lettres différentes sont significativement différentes.

Globalement, le diamètre moyen des carpophores a révélé des différences significatives entre les différents substrats expérimentés ($p < 0,001$). Le substrat en base de la paille de vétiver et des rafles de maïs a généré des carpophores aux diamètres moyens significativement plus élevés (8,86 et 8,82 cm) que celui des carpophores produits sur les substrats en base des fanes des haricots et des tiges de maïs (7,83 et 7,53 cm) (Figure 1). Ceci s'explique par le fait que ces substrats contiennent une quantité importante d'éléments nutritifs qui a influencé l'étalement du chapeau du carpophore.

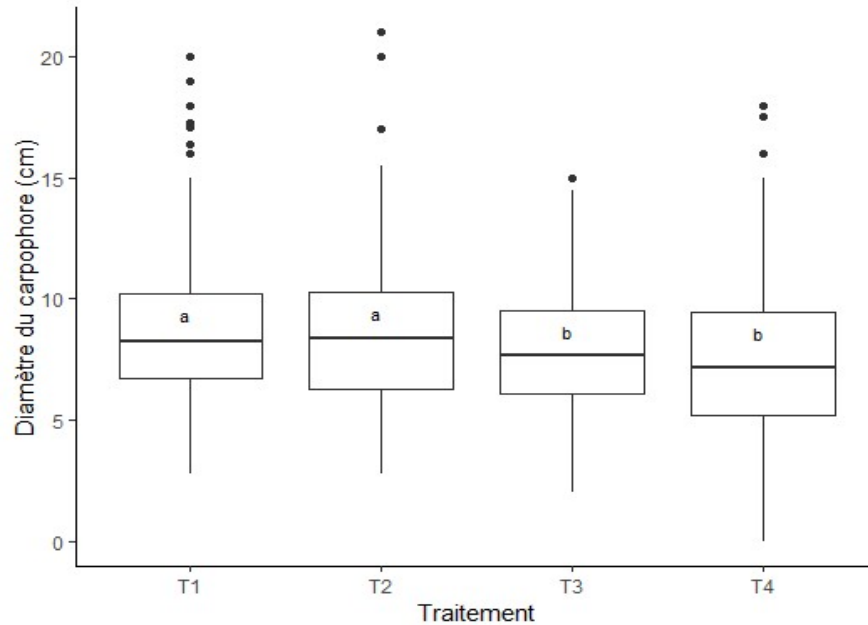


Figure 3: Diamètre des carpophores

Pour le diamètre moyen des pieds, l'analyse de la variance globale a révélé des différences significatives entre les différents substrats ($p=0.01666$). La comparaison multiple des moyennes montre que les carpophores ayant évolué sur les substrats en base de pailles de vétiver et des rafles de maïs ont développé des pieds avec un diamètre moyen de 1,27 cm et 1,16 cm significativement supérieur au diamètre mesuré sur carpophores récoltés sur les substrats en base des fanes de haricot et les tiges de maïs qui n'ont pas significativement différencié du diamètre des pieds des carpophores obtenu sur les rafles des maïs (Figure 2).

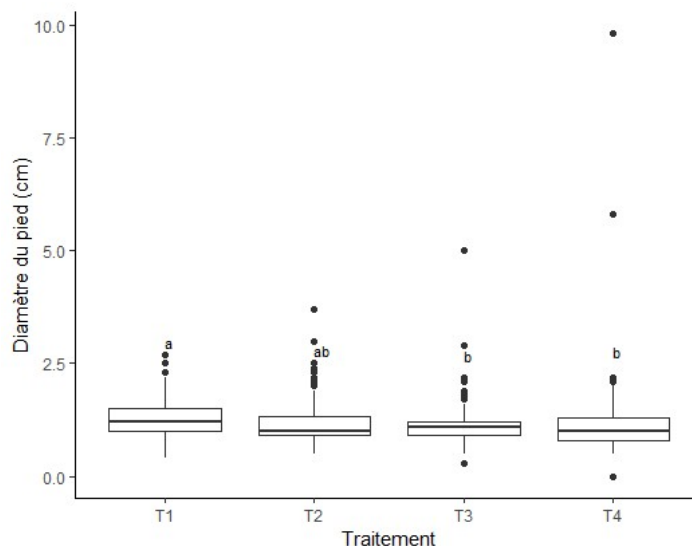


Figure 4: Diamètre du pied des carpophores

La hauteur moyenne des pieds des carpophores le long de tout le cycle a révélé des différences significatives entre les différents substrats ($p < 0,001$). Les carpophores sur les substrats en base des rafles de maïs et des fanes de haricot ont eu une hauteur moyenne de 6,75 cm et 7 cm, significativement supérieures à celle des carpophores sur les substrats en base de la paille de vétiver (5,9 cm) et sur le substrat en base des tiges de maïs (5,36cm) (Figure 3). Cette hauteur importante influencée par les rafles de maïs et les fanes de haricots se justifie par la proportion élevée en azote et d'autre nutriment dans ces substrats qui ont directement influencé la croissance en hauteur.

