



Exploration de la diversité tellurique du site maraîcher de Kimwenza gare en souches des champignons entomopathogènes pour leur utilisation dans la lutte biologique.

David Mfuti Kupesa^{1,2,4*}, Jean Louis Dedua Buka¹, Bob Martin Assani³

¹International Centre of Insect Physiology and Ecology (*icipe*), P.O box 30772-00100, Nairobi, Kenya

²Faculté des sciences agronomiques et environnement, Université Pédagogique Nationale, BP 8815, Kinshasa Ngaliema

³Cliniques des plantes de Kinshasa, CPK/CAVTK, Kinshasa, Gombe

⁴Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), BP 2037, Kinshasa Gombe

*Auteur correspondant : davinkupesa@gmail.com

Submitted 10/1/2026, Published online on 28/02/2026 in the <https://www.m.elewa.org/journals/journal-of-applied-biosciences-about-jab/> <https://doi.org/10.35759/JABs.217.5>

RESUME

Objectif : Cette étude avait pour objectif de caractériser, du point de vue macroscopique, les champignons telluriques de la zone maraîchère de Kimwenza présentant de potentielles propriétés d'entomopathogènes.

Méthodologie et Résultats : Elle a été menée au laboratoire de la Clinique des Plantes de Kinshasa en comparant deux méthodes d'isolement (avec dilution et sans dilution) sur deux milieux de culture, la Gélose Sabouraud Dextrose (SDA en Anglais) et la Gélose Pomme de Terre-Dextrose (PDA en Anglais). Les résultats montrent que le milieu PDA a favorisé le développement d'un plus grand nombre de colonies fongiques, tandis que le milieu SDA a permis l'isolement d'un nombre plus élevé de souches. La méthode d'isolement sans dilution s'est révélée la plus efficace pour l'obtention de colonies sur les deux milieux de culture. La majorité des colonies observées présentaient une coloration blanche dominante. Toutefois, des colorations grise, verte, jaune et noire ont été observées sur le PDA, alors que sur le SDA, les colorations jaune et verte étaient absentes, au profit des colorations grise, rouge, noire et blanche. Les isolats fongiques ont montré une croissance plus rapide sur le milieu SDA que sur le PDA. Les méthodes d'isolement ont influencé significativement la croissance des isolats, en particulier sur le PDA, avec une meilleure performance des souches issues de l'isolement sans dilution. Ces résultats constituent une étape préliminaire importante dans la recherche d'alternatives biologiques aux pesticides chimiques en République Démocratique Congo (RDC).

Conclusion and Application des résultats : Nous recommandons ainsi des études supplémentaires sur la caractérisation microscopiques et génotypiques pour arriver à la mise au point des produits biologiques alternatifs aux produits chimiques de synthèse.

Mots clés : Caractérisation macroscopique, champignons, entomopathogène, Isolement, maraîchage, SDA, PDA, Biopesticides, pesticides

ABSTRACT

Objective: This study investigated the macroscopic characterization of soil fungi collected from the Kimwenza farming area in Kinshasa, Democratic Republic of the Congo, to identify strains with potential entomopathogenic properties as alternatives to synthetic pesticides.

Methodology and Results: The research was conducted at the Plant Clinic Laboratory in Kinshasa using two bioprospecting approaches: direct spreading of soil samples onto culture media and dilution techniques. Two culture media Potato Dextrose Agar (PDA) and Sabouraud Dextrose Agar (SDA) were used for fungal isolation and screening. Results revealed that PDA supported a higher number of fungal colonies, whereas SDA yielded more isolates with potential entomopathogenic characteristics. Direct spreading produced more abundant colony growth than dilution methods. Colony coloration varied across media, and growth rates differed significantly.

Conclusion and Application of results: These preliminary findings highlight the promise of soil-borne fungi as biological control agents and support the development of environmentally sustainable biopesticides in the Democratic Republic of the Congo. Further microscopic and molecular characterization is recommended.

Key words: Macroscopic characterization, fungi, entomopathogen Screening, Vegetable farming, SDA, PDA, Biopesticides, Pesticides.

INTRODUCTION

En République Démocratique du Congo (DRC), les légumes sont des produits alimentaires de grande valeur commerciale et nutritive (Bokombola *et al.*, 2018). Ils constituent une source importante de revenu et contribuent considérablement à l'amélioration du bien-être social et de l'état de santé des populations rurales et urbaines (Tshimanga et Azidi, 2025). Leur production ne cesse de croître, et en général, malgré qu'il existe encore un grand potentiel pour augmenter la productivité. Cependant, sur toute l'étendue du pays, l'agriculture congolaise fait face à diverses contraintes dont des nuisibles émergents comme la mouche blanche (*Bemisia tabaci*), les thrips (*Frankliniella occidentalis*), les mineuses de feuilles et tiges (*Tuta absoluta*) responsables de plusieurs pertes sur les principales cultures d'intérêt comme le manioc et aussi sur les cultures maraîchères (Mfuti, 2024). Dans une publication de la FAO (2020), il a été observé que les pertes de production avant récolte des cultures mondiales majeures dues aux ravageurs (insectes, micro-organismes) et aux adventices sont estimées à 35 %. Sans une protection efficace des cultures, ces pertes seraient de 70 %. A en croire les tenants de

l'industrie, la diminution de la production mondiale de denrées alimentaires causée par la non-utilisation des produits phytosanitaires pourrait être à l'origine de famines chez les populations déjà fragilisées. Pour lutter contre les ennemis des cultures, l'utilisation des méthodes culturales adaptées, l'usage des variétés génétiquement améliorées, le recours à des pesticides chimiques ou biologiques. sont les méthodes les plus appliquées (Lepoivre, 2003 ; Deguine *et al.*, 2016). Parmi ces différentes méthodes de lutte, la lutte chimique a longtemps été considérée comme le moyen incontournable dans la gestion des bio-agresseurs en agriculture. Bien que l'efficacité des pesticides soit évidente, leur impact négatif sur l'environnement est de plus en plus discuté. En effet, leur utilisation excessive en agriculture est à l'origine de la pollution des sols et des eaux, des résidus chimiques dans l'alimentation, du développement de la résistance chez les mauvaises herbes, les insectes ou les pathogènes, ainsi que de la destruction de nombreux organismes utiles dont les insectes bénéfiques (comme les pollinisateurs, les agents de la lutte biologique) (Son *et al.*, 2017 ; Zaki *et al.*, 2020 ; Mfuti *et al.*, 2021). Plusieurs cas

d'intoxications dues à l'usage des pesticides chimiques ont été également identifiés partout dans le monde chez l'homme (Batsch, 2011). En plus, les pesticides de synthèses, s'avèrent être trop coûteux et non disponible à l'arrière-pays (Anjarwalla *et al.*, 2016). Bien que l'utilisation des intrants chimiques permette de réaliser de meilleurs rendements et par conséquent des profits, aux vues de tous les désavantages que cette méthode de lutte présente, la transition écologique de l'activité maraîchère à Kinshasa s'avère donc indispensable au regard de leurs effets négatifs (Muliele *et al.*, 2018 ; Minengu *et al.*, 2018). En RDC, les études sur l'usage des pesticides réalisées auprès des maraîchers de la cité de Nkolo et Mvuazi dans la province du Kongo Central et des sites maraîchers de Kinshasa, ont démontré que la majorité des maraîchers utilisant ces produits n'avait pas suivi une formation spécifique sur les pesticides, n'utilisait pas d'équipements de protection individuelle et ne gérât pas correctement les déchets des pesticides, les abandonnant au champ ou les enfouissant dans le sol (Muliele *et al.*, 2018 ; Nuambote *et al.*, 2024 ; Mfuti, 2024). Ce comportement augmente les risques d'intoxication et expose les producteurs et les consommateurs aux diverses pathologies. Certains pesticides utilisés sont même inscrits sur la liste noire des polluants organiques persistants (POP) de la Convention de Stockholm ratifiée, cependant, ils restent pourtant d'usage courant dans le maraîchage à Kinshasa et dans certaines provinces du pays (Nuambote *et al.*, 2024). À l'opposé de ces pesticides chimiques, les bio-pesticides présentent plusieurs avantages et s'avèrent être une alternative très prometteuse. Ces produits biologiques sont biodégradables et ne laissent pas de résidus nocifs, et peuvent être moins efficaces à long terme, tout en évitant la pollution de l'environnement (sol, air et eau) et les problèmes de résistance grâce à leur mode d'action complexe. Malgré leur réaction lente sur les ennemis des cultures, les bio-pesticides

