Évaluation de l'efficacité antifongique de quatre extraits de plantes sur les pathogènes des grains de l'épi du maïs en stock (*Zea mays* L.)

SORO Kouo-N'Golo[1*], KRA Kouamé Daniel[1], TUO Seydou[2] et DIALLO Atta Hortense[1]
1. Unité Santé des Plantes, UFR Sciences de la Nature, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire
2. Unité Pédagogique et de Recherche de Physiologie et Pathologie Végétales, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire
**** Auteur correspondant :** sorokouo@gmail.com / (+225) 0707852595*

Keywords: Antifungal activity, fungus, mycelial growth, aqueous extract, inhibition, corn.
Mots clés : Activité antifongique, champignon, croissance mycélienne, extrait aqueux, inhibition, maïs.

Submitted 19/12/2023, Published online on 29/02/2024 in the *Journal of Animal and Plant Sciences (J. Anim. Plant Sci.) ISSN 2071 – 7024*

1 ABSTRACT
Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important crops worldwide. However, many fungal diseases identified on maize pose a risk to food security. This study was conducted to evaluate the efficacy of four aqueous plant extracts on fungal isolates from maize seeds. The pathogenicity of four fungal isolated from maize are *Fusarium*, *Penicillium*, *Colletotrichum* and *Aspergillus* has been evaluated by brutal inoculation of the cool ears of apparently healthy corn. The test of pathogenicity a revealed that four fungal stumps were capable of causing rot on the inoculated ears. The mushrooms caused rot of different colorations on the inoculated ears. The antifungal activity of aqueous excerpts of the leaves of *Chromolaena odorata*, *Nicotiana tabacum*, *Carica papaya, and Moringa oleifera* at three different concentrations was evaluated in vitro against the four fungal stumps. The aqueous extracts of the four plants showed antifungal activity on mycelial growth and mushroom sporulation. The excerpt of *N. tabacum was* more efficient on mycelial growth and the sporulation of all mushrooms at a concentration of 60 g/l with a 100% inhibition rate. The excerpt of *C. odorata* showed a rate of inhibition of growth and sporulation superior to 80% on the four stumps at a concentration of 60 g/l. The aqueous extract of *M. oleifera* was the least efficient of the four aqueous extracts. Finally, *Aspergillus* sp. was the mushroom that was more sensitive to the antifungal activity of the four aqueous extracts.

RESUME
Le maïs (*Zea mays* L.) représente l'une des plus importantes cultures alimentaires dans le monde. Cependant, les maladies fongiques provoquées par certains champignons sur l'épi constituent un risque pour la sécurité alimentaire. Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'efficacité antifongique d'extraits aqueux de plantes sur ces champignons. La pathogénicité de quatre souches fongiques isolées du maïs que sont *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp. a été évaluée par l'inoculation brutale des épis frais de maïs apparemment sains. Le test de pathogénicité a révélé que les quatre souches fongiques étaient capables de causer des pourritures sur les épis inoculés. L'activité antifongique des extraits aqueux des feuilles de *Chromolaena odorata, Nicotiana tabacum, Carica papaya et*

Moringa oleifera **à trois différentes concentrations a été évaluée** ***in vitro*** **contre les quatre souches fongiques. Les extraits aqueux de ces plantes ont montré une activité antifongique sur la croissance mycélienne et la sporulation des champignons. L'extrait de** ***N. tabacum*** **a été le plus efficace sur la croissance mycélienne et la sporulation à la concentration de 60 g/l avec un taux d'inhibition de 100 %. L'extrait de** ***C. odorata*** **quant à lui a montré un taux d'inhibition de la croissance et de la sporulation supérieur à 80 % sur les quatre souches à la concentration de 60 g/l. Quant à l'extrait aqueux de** ***M. oleifera,*** **il a été le moins efficace des quatre extraits aqueux. En outre, la souche de** ***Aspergillus*** **sp. a été le champignon le plus sensible à l'action antifongique des quatre extraits aqueux utilisés. Ces extraits aqueux peuvent être utilisés dans le contrôle des maladies fongiques des grains de maïs.**

2 INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* L.), est une céréale qui appartient à la famille des Poaceae. Il constitue l'une des céréales les plus répandues et utilisées dans le monde. Il occupe le troisième rang mondial après le blé et le riz avec plus de 1 milliard de tonnes (FAOSTAT, 2023). Dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, le maïs fait partie des plus importantes cultures (Kouakou *et al.,* 2010). En Côte d'Ivoire, il est la deuxième céréale la plus consommée après le riz (Rabany, 2014). Le maïs est cultivé dans diverses zones agro-écologiques du pays, seul ou en association avec la plupart des cultures. Le maïs constitue l'aliment de base de nombreuses populations ivoiriennes. Il sert également à l'alimentation animale (volaille, porcs) et de matière première dans certaines industries de brasserie, de savonnerie et d'huileries (Akanvou *et al*., 2006). Malgré son importance, la culture du maïs est confrontée à plusieurs contraintes ; notamment, le manque de semences sélectionnées, la présence de ravageurs et maladies (Akanvou *et al*., 2006). Plusieurs maladies sont associées à la culture du maïs dans le monde. Ces maladies peuvent entrainer d'importants dégâts sur la plante et provoquer des pertes de production allant jusqu'à 100 % si aucun traitement n'est effectué. Certaines maladies ont depuis été signalées en Afrique occidentale ou centrale comme pouvant être à l'origine de dégâts importants (Moyal, 1991). C'est le cas de la fusariose de l'épi du maïs qui est causée par différentes espèces du genre *Fusarium* à savoir *F. graminearum, F. verticillioides* et *F. proliferatum*. Celles-ci diminuent la qualité alimentaire du maïs et produisent des mycotoxines qui participent à leur virulence et agressivité vis-à-vis du maïs (Abdou *et al*., 2012). Le champignon *Aspergillus* sp. qui cause la pourriture est aussi un bio-agresseur majeur de l'épi du maïs lorsque les températures nocturnes sont élevées et la plante suffisamment alimentée en eau (Delos, 2012). Les champignons qui infectent les épis aux champs se rencontrent également lors du stockage. Pour remédier aux nombreuses difficultés rencontrées pendant le stockage du maïs, différentes méthodes de lutte sont utilisées. La méthode de lutte la plus utilisée est la lutte chimique, cependant, les dégâts enregistrés en santé humaine et sur l'environnement, dus à l'utilisation des pesticides conventionnels sont fréquents (Aubertot *et al*., 2005). Face à ces inconvénients, de nouvelles méthodes de lutte non chimiques sont préconisées. Il s'agit entre autres de l'utilisation des extraits de plante. Cette méthode de lutte a pour but de réduire ou inhiber l'activité des microorganismes nuisibles des cultures tout en préservant l'environnement (Kouassi, 2001). En effet, les études réalisées par Kra *et al.* (2009) ont montré l'efficacité de l'extrait aqueux de feuilles de *Chromolaena odorata* sur le champignon *Fusarium*. Les travaux de Millogo *et al.* (2012) ont révélé la présence de composés phénoliques (flavonoïde et tannins) dans les feuilles de *Moringa oleifera*. Il a par la suite démontré que ces composés chimiques avaient des effets antimicrobiens. La présente étude a été réalisée pour contribuer à l'atteinte de la sécurité alimentaire par l'amélioration de la conservation du maïs.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Matériel

3.1.1 Matériel végétal : Le matériel végétal a été composé d'épis frais de maïs et de feuilles de *Chromolaena odorata,* de *Carica papaya,* de *Nicotiana tabacum* et de *Moringa oleifera* (Figure1). Les épis de maïs ont été utilisés pour le test de pathogénicité. Quant aux feuilles des différentes plantes précitées, elles ont été utilisées pour le test d'efficacité *in vitro*. Les feuilles de *C. odorata* et de *C. papaya* ont été collectées à Korhogo, Katiola et Odienné, alors que celles de *N. tabacum* et de *M. oleifera* ont été collectées dans les villes de Korhogo et de Boundiali.