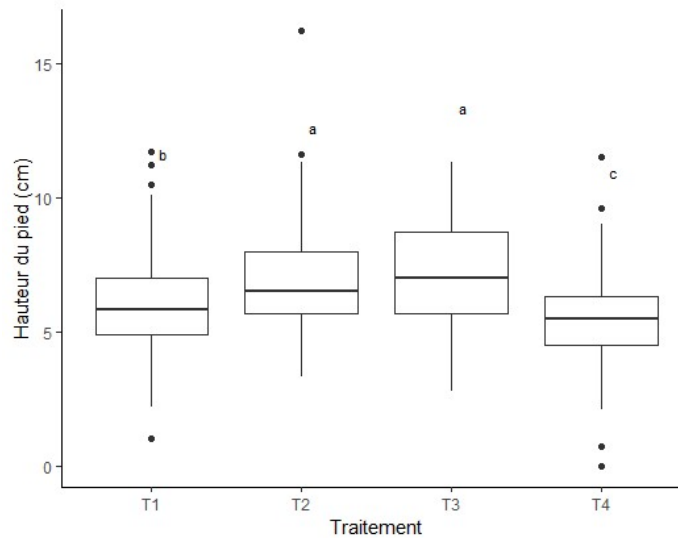


Figure 5: Hauteur du pied

3.3. Nombre des pieds, nombres des touffes par balle et rendement en carpophore frais

Les résultats relatifs au nombre des pieds, nombre des touffes par balle et le rendement en carpophore frais évalué par récolte sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous. À la première récolte, le nombre de pieds et de touffes initiés ainsi que le rendement par ballote n'ont présenté de différence significative ($p > 0,05$) entre les différents types de substrats. Néanmoins, le nombre des pieds par balle des mycéliums ayant évolué sur les substrats en base de paille de vétiver et des rafles de maïs ont initié un plus grand nombre de pieds ($20 \pm 3,7$ et $20 \pm 2,18$) comparativement à ceux développés sur le substrat en base des fanes de haricot ($14,25 \pm 1,75$) et des tiges de maïs ($13,5 \pm 3,08$). À la deuxième récolte, le nombre des touffes initiées par ballote a été significativement faible sur le substrat en base de la paille de vétiver ($10,38 \pm 3,49$) et de fanes de haricot ($7 \pm 0,98$). Ceci s'explique par un épuisement rapide de ces substrats après la première (Tableau 3). À la troisième récolte, seul le rendement a révélé de différence significative entre les différents types de substrats ($p=0.00152$). Les substrats en base des fanes de haricot et des tiges de maïs ont produit un rendement significativement supérieur à celui obtenu sur la paille de vétiver et les rafles de maïs (Tableau 3). Le substrat en base de paille de vétiver et des tiges de maïs ont tendance à maintenir un nombre des pieds élevé ($11,5 \pm 2$ et $11,25 \pm 2,04$), alors que le substrat en base des rafles de maïs connaît une baisse du nombre de pieds de $13,62 \pm 2$ à la deuxième récolte à $8,12 \pm 0,58$ la troisième récolte (Tableau 3).

Parcours et Initiatives, numéro 33 –2025

Tableau 21 : Nombre des pieds, nombres des touffes par balle et rendement en carpophore frais

	Récolte1				Récolte2				Récolte3			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
NT_B	1,5±0,19	1,38±0,18	1,38±0,18	1,12±0,12	1,12±0,12 ^b	1,5±0,19 ^a	1,12±0,12 ^b	1,88±0,29 ^a	1,25±0,16	1,12±0,12	1,25±0,16	1,75±0,25
NP_B	20±3,70	20,38±2,18	14,25±1,75	13,5±3,08	10,38±3,49	13,62±2,38	7±0,98	12,25±0,9	11,5±2	8,12±0,58	8,39±2,94	11,25±2,04
RDMT (kg)	0,4±0,05	0,45±0,07	0,29±0,06	0,28±0,04	0,25±0,06	0,25±0,05	0,21±0,04	0,21±0,03	0,12±0,01 ^{ab}	0,07±0,01 ^b	0,18±0,03 ^a	0,2±0,03 ^a

Légende : NT/B : nombre de touffe par balle ; NP/B : nombre de pieds par balle ; RDMT : rendement en carpophore frais

L'analyse de la variance globale n'a révélé aucune différence significative en ce qui concerne la moyenne du nombre de touffes par ballotte ($p=0.1419$) (Figure 4).