n'affectent généralement que le bio-agresseur ciblé et les organismes étroitement apparentés ; ce qui permet de protéger les autres organismes vivants dans le même environnement (Ekesi et Maniania, 2007 ; Ongena *et al.*, 2008 ; Khan *et al.*, 2010 ; Mkenda *et al.*, 2015). Ils sont développés à partir d'organismes vivants naturels tels que les animaux, les plantes et les micro-organismes (bactéries, champignons et virus) et peuvent lutter contre les insectes nuisibles aux plantes grâce à leur mode d'action non toxique et écologique (Batsch 2011 ; Leng *et al.*, 2011 ; Zaki *et al.*, 2020 ; Assani, 2020). La lutte biologique qui promeut les agents pathogènes tels que les bactéries, les virus, les protozoaires, les nématodes et les champignons microscopiques apparaît comme une meilleure solution alternative en ce sens qu'elle protège à la fois les cultures et l'environnement. Ces dernières années, les champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* M. et *Beauveria bassiana* (Balsamo) ont été proposés comme solution alternative aux pesticides de synthèse par différents chercheurs pour protéger une gamme variée de cultures (Zhao *et al.*, 2010 ; Baron *et al.*, 2019 ; Akutse *et al.*, 2020). En effet, les champignons entomopathogènes sont capables de tuer leur hôte en excréant certaines mycotoxines (comme la beauvéricine, le cyclodepsipeptide, la destruxine et la desméthyldestruxine) à des stades plus précoces des infestations. Les champignons toxigènes sont capables de tuer l'hôte plus tôt que les espèces non toxigènes (Wang *et al.*, 2018). Par ailleurs les mycopesticides de nature endophyte colonisent les tissus de leur plante hôte et agissent comme agents antagonistes des ravageurs des cultures grâce à la synthèse des divers métabolites à activité antimicrobienne, à la compétition nutritive et spatiale, à l'induction de résistance chez l'hôte ; et en lui conférant aussi une protection contre les insectes phytophages (Ownley et Gwinn, 2010

; Gindin *et al.*, 2006 ; Godonou *et al.*, 2009 ; Douro-Kpindou *et al.*, 2012; Toffa *et al.*, 2014 ; Lopez *et al.*, 2014 ; Heviefu *et al.*, 2017 ; Akutse *et al.*, 2020). Au regard de tout ce qui précède, nous nous sommes proposés comme hypothèse que l'exploitation du sol du site maraîcher de Kimwenza, par rapport à sa potentialité de contenir une diversité de souches des champignons, pourraient faire l'objet d'isolement des souches des champignons aux caractéristiques des entomopathogènes existants. Cette étude cadre dans la démarche de trouver des alternatives aux pesticides chimiques. L'objectif poursuivi

est de caractériser macroscopiquement les champignons telluriques présentant des propriétés d'entomopathogènes dans la zone maraîchère de Kimwenza gare à Kinshasa susceptibles d'être utilisées dans la lutte biologique. Spécifiquement, cette étude se veut de tester deux méthodes d'isolement des champignons du sol dans deux milieux de culture différents à savoir le SDA et le PDA, et de caractériser macroscopiquement certaines souches fongiques qui pourraient avoir des caractéristiques macroscopiques des agents de la lutte biologique.

MATERIELS ET METHODES

Milieux d'étude : L'étude a été menée à Kinshasa, en République Démocratique du Congo. Les échantillons du sol ont été collectés le lundi 18 décembre 2023 dans le site de production maraîchère de Kimwenza gare dans la commune de Mont Ngafula, sur les parcelles des cultures d'amarante et d'oseille. Ces échantillons ont ensuite été ramenés au laboratoire de la Clinique des Plantes de Kinshasa qui se situe dans la commune de la Gombe, sur l'Avenue Wangata N° 8842, dans l'enceinte du Laboratoire Vétérinaire Central de Kinshasa, dont les coordonnées géographiques sont les suivantes : 04° 18' 342''S de latitude, 15° 18' 229''E de longitude et de 276 m d'altitude.

Matériels

Matériels de collecte des sols : Pour collecter le sol, nous avons utilisé les enveloppes Kaki et les binettes préalablement désinfectés à l'éthanol 96%.

Matériels de laboratoire : Les échantillons du sol collectés ont été ramenés au laboratoire de la Clinique des Plantes de Kinshasa où la conservation s'est faite dans un réfrigérateur à 4°C. Et pour les analyses, les matériels suivants ont été utilisés :

Balance de précision (FA series) ; spatule ; Tubes à essais ; eau distillée ; vortex ; Milieux de culture (SDA et PDA) ; tube en verre de 500 ml ; Bain mari ; autoclave ; hotte à flux

laminaire ; le chloramphénicol ; boîte de Pétri de 8,5 cm ; Parafilm ; Etuve ; Bec bunsen ; Scotch ; lame et lamelle ; Blue de lactophénol ; Pincettes ; Microscope électrique et la loupe binoculaire.

Méthode

Collecte des échantillons du sol et conservation : La collecte des échantillons du sol s'est faite tôt le matin dans les champs maraîchers de Kimwenza gare. Cela consistait à prélever 200 gr de sol à 10-15 cm de l'horizon A. Ce sol a été mis dans une enveloppe kraft brune et ensuite ramené au laboratoire de la Clinique des Plantes de Kinshasa où la conservation s'est faite au réfrigérateur à 4°C pendant 4 jours.

Préparation des milieux de culture :

La préparation du milieu de culture SDA (Sabouraud Dextrose Agar) a consisté, pour une quantité de 1 litre, à :

- Peser : 10g de Peptone ; 20g de Glucose et 15g d'Agar
- Placer le mélange dans un agitateur pour homogénéiser la solution de l'eau distillée
- Bouillir dans le bain mari jusqu'à la dissolution complète
- Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15min
- Mélanger le milieu avec 0,5g de chloramphénicol

- Couler dans les boîtes de Pétri et attendre la solidification
- La préparation du milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) a consisté à :
 - Peser 42g du milieu PDA et mélanger avec 1 litre d'eau distillée
 - Placer le mélange dans un agitateur pour homogénéiser la solution
 - Bouillir dans le bain mari jusqu'à la dissolution complète
 - Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15min
 - Mélanger le milieu avec 0,5g de chloramphénicol
 - Couler dans les boîtes de Pétri et attendre la solidification

Méthode d'isolement

Isolement direct du sol : Sous la hotte à flux laminaire, 250 mg de sol préalablement mélangé ont été prélevés et épanchés sur la surface du milieu de culture contenu dans la boîte de Pétri. La boîte a été fermée avec du parafilm et incubée à l'étuve dans le noir avec une température de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ et humidité relative de $65 \pm 5\%$. Les observations de la souche et le développement de différentes souches de champignons se faisaient chaque semaine. L'isolement de certaines souches apparues est intervenu après 3 semaines.

Isolement à partir des solutions du sol : Pour préparer les solutions du sol, nous avons procédé de la manière suivante : nous avons pesé 10 gr de sol que nous avons mélangé avec 90 ml de l'eau distillée dans un tube à essai ; la solution a été homogénéisée avec un agitateur pendant 60 minutes pour ainsi faire la solution de dilution 0 (D0) à partir de laquelle nous avons préparé une solution de dilution 10^{-2} ($D10^{-2}$). Sous la hotte à flux laminaire, nous avons prélevé et cultivé 100 microlitres de chaque solution (D0 et $D10^{-2}$) dans une boîte de Pétri contenant le milieu de culture appropriée (PDA ou SDA). Ces boîtes de Pétri fermée avec le parafilm ont été incubées dans l'étuve avec une température de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ et humidité relative de $65 \pm 5\%$. Les observations de la souche et le développement de différentes souches de champignons se faisaient chaque semaine. L'isolement de certaines souches qui se sont développées sur les milieux de culture est intervenu après 3 semaines.