3.1.2 Matériel fongique : Le matériel fongique a été composé de quatre souches fongiques isolées des épis de maïs du Nord de la Côte d'Ivoire au laboratoire de l'Unité Santé des Plantes du Pôle de Recherche Production Végétale de l'Université Nangui Abrogoua. Il s'est agi de *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp.

3.2 Méthodes

3.2.1 Repiquage des souches fongiques

3.2.1.1 Préparation du milieu de culture : Le milieu de culture Potato Dextrose Agar (PDA) a été utilisé pour repiquer les souches fongiques obtenues de l'Unité Santé des Plantes de l'Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire). La préparation de ce milieu a nécessité 20 g de purée de pomme de terre, 20 g de D-glucose et 20 g d'Agar-agar. Le mélange ainsi obtenu a été ajusté à 1 L avec de l'eau distillée. L'ensemble de cette solution a été stérilisé à l'autoclave à la température de 121°C pendant 30 minutes sous une pression de 1 bar. Après refroidissement à 45 °C, le milieu de culture PDA a été coulé dans les boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre sous une hotte à flux laminaire, en présence d'une flamme (Botton *et al.,* 1990).

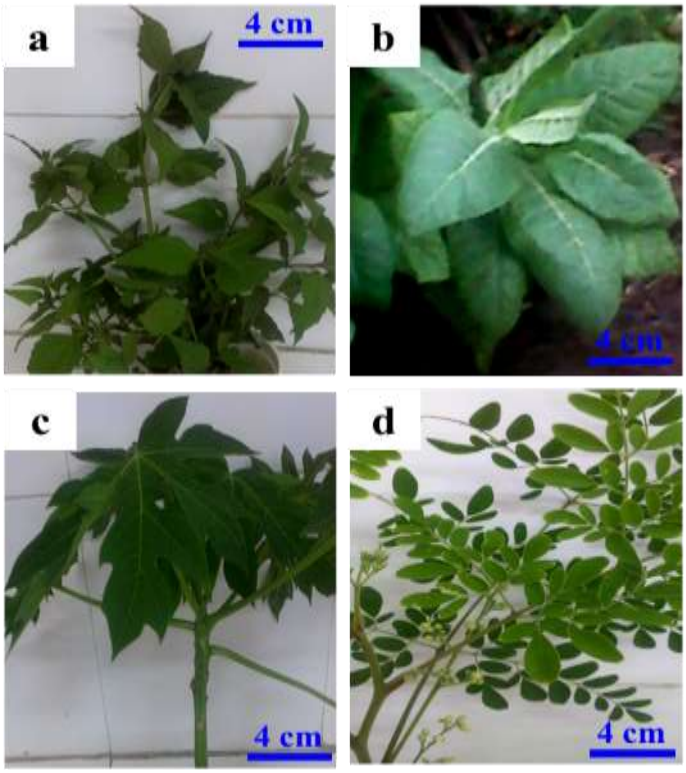

Figure 1 : Plantes utilisées pour la préparation des différents extraits aqueux
a : *Chromolaena odorata* (Asteraceae), **b :** *Nicotiana tabacum* (Solanaceae), **c :** *Carica papaya* (Caricaceae) et **d :** *Moringa oleifera* (Moringaceae)

3.2.1.2 Mise en culture des souches : Les quatre souches fongiques ont été repiquées dans les boîtes de Pétri contenant le milieu PDA. Pour ce faire, un disque mycélien de 5 mm de diamètre a été placé au centre de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA. Ce repiquage a été réalisé dans le but de disposer de souches pures âgées de sept jours afin d'évaluer l'effet antifongique des différents extraits aqueux. Ces souches ont également servi d'inoculum fongique pour le test de pathogénicité.

3.2.2. Test de pathogénicité des champignons isolés : Les épis de maïs frais apparemment sains ont été désinfectés à l'hypochlorite de sodium 12° dilué à 10 % pendant 5 à 10 minutes. Puis ces épis ont été séchés sur du papier buvard. Deux rangées de 10 graines ont été légèrement blessées à l'aide d'un scalpel stérile et un inoculum fongique de 1 cm a été déposé directement sur la blessure et recouvert avec les spathes de l'épi en vue d'éviter les contaminations extérieures. Les épis témoins ont été inoculés avec 1 cm de milieu PDA. Après ces inoculations, les épis ont été incubés dans des bacs en plastique dans le but de créer des conditions d'humidité. Ces bacs ont été conservés au laboratoire pendant une semaine à la température ambiante de la salle (25 ± 2 °C). Au terme de la semaine de conservation la coloration des pourritures provoquées par les champignons sur les épis frais a été observée.

3.2.3 Évaluation *in vitro* de l'activité antifongique des quatre extraits aqueux des plantes

3.2.3.1 Préparation des extraits aqueux : Les feuilles de *Chromolaena odorata*, *Nicotiana tabacum, Carica papaya* et de *Moringa oleifera*, ont été séchées à la température ambiante du laboratoire (25 ± 2 °C), pendant deux semaines. Une quantité de 100 g de feuilles séchées, a été finement broyée puis infusée dans un litre d'eau distillée stérile pendant 48 heures selon la méthode de Zohra (2006). L'infusion a été agitée à la main afin d'homogénéiser le mélange. Après 48 heures, il a été filtré avec un tamis de 3 µm de mailles. Le filtrat obtenu a été de nouveau stérilisé sur du coton hydrophile stérile de 10 cm d'épaisseur placé à l'intérieur d'une colonne de seringue, selon la méthode Ackah (2008). Les extraits aqueux ainsi obtenus ont été utilisés pour effectuer le test *in vitro*.

3.2.3.2 Évaluation de l'activité antifongique des extraits aqueux sur la croissance radiale mycéliennes des colonies : Les volumes de 12, 24 et 36 ml des différents extraits aqueux ont été prélevés des solutions stockées de concentration 100 g/l et incorporés respectivement dans 48, 36 et 24 ml de milieu de culture PDA en surfusion, pour obtenir des concentrations de 20, 40 et 60 g/l. Ces concentrations ont été retenues sur la base de tests préliminaires effectués. Chaque boîte de Pétri contenant le milieu de culture PDA amendé d'extrait aqueux a été légèrement agitée afin d'obtenir un mélange homogène. Le milieu de culture PDA sans extrait a servi de témoin. Un disque mycélien de 6 mm de diamètre de la souche a été déposé à l'intersection de deux axes perpendiculaires tracés au revers des boîtes. Ce point d'intersection indique le centre de la boite de Pétri. Trois boîtes de Pétri ont été utilisées pour chaque concentration. Soit au total 12 boîtes de Pétri par extrait de plante. L'expérience a été répliquée trois (3) fois successivement. Des mesures du diamètre des colonies mycéliennes ont été effectuées chaque jour jusqu'au remplissage des boîtes de Pétri témoins. L'efficacité des extraits aqueux sur la croissance mycélienne des souches fongiques a été exprimée par le taux d'inhibition (TI) et calculée selon la formule de Kumar (2007) indiquée ci-dessous :

$$\mathbf{TI}\ (\%) = \frac{\mathbf{Dc - Dt}}{\mathbf{Dc}}\ \mathbf{x\ 100}$$

Ti (%) : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne
Dc : Diamètre moyen de la croissance mycélienne du témoin
Dt : Diamètre moyen de croissance mycélienne de l'essai.

Les inocula qui n'ont pas pu se développer sur le milieu amendé d'extraits aqueux ont été recultivés sur un autre milieu de culture PDA sans extrait aqueux. Cette expérience a été faite dans le but de vérifier l'effet des extraits végétaux. En cas de croissance, l'extrait aqueux

a été qualifié de fongistatique. Par contre, en absence de croissance, l'extrait aqueux a été qualifié de fongitoxique.