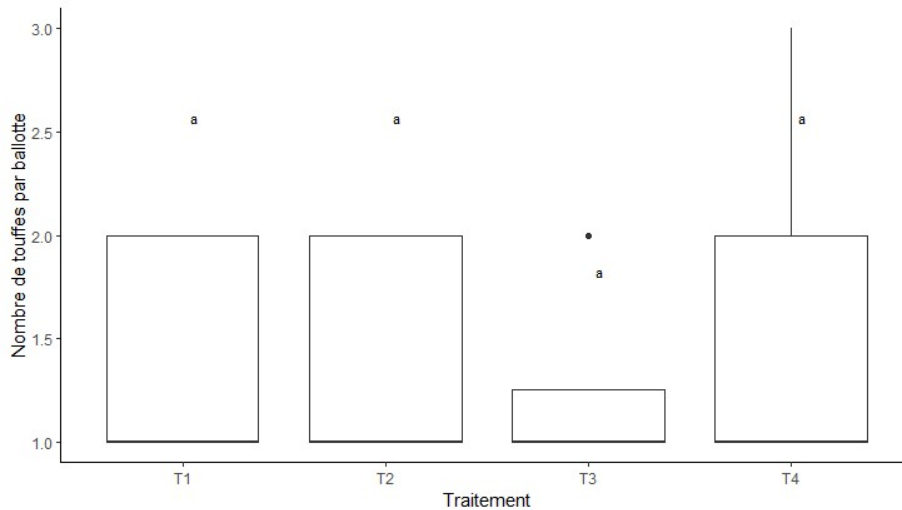


Figure 6: Nombre de touffes par ballotte

Les valeurs moyennes du nombre des pieds par ballotte présenté sur la figure 5 montrent que le substrat en base de rafles de maïs a initié un nombre de pied supérieur, suivi de substrat en base de paille de vétiver comparativement aux fanes de haricot et aux tiges de maïs.

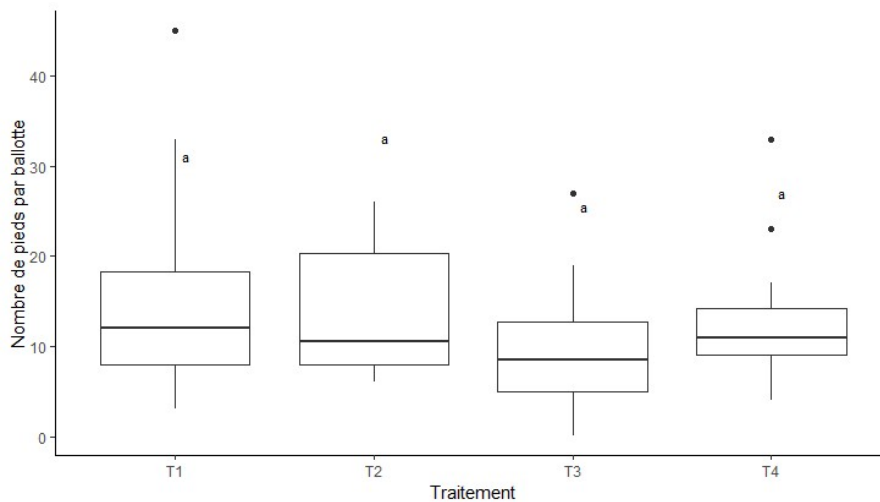


Figure 7: Nombre des pieds par ballotte

Globalement, le rendement en carpophore n'a pas significativement été influencé par les types de substrats ($p=0.8539$). Néanmoins, le rendement par balle le plus élevé, exprimé en kilogramme, a été observé sur les substrats en base des rafles de maïs ($0,77\pm 0,08$) et de la paille de vétiver ($0,77\pm 0,5$). Le substrat en base de fanes de haricot ($0,68\pm 0,08$) et des tiges de maïs ($0,69\pm 0,03$) ont produit un rendement inférieur comparativement à celui sur les deux premiers traitements.

