



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Utilisation du champignon *Pleurotus sajor-caju* pour la délignification d'un substrat à base des hampes florales de bananiers (*Musa spp.*) et la production des carpophores comestibles

Nkwe Charles MPADI et Daniel-Bienvenu Mada BANGALA*

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Chimie et Industries Agricoles.
BP. 117 Kin XI, république démocratique du Congo.

*Auteur correspondant; E-mail : daniel_bangala@yahoo.com / mpadireagan@25gmail.com;
Tel ; +243 81258 2961

RESUME

Les hampes florales des bananiers, riches en lignocelluloses, font parties des résidus végétaux largement impliqués dans la pollution environnementale à Kinshasa. C'est dans ce contexte que cette recherche a utilisé les champignons lignolytiques *Pleurotus sajor-caju* dans l'objectif de bio-délignifier des hampes florales des bananiers et de produire des carpophores comestibles de ce champignon. Dans la méthodologie employée, lesdites hampes florales ont été utilisées pour la préparation de quatre types de substrats dans lesquels elles ont représentée 52% (A1), 95,5% (A2), 79,4% (A3) et 45,9% (A4) de la masse sèche totale. Toutes ces préparations ont été inoculées par des mycéliums de *Pleurotus sajor-caju*, incubées à 28 °C jusqu'à la production des carpophores dudit champignon en vue de déterminer (1) le mélange 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 résultats obtenus sont : les durées d'incubation des cultures jusqu'à la production des carpophores ont varié de 45 jours (A4) à 83 jours (A2) ; le rendement en carpophores comestibles et l'efficacité biologique obtenus à partir des substrats A1, A3 et A4 ne sont pas significativement différents, tandis que A2 donne les plus faibles valeurs. Cette recherche confirme que les champignons lignolytiques comestibles, dont le *Pleurotus sajor-caju* fait partie, sont des agents efficaces pour valoriser les déchets d'origine végétale, à la base de la pollution environnementale, dans une perspective de production alimentaire et de lutte contre la malnutrition et l'insécurité alimentaire à Kinshasa.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés: fongique, lignolytique, efficacité biologique, valorisation, biodégradation.

Use of the fungus *Pleurotus sajor-caju* for the delignification of a substrate based on banana flower stalks (*Musa spp.*) and the production of edible fungi

ABSTRACT

The floral stalks of the banana trees, rich in lignocelluloses, are parts of the agricultural residues extensively implied in the environmental pollution in Kinshasa. It is in this context that this research used the lignolytic fungus *Pleurotus sajor-caju* in the objective of bio-delignification of these residues of banana harvest

and the production of edible mushroom. As methodology, the floral stalks of banana trees have been used for the preparation of four types of substrate in which they represented 52% (A1), 95.5% (A2), 79.4% (A3) and 45.9% (A4) of the total dry mass. All these four preparations have been inoculated by spawns of *Pleurotus sajor-caju*, incubated at 28 °C until the production of the carpophores of the aforesaid mushroom in order to determine the most efficient mixture concerning (1) the length of carpophore production, (2) the output in edible carpophores and (3) the biological efficiency of the substrates. The gotten results are: the lengths of incubation of the cultures until the production of the carpophores varied of 45 days (A4) to 83 days (A2); the output in edible carpophores and the biological efficiency gotten from the substrates A1, A3 and A4 are not meaningfully different, while A2 gives the weakest values. This research confirms that the lignolytic edible fungi, whose *Pleurotus sajor-caju* belongs to, are efficient agents to valorize the vegetable wastes which cause the environmental pollution, in a perspective of food production and struggle against the malnutrition and the food insecurity in Kinshasa.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: fungal, lignolytic, biological efficiency, valorization, biodegradation.

INTRODUCTION

A Kinshasa, comme dans toutes les grandes villes du monde, des milliers des tonnes de déchets sont produits quotidiennement et cela pose déjà de graves problèmes de salubrité à cause du déficit d'assainissement. Cette situation est d'autant plus complexe que ces déchets sont de nature très variées : déblais, gravats, décombres et débris issus des travaux publics et privés, déchets des établissements artisanaux, industriels et commerciaux, cadavres d'animaux domestiques, épaves de véhicules, carcasses d'appareils électroménagers, déchets d'abattoirs, produits d'élagage, résidus agricoles et agro-industriels, etc. (Lelo, 2008)

C'est ainsi que le traitement de valorisation ou de recyclage réservé à ces ordures varie d'une catégorie à une autre. Très régulièrement, dans cette ville, les caravanes des mitrailles provenant de vieilles carcasses de véhicules et de la ferraille sont acheminées vers les fonderies pour la fabrication des barres de fer et autres objets en métal ; les sacs en plastique, quant à eux, sont vendus dans les usines de fabrication des objets en plastique tandis qu'une partie des déchets biodégradables est utilisée dans la fertilisation des plates bandes de cultures maraichères et vivrières (Bangala et al., 2015).