3.2.3.3 Évaluation de l'activité antifongique des extraits aqueux sur la sporulation des champignons : Trois rondelles de 1 cm de diamètre chacune ont été prélevées des boîtes de Pétri contenant les milieux amendés d'extraits aqueux afin d'étudier l'effet de ces extraits aqueux sur la sporulation des champignons qui y ont été ensemencés. Ces inocula âgés d'une semaine ont été mis dans les piluliers contenant 10 ml d'eau distillée stérile. Puis ces piluliers ont été agités au vortex pendant une minute afin de détacher les spores. La suspension sporale obtenue a été filtrée avec un tamis de 2 µm de maille en vue d'éliminer les fragments mycéliens. À l'aide de la cellule de Malassez, le nombre de spores contenu dans les différentes suspensions sporales a été déterminé en raison de 10 comptages par solution. L'efficacité des extraits aqueux sur la sporulation a été déterminée par le taux d'inhibition de la sporulation calculé selon la formule de Kumar (2007).

$$\mathbf{TiS}\ (\%) = \frac{\mathbf{NST - NSE}}{\mathbf{NST}}\ \mathbf{x\ 100}$$

Ti S : taux d'inhibition de la sporulation
NST : nombre de spores chez la colonie témoin
NSE : nombre de spores chez la colonie essaie

3.2.4 Analyses statistiques : Une série d'analyses de la variance à un critère de classification (ANOVA 1) a été effectuée avec le logiciel Statistica version 7.1 (Born, 2006) au seuil de 5 % pour comparer l'effet des extraits aqueux sur les taux moyens d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons et la sporulation des spores de différentes souches fongiques. En cas de différence significative, le test LSD de Fisher a permis de déterminer les différentes classes homogènes.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Résultats

4.1.1 Pathogénicité des souches isolées des épis de maïs : Le test de pathogénicité effectué avec les champignons sur les épis frais de maïs a permis d'observer des pourritures avec différentes couleurs (Figure 2). Pour le témoin (Figure 2a) aucun symptôme n'a été observé. Concernant la souche de *Fusarium* sp. (Figure 2b), elle a provoqué une pourriture de coloration cendre au niveau des grains. La pourriture occasionnée par *Aspergillus* sp. (Figure 2c) a été de couleur rouge. S'agissant de *Colletotrichum* sp. (Figure 2d), une pourriture de couleur brun-clair à contour irrégulier a été observée. Quant aux épis inoculés par *Penicillium* sp. (Figure 2e), ils ont montré des pourritures humides de couleur brune avec une altération des grains de maïs.

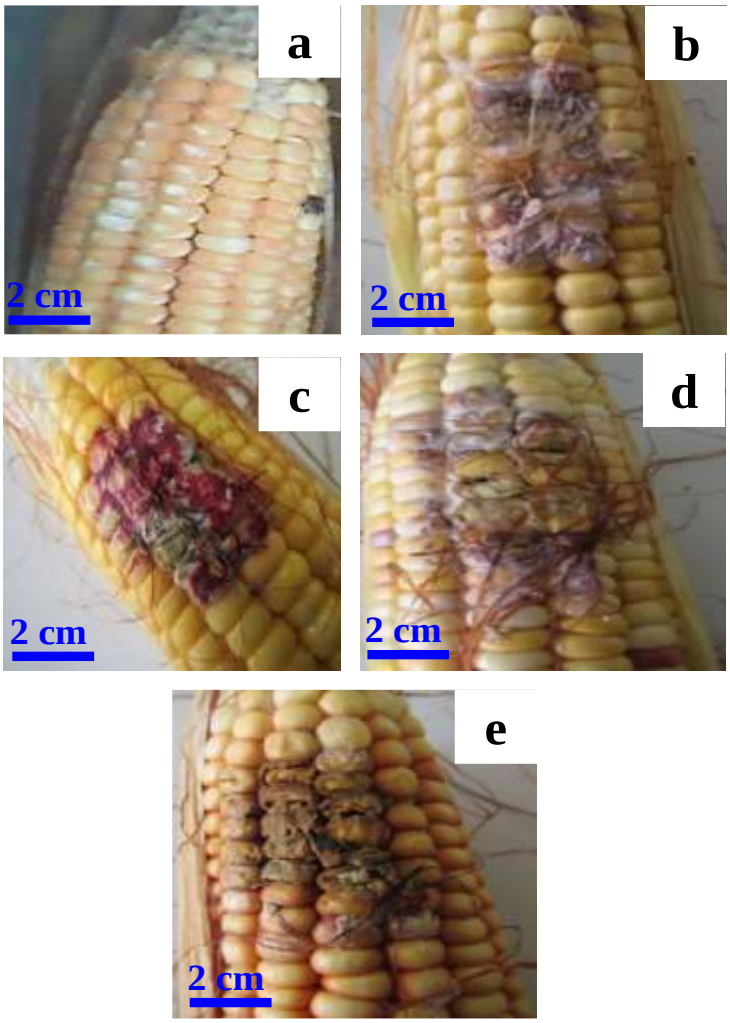

Figure 2 : Symptômes provoqués par les champignons sur les épis de maïs après inoculation
a : Témoin ; (absence de symptômes) **b :** Pourritures provoquées par la souche de *Fusarium* sp.; **c :** Pourritures provoquées par la souche de *Aspergillus* sp. ; **d :** Pourritures provoquées par la souche de *Colletotrichum* sp. et **e ;** Pourritures provoquées par la souche de *Penicillium* sp.

4.1.2 Effet des extraits aqueux des plantes sur la croissance des champignons

4.1.2.1 Effet de l'extrait aqueux de *Chromolaena odorata* sur la croissance mycélienne des champignons : L'extrait aqueux de *C. odorata* a provoqué une inhibition de la croissance mycélienne des différents champignons (Figure 3). Cependant, cette inhibition a varié en fonction de la concentration de l'extrait et des champignons (Tableau 1). En effet, les taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons ont varié de 41,30 à 100 %. Le taux d'inhibition le plus faible a été obtenu sur le champignon *Penicillium* sp. à la concentration 20 g/l, tandis qu'une inhibition complète a été observée sur *Aspergillus* sp. à la concentration de 60 g/l. Pour chaque genre fongique, les trois concentrations de l'extrait aqueux de *C. odorata* ont provoqué des effets significativement différents sur leur croissance mycélienne. Cet effet est plus élevé quand la concentration en extrait aqueux augmente dans le milieu de culture.

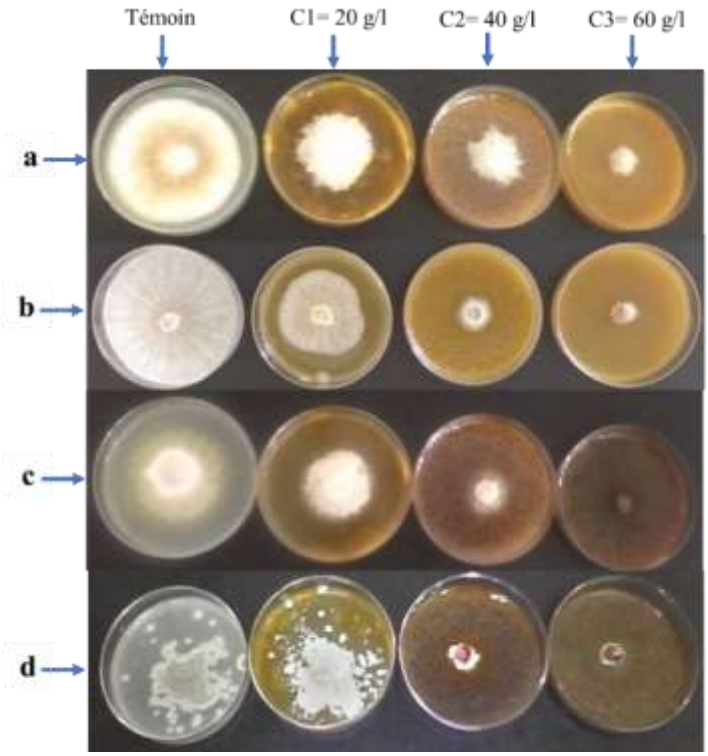

Figure 3 : Effet de l'extrait aqueux de *Chromolaema odorata* sur la croissance mycélienne de quatre champignons isolés des épis de maïs
a : *Fusarium*sp., **b :** *Penicillium* sp.**, c :** *Colletotrichum* sp.*,* **d :** *Aspergillus* sp. et **C =** Concentrations