Dispositif expérimental de l'essai au laboratoire : Les échantillons du sol provenant du site maraîcher de Kimwenza ont été reparties en 3 traitements, à savoir D0, $D10^{-2}$ et sol direct, ayant chacun 3 répétitions. Les échantillons ont été testés sur les milieux de culture PDA et SDA.

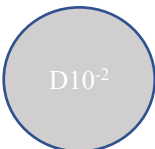
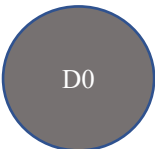
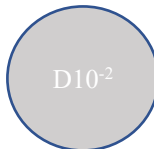
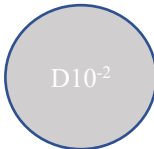
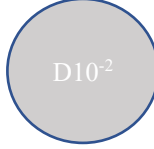
	SDA			PDA		
R1						
R2						
R3						

Figure 1. Dispositif expérimental

Légende : R (Répétition) ; SDA (Sabouraud Dextrose Agar) ; PDA (Potato Dextrose Agar) ; D0 : Solution mère ; $D10^{-2}$: Solution deux fois dilution ; sol : sol sans dilution

Paramètres évalués et analyses statistiques :

Nous avons évalué au cours de notre étude, durant les trois (3) premières semaines, les paramètres de la caractérisation macroscopique sur le nombre des colonies apparues et leurs colorations après 21 jours. Après purification de chaque souche, les données sur la coloration et la croissance radiale ont fait l'objet des observations. Toutes les données de cette étude ont été analysées avec le logiciel R studio version 4.2.2 (R Core Team, 2022). Le test de Shapiro a été utilisé pour vérifier la normalité des données. Les données sur le nombre des colonies

développées ont été analysées grâce au test de chi carré. Par ailleurs, les données sur la présence ou l'absence de la coloration ou du revêtement de la couleur ayant une nature binomiale ont été analysées avec le test de Kruskal-Wallis. Par contre, l'analyse de la variance (ANOVA) a été appliquée pour les données à distribution normale comme le diamètre radial. La séparation des moyennes, lorsqu'on descendait une différence significative entre les traitements, a été réalisée avec le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5%.

RESULTATS

Nombre des colonies

Effet de milieux des cultures sur la production des colonies : La production des colonies des champignons a été significativement différente entre les milieux de culture utilisés (SDA et PDA) ($\chi^2=4,49$,

$df=1$, $P<0,05$). Le milieu de culture à base de PDA a produit plus des colonies que le milieu à base de SDA avec résultats respectifs de $18,72\pm3,34$ colonies et $15,78\pm3,89$ colonies (Figure 2).

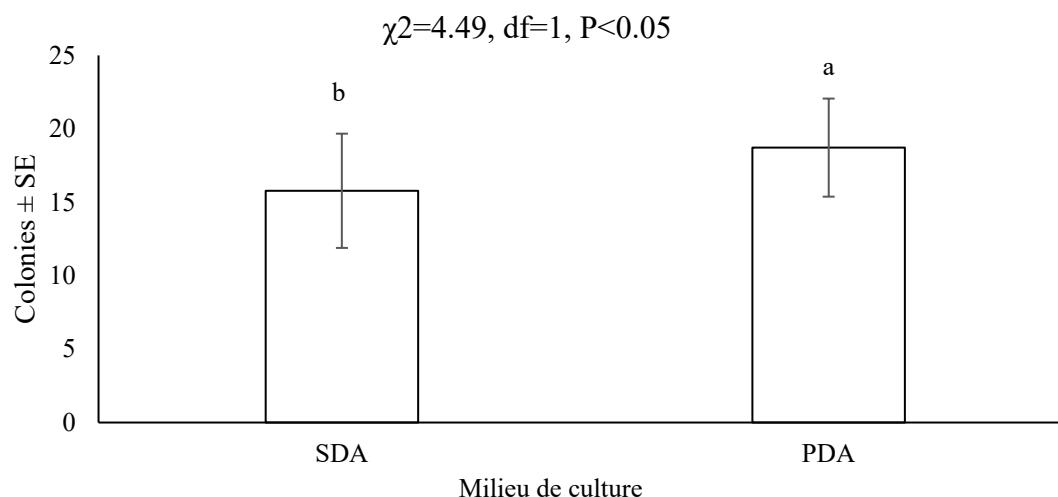


Figure 2 : Effet des milieux des cultures sur la production des colonies

Barres des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Effet de traitements sur la production des colonies dans les milieux SDA et PDA : Une différence significative entre les traitements a

été constatée sur les milieux SDA ($\chi^2=15,38$, $df=2$, $P<0,001$) et PDA ($\chi^2=12,71$, $df=2$, $P<0,01$) par rapport à la production des colonies des champignons. Les résultats obtenus sur les deux milieux de cultures ont montré que le traitement à base de l'isolement direct à partir du sol a été le meilleur en

donnant le plus des colonies que les deux autres isollements. Dans le milieu SDA, le traitement isolement direct du sol a donné $37,50 \pm 1,12$ colonies, significativement supérieur par rapport aux traitements dilution zéro ou solution mère ($9,00 \pm 2,13$ colonies) et deux fois dilutions (10^{-2}) ($0,83 \pm 0,31$ colonies) (Figure 3, Image 1A). La même tendance des

résultats a été obtenue sur le milieu PDA avec le traitement isolement direct à partir de sol qui a produit $37,50 \pm 1,12$ colonies, significativement différent par rapport aux traitements solution mère ($11,50 \pm 1,73$ colonies) et deux fois dilution 10^{-2} ($7,17 \pm 1,37$ colonies) (Figure 3, Image 1B).

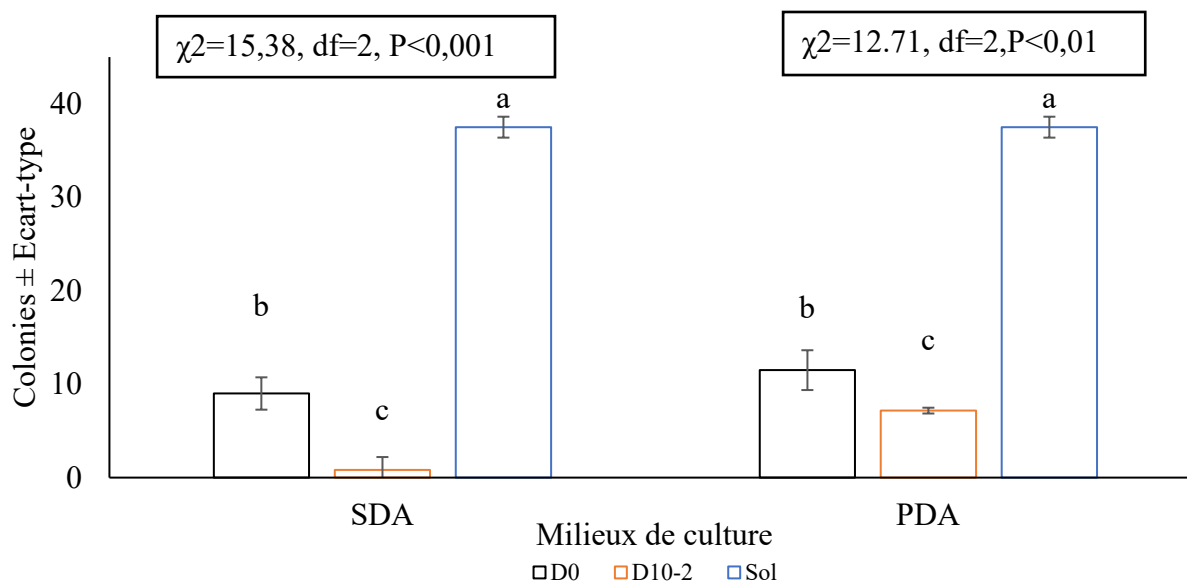


Figure 3: Effet des traitements sur la production des colonies dans les milieux SDA et PDA

Barres des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

D0 : Solution mère ; D10⁻² : Solution deux fois dilution ; sol : sol sans dilution

