



Production de carpophores comestibles du *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer à base de balles de riz

Patrick Athocon Wathumbe, Daniel-Bienvenu Bangala Mada*

Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Chimie et Industries Agricoles. BP. 117 Kin XI (RDC). E-mail : daniel_bangala@yahoo.com

Reçu le 14 février 2020, accepté le 11 mars 2020, publié en ligne le 28 mars 2020

RESUME

Description du sujet. A Kinshasa, la riziculture joue un rôle important sur le plan économique (source de revenu) et nutritionnel (apport d'énergie). Cependant, la gestion des sous-produits de traitement de riz (paille et balles de riz) est difficile dans plusieurs zones de production de riz. C'est dans ce contexte qu'une étude a été réalisée du 15 septembre 2017 au 15 mars 2018 en vue de valoriser les balles de riz.

Objectif. L'objectif poursuivi par l'étude est de biodéfinir les balles de riz qui sont des résidus agroindustriels du riz paddy à partir des champignons lignolytiques *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer en vue de produire des carpophores comestibles.

Méthodes. Les balles de riz ont été récoltées au Programme National Riz (PNR) et ont servi pour la préparation de trois types de substrats (pourcentage en matières sèches) : B1 (53,5 % de balles de riz, 29,5 % de son de blé, 13,6 % de sciure de bois et 3,4 % de chaux éteinte), B2 (95,8 % de balles de riz et 4,20 % de chaux éteinte) et B3 (80,2 % de balles de riz, 15,8 % de sciure de bois et 4,0 % de chaux éteinte). Les substrats ont été inoculés par des mycéliums de *P. sajor-caju*, incubés à 28 °C dans une pièce désinfectée jusqu'à la production de carpophores dudit champignon en vue de déterminer : (1) le substrat le plus efficace du point de vue de la durée d'incubation, (2) le rendement en carpophores comestibles et (3) l'efficacité biologique des substrats. Les données ainsi obtenues ont été traitées selon la procédure d'analyse de variance au seuil de probabilité de 5 % et les différences entre les valeurs moyennes ont été déterminées par le test de Tukey.

Résultats. Les résultats obtenus ont montré que le substrat B1 a été le plus performant pour tous les paramètres culturaux étudiés : la durée d'incubation la plus courte de 30 jours, la production en carpophores la plus élevée (31,4 g) et la plus grande efficacité biologique (17,1 %).

Conclusion : Les balles de riz sont des substrats lignocellulosiques appropriés pour la production de champignons comestibles et l'opération peut techniquement être améliorée et rentabilisée par un enrichissement préalable du substrat et par un choix minutieux de la méthode culturale à appliquer. Les études ultérieures peuvent être réalisées dans le sens d'optimiser les conditions culturales des mycéliums *P. sajor-caju* dans les balles de riz afin d'accroître la quantité des carpophores de ce champignon comestible qui peuvent être obtenus.

Mots-clés : Balles de riz, biodéfinification, champignon comestible, lignolytique, carpophore

ABSTRACT

Production of edible carpophores of *Pleurotus sajor-caju* from rice husks

Description of the subject. In Kinshasa, rice cultivation plays an important role economically (source of income) and nutrition (source of energy). However, the management of rice processing by-products (straws and husks of rice) is difficult in several rice production areas. It is in this context that a study was carried out from September 15, 2017 to March 15, 2018 with a view to promoting rice husks.

Objective. The objective of the study is to biodegrade the husks of rice which are agroindustrial residues of paddy rice from lignolytic fungus *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer in order to produce edible carpophores.

Methods : Rice husks were harvested in the national rice program (PNR) and were used to prepare three types of substrate (percentage of dry matter): B1 (53.5 % rice husks, 29.5 % wheat bran, 13.6 % sawdust and 3.4 % slaked lime), B2 (95.8 % rice husks and 4.20 % wheat bran) and B3 (80.2 % rice husks, 15.8 % wheat bran and 4.0 % slaked lime). The substrate were inoculated with mycelia of *P. sajor-caju*, incubated at 28 °C in a disinfected room until the production of the fruiting bodies of the aforesaid fungus in order to determine: (1) the most effective substrate from the point of view of the duration of incubation, (2) the yield in edible fruiting bodies and (3) the biological efficiency. The data obtained were processed according to the variance analysis procedure at the 5 % probability threshold and the differences between the mean values were determined by the Tukey test.