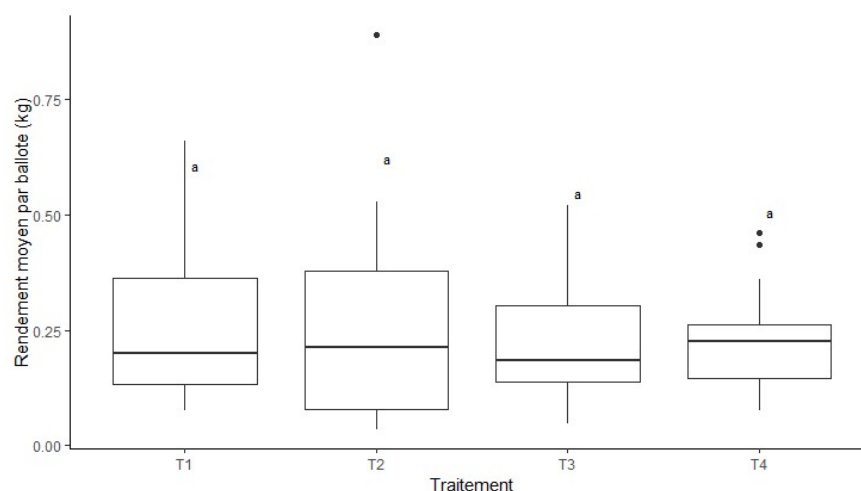


Figure 8: Rendement moyen par ballote

3.4. Efficacité biologique

Au terme de cette étude, l'efficacité biologique la plus élevée a été obtenue sur le substrat en base des rafles de maïs (41,6 %) suivi du substrat en base des pailles de vétiver (36,8 %) et du substrat en base fanes de haricots (34,4%). Cependant les tiges du maïs ont eu une efficacité biologique de 33,7% qui est légèrement inférieure à celle obtenue sur d'autres substrats. L'analyse de la variance appliquée à ces données n'a cependant pas révélé de différence significative ($p=0.4377$), entre les substrats mis en essai.

4. Discussion

Les résultats de cette étude ont montré que la durée d'envahissement oscille entre 15 et 21 jours. Le raccourcissement a été observé sur les substrats en base de paille de vétiver et des tiges des maïs et a été de 15 jours

comparativement aux substrats en base des rafles de maïs où cette durée a été de 20 jours et 21 jours pour les fanes de haricot. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Nadir (2019) et Traore (2022) qui avaient déjà observé une durée d'envahissement de 13 à 26 jours. Ce résultat s'écarte suffisamment de celui obtenu par Wachira (2023) qui a observé une période de 4 semaines pour la plupart de substrats testés dans leur étude ou Amani (2019) qui a rapporté un temps de colonisation de 27 à 32 jours. Suite à cette hétérogénéité, il y a lieu de comprendre que le temps de colonisation dépend de plusieurs facteurs entre autres la composition chimique du substrat et surtout, la structuration du rapport Carbone/Azote. Des faibles valeurs de ce rapport résultent en un court temps de colonisation de substrats. La réduction du temps de colonisation des substrats en base de paille de vétiver et des tiges de maïs est expliquée par le fait que, à part les éléments nutritifs que libère le substrat, la structure fine que prend ce dernier après traitement permet d'augmenter la surface de contact du mycélium, et par conséquent, l'envahissement devient rapide.

La plus courte période d'incubation a été observée sur le substrat en base de la paille de vétiver (3 jours) comparativement à d'autres substrats mis en essai pour lesquels le temps d'incubation a été de 7 jours. Ces résultats ne s'éloignent pas de ceux obtenus par Nadir (2019) qui a observé la plus longue durée de maturation de 5 jours. Le raccourcissement de la période de maturation sur le substrat en base de la paille de vétiver est dû à sa capacité à maintenir l'humidité. D'ailleurs, Yang et al (2013) ainsi que Pinna et al (2010) avaient déjà mis en évidence le rôle de l'humidité dans production des champignons pleurote, la période d'incubation des champignons étant la plus influencée par la température et l'humidité et faiblement par la richesse du substrat en nutriments.