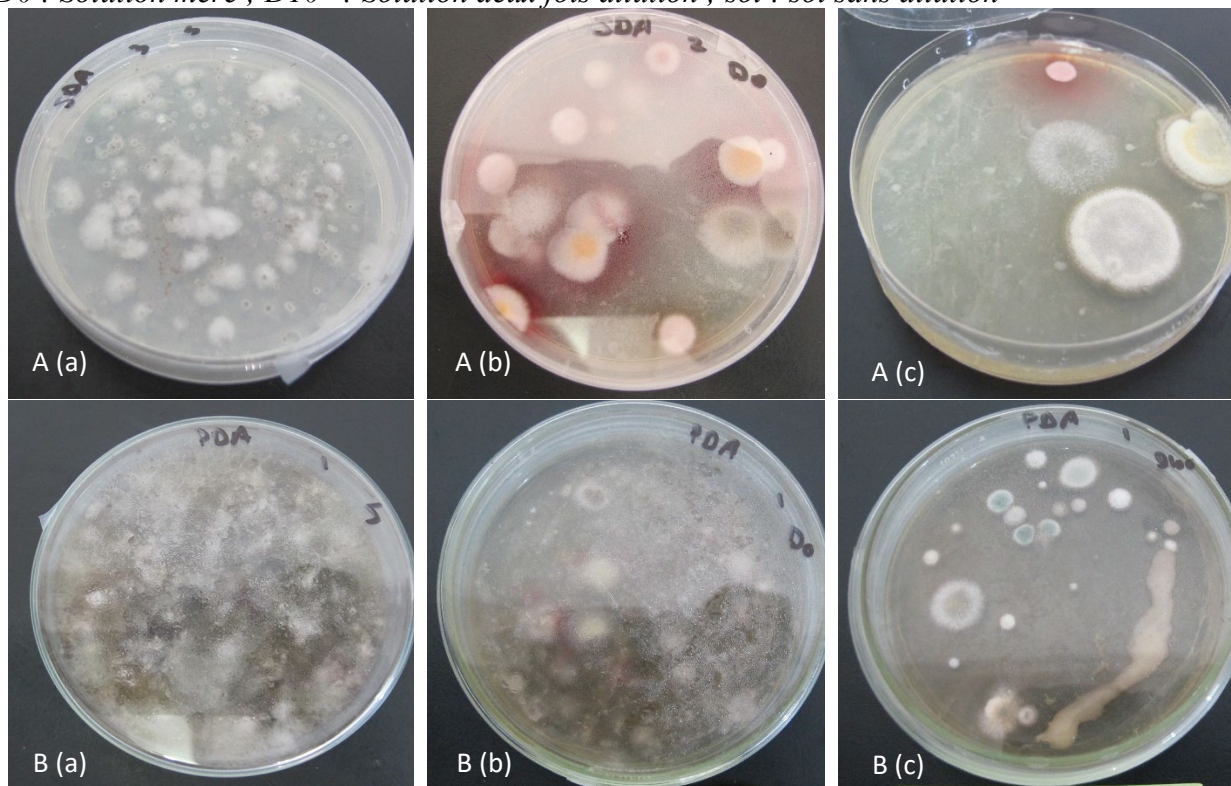


Image 1. Colonies des champignons sur milieu de culture SDA (A) et PDA (B)
(a) sol, (b) Solution mère, (c) Solution dilution 10⁻²

Couleurs des colonies formées sur la surface
Surface blanche sur les milieux de culture SDA et PDA : Concernant la coloration blanche sur les deux milieux de culture, selon toutes les méthodes d'isolement, l'apparition ou la non apparition de cette couleur s'est montré significativement différent sur les milieux en étude (SDA : Kruskal-Wallis $\chi^2= 4,09$, df=1,

$P<0,05$, PDA : Kruskal-Wallis $\chi^2= 5$, df=1, $P<0,05$) (Tableau 1). La coloration blanche a été plus présente dans les deux milieux avec des moyennes respectivement de $5,33 \pm 0,67$ sur le milieu SDA (soit 88.8% des échantillons) et $6,00 \pm 0,00$ sur le milieu PDA (100% des échantillons) (Tableau 1).

Tableau 1 : Surface blanche sur les milieux de culture SDA et PDA

Coloration	Couleur blanche sur SDA	Couleur blanche sur PDA
Présente	$5,33 \pm 0,67$ a	$6,00 \pm 0,00$ a
Absente	$0,67 \pm 0,67$ b	$0,00 \pm 0,00$ b
	Kruskal-Wallis $\chi^2= 4,09$, df=1, $P<0,05$	Kruskal-Wallis $\chi^2= 5$, df=1, $P<0,05$

Nombre d'échantillons considérés : 6. Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Surface grise sur les milieux de culture SDA et PDA : Les données sur la coloration grise montrent qu'il n'a existé aucune différence significative entre la présence ou l'absence de cette coloration sur les deux milieux de culture

utilisés (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 3,14$, $df=1$, $P=0,0765$ pour le SDA ; et Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1,67$, $df=1$, $P=0,1967$ pour le PDA) (Tableau 2).

Tableau 2 : Surface grise sur les milieux de culture SDA et PDA

Coloration	Couleur grise sur SDA	Couleur grise sur PDA
Présente	1,33±0,88 a	3,67±0,67 a
Absente	4,67±0,88 a	2,33±0,67 a
	Kruskal-Wallis $\chi^2 = 3,14$, $df=1$, $P=0,0765$	Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1,67$, $df=1$, $P=0,1967$

Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Surface verte sur les milieux de culture SDA et PDA : Une différence significative a été obtenue sur l'apparition ou la non apparition de la couleur verte sur le milieu SDA (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 4,09$, $df=1$, $P<0,05$). Il a été constaté plus d'absence 5,67±0,33 (94,5%)

que de présence de couleur verte sur le milieu SDA (Tableau 3). Cependant, sur le milieu PDA, aucune différence statistique n'a été observée sur la présence et l'absence de la coloration verte (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1,67$, $df=1$, $P=0,1967$) (Tableau 3).

Tableau 3 : Surface verte sur les milieux de culture SDA et PDA

Coloration	Couleur verte sur SDA	Couleur verte sur PDA
Présente	0,33±0,33 b	3,67±0,67 a
Absente	5,67±0,33 a	2,33±0,67 a
	Kruskal-Wallis $\chi^2 = 4,09$, $df=1$, $P<0,05$	Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1,67$, $df=1$, $P=0,1967$

Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Surface rouge sur les milieux de culture SDA et PDA : Aucune différence statistique n'a été observée sur les milieux SDA et PDA concernant la présence ou l'absence de la

coloration rouge (SDA : Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0,50$, $df=1$, $P=0,82$; Kruskal-Wallis $\chi^2 = 2,33$, $df=1$, $P=0,126$) (Tableau 4).

Tableau 4 : Surface rouge sur les milieux de culture SDA et PDA

Coloration	Couleur rouge sur SDA	Couleur rouge sur PDA
Présente	2,33±1,86 a	4,33±1,20 a
Absente	3,67±1,86 a	1,67±1,20 a
	Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0,50$, $df=1$, $P=0,82$	Kruskal-Wallis $\chi^2 = 2,33$, $df=1$, $P=0,126$

Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Surface jaune sur les milieux de culture SDA et PDA : L'apparition ou la non apparition de la couleur jaune a été significativement différente sur le milieu SDA (Kruskal-Wallis $\chi^2= 3,86$, $df=1$, $P<0,05$). Il a été constaté plus d'absence $5,00\pm0,58$ (83,3%)

que de présence de couleur jaune sur le SDA (Tableau 5). Cependant, sur le milieu PDA, aucune différence statistique n'a été observée sur la présence et l'absence de la coloration jaune (Kruskal-Wallis $\chi^2= 0,05$, $df=1$, $P=0,82$) (Tableau 5).