Results. The result obtained showed that the substrate B1 was the most efficient for all the cultural parameters studied: the shortest incubation period of 30 days, the highest carpophore production (31.4 g) and the largest biological efficiency (17.1 %)

Conclusion: Rice husks are lignocellulosic substrates suitable for the production of edible mushrooms and the operation can technically be improved and made profitable by a prior enrichment of the substrate and a careful choice of the cultivation method to be applied. Further studies may be carried out in order to optimize the cultural conditions of mycelia of *P. sajor-caju* in rice husks and to increase the quantity of carpophores of this edible fungus.

Key words: Rice husks, biodelignification, edible mushrooms, lignolytic, carpophores

1. INTRODUCTION

A Kinshasa, la quantité de sous-produits provenant de l'activité agricole et agroindustrielle locale peut atteindre annuellement 43.690 tonnes par an (Bangala, 2016). En effet, cette quantité est largement importante dans la ville de Kinshasa si on additionne les résidus issus des produits agricoles et agro-industriels provenant d'autres provinces de la RDC et de l'importation. La mise en place des méthodes efficaces de récupération de ces résidus pour les transformer en d'autres produits utiles s'avère donc indispensable.

Parmi les résidus végétaux issus des activités agricoles et industrielles, il y a les pailles et les balles de riz qui sont produites en grande quantité dans la ville de Kinshasa. Elles sont généralement utilisées comme fertilisant organique ou aliment pour le bétail et peuvent potentiellement servir à la production d'énergie, notamment par combustion directe ou sous forme de biogaz ou de bioéthanol (Delivand *et al.*, 2012). Cependant, la capacité d'utilisation de ces résidus est limitée à cause du complexe lignocellulosique présent dans leur paroi cellulaire et qui sont responsables de leur cinétique de dégradation lente (Pérez *et al.*, 2002 ; Bangala *et al.*, 2015). C'est ainsi que la valorisation de ces substrats lignocellulosiques requiert généralement un ou plusieurs prétraitements (Agbor *et al.*, 2011; Bangala et Masimango, 2014).

Les travaux antérieurs ont aussi montré que ces résidus constituent un bon substrat pour la culture des champignons comestibles, particulièrement les pleurotes qui sont riches en enzymes oxydatives lignolytiques (Eloutassi *et al.*, 2014 ; Bangala, 2016).

Les pleurotes, macromycètes du genre *Pleurotus*, appartiennent au groupe physiologique dénommé « white-rot fungi » ou champignons de pourriture blanche, c'est-à-dire, capables d'hydrolyser la lignine afin de rendre disponibles les polysaccharides pariétaux qu'elle protège. Ainsi, le traitement des balles de riz par ce champignon peut présenter le double avantage de fournir des mycéliums des champignons comestibles et un substrat délignifié pouvant servir à d'autres finalités

telles que la production de biogaz ou de biocarburants.

Il a été démontré que les champignons comestibles dont *P. sajor-caju* constituent un aliment de très grande valeur nutritive (Boa, 2006). Leur culture et leur vulgarisation peuvent constituer une stratégie très efficace de lutte contre la malnutrition et l'insécurité alimentaire qui menacent la ville de Kinshasa. Les prétraitements fongiques des balles de riz par les pleurotes (*P. sajor-caju*) est un moyen de conversion de la matière organique contenue dans les balles de riz, préalablement considérées comme déchets, en un produit alimentaire de bonne valeur nutritive.

L'objectif général poursuivi par cette recherche est de combattre à la fois l'insalubrité d'origine organique et la malnutrition qui sévissent dans la ville province de Kinshasa en utilisant les balles de riz qui sont des résidus agroindustriels du riz paddy pour produire des champignons comestibles. Spécifiquement, l'étude vise à biodélignifier les balles de riz à partir des champignons lignolytiques *P. sajor-caju* en vue de produire des carpophores comestibles de ce macromycète.