En dépit de ces voies de valorisation, une grande quantité des déchets générés dans la ville de Kinshasa demeure inutilisée ; elle est généralement enfouie. Or, cette pratique

telle qu'elle est largement appliquée aujourd'hui dans cette mégalopole paraît plutôt comme un gaspillage de ressources qui doit être évité. De plus, plusieurs recherches ont démontré que les rejets putrescibles enfouis sont une importante cause de pollution des nappes phréatiques suite à l'infiltration souterraine des lixiviats mais aussi une source d'émission de gaz à effet de serre (Ahoussi et al, 2011).

Pour faire face à ce danger que les déchets municipaux solides et liquides représentent pour les écosystèmes et la santé humaine, plusieurs stratégies de leur récupération et recyclage sont en train d'être expérimentées à travers le monde (Balou et al., 2012 ; Gomgnimbou et al., 2019 ; Dieng et al., 2019). Parmi celles-ci, une importante et efficace voie de valorisation des déchets biodégradables consiste à les utiliser dans la culture et la production des champignons comestibles (Sanchez, 2010 ; Girmay et al., 2016).

Aussi, en dehors de la bonne gestion environnementale justifiée par la valorisation des bio-déchets et l'assainissement des espaces d'habitations, la culture des champignons offre des avantages suivants : la culture hors-sol des champignons n'exige ni terre arable, ni fertilisants ; la culture sous abri des champignons n'est pas saisonnière, elle est continue toute l'année ; elle utilise les déchets organiques végétaux.

En plus de cela, les champignons sont riches protéines de bonne qualité. En effet, les protéines des champignons contiennent la majeure partie, si ce n'est pas la totalité, des acides aminés essentiels et beaucoup d'acides aminés non essentiels. On y rencontre aussi des acides gras insaturés, des vitamines, surtout celles du groupe B (B1, B2, B6 et B12), des éléments minéraux (Fe, Cu, Zn, Ca, P) et des fibres (Bonatti et al., 2004 ; Mdachi et al., 2004 ; Boa, 2006).

S'inscrivant dans cette démarche d'apporter des solutions aux problèmes de pollution et d'insalubrité causés par la mauvaise gestion des déchets organiques dans la ville de Kinshasa et subsidiairement de lutter contre la malnutrition, ce travail de recherche tente de valoriser les sous-produits des bananiers (*Musa* spp) que sont les hampes florales des bananiers par usage des mycéliums du champignon de l'espèce *Pleurotus sajor-caju* encore appelés pleurotes, un champignon de pourriture blanche à haut pouvoir lignolytique.

Les hampes florales de bananiers (*Musa sp*) figurent parmi les déchets produits en grande quantité dans la ville de Kinshasa. Cela s'explique par le fait que, d'une part, les bananiers locaux déversent quelques 1300 tonnes de résidus chaque année (Bangala, 2016) et d'autre part, du fait qu'une grande quantité des régimes de bananes inonde quotidiennement le marché de Kinshasa en provenance de la province voisine du Kongo central.

Ce travail part de l'hypothèse selon laquelle les prétraitements fongiques des hampes florales de bananiers par les champignons de pourriture blanche du genre *Pleurotus*, le *Pleurotus sajor-caju* en l'occurrence, permettra de convertir efficacement la matière organique contenue dans les hampes florales des bananiers, préalablement considéré comme déchets, en un produit alimentaire de bonne valeur nutritive que sont les mycéliums comestibles de ce fungus.

Spécifiquement, cette recherche vise la production des carpophores comestibles de *Pleurotus sajor-caju* à partir des substrats à

base des hampes florales de bananiers et la détermination de l'efficacité biologique de cette opération (pourcentage de conversion de la matière organique des hampes en carpophores comestibles).

MATERIEL ET METHODES

Dans cette section seront développés les points relatifs à la présentation du milieu d'étude, au matériel de recherche et à la méthodologie du travail.

Milieu d'étude

L'expérimentation sur la production de carpophores de *Pleurotus sajor-caju* et la détermination d'efficacité biologique des hampes florales de bananiers biodégradées par ce fungus ont été réalisées dans le laboratoire de Biologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa.

Matériel

Matériel biologique

Les hampes florales de bananiers, le son de blé et la sciure de bois (matières organiques végétales) ont été utilisés comme substrat dans lequel les mycéliums du fungus *Pleurotus sajor-caju* ont été inoculés.