Tableau 5 : Surface jaune sur les milieux de culture SDA et PDA

Coloration	Couleur jaune sur SDA	Couleur jaune sur PDA
Présente	$1,00\pm0,58$ b	$2,33\pm1,20$ a
Absente	$5,00\pm0,58$ a	$3,00\pm0,58$ a
	Kruskal-Wallis $\chi^2= 3,86$, $df=1$, $P<0,05$	Kruskal-Wallis $\chi^2= 0,05$, $df=1$, $P=0,82$

Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Surface noire sur les milieux de culture SDA et PDA : Aucune différence statistique n'a été observée sur les milieux SDA et PDA concernant la présence ou l'absence de la

coloration noire (SDA : Kruskal-Wallis $\chi^2= 3,14$, $df=1$, $P=0,08$; Kruskal-Wallis $\chi^2= 0$, $df=1$, $P=1$) (Tableau 6).

Tableau 6 : Surface noire sur les milieux de culture SDA et PDA

Coloration	Couleur noire sur SDA	Couleur noire sur PDA
Présente	$1,33\pm0,88$ a	$3,00\pm1,73$ a
Absente	$4,67\pm0,88$ a	$3,00\pm1,73$ a
	Kruskal-Wallis $\chi^2= 3,14$, $df=1$, $P=0,08$	Kruskal-Wallis $\chi^2= 0$, $df=1$, $P=1$

Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Isolement des souches de champignons Effet des milieux de culture sur le diamètre des isolats : Suivant les colorations développées sur les milieux des cultures, nous avons pu mettre en évidence 13 isolats. Neuf

(9) de ces treize isolats ont été isolés à partir du milieu SDA (Isolats ou souches 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13), et quatre (4) comprenant les isolats 6, 7, 8 et 9 ont été isolés à partir du milieu PDA.

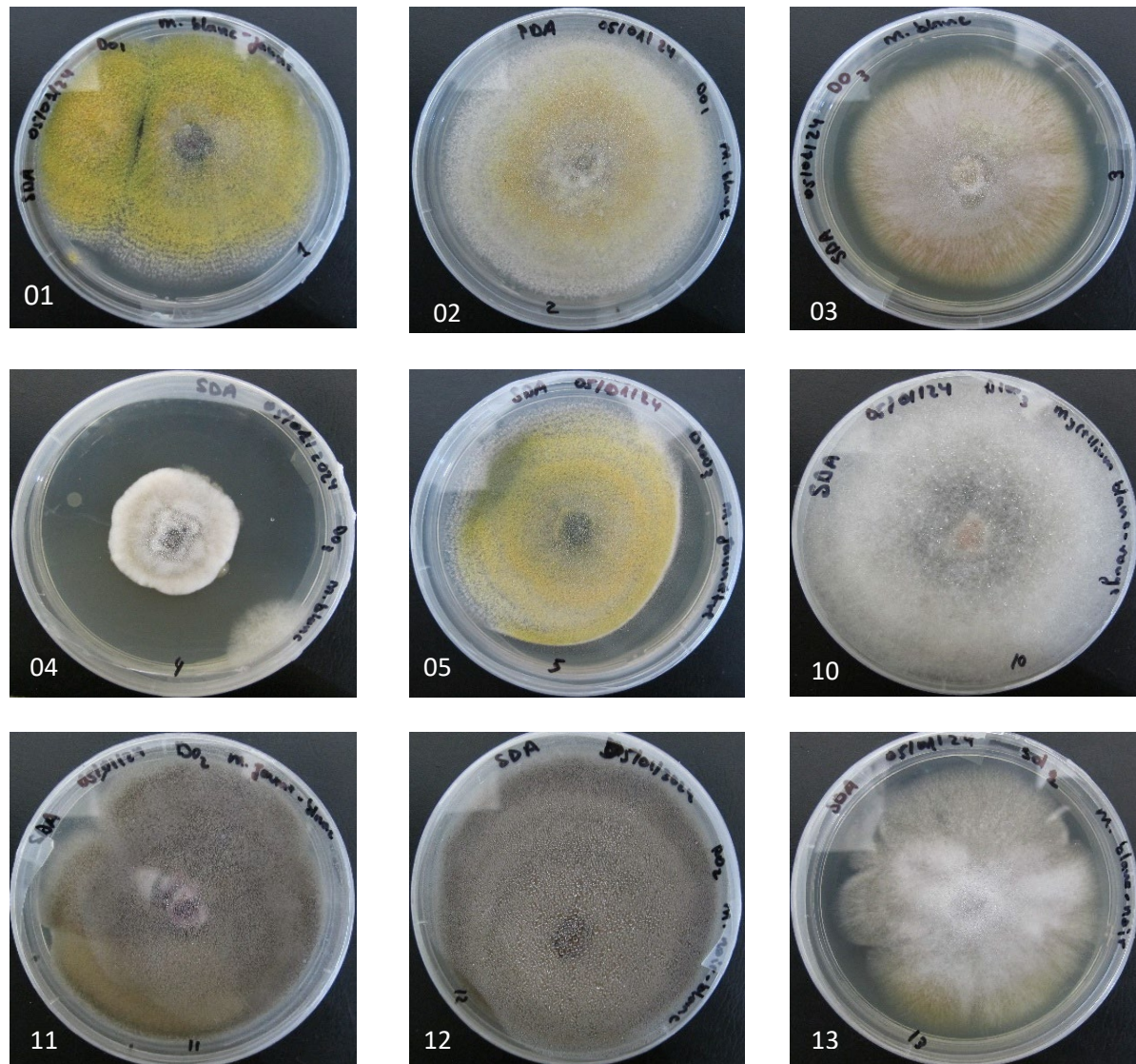


Image 2. Isolats provenant du milieu SDA à deux semaines de croissance

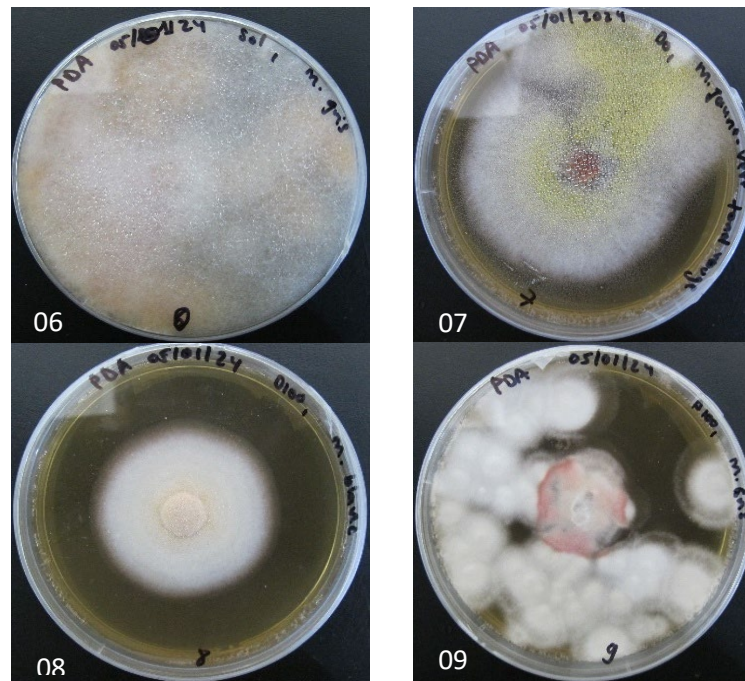


Image 3. Isolats provenant du milieu PDA à deux semaines de croissance

Les milieux de culture ont eu un effet significatif sur la croissance radiale des isolats obtenus ($F_{1,31}=4,17$; $P<0,05$) (Figure 4). En effet, le milieu SDA a donné des isolats ou

souches des champignons présentant des croissances radiales plus épaisses ($7,36\pm 0,26$ cm) que les isolats obtenus du milieu PDA ($6,55\pm 0,55$ cm).