Tableau 1 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons en fonction de la concentration de l'extrait aqueux de *Chromolaena odorata*

Champignons	Taux d'inhibition (%)			F	*P*
	Concentrations (g/l)				
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	58,69 ± 2,70 **c**	73,55 ± 0,80 **b**	88,76 ± 3,40 **a**	15,60	**< 0,001**
***Penicillium* sp.**	41,30 ± 3,60 **c**	88,40 ± 2,60 **b**	96,61 ± 1,60 **a**	15,40	
***Colletotrichum* sp.**	61,59 ± 2,20 **c**	84,05 ± 1,10 **b**	94,56 ± 4,30 **a**	15,47	
***Aspergillus* sp.**	68,47 ± 3,50 **b**	98,18 ± 2,50 **a**	100,00 ± 0,00 **a**	14,10	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité, F : valeur de Fisher

4.1.2.2 Effet de l'extrait aqueux de *Nicotiana tabacum* sur la croissance mycélienne des champignons : L'extrait aqueux de *N. tabacuma* a eu un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne des différents champignons (Figure 4). Les taux d'inhibition ont varié de 77,53 % à 100 %. Pour tous les champignons, le taux d'inhibition le plus élevé a été obtenu à la concentration de 60 g/l et le plus faible à la concentration de 20 g/l. Les analyses statistiques effectuées ont révélé une différence significative entre les taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons aux différentes concentrations ($p < 0,05$). Pour les souches de *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp., trois groupes homogènes ont été obtenus excepté la souche de *Penicillium* sp. qui a enregistré deux groupes homogène. En outre, l'extrait aqueux de *Nicotiana tabacum* a montré un effet fongitoxique sur tous les champignons à la concentration de 60 g/l (Tableau 2).

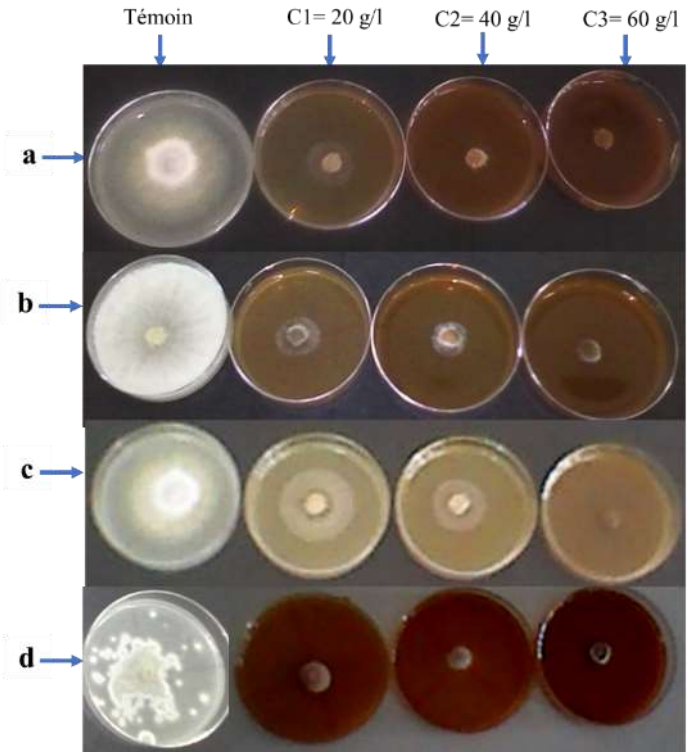

Figure 4 : Effet de l'extrait aqueux de *Nicotiana tabacum* sur la croissance mycélienne de quatre champignons isolés des épis de maïs
a : *Fusarium* sp., **b :** *Penicillium* sp., **c :** *Colletotrichum* sp., **d :** *Aspergillus* sp. et **C =** Concentrations

Tableau 2 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons en fonction de la concentration de l'extrait aqueux de *Nicotiana tabacum*

Champignons	Taux d'inhibition (%)			F	*P*
	Concentrations (g/l)				
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	89,13 ± 4,30 **b**	93,11 ± 1,60 **ab**	100,00 ± 4,50 **a**	10,15	**<0,001**
***Penicillium* sp.**	91,17 ± 4,70 **b**	94,92 ± 1,10 **b**	99,56 ± 6,70 **a**	9,35	
***Colletotrichum* sp.**	77,53 ± 2,70 **c**	92,39 ± 1,20 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	15,91	
***Aspergillus* sp.**	83,33 ± 1,70 **c**	97,82 ±1,90 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	14,4	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité, F : valeur de Fisher

4.1.2.3 Effet de l'extrait aqueux de *Carica papaya* sur la croissance mycélienne des champignons : L'extrait aqueux de *Carica papaya* a montré une activité inhibitrice sur les quatre champignons. Selon les concentrations en extrait du milieu de culture, différents diamètres ont été observés (Figure 5). Quant aux taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons, ils ont varié de 30,50 % à 97,10 %. Le taux d'inhibition le plus élevé a été observé à la concentration de 60 g/l sur la souche de *Fusarium* sp. et le plus faible à la concentration de 20 g/l sur la souche de *Penicillium* sp. Les analyses statistiques ont révélé une différence significative entre les taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons aux différentes concentrations ($p < 0,05$). Trois groupes homogènes ont été déterminés. Par ailleurs, l'extrait aqueux de *Carica papaya* a montré un effet fongitoxique sur *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp. alors qu'il a été fongistatique sur *Fusarium* sp. (Tableau 3).

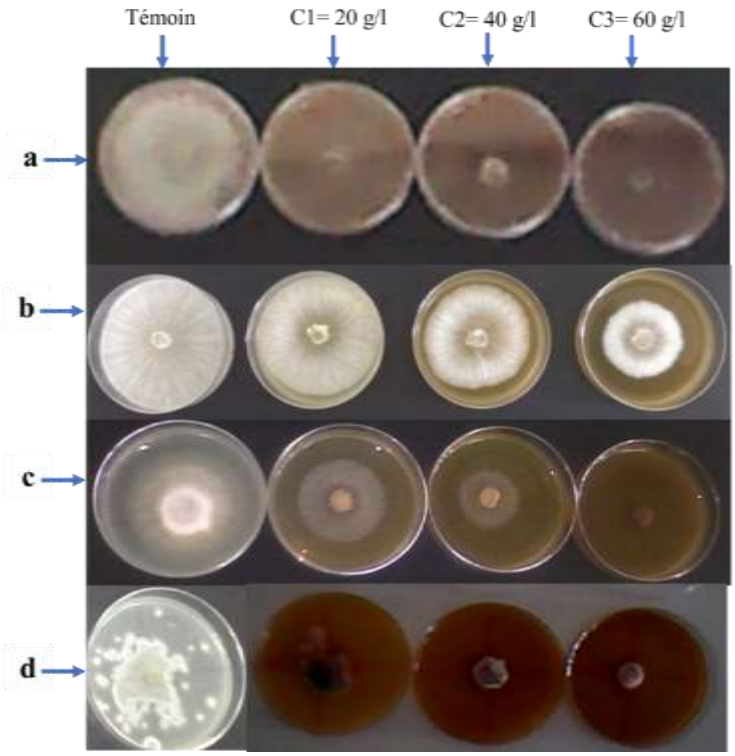

Figure 5 : Effet de *Carica papaya* sur la croissance mycélienne de quatre champignons isolés des épis de maïs
a : *Fusarium* sp.**,** **b :** *Penicillium* sp.*,* **c :** *Colletotrichum* sp., **d :** *Aspergillus* sp. et **C =** Concentrations

Tableau 3 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons en fonction de la concentration de l'extrait aqueux de *Carica papaya*

Champignons	Taux d'inhibition (%)			F	*P*
	Concentrations (g/l)				
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	88,04 ± 1,20 **c**	90,57 ± 1,70 **b**	97,10 ±1,10 **a**	14,25	**< 0,001**
***Penicillium* sp.**	30,50 ± 4,80 **c**	40,36 ± 1,70 **b**	48,95 ± 1,30 **a**	15,46	
***Colletotrichum* sp.**	52,89 ± 3,80 **c**	72,82 ± 7,80 **b**	92,02 ± 4,30 **a**	15,30	
***Aspergillus* sp.**	59,05 ± 1,60 **c**	84,42 ± 2,50 **b**	92,75 ± 1,10 **a**	15,49	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité F : valeur de Fisher

4.1.2.4 Effet de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* sur la croissance mycélienne des champignons : Une inhibition de la croissance mycélienne des champignons en culture a été observée sur les milieux PDA amendés d'extrait aqueux de *Moringa oleifera* (Figure 6). Les taux d'inhibition ont varié en fonction des concentrations et des champignons (Tableau 4). Le taux d'inhibition le plus élevé a été observé à la concentration de 60 g/l sur la souche de *Aspergillus* sp. alors que le plus faible à la concentration de 20 g/l sur la souche de *Penicillium* sp. Les résultats des analyses statistiques ont révélé une différence significative entre la croissance mycélienne des champignons aux différentes concentrations. Les trois groupes homogènes ont été déterminés pour *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp. contrairement à *Fusarium* sp. qui a enregistré un seul groupe homogène a été observé.