La ville de Kinshasa est soumise à une pollution environnementale multidimensionnelle, et cette étude met en exergue la possibilité de valoriser une catégorie de résidus agroindustriels. Aussi, la mise à la disposition de la population kinoise des champignons comestibles, aliments de bonne valeur nutritive, constitue un autre intérêt que présente cette recherche.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Milieu d'étude

L'expérimentation sur la production de carpophores de *P. sajor-caju* et la détermination d'efficacité biologique des balles de riz biodégradées par ce fungus ont été réalisées au laboratoire de Biologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa.

2.2. Matériel

Préparation des échantillons

Les échantillons de balles de riz récoltés au PNR ont été conditionnés dans des sacs cylindriques en polypropylène d'environ 110 cm de hauteur et 45 cm de diamètre (couramment appelés bandes vertes) et transportés au laboratoire.

La préparation des substrats a été effectuée selon le protocole d'Oei (2005) et Dibaluka *et al.* (2010), mais légèrement modifié en ce qui concerne les proportions de différents ingrédients constituant les mélanges. Les différentes opérations accomplies ont été : le trempage des balles de riz dans l'eau déminéralisée pendant 24 heures ; ensuite, ces substrats ont été égouttés pendant 3h00 afin d'atteindre un taux d'humidité d'environ 50 %. Les échantillons ont été ainsi divisés en trois groupes de substrat. Suivant le protocole précité, les balles de riz devraient être mélangées avec le son de blé, la sciure de bois et la chaux éteinte pour rendre le substrat propice à la culture des pleurotes.

La différence entre ces groupes de substrats s'est située au niveau des compositions de différents mélanges : (i) dans le premier groupe, les balles de riz ont été mélangées avec la sciure de bois, le son de blé et la chaux éteinte dans les proportions qui sont données dans le tableau 1 ; (ii) le second groupe n'a connu comme additif que la chaux éteinte qui a joué le rôle de tampon dans le mélange, c'est le témoin de cette expérience de production fongique ; (iii) dans le troisième groupe, les balles de riz ont été mélangées avec de la chaux éteinte et de la sciure de bois.

Les substrats destinés à la production de mycéliums fongiques ont été placés dans des sacs en polyéthylène de 24 cm x 38 cm et chaque substrat a été répété trois fois. Les substrats ainsi conditionnés ont été autoclavés à 121 °C pendant 1h30'. Les tableaux 1 et 2 résument les différentes quantités, respectivement en masses fraîches et sèches, qui ont constituées ces mélanges.

Détermination de la matière sèche (MS)

La teneur en matière sèche a été déterminée selon les méthodes standardisées AFNOR NF EN 14346 (2007) et AFNOR NF U 44-160 (1985) : 1,5 g d'échantillon ont été pesés dans des creusets préalablement tarés ; ces creusets ont été ensuite placés dans l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Après l'étuvage, les échantillons ont été placés dans un dessiccateur pour être refroidis et pesés.

Le calcul des résultats s'est fait au moyen de la formule suivante :

$$MS (\%) = \frac{M1}{M2} \times 100$$

Où M1 et M2 représentent respectivement la masse après séchage et la masse fraîche de l'échantillon.

Culture des champignons sur le substrat et incubation

Les échantillons de balle de riz ont été placés dans des sacs en polyéthylène dit "08", ils ont ensuite été inoculés des mycéliums du champignon comestible *P. sajor-caju* obtenus du projet Kin-champignons. Le tableau 3 donne les quantités de mycéliums qui ont étéensemencés dans chaque groupe de substrat.

L'ensemencement a été réalisé en conditions aseptiques dans une boîte d'inoculation, à raison de 5 % (pondérale) de blanc de semis par rapport à la masse de substrat. Les sacs ont été ensuite fermés hermétiquement à l'aide de bouchons en mousse et d'un anneau en PVC (3 cm de hauteur ; 2,5 à 3 cm de diamètre).