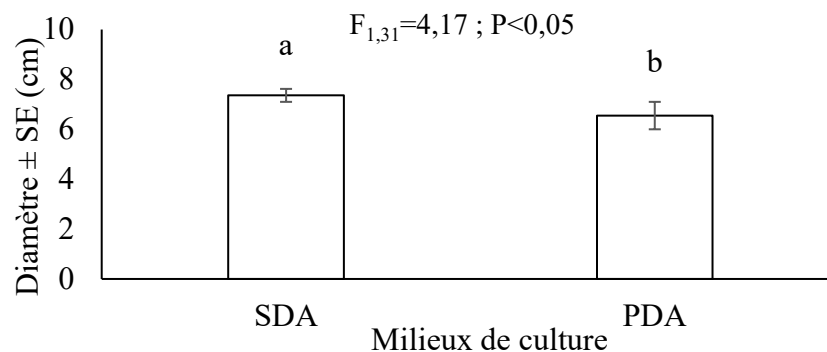


Figure 4 : Effet des milieux de culture sur le diamètre des isolats

Barres des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

Effet des méthodes d'isolement sur le diamètre des isolats dans le milieu SDA : Le diamètre des souches des champignons n'a pas

été différent par rapport aux traitements d'isolement utilisées sur le milieu SDA ($F_{2,20}=0,75$, $P=0,49$) (Tableau 7).

Tableau 7. Effet des méthodes d'isolement sur le diamètre des isolats dans le milieu SDA

Méthode d'isolement	Diamètre $\pm$ SE (cm)	Isolats obtenus
D0	7,25 $\pm$ 0,33 a	Isolats 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12
D10 ⁻²	8,33 $\pm$ 0,13 a	Isolat 10
sol	7,17 $\pm$ 0,68 a	Isolat 13
	F _{2,20} =0,75, P=0,5	

Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

D0 (Dilution 0 ou solution mère) ; D100 (Dilution 10⁻²) ; Sol (épandage du sol sans dilution)

Effet des méthodes d'isolement sur le diamètre des isolats dans le milieu PDA : Le diamètre des isolats obtenus sur le milieu PDA a été statistiquement différents selon les méthodes d'isolement (F_{2,20}=9,50, P<0,01). L'isolement avec l'épandage du sol directement sur le milieu a donné une

meilleure croissance radiale de 8,5 $\pm$ 0,0 cm significativement différent par rapport à la solution mère sans dilution zéro (D0) qui a donné une moyenne de diamètre de 7.00 $\pm$ 0.67 cm, et à la solution deux fois dilutions 10⁻² (D10⁻²) qui a donné une moyenne de 5.88 $\pm$ 0.55 cm (Tableau 8).

Tableau 8 : Effet des méthodes d'isolement sur le diamètre des isolats dans le milieu PDA

Méthode d'isolement	Diamètre $\pm$ SE (cm)	Isolats obtenus
D0	7.00 $\pm$ 0.67 c	Isolat 7
D10 ⁻²	5.88 $\pm$ 0.55 b	Isolats 8 et 9
Sol	8.50 $\pm$ 0.0 a	Isolat 6
	F _{2,20} =9.50, P<0.01	

Suivant les colonnes, des moyennes suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 0,05 selon le test de SNK (Student-Newman-Keuls).

D0 (Dilution 0 ou solution mère) ; D100 (Dilution 10⁻²) ; Sol (épandage du sol sans dilution)

DISCUSSION

L'isolement des champignons à partir du sol de la zone maraîchère de Kimwenza suivant deux différentes méthodes (celle de la dilution et celle sans dilution) dans deux milieux de culture différents (SDA et PDA), a permis de mettre en évidence une biodiversité des souches fongiques telluriques qui, parmi elles, peuvent se trouver des agents entomopathogènes, des saprophytes et des agents de lutte biologique (Sharma *et al.*, 2018 ; Corallo *et al.*, 2019 ; Mussi-Dias *et al.*, 2020 ; Jordan *et al.*, 2021 ; Khun *et al.*, 2021). Le suivi pendant quatre semaines a permis d'isoler des souches dont les caractéristiques macroscopiques sur le nombre des colonies, leurs colorations et leurs croissances radiales ont été prélevées. S'agissant du milieu utilisé pour l'isolement des champignons du sol, le

milieu PDA est celui qui a développé plus des colonies que le milieu SDA ; et c'est la méthode d'isolement du sol sans dilution qui a produit plus des colonies dans les deux milieux comparativement à la méthode de dilution du sol. Ceci s'expliquerait par le fait que les deux milieux n'ont pas la même composition et que certaines souches se développent mieux là où ils puisent les nutriments dont ils ont besoin (Mouaragadja et M'Batchi 1998 ; Bio-Rad, 2019 ; Hayet *et al.*, 2021). Par ailleurs, du fait qu'en diluant une solution, on diminue sa concentration, il a été constaté que plus des colonies se sont développées dans les traitements où le sol a été utilisé directement que dans les traitements où le sol a été dilué (Lalibi, 2022). Ce qui donnerait l'opportunité d'explorer un grand nombre de souches des

champignons dans le scénario où il n'y a pas de dilutions ou bien d'économiser les ressources dans le cas contraire car avec de dilutions multiples. Pour les colonies formées sur la surface des milieux de culture, il a été remarqué que la coloration blanche a été la plus présente dans les deux milieux de culture (SDA et PDA). Même si la présence des colorations grise, verte, jaune, rouge et noire s'est fait remarquer sur le milieu PDA, sur le milieu SDA les colorations jaune et verte ont cependant été absentes. Il est à signaler que la coloration rouge observée dans les deux milieux de cultures utilisés peut être due soit aux contaminations, soit à la pigmentation de certaines souches sur les milieux de cultures (Akré Djako *et al.*, 2022). Les colorations blanches sur la surface de la boîte sont des caractéristiques de certaines souches fongiques entomopathogènes comme le rapporte Cardoso *et al.* (2020) que *Beauveria bassiana* qui est un entomopathogène, présente une coloration blanche sur la surface. Par ailleurs, les travaux de Saiah *et al.* (2011) rapportent aussi que les espèces du genre *Fusarium* qui se caractérise par les hyphes blancs est considérée comme entomopathogène après avoir testé son efficacité à contrôler la mineuse de feuille *Phyllocnistis citrella* et en provoquant la mortalité de ce dernier. Bien plus, Masaphy (2022) qui a rapporté que *Purpureocillium lilacinum* qui présente des mycéliums blancs et dense sur le milieu PDA est capable de causer le brunissement et l'inhibition de *Morchella spp.*, ou avoir des activités antifongiques contre *Phytophthora infestans* (Lopez *et al.*, 2014), *Verticillium dahliae* (Wang *et al.*, 2016), *Sclerotinia sclerotiorum* (Yuan, 2017) et *Penicillium digitatum* (Lan *et al.*, 2017). Le milieu SDA a donné plus d'isolats (9) que le milieu PDA (4), concernant la croissance radiale par rapport aux milieux de culture, nous constatons que le milieu SDA est celui qui a

donné des souches qui ont une croissance radiale rapide et plus grande que les souches qui se sont développées sur le milieu PDA. La croissance de chaque souche fongique est liée à sa caractéristique physiologique, et ce, même si elles sont de la même espèce (Fargues *et al.*, 1997). Une croissance rapide est une bonne caractéristique pour les souches fongiques entomopathogènes car elle est associée à la vitesse d'infection de l'hôte, donc sa potentielle capacité à infecter rapidement l'hôte (Hajek et St Leger, 1994 ; Fargues *et al.*, 1997) Sur le milieu SDA, les souches provenant des méthodes d'isolement différentes n'ont pas eu d'effets sur leurs croissances, alors que sur le milieu PDA, cette étude a démontré que les différentes méthodes d'isollements ont influencé la croissance radiale des souches fongiques, et que ce sont les souches provenant de l'isolement avec le sol sans dilution qui ont donné des croissances radiales rapides et épaisses par rapport aux méthodes avec dilution. Ces résultats corroborent avec ceux de Mondo *et al.* (2016) qui ont prouvé que le milieu SDA a permis une bonne croissance et un bon développement du mycélium de la souche P969 du *Pleurotus ostreatus*, et de ceux de Dibaluka *et al.* (2010) qui ont montré que le milieu SDA améliorerait également la vitesse de croissance mycélienne quelle que soit l'espèce mise en culture. Cependant, contrairement à l'observation faite lors de cette étude, Attrassi *et al.* (2005) ont trouvé que sur le milieu PDA, la croissance mycélienne, la sporulation et la germination des spores des souches fongiques isolées des pommes en conservation étaient maximales sous la température de 25°C ; et ceux trouvés par Alaoui *et al.* (2022) qui affirment que le milieu PDA peut être utilisé pour une meilleure croissance, conservation et la sporulation de *Phytophthora infestans*.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Cette étude avait comme objectif de caractériser macroscopiquement certains champignons telluriques qui se trouvent dans le sol de la zone maraîchère de Kimwenza dont les caractères pourraient se rapprocher des champignons jouant un rôle dans la lutte biologique, en testant deux méthodes d'isolement sur deux milieux de culture. Les résultats montrent que le milieu de culture PDA a mieux développé les colonies des champignons du sol que le milieu de culture SDA. Cependant, c'est à partir du milieu SDA qu'un nombre important d'isolats a été obtenu. La méthode avec laquelle plus des colonies sont obtenues dans les deux milieux de culture est celle d'isolement direct à partir du sol sans dilution comparativement à la méthode avec des dilutions. Les colonies formées sur les milieux de culture avaient une prédominance de couleur blanche à la surface. Les colorations grise, verte, jaune et noire ont caractérisé la surface du milieu PDA ; et dans le milieu SDA on a remarqué l'absence des colorations jaune et verte, pendant que les colorations grise, rouge, noire et blanche ont été présentes. Les isolats fongiques se sont développés plus rapidement (en colonisant la