Les observations du diamètre moyen des chapeaux des champignons récoltés par ballotte ont montré que le substrat en base de la paille du vétiver et des rafles des maïs ont induit le développement des carpophores au chapeau plus large comparativement aux autres substrats expérimentés. Ces résultats sont proches de ceux obtenus dans les travaux de Larounga et al (2022) avec le son de riz comme substrat. Les conclusions de ces travaux révèlent que le diamètre moyen de carpophore dans des meilleurs de condition de nutrition varie entre 5,4 et 7,6 cm ; ce qui est proche de ce que nous avons trouvé. Il a été aussi démontré, lors d'une étude menée par Dogbe et Kpedzroku (2022) que dans des bonnes conditions, le pleurote a un

chapeau au diamètre situé dans l'intervalle allant de 5 à 25 cm. Nos résultats situés dans l'intervalle allant de 7,53 à 8,86 témoignent de la cohérence avec ceux trouvés par ces auteurs. Mimouni (2012) avait déjà démontrée l'importance des nutriments contenus dans le substrat sur l'architecture du carpophore, le substrat pouvant influencer soit l'étalement du chapeau soit la robustesse du pied.

Concernant la hauteur et le diamètre moyen des pieds des carpophores, les résultats obtenus dans cette étude ont montré que les substrats en base des rafles de maïs et des fanes de haricots ont développé des sporophores avec une hauteur moyenne de 6,75 cm et 7cm supérieur à celle obtenu sur d'autre substrat. Il sied de souligner que, seul, sur la rafle de maïs les champignons ont gagné et à hauteur et à diamètre. Ceci témoigne d'une forte richesse en nutriments pour les rafles de maïs et d'une structure adéquate ayant favorisé une bonne respiration et une bonne assimilation des nutriments, induisant un bon développement des carpophores. De même, la structure du substrat influence significativement le développement du mycélium. Lorsque le substrat a une structure adéquate, la respiration du mycélium est favorisée, avec des répercussions positives sur son développement (Atikpo *et al.*, 2008). La qualité du champignon, dans la plupart des cas, dépend de la longueur du stipe. En effet, plus le stipe est long, plus le poids devient faible (Mondal *et al.*, 1970). Cette observation est en contradiction avec les résultats de la présente étude. La tendance observée par Mondal et al, (1970) en ce qui concerne le lien entre la hauteur du pied et le poids du champignon atteste que seul le diamètre du carpophore a un effet positif sur le poids des pleurotes.

Concernant le rendement moyen en carpophore par balle, aucune différence significative n'a été observée entre les substrats mis en essai ($p=0.6414$). Le rendement le plus élevé a été obtenu sur le substrat en base de rafle des maïs ($0,77 \pm 0,05$) et celui de la paille de vétiver ($0,77 \pm 0,8$). Les fanes de haricot ($0,68 \pm 0,08$) et les tiges de maïs ($0,69 \pm 0,08$) ont cependant donné un rendement en carpophore frais légèrement inférieure mais pas statistiquement différent des deux précédents. Ces résultats valident les observations de Curreso et al (2018) qui avait mis en évidence l'importance de la richesse du substrat en nutriments sur le rendement en carpophore et la qualité des champignons récoltés. D'une manière générale et pratique, le meilleur rendement est toujours observé sur le substrat présentant une

meilleure efficacité biologique (Hoa *et al.*, 2015). Les rafles de maïs et la paille de vétiver s'avère un meilleur substrat de par leur rendement en carpophore frais élevé. Cette observation est similaire à celle de Traore (2022) à l'issue d'une étude où les rafles de maïs pris pour témoins avaient été aussi meilleurs que d'autre substrat mis en essai, dont la paille de riz.

Contrairement à ce qu'on aurait dû imaginer, les fanes de haricot ont donné un faible rendement malgré une richesse en azote susceptible de booster la croissance et le rendement. En effet, plusieurs auteurs ont révélé une corrélation négative existant entre le rendement et la richesse du substrat chez les champignons pleurote. En effet, une baisse de rendement en carpophore est envisageable lorsque le niveau des nutriments est à des concentrations élevées dans le substrat car ce dernier devient un milieu favorable pour d'autres micro-organismes parasites dont le corollaire est une forme de concurrence avec le pleurote (Oei, 2003 ; Curvetto *et al.*, 2002 ; Mushagalusa *et al.*, 2017 ; Nadir, 2019 ; Yang *et al.*, 2013). Par conséquent, un taux d'avortement élevé suite à un excès de nutriments dans le substrat. D'où une baisse de rendement.