À la fin de l'inoculation, les échantillons de balles de riz ont été incubés dans une armoire à l'obscurité totale à 28 °C. Une uniformisation des conditions d'incubation était assurée par un déplacement aléatoire des sachets de culture à l'intérieur de l'armoire une fois par semaine. L'incubation a été maintenue jusqu'à l'envahissement total du substrat de production par le mycélium et l'apparition des premiers primordia. Ainsi, les échantillons ont été déplacés vers une cabane dont les murs sont confectionnés à l'aide de nattes et dans lesquels régnait une lumière tamisée, une humidité élevée et des températures modérées (23-28 °C en journée). L'arrosage des échantillons, du sol jonché de morceaux de briques, à raison de 2 à 3 fois par jour, a permis de garder un taux d'humidité élevé dans l'abri.

À partir du moment où les carpophores ont commencé à apparaître et à croître, ils ont été récoltés et pesés. Le rendement de la production fongique a été calculé dès la première levée en considérant les poids frais des produits de la récolte et du substrat de départ. Ensuite, la performance de la croissance du fungus sur les différents substrats a été évaluée par le calcul de "l'efficacité biologique" selon la relation proposée par Mwita *et al.* (2011) et Girmay *et al.* (2016) :

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

Où EB = efficacité biologique ; MF = masse fraîche ; MS = masse sèche.

Tableau 1. Compositions de différents substrats à base des balles de riz

Codification du groupe	Quantité (gMF) par sac				Quantité (gMS) par sac				Masse sèche totale (gMS)
	Balles de riz	Son de blé	Sciure de bois	Chaux éteinte	Balles de riz	Son de blé	Chaux éteinte	Sciure de bois	
B1	4000	1176,5	588,2	117,7	1817,2	1001,8	116,2	462,2	3397,4
B2	4000	0,0	0,0	81,6	1817,2	0,0	80,6	0,0	1897,8
B3	4000	0,0	454,6	90,9	1817,2	0,0	89,8	357,1	2264,1

Légende : B1 : mélange de balles de riz, de son de blé, de sciure de bois et de chaux éteinte ; B2 : mélange de balles de riz et de chaux éteinte ; B3 : mélange de balles de riz, de sciure de bois et de chaux éteinte ; gMF : gramme de matière fraîche ; gMS : gramme de matière sèche.

Tableau 2 : Proportion de chaque constituant du substrat par rapport à la masse sèche totale dans différents substrats à base des balles de riz.

Code du groupe	Proportion par groupe de substrat (%MS)				Pourcentage total (MS)
	Balles de riz	Son de blé	Sciure de bois	Chaux éteinte	
B1	53,5	29,5	13,6	3,4	100,0
B2	95,8	0,00	0,00	4,2	100,0
B3	80,3	0,0	15,8	3,9	100,0

Légende : % MS : pourcentage déterminé sur base de la masse sèche ; B1 : mélange de balles de riz, de son de blé, de sciure de bois et de chaux éteinte ; B2 : mélange de balles de riz et de chaux éteinte ; B3 : mélange de balles de riz, de sciure de bois et de chaux éteinte.

Tableau 3 : Quantité de substrat et de mycélium par test

Code substrat	MF (g)			MS (g)		
	Substrats	Champignon PSC	Culture finale	Substrats	Champignon PSC	Culture finale
B1	400,0	21,6	421,6	183,862	18,6	202,5
B2	400,0	21,6	421,6	235,148	18,6	253,7
B3	400,0	21,6	421,6	229,404	18,6	248,0

Légende : MF (g) : masse fraîche en grammes ; MS (g) : masse sèche en grammes ; PSC : *P. sajor-caju* ; B1 : mélange de balles de riz, de son de blé, de sciure de bois, et de chaux éteinte ; B2 : mélange de balles de riz et de chaux éteinte ; B3 : mélange de balles de riz, de sciure de bois et de chaux éteinte.

Analyses statistiques des données

Les logiciels R et Excel ont été utilisés pour l'analyse statistique des données. L'analyse de la variance (ANOVA) ainsi que le Test de Tukey au seuil de signification de 5 % ont été utilisés comme outils statistiques pour déceler les différences significatives entre les valeurs moyennes de

productions, de rendements et d'efficacités biologiques des différents substrats.