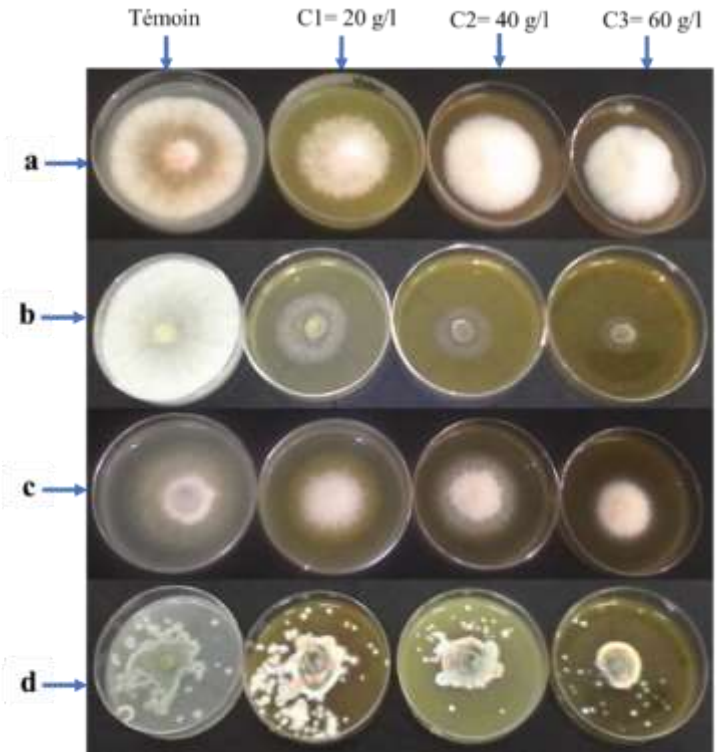

Figure 6 : Effet de *Moringa oleifera* sur la croissance mycélienne de quatre champignons isolés des épis de maïs **a :** *Fusarium* sp.; **b :** *Penicillium* sp.; **c :** *Colletotrichum* sp.; **d :** *Aspergillus* sp. et **C =** Concentrations

Tableau 4 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons en fonction de la concentration de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*

Champignons	Taux d'inhibition (%) Concentrations (g/l)			F	*P*
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	39,13 ± 3,00 **a**	41,30 ± 1,90 **a**	43,84 ± 4,60 **a**	8,64	**< 0,001**
***Penicillium* sp.**	11,95 ± 1,80 **c**	22,82 ± 2,30 **b**	67,39 ± 3,40 **a**	15,38	
***Colletotrichum* sp.**	48,55 ± 4,00 **c**	55,07 ± 3,30 **b**	61,59 ± 1,10 **a**	14,13	
***Aspergillus* sp.**	55,43 ± 5,30 **c**	68,84 ± 4,30 **b**	80,43 ± 4,90 **a**	14,45	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité F : valeur de Fisher

4.1.3 Effet comparé des quatre extraits aqueux de plantes sur la croissance mycélienne des champignons : Les extraits aqueux des plantes utilisées ont révélé une activité inhibitrice sur la croissance mycélienne des différentes souches fongiques. Concernant la souche fongique de *Fusarium* sp., les extraits aqueux de *Chromolaena odorata, de Nicotiana tabacum, de Carica papaya* ont entraîné des taux d'inhibition supérieurs à 50 % à toutes les concentrations contrairement à l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* pour lequel, les taux d'inhibition observés ont été inférieurs à 50 % (Figure 7). Pour la souche du genre *Penicillium* traitées par tous les extraits aqueux, les taux d'inhibition de la croissance mycélienne ont été supérieurs à 60 % à la concentration de 60 g/l. Les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de cette même souche ont été inférieurs à 30 % aux concentrations 20 et 40 g/l avec l'extrait aqueux de *M. oleifera*. Quant à la souche de *Colletotrichum sp.*, les extraits aqueux de *C. odorata, de N. tabacum, de C. papaya et de M. oleifera* ont montré des taux d'inhibition supérieurs à 50 %

aux concentrations de 40 et 60 g/l. Un pourcentage d'inhibition supérieur à 50 % a été observé à toutes les concentrations et pour tous les extraits aqueux utilisés concernant le genre *Aspergillus*. Les résultats des analyses statistiques ont montré une différence significative entre les activités antifongiques des extraits aqueux de *C. odorata, de N. tabacum, de C. papaya et de M. oleifera*. L'extrait aqueux de *N. tabacum* a enregistré les taux d'inhibition de la croissance mycélienne les plus élevés. Se rapportant aux souches de *Fusarium, de Colletotrichum* et de *Aspergillus,* l'extrait aqueux de *N. tabacum* a provoqué des taux d'inhibition de 100 % à la concentration de 60 g/l. Aussi, l'extrait aqueux de *C. odorata* a occasionné un taux d'inhibition de 100 % à la concentration de 60 g/l. Quant à l'extrait aqueux de *C. papaya*, l'inhibition de la croissance mycélienne de toutes les souches traitées a été supérieure à 80 %, contrairement à l'extrait aqueux de *M. oleifera* ou les taux d'inhibitions ont été inférieurs à 80 %.

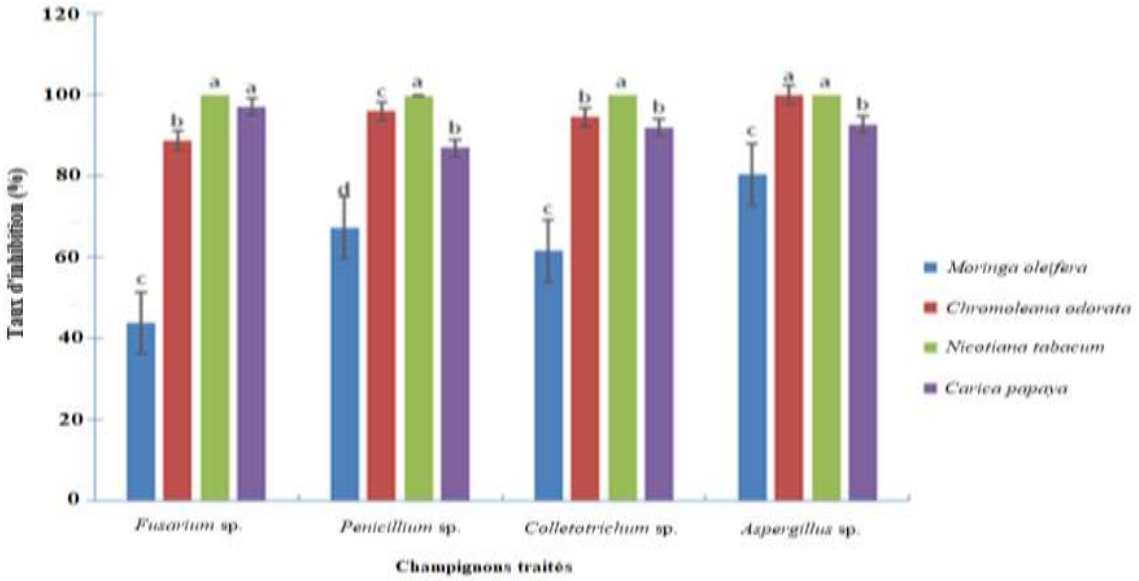

Figure7 : Effet comparé des taux d'inhibitions des extraits aqueux sur la croissance mycélienne des champignons traités. Les barres portant les mêmes lettres pour chaque champignon sont statistiquement identiques