Les hampes florales de bananier (Figure 1) ont été récoltées à Kinshasa, dans la commune de Matete et le fungus de l'espèce *Pleurotus sajor-caju* (souche 1259) a été fourni par le laboratoire "Kin-champignons" du Département de Biologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa. La souche fongique, contenus dans des flacons en verre conservés à température ambiante, se présentait sous forme d'un mycélium blanchâtre croissant dans la sciure de bois comme support de semis (Figure 2).

La sciure de bois a été récoltée dans la commune de Lemba, ville de Kinshasa. Concernant les essences à l'origine de cette sciure, les grumes qui alimentent la plupart des scieries de Kinshasa proviennent de plusieurs espèces d'arbres dont les principales sont : *Milicia excelsa* (Welw.) C.C.Berg (*Moraceae*) ou kambala (en lingala, langue parlée à Kinshasa), *Entandrophragma* spp. (*Meliaceae*) ou lifaki, *Oxystigmaoxyphyllum*

(Harms) J. Léonard (*Leguminosae*) ou tola rouge et *Terminalia superba* Engl. & Diels. (*Combretaceae*) ou limba.

Autres produits, réactifs et matériels de laboratoire utilisés

- Son de blé : le principal avantage de cet additif est qu'il est très nourrissant pour les champignons et qu'il forme des grains qu'on peut facilement disperser dans le substrat.
- Chaux éteinte (Ca(OH)_2) : c'est un additif qui joue le rôle de tampon. En effet, elle intervient dans la stabilisation du pH du mélange à des valeurs proche de la neutralité et facilite un bon début d'envahissement mycélien.
- Autoclave de marque Systec V Serie model 40-100 : stérilisateur ayant servi au traitement thermique à une température de 121°C pendant 3 heures afin d'éliminer toute compétition entre le *Pleurotus sajor-caju* et tout microorganismes compétiteurs dans les substrats.
- Incubateur simple artisanal : un dispositif en bois composé de plusieurs étagères sur lesquelles les substrats inoculés ont été placés.
- Etuve de marque Mermert Beschi ckung Model 100-800 : séchoir électrique ayant permis le séchage des échantillons.
- Les sachets thermorésistants en polypropylène ont été utilisés comme récipients pour contenir les différents mélanges

Méthodes d'étude

Préparation des substrats

Les échantillons sous études ont été conditionnés dans des sacs en polypropylène d'environ 110 cm de hauteur et 45 cm de diamètre (localement appelés bandes vertes) et transportés jusque au site d'expérimentation. La préparation des substrats a été effectuée selon les protocoles expérimentés par Oei (2005) ; Van Nieuwenhuijzen (2007) et Dibaluka et al. (2010) mais légèrement modifiés.

Les différentes opérations faites sur ces hampes florales avant le mélange ont été :

découpage avec une machette, en petits morceaux de 3 à 5 cm de longueur ; rinçage dans l'eau de distribution de la ville afin de les débarrasser de la matière gluante les enrobant au moment de leur récolte ; séchage au soleil, à l'air libre jusqu'à une humidité moyenne de 15% ; trempage dans l'eau déminéralisée pendant une durée de 3 heures suivi d'un égouttage de ces hampes à l'air libre afin d'atteindre un taux d'humidité d'environ 50%.

Ensuite, les hampes florales ont été mélangées avec le son de blé, la sciure de bois et la chaux éteinte pour devenir propices à la culture des pleurotes. Partant de l'objectif du travail, les échantillons des hampes florales de bananier ont été divisés, en fonction de leur composition, en quatre groupes avec trois répétitions pour chacun d'eux. La différence entre ces groupes s'est située au niveau des compositions de différents mélanges. Ainsi, dans le premier groupe de substrats (A1), tous les ingrédients préconisés pour la culture des pleurotes par Oei (2005) ont été introduits. Le deuxième groupe (A2) a été privé de son de blé et de sciure de bois afin d'en juger l'opportunité sur la croissance du champignon sous étude dans un substrat à base des hampes florales de bananier. Le troisième et le quatrième groupe n'avaient pas reçu de sons de blé mais se sont différenciés par leurs teneurs en sciure de bois.

Les tableaux 1 et 2 donnent en détails toutes les précisions sur les compositions de ces quatre types de mélange.

Chaque mélange a été placé dans un sac en polyéthylène de 24 cm x 38 cm (localement appelés sachets "08"). Chaque test a été répété trois fois.

Détermination de la matière sèche (MS)

Les teneurs en matière sèche ont été déterminées selon la méthode gravimétrique ISO 11465 (1993).