3. RESULTATS

3.1. Période d'envahissement et d'incubation

En ce qui concerne la durée d'envahissement mycélien et la durée d'incubation (période entre l'ensemencement et la première production), le tableau 4 fournit les éléments d'information y relatives. En effet, tous les substrats ont été ensemencés et incubés le même jour mais les durées d'envahissement, les dates de premières récoltes et les durées d'incubation de ces substrats sont différentes. Au seuil de signification de 5 %, le test de comparaison multiple des moyennes de Tukey révèle que les plus longues durées d'envahissement mycélien du substrat et d'incubation fongique sont enregistrées chez le substrat B2. Le substrat B1 présente, d'une part, la plus courte durée d'envahissement mais non significativement différente de la même durée donnée par B3 et d'autre part, la durée d'incubation la plus courte de manière absolue.

Le substrat B1 constitué d'un mélange de balles de riz, de chaux éteinte, de sciure de bois et de son de blé, semble présenter un avantage du fait qu'il est plus riche en ingrédients que les autres. La richesse en azote, en vitamines et en éléments minéraux du son de blé permettrait d'accélérer la croissance du mycélium et par la suite, augmenter le rendement.

Tableau 4 : Durée d'envahissement mycélien de *P. sajor-caju* dans chaque type substrat sous culture

Substrat/ traitement	Durée d'envahissement complet* (jours)	Durée de développement jusqu'à la première récolte* (jours)
B1	25,0±1,7b	30,0±1,0b
B2	79,0±0,0a	106,0±2,0a
B3	26,3±1,5b	34,33±1,1b

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne ± écarts types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre sur la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

Légende : B1 : mélange de balles de riz, de son de blé, de sciure de bois et de chaux éteinte ; B2 : mélange de balles de riz et de chaux éteinte ; B3 : mélange de balles de riz, de sciure de bois et de chaux éteinte ; + : période entre l'ensemencement fongique suivi de l'incubation et l'envahissement mycélien complet du substrat ; * : période entre l'ensemencement fongique et la première production des carpophores.

3.2. Production de carpophores du champignon comestible *P. sajor-caju*

La quantité de carpophores produite par le substrat (traitement) est présentée au tableau 5.

Tableau 5. Production moyenne des carpophores de *P. sajor-caju* à partir des substrats à base des balles de riz.

Substrat/ traitement	Production (g)	
	Poids frais	Poids sec
B1	31,4±0,6a	6,8±0,1a
B2	5,9±1,8c	1,3±0,4c
B3	18,3±1,6b	3,4±0,4b

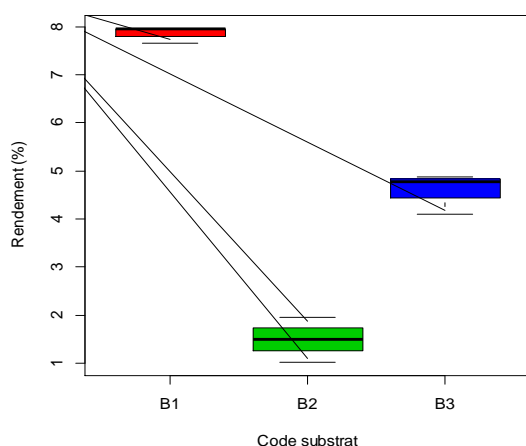
Les résultats sont présentés sous forme de moyenne ± écarts types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre sur la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

Légende : B1 : mélange de balles de riz, de son de blé, de sciure de bois et de chaux éteinte ; B2 : mélange de balles de riz et de chaux éteinte ; B3 : mélange de balles de riz, de sciure de bois et de chaux éteinte.

Il ressort du tableau 5 que le poids frais des carpophores a varié entre 31,4 g (B1) et 5,9 g (B2). Le substrat B3 a donné une production moyenne (poids frais) de carpophores de 18,3±1,6 g.

3.3. Calcul du rendement

Au cours de la production fongique, le rendement est l'un des paramètres qui révèle la performance des substrats. La figure 1 donne les valeurs des rendements obtenus, elle est obtenue par le rapport entre la masse fraîche de carpophore (tableau 5) et la masse fraîche des substrats de départ (tableau 3).