4.1.4 Effet *in vitro* des extraits aqueux sur la sporulation des champignons

4.1.4.1 Effet de l'extrait aqueux de *Chromolaena odorata* : L'inhibition des conidies des souches fongiques traitées a varié en fonction de la concentration en extrait aqueux de *C. odorata* dans le milieu de culture. Les taux d'inhibition de la sporulation ont été de 100 % pour les quatre champignons à la concentration 60 g/l. Concernant les souches des genres *Fusarium*, *Penicillium* et *Aspergillus,* les taux d'inhibition ont été supérieurs à 70 % aux concentrations 20 et 40 g/l. Quant à la souche de *Colletotrichum* sp., les taux d'inhibition de la sporulation enregistrés ont été très faibles (10 %) à la concentration 20 g/l. Pour le champignon *Aspergillus* sp., les taux d'inhibition ont été supérieurs à 90 % à toutes les concentrations (Tableau 5). Les analyses statistiques portant sur les taux moyens d'inhibition de la sporulation ont montré une différence significative entre les concentrations pour toutes les souches traitées. La quantité de conidie a été faiblement réduite uniquement pour le genre *Colletotrichum* à la plus petite concentration (20 g/l).

Tableau 5 : Taux d'inhibition de la sporulation des conidies des champignons en fonction des concentrations de l'extrait aqueux de *Chromolaena odorata*

Champignons	Taux d'inhibition (%)			F	*P*
	Concentrations (g/l)				
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	72,90 ± 0,10 **c**	95,83 ± 0,10 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	9,81	**< 0,001**
***Penicillium* sp.**	73,30 ± 0,10 **c**	87,67 ± 0,10 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	11,50	
***Colletotrichum* sp.**	10,00 ± 0,10 **c**	87,00 ± 0,10 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	10,00	
***Aspergillus* sp.**	96,83 ± 0,10 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	100,00 ± 0,00 **a**	10,83	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité F : valeur de Fisher

4.1.4.2 Effet de l'extrait aqueux de *Nicotiana tabacum* : En fonction de l'intensité de la concentration en extrait aqueux de *N. tabacum,* une inhibition de la sporulation de conidies des champignons a été observée. À la concentration de 20 g/l, l'extrait aqueux de *N. tabacum* semble ne pas avoir un effet inhibiteur sur les conidies de la souche de *Fusarium* sp., car le taux d'inhibition enregistré a été de 4,66 %, par contre aux concentrations de 40 et 60 g/l pour la même souche, le taux d'inhibition de la sporulation a été de 100 %. Concernant toutes les souches fongiques, le taux d'inhibition a été de 100 % à la concentration de 60 g/l (Tableau 6). Les analyses statistiques ont montré une différence des moyennes au niveau des taux d'inhibition des souches fongiques aux différentes concentrations.

Tableau 3 : Taux d'inhibition de la sporulation des conidies des champignons en fonction des concentrations de l'extrait aqueux de *Nicotiana tabacum*

Champignons	Taux d'inhibition (%)			F	*P*
	Concentrations (g/l)				
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	4,66 ± 0,10 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	100,00 ± 0,00 **a**	10,30	**< 0,001**
***Penicillium* sp.**	73,00 ± 0,00 **c**	91,50 ± 0,10 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	11,41	
***Colletotrichum* sp.**	75,50 ± 0,00 **c**	80,83 ± 0,00 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	12,00	
***Aspergillus* sp.**	87,33 ± 6,10 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	100,00 ± 0,00 **a**	10,83	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité F : valeur de Fisher

4.1.4.3 Effet de l'extrait aqueux de *Carica papaya* : L'inhibition de la sporulation des conidies des champignons a varié en fonction de la concentration en extrait aqueux de *C. papaya* dans le milieu de culture. À la concentration de 20 g/l, les taux d'inhibition de la sporulation ont été inférieurs à 6 % pour les champignons *Fusarium* sp. et *Colletotrichum* sp. Quant aux souches de *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp., les taux d'inhibition de la sporulation ont été de 100 %. Aux concentrations 40 et 60 g/l, les taux d'inhibition observés ont été supérieurs à 50 % (Tableau 7). Les analyses statistiques des taux moyens d'inhibition de la sporulation ont montré une différence significative entre les différentes concentrations. L'extrait aqueux de *C. papaya* a eu un très faible effet sur la sporulation des champignons des genres *Fusarium* et *Colletotrichum.*

Tableau 7 : Taux d'inhibition de la sporulation des conidies des champignons en fonction des concentrations de l'extrait aqueux de *Carica papaya*

Champignons	Taux d'inhibition (%) Concentrations (g/l)			F	*P*
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	5,83 ± 0,10 **c**	56,66 ± 0,10 **b**	86,50 ± 0,00 **a**	8,99	**< 0,001**
***Penicillium* sp.**	42,70 ± 0,00 **c**	66,17 ± 0,10 **b**	80,30 ± 0,00 **a**	9,20	
***Colletotrichum* sp.**	4,00 ± 0,20 **c**	72,00 ± 8,00 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	10,11	
***Aspergillus* sp.**	31,00 ± 7,40 **b**	100,00 ± 0,00 **a**	100,00 ± 0,00 **a**	10,32	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité F : valeur de Fisher

4.1.4.2 Effet de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* : Une variation du nombre de conidies des souches fongiques en fonction de la concentration en extrait aqueux de *M. oleifera* a été observée. À la concentration de 20 g/l, les taux d'inhibition de la sporulation ont été inférieurs à 5 % pour les champignons des genres *Aspergillus et Fusarium,* dont le taux d'inhibition ne dépasse pas 50 % pour les trois concentrations utilisées. Contrairement aux souches des genres *Colletotrichum et Penicillium,* les taux d'inhibition de la sporulation enregistrés ont été supérieurs à 50 % à toutes les concentrations (Tableau 8). Les analyses statistiques des taux moyens d'inhibition de la sporulation ont montré une différence significative entre les concentrations et les champignons traités.

Tableau 8 : Taux d'inhibition de la sporulation des conidies des champignons en fonction des concentrations de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*

Champignons	Taux d'inhibition (%) Concentrations (g/l)			F	*P*
	20	40	60		
***Fusarium* sp.**	4,00 ± 0,10 **c**	31,00 ± 0,10 **b**	45,60 ± 0,10 **a**	8,10	**< 0,001**
***Penicillium* sp.**	57,00 ± 0,10 **c**	63,50 ± 0,00 **b**	73,10 ± 0,10 **a**	9,50	
***Colletotrichum* sp.**	50,60 ± 0,00 **c**	65,17 ± 0,00 **b**	75,00 ± 0,00 **a**	9,47	
***Aspergillus* sp.**	3,00 ± 0,10 **c**	12,17 ± 0,10 **b**	42,00 ± 0,10 **a**	7,83	

Les valeurs suivies de même lettre sur une même ligne sont statistiquement égales selon le test LSD de Fisher au seuil de α = 0,05. P : probabilité F : valeur de Fisher

4.1.5 Comparaison de l'effet des différents extraits aqueux sur la sporulation des champignons : Les extraits aqueux de *C. odorata, de N. tabacum, de C. papaya* et de *M. oleifera* ont montré un effet inhibiteur sur la sporulation des différents champignons (Figure 8). Les taux d'inhibition de la sporulation ont été supérieurs à 50 % pour tous les extraits aqueux. Les extraits aqueux de *C. odorata* et de *N. tabacum* ont totalement inhibé la sporulation des conidies de tous les champignons. Il en est de même pour l'extrait aqueux de *C. papaya* sur les champignons *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp. Les analyses statistiques ont montré une différence significative entre les taux d'inhibition de la sporulation induit par tous les extraits utilisés.