boîte entière) sur le milieu de culture SDA que sur le PDA. Les différentes méthodes d'isollements ont influencé la croissance des isolats sur le PDA, et ce sont les souches provenant de l'isolement avec le sol sans dilution qui ont eu une croissance rapide par rapport aux méthodes avec dilution. Ces résultats constituent une première étape dans la recherche des solutions alternatives par rapport à l'utilisation des pesticides chimiques en RDC. Ces premiers résultats sur la caractérisation des champignons d'intérêt par leurs utilisations dans la lutte biologique (ici comme entomopathogènes) sont importants pour constituer une bonne base dans la démarche de la caractérisation et de la mise au point des biopesticides à base des champignons telluriques des sols des zones maraîchères de la ville de Kinshasa. Nous recommandons ainsi d'autres études d'isollements à travers un hôte intermédiaire. Nous recommandons éventuellement et ultérieurement des études sur la caractérisation microscopique et génotypique pour arriver à la mise au point des produits biologiques alternatifs aux produits chimiques de synthèse.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akre, D. S. T., N'douba, A. P., Koffi, A. E., Attemene, K. A., Koko, A. C., Ackah, J. A. A. B. (2023). Evaluation de l'activité antibactérienne de deux champignons supérieurs (*Daldinia concentrica* et *Volvariella volvacea*) sur la croissance des souches de *Escherichia coli* multi-résistantes isolées à Daloa, Côte d'Ivoire. *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, 21(2), 116-124.
- Alaoui, K., Chafik, Z., Mikdame, H., Saalaoui, E., Khoulati, A., Kharmach, E. (2022). Effets de différents milieux de culture sur la croissance et la conservation in vitro de *Phytophthora infestans*. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 10(2), 244-252.
- Anjarwalla, P., Belmain, S., Sola, P., Jamnadass, R., Stevenson, P. C. (2016). Guide des plantes pesticides. Nairobi, Kenya : World Agroforestry Centre (Icraf).
- Assani, K. B. M. (2020). Effet des extraits des feuilles de Neem (*Azadirachta indica* Juss.) et de *Desmodium intortum* sur les ravageurs du chou pommé (*Brassica oleracea* var. *capitata*) dans les conditions pédoclimatiques de Kinshasa. Inédit, Mémoire de fin d'études, Université Pédagogique Nationale, 45pages

- Akutse, K.S., Subramanian, S., Maniania, N.K., Dubois, T., Ekesi, S. (2020). Biopesticide Research and Product Development in Africa for Sustainable Agriculture and Food Security. Experience from the International Centre of Insect Physiology and Ecology (*icipe*). *Frontiers in Sustainable Food System*.4: 563016.doi:10.3389/fsufs.2020.563016.
- Attrassi, K., Selmaoui, K., Ouazzani, T. A., Badoc A., Douira, A. (2005). Biologie et physiologie des principaux agents fongiques de la pourriture des pommes en conservation et lutte chimique par l'azoxystrobine. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 2005, 144, 47-62
- Batsch, D. (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré). Bio-Rad (2019). Sabouraud chloramphénicol actidione agar : gélose / milieu d'isolement sélectif des dermatophytes et autres champignons. [KING B \(bio-rad.com\)](http://KING B (bio-rad.com)).
- Bokombola, P. B., Poncelet, M., Michel, B., Savy, C. K. (2018). La consommation alimentaire et son évolution à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Tropicultura*, 36(3), 506-519.
- Cardoso, S. R. S., Rodrigues, A., Forti, L. C., Nagamoto, N. S. (2020). Characterizing Naturally-Occurring Entomopathogenic Fungi in Reproductive Females of *Atta* spp. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, Volume 9, Issue 1, ISSN (Online) 2319-1473
- Deguine, J.P., Aubertot, J.N., Bellon, S., Côte, F., Lauri, P.E., Lescourret, F., Ratnadass, A., Scopel, E., Andrieu, N., Bàrberi, P. and Becker, N. (2023). Agroecological crop protection for sustainable agriculture. *Advances in agronomy*, 178, pp.1-59
- Dibaluka S. M., Lukoki F. L., 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. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, (2010) 417 – 422
- Douro-Kpindou, O.K., Djegui, A.D., Glitho-Adolé I., Tamò M. 2012. Sensibility of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in laboratory. *Agricultural and Biological Science* 7 (12), 1007-1015.
- Ekesi, S. and Maniania, N. K. (2007). Use of entomopathogenic fungi in biological pest management. Published by Research Signpost. Kerala, India, p.333. ISBN: 978-81-308-0192-6
- Fargues J., Goettel M. S., Smits N., Ouedraogo A., Rougier M. (1997). Effect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. *Mycologia*, v. 89, p. 383-392.FAO, (2020). Année internationale de la santé des végétaux" (AISV).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/plant-health-2020/about/fr/>.
- Gindin, G., Levski, S., Soroker V. (2006). Evaluation of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. *Entomology, Phytomparasitica* 34 (4), 370-379
- Glare, T. R. and Milner, R. J. (1991). Ecology of entomopathogenic fungi. In D.K. Arora, L. Ajello, K.G. Mukerji (eds.). *Handbook of Applied Mycology*, Vol.