Légende : B1 : mélange de balles de riz, de son de blé, de sciure de bois et de chaux éteinte ; B2 : mélange de balles de riz et de chaux éteinte ; B3 : mélange de balles de riz, de sciure de bois et de chaux éteinte.

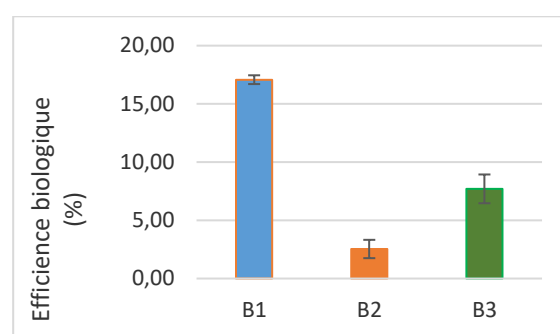
Figure 1. Rendement en carpophores frais par type de substrat

Les valeurs inférieure, moyenne et maximale des rendements obtenus sont respectivement de 1,0 % ;

4,6 % et 7,9 %. La comparaison des moyennes de rendements au seuil de signification de 5 % classe les substrats en ordre suivant de rendement (du plus grand au plus petit) : B1, B3 et B2.

3.4. Calcul de l'efficacité biologique

L'efficacité biologique exprimée en pourcentage, indique la quantité en gramme de carpophores frais produits par unité de masse sèche du substrat de base. C'est donc un indicateur de l'impact de la composition de chaque type de substrat dans la production de carpophores. Les trois groupes de substrats ayant été différemment constitués en ce qui concerne la composition de leurs mélanges, le calcul de l'efficacité biologique (EB) donne les résultats consignés dans la figure 2.



Légende : B1 : mélange de balles de riz, de son de blé, de sciure de bois et de chaux éteinte ; B2 : mélange de balles de riz et de chaux éteinte ; B3 : mélange de balles de riz, de sciure de bois et de chaux éteinte.

Figure 2. Efficacité biologique (EB) par type de substrat

L'examen de la figure 2 montre que le substrat B1 est biologiquement plus efficace que les autres parce qu'il a donné la plus grande valeur d'EB. Il est suivi par le substrat B3, puis le substrat B2. Le fait que le substrat B1 ait reçu des ingrédients supplémentaires par rapport aux autres dans sa composition, peut expliquer cette différence. Si le mélange complet est plus efficace et plus efficace sur le plan technique, il serait intéressant de déterminer également l'efficacité économique de ce dernier.

4. DISCUSSION

Les balles de riz dont l'évacuation pose des sérieux problèmes aux producteurs dans la ville de Kinshasa peuvent constituer une matière première pour la production de champignons comestibles et l'opération a besoin d'être améliorée afin d'accroître les différents paramètres de culture qui ont été suivis, notamment le rendement et l'efficacité biologique.

En ce qui concerne la durée d'invasion mycélienne des substrats et d'incubation du *P. sajor-cajou*, le substrat B1 a mis le temps le plus court par rapport aux deux autres. Ce résultat peut se justifier par la composition de ce substrat qui contient des

additifs supplémentaires en plus de balles de riz et de la chaux éteinte.

D'autre part, Pala *et al.* (2012), au cours de leur recherche sur la culture du *P. sajor-caju* sur la paille de riz, ont eu des durées variant entre 17 à 19 jours d'envahissement et 25 à 27 jours d'incubation, tandis que Dibaluka *et al.* (2009) lors de la production des mycéliums de *P. cystidiosus* sur trois types de résidus (agricoles, agroindustriels et graminées sauvages) ont obtenu des durées d'incubation de 21 à 30 jours. Ces résultats approchent les durées d'envahissement mycélien et d'incubation obtenues avec le substrat B1 de la présente recherche.

En ce qui concerne le rendement en carpophores comestibles, d'après Oei (2005), l'opération de culture des mycéliums de Pleurotes sur un substrat lignocellulosique est économiquement rentable si les rendements en carpophores produits représentent au moins 20 % de la masse fraîche des substrats de départ.