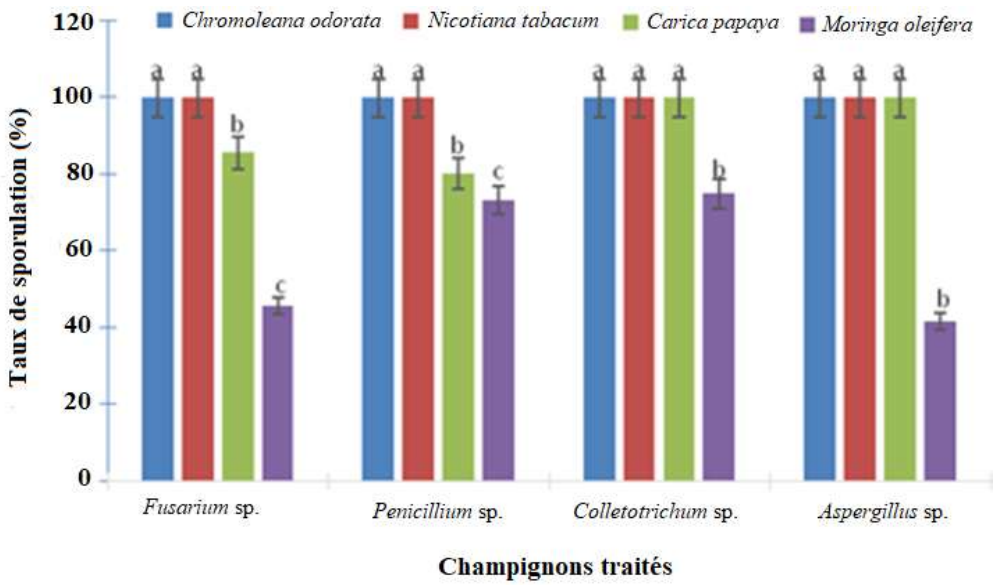

Figure 8 : Effet comparé des différents extraits aqueux sur la sporulation des champignons traités
Les barres portant les mêmes lettres pour chaque champignon sont statistiquement identiques

5 DISCUSSION

Le test de pathogenicité effectué avec les champignons *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp. sur les épis de maïs ont abouti à des pourritures. Le même résultat a été obtenu par Wallin *et al.* (1991).En effet, ces auteurs ont montré la pathogénicité du genre *Penicillium* sur les grains de maïs. Scauflaire *et al.* (2009) ont également montré que plusieurs espèces de *Fusarium* sont responsables des pertes au niveau du stockage. De même, la pathogénicité des genres *Fusarium*, *Penicillium*, *Colletotrichum* et *Aspergillus* a été mis en évidence par Gagnon *et al.* (2014) au Québec pendant leurs travaux sur les moisissures de l'épi du maïs. Ces auteurs ont mis en évidence les symptômes de pourriture de plusieurs champignons sur les épis de maïs. Les extraits aqueux de *Chromolaena odorata*, *Nicotiana tabacum*, *Carica papaya* et *Moringa oleifera* ont montré une activité antifongique contre les champignons *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp. La croissance mycélienne et la sporulation des conidies de ces champignons ont été inhibées aux différentes concentrations testées. Cet effet antifongique de ces extraits aqueux pourrait être dû aux composés chimiques qu'ils possèdent. En effet, les études menées par Koumaglo *et al.* (2009), lors de leurs travaux sur la composition chimique de l'huile essentielle de *C. odorata* au Togo a révélé que l'extrait aqueux de cette plante possède des propriétés antifongiques dues à la présence de composés tels que les phénols, les tanins et les flavonoïdes. Adjou *et al.* (2013) ont également montré l'efficacité des extraits aqueux de dix plantes médicinales dont *C. odorata* qui fut parmi les plantes les plus efficaces sur la croissance des moisissures toxinogènes responsables de l'altération des graines de l'arachide en post-récolte au Bénin. Cette étude a concerné des tests antimicrobiens contre *Aspergillus* et *Fusarium*. Dans cette étude, l'extrait aqueux de *N. tabacum* a été plus efficace sur les quatre champignons traités aussi bien sur l'inhibition de la croissance mycélienne que sur la sporulation des souches fongiques à la concentration de 60 g/l. Cette activité antifongique pourrait être due à la présence de la nicotine qui est un composé très toxique. En effet, Lakjiri (2010) a montré que le tabac comprenait des phénols et des alcaloïdes (0,5 à 2 %) dont la nicotine constituait 85 à 95 %. L'activité antifongique induite par l'extrait aqueux de *C. papaya* sur les souches fongiques a été moyenne, comparativement aux autres extraits aqueux. Fabert (2011) a montré que l'extrait aqueux de *C. papaya* contiendrait des

polyphénols (les flavonoïdes, les tanins et des dérivés cinnamiques) ayant des propriétés antifongiques. L'extrait aqueux des feuilles de *M. oleifera*, n'a entrainé qu'une faible inhibition de la croissance et de la sporulation des champignons utilisés. Ce résultat est en accord avec celui de Millogo *et al.* (2012) qui ont montré par criblage phytochimique qu'il existe des composés phénoliques en faible quantité dans les extraits aqueux des feuilles de *Moringa*. Ces auteurs ont donc testé des extraits aqueux de feuilles contre 17 souches bactériennes et des souches de levures (*Candida albicans*). Les résultats obtenus ont montré que l'extrait aqueux des feuilles de *M. oleifera*a été moins efficace sur ces souches. En outre Ralezo (2006), a montré que les extraits aqueux des racines de *M. oleifera,* auraient une plus grande activité fongique que les feuilles.

6 CONCLUSION

Cette étude a révélé la pathogénicité des champignons *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp. et *Aspergillus* sp. sur les épis frais de maïs. Les extraits aqueux des plantes ont montré une activité antifongique sur les champignons isolés des épis de maïs. Cette activité augmente avec la concentration de l'extrait aqueux. L'extrait aqueux de *Nicotiana tabacum* a été le plus efficace sur l'inhibition de la croissance mycélienne et celle de la sporulation des conidies de tous les champignons tandis que l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* s'est montré le moins efficace. La souche de *Aspergillus* quant à elle a été la plus sensible à l'effet de tous les extraits aqueux utilisés. Ces extraits aqueux peuvent être utilisés dans la lutte contre ces pathogènes.

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdou M & Escalente-Ten HM, 2012. Production et transformation du maïs. Douala-Bassa CTA et ISF (eds) 32 p.

Ackah JA, Kra A, Koffi M, Zirihi N & Guede-Guina F, 2008. Evaluation et essais d'optimisations de l'activité anticandidosique de *Terminaria catapa* Linn (TEKAM3), un extrait de combretaceae de la pharmacopée ivoirienne. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* 77: 120-136.

Adjou SE. & Soumanou MM, 2013. Efficacité des extraits de plantes dans la lutte contre les moisissures toxinogènes isolés de l'arachide en post-récolte au Benin. *Journal of Applied Biosciences* 70: 5555-5566.

Akanvou L, Akanvou R, Aguété K & Diarrasouba L, 2006. Bien cultiver le maïs en Côte d'Ivoire. Programme de Recherche, Période Novembre 2006.4 p.

Akanvou L, Dea GB & Kouamé BT, 2011. Réalisation de la recherche agronomique à la réalisation de la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire. Le CNRA en 2011, 6 p.

Astier J, 2011. Identification et étude du rôle des protéines cibles du monoxyde d'azote dans les réponses de défense chez le tabac. 11 p.

Aubertot JN, Barbier JM, Capentier A, Guichard L, Savary S & Savini I, 2005. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Pesticide, agriculture et environnement 32 p.

Bahous M, Ouazzani T & Douira A, 2008. Survie de quelques pathogènes fongiques sur les feuilles de riz conservées au laboratoire. Rabat, section Sciences de la Vie, 2008, n°30, 13-18 p.