Culture des champignons sur le substrat et incubation

Culture des champignons sur les substrats.

L'ensemencement des mycéliums de *Pleurotus sajor-caju* dans chaque type de substrat a été réalisé en conditions aseptiques dans une boîte d'inoculation, à raison

d'environ 5% pondérale de blanc de semis (mycélium de *Pleurotus sajor-caju* utilisé comme inoculum) 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). Le Tableau 3 donne les quantités d'inoculum qui ont étéensemencés dans chaque type de substrat.

A la fin de l'inoculation, les échantillons de hampes florales de bananier 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 à deux fois par semaine.

Ensuite, les cultures ont été déplacées vers une cabane dont les murs ont été confectionnés à l'aide de nattes et dans lesquels régnaient une lumière tamisée, une humidité élevée et des températures modérées (23 °C - 28 °C en journée). Les échantillons, placés sur des étagères en bois, et le sol couvert de morceaux de briques ont été régulièrement arrosés d'eau à une fréquence de 2 à 3 fois par jour. Cette opération a permis de garder l'abri humide pendant toute la période de la production des carpophores de *Pleurotus sajor-caju*.

A 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 en prenant en compte la production obtenue dès la première levée, en considérant les poids frais des produits de la récolte et les poids frais des substrats 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 utilisée par Girmay et al. (2016) et Mwita et al. (2011) ci-dessous :

$$EB(\%) = \frac{MF(\text{carpophore_produit})}{MS(\text{substrat_de_base})} \times 100$$

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

Analyses statistiques

Le logiciel statistique R a été utilisé pour les analyses statistiques des résultats de productions obtenues. Le Test de Tukey, qui est un test de comparaison multiple, au seuil de signification de 5%, a été utilisé comme outil statistique pour déceler toute différence significative entre les valeurs moyennes de productions, de rendements et d'efficacités biologiques de différents tests ou substrats.



Figure 1: Hampes florales de bananier (*Musa sp.*) sèches.



Figure 2: Souche mycologique (Blanc de semis) de *Pleurotus sajor-caju* souche 1259.

Tableau 1: Compositions des différents substrats à base des hampes florales de bananier.

Code du groupe	Quantité (gMF) par sac				Quantité (gMS) par sac				
	HFB	Son de blé	Sciure de bois	Chaux éteinte	HFB	Son de blé	Chaux éteinte	Sciure de bois	MS totale (g)
A1	4000	1056	528	117,65	1717,22	1001,83	116,17	462,16	3297,38
A2	4000	0	0	81,63	1717,22	0	80,6	0	1797,82
A3	4000	0	448	90	1717,22	0	89,77	357,12	2164,11
A4	4000	0	2272	113,6	1717,22	0	112,7	1908,2	3738,12

Légende: HFB: hampes florales de bananier;
gMF et gMS : masse fraîche en gramme et masse sèche en gramme.

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

Code du groupe	Proportion par groupe de substrat (%MS)				Pourcentage total (MS)
	HFB	Son de blé	Chaux éteinte	Sciure de bois	
A1	52,08	30,38	3,52	14,02	100,00
A2	95,52	0,00	4,48	0	100,00
A3	79,35	0,00	4,15	16,50	100,00
A4	45,94	0,00	3,01	51,05	100,00

Légende : %MS : pourcentage déterminé sur base de la masse sèche.

Tableau 3: Quantité de chaque type de substrat et de mycélium par test.

Code substrat	MF (g)			MS (g)		
	Substrats	Champignon PS	Culture finale	Substrats	Champignon PS	Culture finale
A1	400	21,6	421,6	201,862	18,6	220,462
A2	400	21,6	421,6	235,148	18,6	253,748
A3	400	21,6	421,6	229,404	18,6	248,004
A4	400	21,6	421,6	242,325	18,6	260,925

Légende: MF: masse fraîche; MS : masse sèche.

RESULTATS

Cette section comprend les résultats obtenus au cours de la production des carpophores de *Pleurotus sajor-caju* sur quatre types de substrats à base de hampes florales des bananiers.

Durée d'envahissement du substrat et d'incubation des mycéliums de *Pleurotus sajor-caju*

En ce qui concerne les durées d'envahissement mycélien, le test de comparaison multiple de Tukey révèle que le substrat A2 a connu la plus longue durée d'envahissement, tandis que les temps mis par les autres tests (A1, A3 et A4) ne sont pas significativement différents.

De même, la période d'incubation (période entre l'ensemencement et la production des premiers carpophores) du mycélium la plus longue a été enregistrée avec le substrat A2, suivi par le substrat A3. Au seuil de signification de 5%, il n'y a pas eu de différence significative entre les durées d'incubation des mycéliums du *Pleurotus sajor-caju* dans les substrats A1 et A4, ce sont les plus courtes.