5. Conclusion

Au terme de cette étude, les résultats obtenus ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- La paille du vétiver a donné un meilleur rendement en carpophore frais au même titre que celui obtenu sur les rafles et tiges de maïs et les fanes de haricot.
- La durée d'envahissement a été raccourcie sur le substrat en base de la paille du vétiver et des tiges de maïs.
- Alors que les rafles de maïs et la paille du vétiver ont produit des carpophores aux chapeaux larges et aux pieds robustes, les fanes de haricot et les tiges de maïs ont induit une forte croissance à hauteur des carpophores.

De ce fait, la paille du vétiver peut être utilisée avec certitude en pleuroculture au même titre que les rafle de maïs et substituer sans aucun risque de concurrence pour les autres usages des résidus de récolte. La promotion de la culture du vétiver sur des terrains dégradés pour faire face à la pénurie en substrat en myciculture est une option non seulement économiquement viable mais aussi utile pour la restauration des écosystèmes

dégradés. Néanmoins, des investigations restent encore à conduire afin de comprendre de la vitesse d'épuisement de ce substrat pour maximiser son potentiel. Bien plus, les études supplémentaires doivent se focaliser sur les qualités organoleptiques et nutritionnelles des champignons cultivées sur la paille du vétiver afin de garantir la sécurité des consommateurs en ce qui concerne la transmission des métaux lourds le long de la chaîne trophique.

Références bibliographiques

- Amani, G., Cubaka, A., Baguma, G., Ireng, E., & Casinga, C. (2019). Effet des déchets agricoles sur la phénologie et le rendement de deux souches de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kummer (Fungi, Basidiomycotina). 10.
- Archimède, H., Rira, M., Eugène, M., Fleury, J., Lastel, M. L., Periacarpin, F., Silou-Etienne, T., Morgavi, D. P., & Doreau, M. (2018). Intake, total-tract digestibility and methane emissions of Texel and Blackbelly sheep fed C4 and C3 grasses tested simultaneously in a temperate and a tropical area. *Journal of Cleaner Production*, 185, 455-463. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.059>
- Atikpo, M., Onokpise, O., Abazinge, M., Louime, C., Dzomeku, M., Boateng, L., & Awumbilla, B. (2008). Sustainable mushroom production in Africa: A case study in Ghana. *African Journal of Biotechnology*, 7(3). <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/58388>
- Ba, A., & Cantoreggi, N. (2018). Agriculture urbaine et périurbaine (AUP) et économie des ménages agri-urbains à Dakar (Sénégal). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(1), 195-207. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.1.25>
- BAIROCH, P. (1996). Cinq millénaires de croissance urbaine. In *Quelles villes, pour quel développement?*, (p. 17-60). PUF. <https://id.erudit.org/iderudit/022634ar>
- Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maievas, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., Júnior, A. M., & Ribani, R. H. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 633-646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- Benamar, H., Tomassini, L., Venditti, A., Marouf, A., Bennaceur, M., & Nicoletti, M. (2016). Pyrrolizidine alkaloids from *Solenanthes lanatus* DC. with acetylcholinesterase inhibitory activity. *Natural*

- Product Research, 30(22), 2567-2574.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1131984>
- Bonenfant-Magné, M., Magné, C., & Lemoine, C. (2000). Préparation d'un substrat de culture pour le strophaire (*Stropharia rugoso-annulata*) par trempage de résidus ligno-cellulosiques agricoles. *Canadian Journal of Botany*, 78(2), 175-180. <https://doi.org/10.1139/b99-175>
- Chenost, M., Royer, V., Centres, J. M., Gaillard, F., & Davis, J. (1993). Traitement des tiges de maïs à l'urée et utilisation pour la production laitière en région productrice de café et de banane en Tanzanie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 46(4), 597-608. <https://doi.org/10.19182/remvt.9416>
- Curvetto, N. R., Figlas, D., Devalis, R., & Delmastro, S. (2002). Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH₄⁺ and/or Mn(II). *Bioresource Technology*, 84(2), 171-176. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00013-5)
- Dedehou, V. F. G. N., Sanni warongo, Diogo, R. V. C., Behingan, M. B., & Alkoiret Traore, I. (2022). Effet de la litière de biochar à base de rafles de maïs sur les performances zootechniques du poulet de chair au Nord Bénin | *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*.
https://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/1258
- Dogbe, & Kpedzroku Akou. (2022). Effect of Rice Bran Rice Husk Sawdust and Quicklime on the Production of Fungi (*Pleurotus ostreatus*). *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*, 5(6), 123-130. <https://doi.org/10.36349/easjals.2022.v05i06.005>
- Dotse, K., Agbekonyi Agbodan, K., CH. Nebie, R. H., & Honore KOUMAGLO, K. (2011). Composition chimique et activité anti-oxydante de l'huile essentielle des racines de *Vetiveria zizanioides* acclimaté au Togo. *Composition chimique et activité anti-oxydante de l'huile essentielle des racines de Vetiveria zizanioides acclimaté au Togo*, (31), 77-83.
- Duhart, F. (2012). Contribution à l'anthropologie de la consommation de champignons à partir du cas du sud-ouest de la France (xvie-xxie siècles). *Revue d'ethnoécologie*, (2).
<https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.917>