Ballois N, 2012. Caractérisation de la diversité des espèces de *Fusarium* et leur potentiel mycotoxinogène sur céréales Françaises. Mémoire de stage : Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement 36 p.

Bedi G, Tonzibo FZ, Choppard C, Mahy JP & N'Guessan TY, 2010. Effet de l'huile essentielle de *Chromolaena odorata* (Asteraceae) de Cote d'Ivoire. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 8: 535-538.

Bonvallot J, 1998. *Chromolaena odorata* la plante qui protège la forêt. Institut de recherche pour le développement 2 p.

Born H, 2006. Le logiciel STATISTICA version 7.1

Botton BA. & Fevre MP, 1990. Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle. Collection Biotechnologies. 2e édition, Masson, Paris, 498 p.

Broin M, 2010. Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. 2- 4 p.

Byenda BM, Balezi GN, Isumbisho PM & Kanyenga LA, 2013. Contribution on the struggle against *Pseudomonas solanacearum* agent of bacterial wilt of potato by the excepts from *Tephrosia vogelii* and *Nicotiana tabacum*. *Journal of Innovation and Scientific Research* 14: 146–153.

Carlos L, 1978. Maladies du maïs. Un guide pour les identifier sur le terrain. 60-68 p

Crouch JA. & Beirn LA, 2009. Anthracnose of cereals and grasses. Fungal diversity19-32 p.

Davet P & Rouxell H, 1997. Détection et isolement des champignons du sol. Inra techniques et pratiques. 203 p.

Daouda T, 2015. Études chimiques et biologiques des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales en Côte d'Ivoire. Thèse en Biologie Humaine Tropical, Université Félix HOUPHOUET - BOIGNY, Côte d'Ivoire. 21 p.

Délos M, Regnault CR & Joudrier P, 2014. Les mycotoxines dans les récoltes de céréales, quelle gestion en 2013 ? Qu'attendre des biotechnologies contre ces fléaux ? 5 p.

Demont M, 1997. Système de commercialisation des produits vivriers en Côte d'Ivoire : Étude pour le maïs (*Zea mays*) et l'arachide (*Arachis hypogaea*)" Institut Des Savanes, Département Cultures Vivrières, Côte d'Ivoire.63 p.

Dongmo N, Tenkwengoua ND, Boda M & Etoa SN, 2015. Essais *in vitro* d'extraits et de fractions de deux plants médicinales Camerounaises sur les bactéries gastro-enterite. *American Journal of Chimical Therapeutics* 9: 575-588.

Dorn B, Forrer H R & Vogelgsang S, 2009. Fusariose du maïs en suisse : Inventaire des espèces de *Fusarium* et mycotoxines. 205 p.

Fabert. MC, 2011. Le papayer, *Carica papaya* (L) De la médecine traditionnelle à la médecine actuelle. Etude botanique et pharmacognosique. Thèse en faculté de pharmacie, université de limoges. 22- 54 p.

FAOSTAT, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Division de la statistique. https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL (Consulté le 09 octobre 2023).

Gagnon BD, Katia C & André R, 2014. Maladies du maïs et du soya : des symptômes apparaissent dans les champs. 7 p.

Howatt S, 2006. Profil de la culture du maïs sucré au Canada. Centre pour la lutte antiparasitaire Programme de réduction des risques liés aux pesticides Agriculture et Agroalimentaire Canada.13-19 p.

Hubert P, 1978. Recueil de fiches techniques d'Agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar-BDPA. Compte rendu de stage 42 p.

Iken JE & Amusa NA, 2004. Maize research and production in Nigeria. Institute of Agricultural Research and Training (IAR&T), Obafemi Awolowo University, PMB 5029, Moor Plantation, Ibadan. Nigeri 304-307 p.

Julio E, 2005. Développement d'une carte génétique de *Nicotiana tabacum* et identification de QTL_S liés à des caractères agronomiques et à la composition de la fumée. Thèse. 97 p.

Lakjiri S, 2010. Tabac et cancers urologiques. Thèse en Médecine, Faculté de Pharmacie, Université SIDI Mohammed Ben Abdellah, Algérie. 13 p.

Kouakou CK, Akanvou L, Konan YA & Mahyao A, 2010. Stratégies paysannes de maintien et de gestion de la biodiversité du maïs (*Zea mays* L.) dans le

département de Katiola, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 33: 2100-2109.

Kouassi D.M, 2001. La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides. Vertigo, 2 p.

Koumaglo KH, Dotse K, Bettini F & Bayle JC, 2009. Chemical composition of *Chromolaena odorata* (L) King and Robinson (Asteraceae) essential oil from Togo: Drying and collecting site effects. 13 p

Kra KD, Diallo HA & Kouadio YJ, 2009. Activités antifongiques de l'extrait de *Chromolaena odorata* (L) King et Robins sur deux isolats de *Fusarium oxysporium* responsables du jaunissement mortel des feuilles de bananiers. *Journal of Applied Biosciences*. 24: 1488 – 1496.

Kumar O, Lakshmana Rao PV, Pradhan S, Jayaraj R, Bhaskar AS, Nashikkar AB & Vijayaraghavan R, 2007. Dose dependent effect of ricin on DNA damage and antioxidant enzymes in mice. *Cell and Molecular Biology* 53: 92-102.

Michael BV & David C, 2008. Production et conditionnement du maïs (*Zea mays* L.). Guide pratique IITA 19 p.

Millogo KH, Kini BF, Yougbaré Z, Yaro MB & Sawadogo M, 2012. Etudes de la phytochimie et de l'activité antimicrobienne *in vitro* des feuilles de *Moringa oleifera*. 6 p.

Moyal P, 1991. Les maladies foliaires fongiques du maïs en Côte d'Ivoire et leur importance en diverses conditions de culture. Note technique 21 p.

Notteghem JL, Andriatompo GM, Chatel M & Dechanet R, 1980. Techniques utilisées pour la sélection des variétés de riz possédant la résistance horizontale à la pyriculariose. *Annual Phytopathology,*12 (3): 199-226.

Oladoye DO & Musa M, 2014. Composition de l'huile de la tige *Chromolaena odorata* (L.) du Nigeria. *Journal of Phytothérapie,* 2: 65-67

Orman E, Addo P, Ofori FM & Adosraku KR, 2015. La recherche des propriétés *in vivo* antiplasmodiale d'extrait aqueux de *Moringa oleifera* lam. Note technique 5 p.

Ouattara A, 2011. Etude de l'association de la fumure minérale et du compost dans larotation coton maïs en zone cotonnière Ouest du Burkina-Faso. Mémoire d'ingénieur agronome. 56 p.

Rabany C, 2014. Redynamiser les produits, l'accès du marché et le conseil agricole pour les filières vivrières et commerciales du Nord de la Côte d'Ivoire. Diagnostique de la filière maïs en Côte d'Ivoire 53 p.

Ralezo MA, 2006. La monographie de *Moringa oleifera*. Note technique 8 p.

Sangaré A, Koffi E, Akamou F & Fall CA, 2009. Etat des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture : second rapport national 64 p.

Scauflaire J & Munaut F, 2009. Etat de la fusariose sur maïs en Wallonie. Guide pratique 35 p

Wallin JR. & Fortnum BA, 1991. Le maïs en zones tropicales ; amélioration et production, 73-79 p.

Yacouba Y, 2008. Evaluation de différentes formules de fumure du maïs dans les systèmes de culture dans le terroir de Guena, province du Kenedougou en zone cotonnière ouest du Burkina. Thèse 51 p.

Yang RY., Chang LC., Hsu JC, Weng BBC, Palada CM, Chadha ML & Levasseur V, 2006. Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa du germoplasme, à la plante, à l'alimentation et à la santé. Guide pratique 7 p.

Yéo YA, 2011. Analyse de la compétitivité du maïs local en Côte d'Ivoire. Quelques problèmes spécifiques à la maïsiculture irriguée: le cas de la vallée du Séné 10 p.

Zohra M, 2006. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des Huiles Essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse de Magister, à l'Institut de Biologie, Faculté des Sciences, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, Algérie. 155 p.