Le tableau 4 indique avec plus de détails les valeurs des durées d'envahissement mycélien total de ces substrats et de premières récoltes.

Production des carpophores

A l'issue de la période d'incubation, chaque type de substrat initial a produit une quantité donnée de carpophore. Le tableau 5 illustre la production inhérente à chaque type de substrat.

Le substrat A1 a produit une quantité moyenne de 25,9 g de carpophore de *Pleurotus sajor-caju*, ce qui est la plus grande production, tandis que la plus faible production provient du témoin A2 (parce que n'ayant reçu ni son de blé, ni sciure de bois). La moyenne globale de toute la production est de 19,73 g.

La comparaison statistique de ces valeurs de production révèle que le substrat A2 produit la plus faible quantité des carpophores du *Pleurotus sajor-caju*, tandis que les productions obtenues des substrats A1, A3 et A4 ne sont pas significativement différentes.

Aussi, il s'observe que le mélange A4 a présenté d'importants écarts entre les différentes répétitions, plus ou moins 8,59 g d'Écart-type.

Détermination du rendement en carpophore

Le rendement, donné par la Courbe 1, permet de déterminer la quantité de carpophore frais produite par unité de masse fraîche du substrat de départ. C'est aussi un paramètre servant à tester la performance de chaque type de substrat du fait que la production est ramenée à une même base pondérale de comparaison pour tous les substrats. Il est obtenu en comparant les valeurs de poids frais des carpophores récoltés (Tableau 5) au poids frais de substrat de départ (Tableau 3).

L'analyse de la Courbe 1 renseigne que les valeurs de rendements les plus élevées sont données par les substrats A1 et A4. Au seuil de signification de 5%, le test de Tukey révèle que les rendements donnés par les substrats A1, A3 et A4 ne sont pas significativement différents alors que le A2, c'est-à-dire, le témoin, donne un rendement qui, quoique plus faible, ne présente pas une différence significative par rapport au substrat A3.

Calcul de l'efficacité biologique

L'efficacité biologique traduit la masse de carpophore frais produit par unité de masse sèche des substrats de base.

En considérant toutes les cultures de *Pleurotus sajor-caju* sur les différents substrats utilisés dans cette recherche, la valeur moyenne d'efficacité biologique obtenue est de 8,14%. Le mélange A1 a en donné la valeur maximale (13,72%), tandis que le substrat A2 a donné la plus faible valeur de conversion (1,97%). Ce résultat est consigné dans le tableau 6.

En procédant à l'analyse statistique de ces valeurs, il se dégage que les différences entre les valeurs d'efficacité biologique des tests A1, A3 et A4 ne sont pas significativement différentes, les valeurs d'efficacité biologique des substrats A1 et A4 sont plus élevées que A2 et que cette dernière accuse la plus faible valeur mais n'est pas significativement différente de A3.

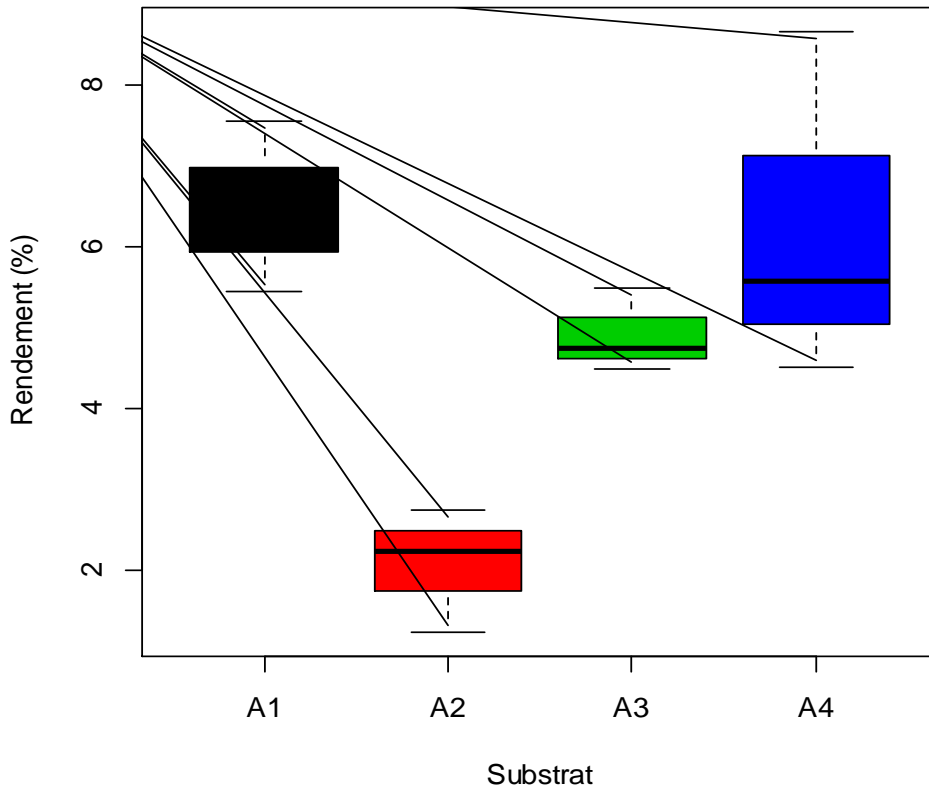
Tableau 4: Durée d'envahissement mycélien de *Pleurotus sajor-caju* dans chaque type substrat sous culture.