- FAO (Éd.). (2012). Pour des villes plus vertes en Afrique : Premier rapport d'étape sur l'horticulture urbaine et périurbaine. FAO.
- FAO. (2017). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2016 : Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire. FAO.
- Gateri, M. W., Muriuki, A. W., Waiganjo, M. W., & Ngeli, P. (2009). Cultivation and commercialization of edible mushrooms in Kenya : A review of prospects and challenges for smallholder production. *Acta Horticulturae*, (806), 473-480. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.806.59>
- Geoffrion, I., & Marmette, M.-C. (2016). Valoriser la drêche de microbrasserie grâce à la culture de champignons. McGill University.
- Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G., & Zewdie, S. (2016). Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*, 6(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0265-1>
- Goulet D, Deweerdt C, Valence B, & Calop J. (2003). Fiche de stérilisation. 108.
- Hoa, H. T., Wang, C.-L., & Wang, C.-H. (2015). The Effects of Different Substrates on the Growth, Yield, and Nutritional Composition of Two Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43(4), 423-434. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>
- Khan, K. A. (2025). Effets du biochar, de la chaux et de l'inoculation microbienne sur la croissance d'espèces de saules et de peupliers pour la végétalisation des résidus miniers acides. <https://hdl.handle.net/20.500.11794/159204>
- Kiyuku, P., & Bigawa, S. (2013). Production de *Pennisetum* sp. Et son utilisation pour la culture de *Pleurotus ostreatus* au Burundi. *Vertigo*. La revue internationale en sciences de l'environnement, (Hors-série 17). <https://doi.org/10.4000/vertigo.13948>
- Larounga, T., Afi, D., Mawuana, K. A., & Gäiten, A. (2022). Effect of Rice Bran Rice Husk Sawdust and Quicklime on the Production of Fungi (*Pleurotus ostreatus*). *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*, 5(6), 123-130. <https://doi.org/10.36349/easjals.2022.v05i06.005>

- Manirakiza, V. (2012). La problématique de l'urbanisation spontanée face à la modernisation de la ville de Kigali.
- Martin-Prével, Y., Maire, B., & Delpuech, F. (2000). Nutrition, urbanisation et pauvreté en Afrique subsaharienne. 14.
- Mimouni, V., Ulmann, L., Pasquet, V., Mathieu, M., Picot, L., Bougaran, G., Cadoret, J.-P., Morant-Manceau, A., & Schoefs, B. (2012). The Potential of Microalgae for the Production of Bioactive Molecules of Pharmaceutical Interest [Text]. Bentham Science Publishers. <https://doi.org/10.2174/138920112804724828>
- Mishra, S., Sharma, S. K., Mohapatra, S., & Chauhan, D. (2013). An Overview on *Vetiveria Zizanioides*. Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences, 4(3), 7.
- Mondal, S., Rehana, J., Noman, M., & Adhikary, S. (1970). Comparative study on growth and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on different substrates. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 8(2), 213-220. <https://doi.org/10.3329/jbau.v8i2.7928>
- Mondo Mubalama, J., Mukengere Bagula, E., Balezi Zihalirwa, A., & Mushagalusa Nachigera, G. (2016). Effets des substrats à base de fanes de haricot et de feuilles de bananier sur la productivité des souches de *Pleurotus ostreatus* (P969 et HK51) sur étagère et gobetage. Vertigo. La revue internationale en sciences de l'environnement. <https://doi.org/10.4000/vertigo.16899>
- Mpulusu, S. D., Luyeye, F. L., Kesel, A. D., & Degreef, J. (2010). Essais de culture de quelques champignons lignicoles comestibles de la région de Kinshasa (R.D. Congo) sur divers substrats lignocellulosiques. (14(3)), 417-422.
- Mukondo, I., & Musalu, S. (2021). Perception de l'agriculture urbaine par les habitants de Kinshasa. 2(34), 14.
- Mushagalusa, G. N., Mondo, J. M., Masangu, G. B., Lutwamuzire, S. C., Sambili, C., & Bagula, E. M. (2017). 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. 35, 8.
- Mwita, L., Lyantagaye, S., & Mshandete, A. (2011). Cultivation of Tanzanian *Coprinus cinereus* (sisal compost mushroom) on three non-composted sisal waste substrates supplemented with chicken