Le substrat B1 a produit une quantité moyenne de 31,40 g de carpophore frais à partir de 400,0 g de substrat frais. Autrement dit, 7,8 g de carpophores frais ont été produits à partir de 100 g de substrats frais et, cela correspond à un rendement de 7,8 %. Cette conversion permet de rendre ces résultats comparables aux autres travaux scientifiques similaires. Ainsi, en considérant le travail de Dibaluka *et al.* (2010) sur la production de carpophores frais de *P. cystidiosus* à partir de deux types de substrats, les rendements obtenus ont varié entre 9,7 % et 21,8 %. Au cours de cette recherche, les substrats étaient constitués, d'une part, du mélange de la sciure de bois fermentée avec le son de blé, la chaux éteinte et le saccharose et, d'autre part, du mélange de tiges de *Cyperus papyrus* avec le son de blé, la chaux éteinte et le saccharose. Das et Mukherjee (2007), quant à eux, au cours de leur étude sur la production de carpophores de *P. ostreatus* à partir d'un substrat constitué d'herbes sauvages n'ayant reçu aucun additif particulier, ont obtenu des rendements élevés, compris entre 85,36 g et 149,42 g de carpophores frais pour 100 g (en masse sèche) d'herbes sauvages.

La différence observée entre ces rendements semble provenir des méthodes culturales utilisées. En effet, à la différence de la présente recherche et de celle de Dibaluka *et al.* (2010), où les proportions de l'inoculum fongique ont représenté respectivement cinq et trois pourcents des masses fraîches des substrats de base, Das et Mukherjee (2007) ont inoculé leurs substrats avec 20 % des mycéliums fongiques. Les différents travaux révèlent que la méthode culturale, notamment la proportion de l'inoculum par rapport au substrat de base peut contribuer, en grande partie, à l'augmentation significative du rendement.

En ce qui concerne l'efficacité biologique, le plus important taux de conversion du substrat en carpophores obtenus dans cette étude a été observé chez le substrat B1 (17,08 %). Lorsque cette valeur est comparée à celles d'autres travaux sur la valorisation fongique de la lignocellulose, plusieurs observations peuvent en découler. En effet, Pala *et al.* (2012), au cours de leur recherche, ont inoculé les mycéliums (proportion non précisée) de *P. sajor-caju* en plusieurs couches sur un substrat constitué de paille de riz humidifiée et coupée en débris de 2 à 3 cm (aucun additif particulier n'a été utilisé). Ils ont obtenu une efficacité biologique de 149,7 %. Mwita *et al.* (2011), quant à eux, ont obtenu des valeurs d'efficacité biologique variant entre 2 % et 119 % au cours de leur recherche sur la production du macromycète *Coprinus cinereus* sur les résidus de sisal enrichis avec différentes proportions de fumier (fierte associée à la litière) de volaille.

Ainsi, les informations sur l'efficacité biologique permettent de comprendre qu'au cours d'une opération de production de mycéliums fongiques à partir d'un substrat lignocellulosique, la production, comme les autres paramètres, dépendent de la composition du substrat de base ainsi que de la méthode culturale appliquée. En effet, les deux voies à explorer pour l'amélioration du rendement en carpophores et de l'efficacité biologique des balles de riz, dans le cas où elles seraient utilisées dans la production de champignons comestibles, sont l'augmentation de la proportion du mycélium fongique à utiliser comme inoculum ainsi que l'inoculation en plusieurs points du substrat de base au lieu d'un point unique.

5. CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était de biodéfinier trois types de substrats contenant différentes proportions des balles de riz (résidus agroindustriels) et produire des carpophores comestibles de *P. sajor-caju*. Le substrat qui contenait les balles de riz en mélange avec la chaux éteinte, la sciure de bois et le son de riz (B1) a donné les meilleurs résultats (durée d'incubation de 30 jours ; production de 31,40 g de carpophores et efficacité biologique de 17,1 %) que les deux autres substrats dont les compositions manquaient certains de ces ingrédients.