Code substrat	Répétition	Durée d'envahissement complet ⁺ (jours)		Durée jusqu'à la première récolte* (jours)	
		Par substrat	Moyenne ±ET	Par substrat	Moyenne ±ET
A1	1	41	42±1	48	49±1
	2	43		50	
	3	42		49	
A2	1	71	72±1	81	82,67±2,08
	2	73		85	
	3	72		82	
A3	1	46	45±1	51	49±2
	2	44		47	
	3	45		49	
A4	1	43	42,33±0,58	48	46,67±1,15
	2	42		46	
	3	42		46	

Légende : ⁺ : 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.

Tableau 5: Production moyenne des carpophores de *Pleurotus sajor-caju* par des substrats à base des hampes florales de bananier.

Code substrat	Répétition	Production (g)		Moyenne ± ET (masse fraîche)
		En masse fraîche	En masse sèche	
A1	1	21,82	4,8	25,90±4,22
	2	30,25	6,65	
	3	25,63	6,63	
A2	1	9	1,98	8,33±3,06
	2	5	1,1	
	3	11	2,42	
A3	1	18	3,96	19,67±2,08
	2	22	4,48	
	3	19	4,18	
A4	1	22,35	4,91	25,01±8,59
	2	34,62	7,61	
	3	18,06	3,97	



Courbe 1: Rendement moyen de la production des carpophores de *Pleurotus sajor-caju* à partir de quatre types de substrats à base des hampes florales de bananier.

Tableau 6 : Valeurs d'Efficiences biologiques de différents substrats testés.

Test	Répétition	MS substrat de base (g)	MF des carpophores (g)	EB (%)	Moyenne ± Ecart-Type EB (%)
A1	1	220,462	21,82	9,90	11,75±1,91
	2	220,462	30,25	13,72	
	3	220,462	25,63	11,63	
A2	1	253,748	9	3,55	3,29±1,21
	2	253,748	5	1,97	
	3	253,748	11	4,34	
A3	1	248,004	18	7,26	7,93±0,84
	2	248,004	22	8,87	
	3	248,004	19	7,66	
A4	1	260,925	22,35	8,59	9,61±3,30
	2	260,925	34,62	13,30	
	3	260,925	18,06	6,94	

DISCUSSION

Les résultats obtenus par ce travail révèlent que la production des carpophores comestibles de *Pleurotus sajor-caju* en vue de donner une valeur ajoutée aux hampes florales de bananier est faisable à Kinshasa. Cette démarche permet de transformer ces "déchets" en un produit comestible de grande valeur nutritive.

Le grand atout de ce travail, sur un plan purement méthodologique, est qu'il a été entrepris dans une démarche d'utilisation d'un substrat essentiellement constitué des hampes florales de bananier, c'est une première tentative dans la littérature scientifique disponible. Cependant, l'examen attentif des rendements obtenus fait entrevoir que l'opération a besoin d'être améliorée dans certains de ses aspects.

Ce constat découle de la comparaison des résultats obtenus dans ce travail avec les paramètres de production obtenus avec les autres travaux de recherche effectués sur la valorisation des résidus agricoles et agro-industriels par la production des carpophores des macromycètes du genre *Pleurotus* (ou pleurotes) et d'autres genres.

En ce qui concerne les durées d'invasion mycélienne des substrats et de production des carpophores

Lorsqu'on considère les travaux de Girmay et al. (2016) sur la production des carpophores de *Pleurotus ostreatus* à partir de divers substrats constitués essentiellement des graines de coton, des papiers usés et des sciures de bois, les durées d'invasion mycélienne ont varié, selon les substrats, respectivement de 17, 29 et 31 jours. En outre, ces durées ont été respectivement de 27, 37 et 39 jours jusqu'à la production des carpophores comestibles de ce champignon. Ainsi, les deux premiers de ces substrats, plus riches en cellulose, semblent plus favorables à l'épanouissement des mycéliums du champignon qui a été utilisé étant donné que

leurs durées d'invasion ont été plus courtes.