- manure at various rates. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(3). <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i3.72188>
- Nadir, H. A. (2019). Use of pomegranate peel mixed with wheat straw as the substrate to cultivation of two *Pleurotus* species.
- Nieuwenhuljzen. (2007). -La culture des champignons à petite échelle—2.
- Oei, P. (1991). La culture des champignons. Techniques, espèces et possibilités d'applications commerciales dans les pays en développement. TOOL. <http://weiralex1949/cgi-bin/gw?e=t1c10home-tulane-1-T.1.B.121.1-bo-100-20-00e&q=&n=1&g=01>
- Oei, P. (2003). Mushroom cultivation: Appropriate technology for mushroom growers (3rd ed). Backhuys.
- Ousseïni, M. M. M., Mahamadou, C., & Mamman, M. (2017). Pratique et utilisation des sous-produits de légumineuse dans l'alimentation du bétail à la communauté urbaine de Niamey : Cas de fanes et cosses de niébé (*Vigna unguiculata*). *Journal of Applied Biosciences*, 120, 12006-12017. <https://doi.org/10.35759/JABs.120.3>
- Pinna, S., Gévry, M.-F., Côté, M., & Sirois, L. (2010). Factors influencing fructification phenology of edible mushrooms in a boreal mixed forest of Eastern Canada. *Forest Ecology and Management*, 260(3), 294-301. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.024>
- Rao, R. R., & Suseela, M. R. (2024). *Vetiveria zizanioides* (linn.) Nash a multipurpose eco-friendly grass of india. 4.
- Sahani, M. (2011). Le Contexte Urbain et Climatique des Risques Hydrologiques de la Ville de Butembo (Nord Kivu/RDC)—ProQuest. <https://www.proquest.com/openview/d55f1bc15b96dc12d8173bbaee00b871/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Saidi, N., & Bouabdli, A. (2020). Essais de phytoremediation par vétiver grass (*vetiveria zizanioides*). 24.
- Samira, E. O., Hamza, B., & Mouad, C. (2022). Evaluation de la composition chimique des résidus agricoles du Nord du Maroc : Cas de résidus de fraise, de framboise, d'haricot, de pois chiche et de féverole. . . p.
- Tesfay, T., Godifey, T., Mesfin, R., & Kalayu, G. (2020). Evaluation of waste paper for cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with

- some added supplementary materials. *AMB Express*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-0945-8>
- The World Bank. (1990). *Vetiver grass : The hedge against erosion* (Third edition). The World Bank.
- Traore, M., Kante, M., & Dagno, K. (2022). Evaluation du potentiel de production en sporophores de 4 espèces de champignons sauvages comestibles sur des substrats lignicoles au Mali : Production de Champignons comestibles au Mali. *Sciences Naturelles et Appliquées*, 41(1), 191-205.
- Tsiko, P. K., & Bahoterana, A. T. (2024). Monographie de la violence urbaine au Nord-Kivu. Cas de la ville de Butembo. *Parcours et Initiatives : Revue interdisciplinaire du Graben (PIRIG)*, (29), 89-106. <https://doi.org/10.57988/crig-2079>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2024). *World Urbanization Prospects : The 2018 Revision. For climate-related data : The World Bank*. Wold Bank.
- Véron, J. (2008). Enjeux économiques, sociaux et environnementaux de l'urbanisation du monde. *Mondes en développement*, 142(2), 39-52. <https://doi.org/10.3917/med.142.0039>
- Wachira, J. W. (2023). PHOENIX OYSTER MUSHROOM (*Pleurotus* sp.) UNDER RESIDUAL AGRO-. 84.
- Wathumbe, P. A., & Mada, D.-B. B. (2020). Production de carpophores comestibles du *Pleurotus sajorcaju* (Fr.) Singer à base de balles de riz.
- Yang, S., Hai, F. I., Nghiem, L. D., Price, W. E., Roddick, F., Moreira, M. T., & Magram, S. F. (2013). Understanding the factors controlling the removal of trace organic contaminants by white-rot fungi and their lignin modifying enzymes : A critical review. *Bioresource Technology, Challenges in Environmental Science and Engineering (CESE-2012)*, 141, 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.173>