- 2: Humans, Animals, and Insects, New York: Marcel Dekker, Inc, 547– 612.
- Godonou, I., James, B., Atcha-Ahowe, C., Vodouhè, S., Kooyman, C., Ahanchédé, A., Korie, S. (2009). Potential of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates from Benin to control *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). Crop protection 28, 220-224
- Hajek, A. and St Leger, R. (1994). Interactions between fungal pathogens and insect host. *Annu. Rev. Entomol.*, v. 39, p. 293-322.
- Hayet, B. F., Imen, O., Bochra, Y. A. H. I. (2021). Conception et évaluation d'un milieu de culture à base d'extraits végétaux spécifique à la culture *in vitro*. Thèse de doctorat. Université Ibn Khaldoun – Tiaret, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- Heviefo, A.G., Jenkins, N.E., Langewald, J., Lomer C.J., Cherry A.J. (2000). Méthode pour la production de conidies aériennes de champignons entomopathogènes. Pesticides au Sahel, 95-105.
- Jordan, C., Dos Santos, P.L., Oliveira, L.R.D.S., Domingues, M.M., Gêa, B.C.C., Ribeiro, M.F., Mascarin, G.M., Wilcken, C.F. (2021). Entomopathogenic fungi as the microbial frontline against the alien Eucalyptus pest *Gonipterus platensis* in Brazil. Scientific Reports, 11(1): 7233. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-86638-9>. PMID:33790337.
- Khan, Z., Midega, C., Pittchar, J., Pickett, J. and Bruce, T. (2012). Push–pull technology: a conservation agriculture approach for integrated management of insect pests, weeds and soil health in Africa: UK Government's foresight food and farming futures project. In *Sustainable intensification* (pp. 162-170).
- Lalibi, M. (2022). Contribution à l'étude de l'effet du fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*) sur le taux de croissance et de germination in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici*. Mémoire de master. Université Mohamed Khider de Biskra, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie.
- Lan, X., Zhang, J., Zong, Z., Ma, Q., Wang, Y. (2017). Evaluation of the biocontrol potential of *Purpureocillium lilacinum* QLP12 against *Verticillium dahliae* in eggplant. BioMed Research International, 2017, 4101357
- Lepoivre, P., Busogoro, J. P., Etame, J. J., El-Hadrami, A., Carlier, J., Harelimana, G., ..., Swennen, R. (2003). Banana-*Mycosphaerella fijiensis* interactions. In *Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and outlook*. Proceedings of the 2nd International Workshop on *Mycosphaerella*/leaf spot diseases held in San Jose, Costa Rica on 20-23 May 2002.
- Leng P., Zhang Z., Pan G., Zhao M. (2011). Applications and development trends in biopesticides. African Journal of Biotechnology, 10(86), 19864–19873.
- Lopez D.C., Zhu-Salzman K., EK-Ramos M.J., Sword G.A. 2014. The entomopathogenic Fungal Endophytes *Purpureocillium lilacinum* (Formerly *Paecilomyces Lilacinus*) and *Beauveria bassiana* Negatively Affect Cotton Aphid Reproduction under Both Greenhouse and Field conditions. PLOS one 9, 1-8.
- Lopez, D.C., Zhu-Salzman, K., Ek-Ramos, M.J., Sword, G.A. (2014). The entomopathogenic fungal endophytes *Purpureocillium lilacinum* (formerly *Paecilomyces lilacinus*) and *Beauveria bassiana* negatively affect cotton aphid

- reproduction under both greenhouse and field conditions. *PLoS ONE* 2014, 9, e103891.
- Masaphy, S. (2022). First Report on *Purpureocillium lilacinum* Infection of Indoor-Cultivated Morel Primordia. *Agriculture* 2022, 12, 695. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050695>
- Mfuti, D.K., Tamiru, A., Kirk, W. D. J., Akinyemi, A. O., Campbell, H., Drijfhout, F. P., Pope, T. W., Niassy, S., Subramanian, S. (2021). Exploiting thrips aggregation pheromones to develop lure-and-kill strategy to manage the bean flower thrips. *Agronomy* 2021, 11(7), 1269.
- Mfuti K. D. (2024). Alternatives face aux pesticides dans le maraichage en RDC. Expériences des pratiques maraîchères à Kinshasa et dans le territoire de Mbanza-Ngungu. Livre 120 Pages ISBN 10: 620671084X ISBN 13: 9786206710844. <https://www.abebooks.co.uk/9786206710844/Alternatives-face-pesticides-mara%C3%A0Echage-Congo-620671084X/plp>
- Minengu, J.D.D., Ikonso, M. A., Mbumba, B.M., Kawanga, R., Mangunda, O., Mwengi, S., Nkangu, Y., Pamba, B.M, Lomba R. (2021). Utilisation des pesticides de synthèse dans la production maraîchère à Kinshasa. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture* 2, 14-29
- Mkenda, P., Mwanauta, R., Stevenson, P. C., Ndakidemi, P., Mitei, K., Belmain, S. R. (2015). Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. *Plos One*, 11(10).
- Mondo M. J., Balezi, Z. A., Mugomoka, V., Zigashane, L., Bagula, E., Kashosi, T., Mputu, K.-N., Nachigera, M. G. (2016). Effets des milieux de culture (PDA, SDA, SPDA, blé et maïs) sur la productivité in vitro de la souche P969 du *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Afrique Science Revue Internationale des Sciences et Technologie* 12, 374-381.
- Muliele T.M., Manzenza C. M., Ekuke L., Cécile W., Diaka P., Ndikubwayo D. M., Kapalay, O. M., Munde A. N. (2018). 'Utilisation et gestion des Pesticides en cultures maraîchères : Cas de la zone de Nkolo dans la Province du Kongo central, République Démocratique du Congo'. *Journal of Applied Biosciences* 119 (1): 11954. <https://doi.org/10.4314/jab.v119i1.11>
- Mussi-Dias, V., Freire, M.D.G.M., Santos, A.V., Moreira, D.D.O., Carolino, A.T., Samuels, R.I. (2020). Screening of fungi isolated from the Brazilian Restinga for insecticidal activity. *Microbiology Research Journal International*, vol. 30, pp. 48-63. <http://dx.doi.org/10.9734/mrji/2020/v30i330204>.
- Nuambote-Yobila, O., Matota N.J., Lema K. F., Bakelana Z. T., Mahungu N.M.T, Mfuti Kupesa D. (2024). Enquêtes sur la résistance aux insecticides par les insectes ravageurs des cultures maraîchères dans la ville de Mbanza-Ngungu et la cité de Nkolo. Pp 15-42.
- Mfuti, D. K. (Editeur). Dans : Alternatives face aux pesticides dans le maraichage en RDC. Expériences des pratiques maraîchères à Kinshasa et dans le territoire de Mbanza-Ngungu. Ongena M. and Jacques P. (2008). *Bacillus lipopeptides*: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, 16(3), 115–125.
- Ownley B.H .and Gwinn K.D. (2010). Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. *BioControl* 55, 113 – 128R Core Team, (2022). A

- Language and Environment for Statistical Computing, Version 4.0.3. R Foundation for Statistical Computing (computer software), Vienna, Austria.
- Saiah, F., Bendahmane, B. S., Benkadda, M. Y., Berkani, A., Lakhdari W., Kolai, N. (2011). Isolement de champignons entomopathogènes à partir de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera : Gracillariidae). Entomologie faunistique – Faunistic Entomology 63 (3), 199-202.
- Sharma M., Guleria S., Singh K., Chauhan A., Kulshrestha S. (2018). Mycovirus associated hypovirulence, a potential method for biological control of Fusarium species. Virus Disease, 29(2), 134–140.
- Sharma, L., Oliveira, I., Torres, L., Marques, G. (2018). Entomopathogenic fungi in Portuguese vineyards soils: suggesting a ‘*Galleria-Tenebrio*-bait method’ as bait-insects *Galleria* and *Tenebrio* significantly underestimate the respective recoveries of *Metarhizium (robertsii)* and *Beauveria (bassiana)*. MycoKeys, 38 (38),1-23. <http://dx.doi.org/10.3897/mycokeys.38.26790>. PMid:30123027.
- Son, D., Somda, I., Legreve, A., Schiffers, B. (2017). Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l’environnement. Cahier Agriculture. 26 : 25005.
- Tshimanga M. J. and Azidi M. A. (2025), « Contribution du Maraichage dans le renforcement de la resilience sociale dans le Quartier Kimwenza », Revue du contrôle, de la comptabilité et de l’audit 9(1) , 84- 112.
- Toffa, M.J., Atachi, P., Douro, K.O. K., Tamo M. (2014). Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on larvae of the legume pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae). Journal of Agricultural and Biological Science 9 (2), 55-64.
- Wang, G.; Liu, Z.; Lin, R.; Li, E.; Mao, Z.; Ling, J.; Yang, Y.; Yin, W.-B.; Xie, B. (2016). Biosynthesis of antibiotic leucinostatins in bio-control fungus *Purpureocillium lilacinum* and their inhibition on *Phytophthora* revealed by genome mining. PLoS Pathog. 2016, 12, e1005685.
- Yuan, H., Xu, P., Xiao, H., Zhang, Z., Zhao, J., Wang, G., Xiao, X., Xiao, Y. (2017). Efficacy of *Purpureocillium lilacinus* on gray mold of post-harvest tomato fruits. chinese journal of biological control 33, 525–530.
- Zaki, O., Weekers, F., Thonart, P., Tesch E., Kuenemann P. Jacques P. (2020). Limiting factors of mycopesticide development. Biological Control, 144 (April 2019), 104220.
- Zhao L., Zhongren L., Baozhen H., Haihong W., Tong X. L. (2010). Germination behaviour of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymphs. Entomological Science 45, 322-334