Aussi, Dibaluka et al. (2009), après avoir cultivé le *Pleurotus cystidiosus* sur substrats à base de sciure de bois, ont obtenu des durées d'invasion variant de 21 à 30 jours et des durées de maturation des carpophores nageant entre 45 et 75 jours.

Au vu des résultats de travaux précités, les durées obtenues dans ce travail, qui varient entre 42 et 75 jours d'invasion complète des substrats et entre 47 à 83 jours de maturation des carpophores, semblent légèrement plus élevées mais globalement pas trop éloignées des cas précités. Cela peut s'expliquer par la composition chimique des hampes florales de bananier. Ainsi, l'amélioration et le perfectionnement de l'opération dans le sens d'une réduction de ces durées sont à envisager. La principale piste à exploiter à cette fin est probablement l'enrichissement des substrats à base des hampes florales de bananier avec un additif essentiellement cellulosique car, ce type de constituant semble favorable au développement mycélien.

Du point de vue de rendement de l'opération

Les rendements en carpophores de *Pleurotus sajor-caju* obtenus dans le présent travail varient entre 2,08% et 6,48%.

D'après Oei (2005), l'optimum de rendement commercial pour une culture des pleurotes sur substrat lignocellulosique se situe autour de 20% de carpophore comestible sur base de la masse fraîche de substrat d'origine. En considérant cette base de comparaison, Dibaluka et al. (2010) ont obtenu des rendements variant entre 9,7% et 17,9% au cours de ses travaux de production des carpophores de *Pleurotus cystidiosus* sur des substrats à base, respectivement des sciures et copeaux de bois et de tiges de *Cyperus papyrus*. De même, les rendements obtenus par Girmay et al. (2016) au cours de leurs travaux de production des carpophores de

Pleurotus ostreatus sur sciure de bois et sur graines de coton ont été respectivement de 7,89% et 31,56%.

De ce qui précède, la principale observation est que la composition du substrat de base semble inéluctablement avoir une influence prépondérante sur la capacité des mycéliums des pleurotes à produire des carpophores comestibles.

Ainsi, dans le cadre de cette recherche, il est assez satisfaisant de produire des carpophores comestibles de *Pleurotus sajor-caju* à partir des hampes florales de bananier, ce qui permet de leur ajouter une valeur ajoutée. Cependant, l'opération pourrait être quelque peu améliorée par modification du substrat de base, probablement en y incorporant un additif plus riche en cellulose.

Concernant l'Efficiences Biologique

Les valeurs d'efficiences biologiques obtenues dans différents travaux de myco-culture démontrent clairement l'influence de la composition du substrat de base sur la production finale. C'est dans ce cadre que Mwita et al. (2011) ont obtenu des valeurs d'efficiences biologique variant entre 10 et 112% lors de leurs travaux de culture de *Coprinus cinereus* sur des substrats constitués respectivement de fibre de sisal, sans autre additif, et de poudre de sisal enrichie avec 25% de fumier de poule (riche en protéine animale).

Ainsi, les valeurs d'efficiences biologique variant entre 1,97% et 13,72%, obtenue dans ce travail reflètent la richesse relative des substrats utilisés pour la production des carpophores de *Pleurotus Sajor-Caju*.

Au vu de tous ces résultats, il peut s'en dire que la valorisation fongique des hampes florales de bananier vaut la peine d'être entreprise dans la mesure où ces sous-produits constituent une pollution à Kinshasa et que la production des champignons comestibles constitue une démarche de conversion des "déchets" en produits alimentaires. Cependant,

il convient de tester ces hampes florales de bananier dans d'autres types de mélanges en vue d'améliorer les durées d'incubation, les rendements à obtenir par unité de masse de substrat et surtout d'avoir des taux de conversion de masse sèche de substrats en masse fraîche de carpophores comestibles plus élevées.