En outre, cette recherche révèle que la pollution environnementale et la malnutrition qui sévissent à Kinshasa peuvent être solutionnées en partie par la valorisation des balles de riz pour la production de carpophores comestibles. En effet, dans la ville de Kinshasa, pour rendre efficace et efficiente la gestion des sous-produits de la riziculture, il est opportun de créer un réseau de récupération des pailles et balles de riz chez les producteurs, d'organiser des filières scientifiques de production des mycéliums (inoculum) des champignons comestibles et de

mettre en place les circuits de production et de distribution de carpophores alimentaires.

Références

- Agbor V.B., Cicek N., Sparling R., Berlin A. & Levin D.B., 2011. Biomass pretreatment: Fundamentals toward application. *Biotechnology Advances*, 29(6), 675–685.
- Bangala D.B.M. & Masimango N.T., 2014. Revue bibliographique sur les aspects pratiques de la valorisation des résidus lignocellulosiques par la digestion fongique. *Congo Sciences*, 2(2), 61-74.
- Bangala M., Lumpungu K., Sumbu Z., Kizungu V., Dibaluka M., Ngombe K., Luyindula N., Gerin P. & Masimango N., 2015. Revue de la Littérature sur les Principales Méthodes de Valorisation des Résidus Lignocellulosiques. *Revue Congolaise des Sciences Nucléaires*, 30(1), 36-55.
- Bangala M.D-B., 2016. *Etude des Résidus lignocellulosiques à Kinshasa : identification, quantification et valorisation par les white-rot fungi (champignons de pourriture blanche)*. Thèse de Doctorat, Université de Kinshasa, Kinshasa (RDC), 143 p.
- Boa E., 2006. *Produits forestiers non ligneux 17. Champignons comestibles sauvages. Vue d'ensemble sur leurs utilisations et leur importance pour les populations*. <http://www.fao.org/docrep/009/y5489f/y5489f00.htm>. Consulté le 30.11.2019.
- Das N. & Mukherjee M., 2007. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. *Bioresource Technology*, 98, 2723–27260.
- Delivand M.K., Barz M., Gheewala S.H. & Sajjakulnukit B., 2012. Environmental and socio-economic feasibility assessment of rice straw conversion to power and ethanol in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 37, 29-41.
- Dibaluka M.S., Lukoki L.F., De Kesel A. & Degreef J., 2009. Culture de trois types de champignons sauvages indigènes comestibles de la région de Kimvula (Bas-Congo/R.D.Congo) : *Auricularia cornea* (Ehrenb. : fr.) Ehrenberg Ex Endlicher, *Pleurotus cystidiosus* O.K. Miller et *Pleurotus flabellatus* (Berk. & BR.) Sacc. *Rev. Cong. Sci. Nucl.*, 23(2), 223-238.
- Dibaluka M.S., Lukoki L.F., De Kesel A. & Degreef J., 2010. Essais de culture de quelques champignons lignicoles comestibles de la région de Kinshasa (R.D. Congo) sur divers substrats lignocellulosiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 14(3), 417-422.
- Eloutassi, N., Louaste, B., Boudine, L. & Remmal, A., 2014. Valorisation de la biomasse lignocellulosique pour la production de bioéthanol de deuxième génération. *Revue des Energies Renouvelables*, 17(4), 600-609.
- 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 Expr.* 6:87
- Mwita L.N., Lyantagaye S.L. & Mshandete A.M., 2011. Cultivation of Tanzanian *Coprinus cinereus* (sisal compost mushroom) on three non-composted sisal waste substrates supplemented with chicken manure at various rates. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(3), 968-978.
- Oei P., 2005. *La culture des champignons à petite échelle : pleurotes, shiitakes et auriculaires*. 1ère édition. Wageningen: Fondation Agromisa, CTA, 86 p.
- Pala S.A., Abdul Hamid Wani A.H. & Mir R.A., 2012. Yield performance of *Pleurotus sajor-caju* on different agro-based wastes. *Annals of Biological Research*, 2012, 3 (4), 1938-1941.
- Pérez J., Munoz-Dorado J., Rubia T. & Martínez J., 2002. Biodegradation & biological treatments of cellulose, hemicellulose & lignin: an overview. *International Microbiology*, 5, 53-63.