Conclusion

Dans le cadre de la valorisation des déchets lignocellulosiques, ce travail de recherche visait la biodégradation des hampes florales des bananiers et la production des carpophores comestibles du champignon *Pleurotus sajor-caju*. En guise de résultats, le mélange contenant tous les substrats employés, c'est-à-dire, les hampes florales de bananier, le son de blé, la chaux éteinte et la sciures de bois a donné les meilleurs résultats pour les trois paramètres de suivi, à savoir, les durées d'envahissement mycélien et de production de carpophore les plus courtes ; le plus grand rendement en carpophores comestibles de *Pleurotus sajor-caju* et l'efficiences biologique la plus élevée. Les champignons comestibles lignolytiques, en l'occurrence le *Pleurotus sajor-caju*, peuvent efficacement être mis à profit pour la valorisation des déchets lignocellulosiques et la lutte contre la faim par la production des aliments de grande valeur nutritive à Kinshasa. Pour des pays en développement comme la RDC, il est important d'adapter les systèmes de gestion des déchets aux conditions locales en utilisant les instruments de gestion simples mais efficaces. La culture de champignons comestibles qui constitue une des pistes économiques peut être finalisée aux stratégies éco-compatibles de la dégradation de la matière lignocellulosique. Les champignons sont donc sans contestation un modèle de référence du développement durable par le fait que cette possibilité conduirait à l'assainissement de l'environnement, réduirait les risques des maladies, répondrait partiellement aux

problèmes liés à la pauvreté, à la sécurité alimentaire et à la protection durable de la forêt.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs de cet article déclarent qu'ils n'ont pas de conflits d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

D-BMB : Planification de l'expérience et correction finale du rapport. NCM: Récolte, traitement des échantillons et suivi de tout le processus de croissance et production des carpophores. D-BMB et NCM: Récolte et analyse des données obtenues.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article expriment leur gratitude au Professeur Dibaluka Mpulusu, Coordinateur de la structure "Kin champignon" du Département de Biologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa pour avoir rendu disponible une grande partie du matériel qui a servi à la réalisation de ce travail de recherche.

REFERENCES

Ahoussi KE, Oga YMS, Koffi YB, Kouassi AM, Soro N, Biemi J. 2011. Caractérisation hydrogéochimique et microbiologique des ressources en eau du site d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Côte d'Ivoire : cas du CET de Kossihouen dans le District d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(5): 2114-2132. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i5.32>

Balu AM, Budarin PS, Shuttleworth PS, Pfaltzgraff LA, Waldron K, Luque R, Clark JH. 2012. Valorisation of Orange Peel Residues: Waste to Biochemicals and Nanoporous materials. *Chem. Sus. Chem.*, **5**: 1694-1697. DOI: 10.1002/cssc.201200381

Bangala MDB, Kanyanga MP, Kabamba NN, Masimango NT. 2015. Nécessité d'une gestion des résidus agricoles et agro-

industriels à Kinshasa. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(4): 2234-2248. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i4.41>

Bangala MDB. 2016. Etude des Résidus ligno-cellulosiques à Kinshasa: identification, quantification et valorisation par leur traitement par les white-rot fungi (champignons de pourriture blanche). Thèse de Doctorat, Université de Kinshasa, Kinshasa, p. 63.

Boa E. 2006. Produits Forestiers Non Ligneux 17-Champignons Comestibles Sauvages. FAO, Rome.

Bonatti M, Karnopp P, Soares HM, Furlan SA. 2004. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. *Food Chemistry*, **88**: 425-428. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.01.050.

Dibaluka MS, Lukoki LF, 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).

Dibaluka MS, Lukoki LF, 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. <https://popups.uliege.be:443/1780-4507/index.php>

Dieng M, Diedhiou AS, Sambe FM. 2019. Valorisation par compostage des déchets solides fermentescibles collectés à l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar: Etude de l'effet phytotoxique sur des plants de maïs et d'arachide. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(3): 1693-1704. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i3.39>

- 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. DOI: 10.1186/s13568-016-0265-1
- Gomgnimbou APK, Bandaogo AA, Coulibaly K, Sanon A, Ouattara S, Nacro HB. 2019. Effets à court terme de l'application des fientes de volaille sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et les caractéristiques chimiques d'un sol ferrallitique dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(4): 2041-2052. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i4.11>
- Lelo NF. 2008. *Kinshasa, Ville & Environnement*. L'Harmattan: Paris.
- Mdachi SJM, Nkunya MHH, Nyigo VA, Urasa IT. 2004. Amino acid composition of some Tanzanian wild mushrooms. *Food Chemistry*, **86**: 179–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.030>
- Mwita LN, Lyantagaye SL, Mshandete AM. 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. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i3.72188>
- Oei P. 2005. *La Culture des Champignons à Petite Echelle : Pleurotes, Shiitakes et Auriculaires* (1^{ère} éd.). Fondation Agromisa et CTA: Wageningen.
- Sánchez C. 2010. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **85**: 1321–1337. DOI : 10.1007/s00253-009-2343-7
- Nieuwenhuijzen B. 2007. *La Culture des Champignons à Petite Echelle-2 : Agaricus et Volvalleria*. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen.