



Original Paper

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

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

Activité antifongique des extraits aqueux des graines d'*Azadirachta indica* A. Juss. sur le développement de *Sclerotium rolfssii*, agent pathogène des rhizomes de *Zingiber officinale*

Nafadjara Abouwalidou NADIO^{1*}, Essolakina Magnim BOKOBANA¹,
Komlan Pikassalé AKANTETOU², Panawé TOZOU³, Wiyao POUTOUL³,
Koffi KOKOBA⁴ et Komla SANDA⁴

¹Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale (ESA-UL) / Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture (ISMA), Université de Kara, BP. 404 Kara-Togo.

²Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA), BP 1163, Lomé, Togo.

³Laboratoire de Biologie Animale et de Zoologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé, B.P. 1515 Lomé, Togo.

⁴Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale, Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, B.P. 1515 Lomé, Togo.

*Auteur correspondant ; E-mail : nadiow@yahoo.fr ; Tel : +228 90 89 11 49

Received: 20-02-2022

Accepted: 20-04-2022

Published: 30-04-2022

RESUME

Dans le but de contribuer à la lutte contre les phytopathogènes, une évaluation de l'activité antifongique des extraits aqueux des graines d'*Azadirachta indica* sur le développement de *Sclerotium rolfssii*, un champignon pathogène des rhizomes de *Zingiber officinale*, a été réalisée à travers des essais biologiques sur la croissance mycélienne et la formation des sclérotés. Les tests biologiques ont été faits *in vitro* par application systémique sur *S. rolfssii*. Les résultats obtenus ont révélé une sensibilité du champignon *S. rolfssii* aux différentes concentrations des extraits des graines et au produit fongicide commercial Mancozèbe. La concentration de 50 g.l⁻¹ des extraits et du Mancozèbe ont induit des taux d'inhibition élevés qui sont respectivement 76,37±7,35% et 80,14±3,4% sur la croissance mycélienne de *S. rolfssii*. Les nombres de sclérotés formés ont été réduits dans les boîtes à concentrations de 50 g.l⁻¹ (4,1±1,1 de sclérotés) et 20 g.l⁻¹ (7±1,8 de sclérotés) des extraits. La concentration de 50 g.l⁻¹ de l'extrait végétal a été plus efficace en inhibant la croissance mycélienne et la formation des sclérotés de *S. rolfssii*. Les résultats de cette étude suggèrent que l'extrait aqueux des graines d'*A. indica* peut être utilisé en mode préventif dans les stratégies de contrôle de *S. rolfssii*.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Extraits aqueux, *Azadirachta indica*, *Sclerotium rolfssii*, antifongique, sclérote, croissance mycélienne.

Antifungal activity of aqueous extracts of *Azadirachta indica* A. Juss. on the development of *Sclerotium rolfssii*, a pathogen of *Zingiber officinale* rhizomes

ABSTRACT

In order to contribute to the control of plant pathogens, an evaluation of the antifungal activity of aqueous extracts of *Azadirachta indica* seeds on the development of *Sclerotium rolfssii*, a fungal pathogen of *Zingiber*

officinale rhizomes, was realised through bioassays on mycelial growth and sclerotia formation. The bioassays were executed in vitro by systemic application on *S. rolfssii*. The results obtained revealed a sensitivity of the fungus *S. rolfssii* to different concentrations of the seed extracts and to the commercial fungicide Mancozeb. The concentration of 50 g.l⁻¹ of the seed extracts and Mancozeb induced high inhibition rates of 76.37±7.35% and 80.14±3.4% respectively on the mycelial growth of *S. rolfssii*. The numbers of sclerotia formed were reduced in the 50 g.l⁻¹ (4.1±1.1 sclerotia) and 20 g.l⁻¹ (7±1.8 sclerotia) concentration dishes of the seed extracts. The concentration of 50 g.l⁻¹ of the plant extract was more effective in inhibiting mycelial growth and sclerotia formation of *S. rolfssii*. The results of this study suggest that the aqueous extract of *A. indica* seeds can be used in a preventive mode in the control strategies of *S. rolfssii*.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Aqueous extracts, *Azadirachta indica*, *Sclerotium rolfssii*, antifungal, sclerotia, mycelial growth.

INTRODUCTION

Le rhizome de gingembre (*Zingiber officinalis*) est utilisé comme une épice depuis plusieurs années dans le monde entier. En Afrique de l'Ouest, le gingembre est l'un des condiments le plus utilisé dans l'alimentation et ses feuilles dans la médecine traditionnelle (Nandkangre et al., 2015). Originaire du Sud-Est asiatique, il appartient à une large famille divisée en 53 genres et plus de 1200 espèces qui se répartissent à travers l'Asie, les Iles du Pacifique et l'Afrique (Jatoi et al., 2008). Il est souvent utilisé pour traiter des nausées, des vomissements, des rhumatismes, de la calvitie, des maladies respiratoires et les troubles de la coagulation (Young et al., 2006 ; Kelly et al., 2009). Au Togo, la production annuelle du gingembre est estimée à 60.000 tonnes et le rendement varie d'une région à l'autre, de 20 à 30 t/ha. Le gingembre frais donne seulement 20 à 30% de gingembre sec (DSID, 2013 ; MAPAH, 2019). Il est cultivé sur l'ensemble du territoire national, avec la partie ouest de la région des Plateaux représentant son principal bassin de production. Plusieurs variétés de gingembre sont cultivées dans le pays et les variétés cultivées au sud du pays présentent un meilleur rendement comparé aux variétés cultivées au nord Togo qui s'avèrent plus épicées. L'huile essentielle et l'oléorésine sont les deux produits responsables de la saveur et de l'aigreur caractéristiques du gingembre (Kubra et Rao, 2012). Selon les espèces, elles peuvent contenir de nombreux composés à activité antioxydante tels que les gingérols, les

gingerdioles et les gingerdiones (Colleen et al., 2012 ; Akbarian et al., 2011). Le gingembre au Togo est considéré comme une culture de rente et il joue un rôle économiquement important pour les producteurs. C'est une espèce d'une importance économique majeure car pouvant générer des sources de revenus pour les producteurs. Selon les périodes de l'année, le prix d'une bassine de gingembre de 50 kg varie entre 5.000 et 11.000 F.CFA en fonction de son abondance (DSID, 2013 ; MAPAH, 2020). Malgré que cette culture soit en plein essor et constitue une source de croissance potentielle avec des répercussions positives sur les revenus des agriculteurs et les ressources de l'Etat, elle est souvent assujettie à des maladies qui réduisent le rendement ou poussent les producteurs à vendre à la criée leurs productions. Les rhizomes du gingembre sont attaqués par plusieurs champignons parmi lesquels *Sclerotium rolfssii* qui endommagent les rhizomes et beaucoup d'autres légumes (la grande morelle, le chou, la carotte, la laitue, le gombo, le piment, la tomate, etc.) (James et al., 2010). Ce pathogène est un nuisible économiquement important qui survit dans les sols humides, dans les semences, outils agricoles contaminés et sur les débris de plantes hôtes contaminées devenant des sources de dissémination du champignon (James et al., 2010).

S'inscrivant dans une approche de gestion durable de ce champignon qui attaque particulièrement les cultures de gingembre dans les zones montagneuses de la région de la

Kara (Nord du Togo), cette étude vise à évaluer *in vitro* au laboratoire les potentialités inhibitrices des extraits aqueux des graines d'*Azadirachta indica* contre *Sclerotium rolfsii*.

MATERIEL ET METHODES

Matériel fongique

Sclerotium rolfsii a été isolé des plants de gingembre malades présentant les symptômes caractéristiques et conservés à 4°C après identification au Laboratoire de l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA) (Photo1). Le milieu de culture a été celui de PDA (Potato Dextrose Agar). Cette étude a été menée de juin à août 2021.

Récolte et traitement des graines de neem

Les fruits d'*A. indica* ont été recueillis sur des bâches étendus aux pieds des neems de la Station d'Expérimentation Agronomique de Tchitchao. A la fin des récoltes, les fruits ont été triés à la main et ceux qui ne sont pas mûrs ont été écartés. Après dépulpage manuel des fruits, les graines ont été séchées sur les sacs de jute à l'abri de la lumière. Après séchage des graines d'*A. indica*, elles ont été broyées (Nadio et al., 2020).

Préparation des extraits aqueux de graines de neem

Les poudres des graines d'*A. indica* obtenues ont été directement utilisées pour préparer des formulations aqueuses. Les quantités d'extraits poudreux des graines d'*A. indica* de 5, 10, 20 à 50 g ont été dissous dans 1 litre d'eau et les mélanges aqueux obtenus ont été laissés au repos pendant 24 h. Ensuite, ils ont été filtrés à l'aide d'un tissu très fin (toile en popeline) et les filtrats recueillis à différentes concentrations de 5, 10, 20 et 50 g.l⁻¹ ont servi à faire les tests fongiques en comparaison avec un fongicide chimique ALMANEBE 80%WP (Mancozèbe/5 g.l⁻¹) qui est le témoin positif. L'eau distillée a été également utilisée comme témoin absolu.

Préparations des milieux de cultures

Une quantité de 19,5 g de Potato Dextrose Agar de synthèse (021050-CN Guangzhou-HK) a été mélangée à 500 ml d'eau distillée et secouée doucement jusqu'à obtenir un mélange homogène. Ce dernier a été mis à l'autoclave sous une pression de 1,4 bar à la température de 125°C durant 15 minutes. Le mélange a été ensuite retiré et laissé refroidir sous la hotte avant d'être coulé dans les boîtes de Pétri pour séchage pendant 24 h. Les boîtes de Pétri contenant le milieu PDA ont étéensemencées par un sclérote ou un explant de *S. rolfsii* par boîte. Les colonies fongiques produites autour de l'explant ont été prélevées et repiquées sur de nouveaux milieux de culture dans des boîtes de Pétri stériles contenant la gélose PDA puis conservés au réfrigérateur à 4°C.

Tests antifongiques sur *S. rolfsii*

Evaluation de l'activité antifongique des extraits aqueux de graines d'A. indica sur la croissance mycélienne

Un volume de 1 ml de chacune des concentrations (5, 10, 20 et 50 g.l⁻¹) d'extraits aqueux des graines d'*A. indica* a été mélangé au milieu gélosé des boîtes de Pétri de 8,5 cm de diamètre en condition aseptique sous la hotte à flux laminaire. Après solidification du milieu, l'ensemencement a été réalisé également avec des explants de 6 mm de diamètre prélevés d'une culture âgée de 7 jours à l'aide d'un emporte-pièce stérile. Les mêmes opérations ont été faites pour le témoin positif (Mancozèbe) où 1 ml du fongicide de synthèse a été intégré au PDA avant l'ensemencement des explants. Les boîtes du témoin absolu contenant simplement le PDA préparé avec l'eau distillée plus des explants de 6 mm de diamètre ont également été élaborées.

Un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets avec 4 répétitions comportant chacune 6 traitements a été utilisé pour le biotest. Quatre (4) traitements correspondent à différentes concentrations

d'extraits aqueux des graines d'*A. indica* (5, 10, 20 et 50 g.l⁻¹); un (1) traitement avec le fongicide de synthèse (témoin positif) et un témoin absolu avec l'eau distillée. Les boîtes de Pétri contenant les préparations ont été incubées à l'obscurité pendant 7 jours à 25°C et la collecte des données a été faite quotidiennement à partir de 24 heures après l'incubation en mesurant les diamètres des différentes colonies de champignons filamenteux dans chaque boîte de Pétri. Les taux d'inhibition ou le pouvoir d'inhibition de la croissance mycélienne a été déterminé par la formule suivante (Belhouan et Boussaha, 2017) :

$$I (\%) = \frac{d-d'}{d} \times 100$$

I (%) = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage ; **d** = Diamètre de colonies dans les boîtes du traitement témoin absolu ; **d'** = Diamètre de colonies dans les boîtes traitées avec l'extrait aqueux des graines d'*A. indica* ou Mancozèbe.

Evaluation de l'effet des extraits aqueux des graines d'*A. indica* sur la formation des sclérotos de *S. rolfsii*

L'effet des extraits aqueux des graines d'*A. indica* sur la formation des sclérotos a été étudié sur les différentes colonies fongiques de *S. rolfsii* formées dans les boîtes de Pétri incubées. Dans chaque préparation incubée à différentes concentrations, les sclérotos matures c'est-à-dire les sclérotos suffisamment bruns ont été récoltés à l'aide d'une pince et comptés. Cette opération a été faite au septième jour et le nombre moyen de sclérotos par préparation a été déterminé.

Analyse statistique

Les données obtenues de l'essai ont été analysées avec le logiciel STATISTICA 8.0. Les analyses de variance (ANOVA) ont été suivies de la comparaison des moyennes par le test de Duncan au seuil de 5%.



Photo 1: Pathogènes fongiques de *S. rolfsii*.

RESULTATS

Effet des extraits aqueux des graines d'*A. indica* sur la croissance mycélienne

Les activités antifongiques des extraits des graines d'*A. indica* ont été exprimées différemment sur la croissance mycélienne de *S. rolf sii*. Les résultats des effets de l'inoculation des différentes doses des extraits aqueux sur les souches fongiques sont représentés sur la Figure 1. Ils montrent des variances significatives entre les taux d'inhibition des différentes concentrations des extraits aqueux des graines d'*A. indica* sur *S. rolf sii* au cours du temps ($p = 0,0015$). Comparés aux témoins, tous les extraits d'*A. indica* ont exprimé un pouvoir d'inhibition sur la croissance mycélienne de *S. rolf sii*. Le pourcentage d'inhibition de ces extraits augmente également avec les concentrations élevées. La concentration de 50 g.l⁻¹ de l'extrait des graines d'*A. indica* et le Mancozèbe ont induit respectivement des taux d'inhibition élevés de 76,37±7,35% et 80,14±3,4% sur la croissance de *S. rolf sii*. La discrimination des moyennes des taux d'inhibition à l'aide du test de Duncan au seuil de 5% n'a pas révélé une différence significative entre les effets de la concentration de 50 g.l⁻¹ de l'extrait des graines d'*A. indica* et du Mancozèbe ($p = 0,0004 < 0,05$). Ces taux d'inhibition ont été suivis dans l'ordre décroissant du pouvoir d'inhibition par les taux de 50,26±3,78, 20,13±3,46 et 8,33±2,25% respectivement pour 20, 10 et 5 g.l⁻¹ des concentrations de l'extrait aqueux des graines d'*A. indica* (Figure 1).

Effet des extraits aqueux des graines d'*A. indica* sur la formation des sclérotés de *S. rolf sii*

La Figure 2 présente l'évolution du nombre moyen de sclérotés formés dans les différentes préparations à différentes concentrations d'extraits aqueux des graines d'*A. indica*. L'analyse de la variance statistique a révélé une différence significative entre le nombre moyen de sclérotés formés par concentration ($p = 0,0006$). L'évolution du nombre de sclérotés formés a été rapide dans les boîtes de Pétri témoins sans ajout d'extraits aqueux des graines d'*A. indica* ni de

Mancozèbe. Cette évolution est moyennement rapide dans les boîtes de Pétri de 5 et 10 g.l⁻¹ d'extraits aqueux des graines d'*A. indica* et presque stable ou faible au niveau des boîtes de préparations Mancozèbe et 50 g.l⁻¹ d'extraits aqueux d'*A. indica* (Figure 2). Au septième jour d'incubation, les premiers sclérotés formés sont observés dans les boîtes de Pétri des témoins absolus, de 5 et 10 g.l⁻¹ d'extraits aqueux d'*A. indica*. Ils sont respectivement au nombre moyen de 6,05±1,9, 2,10±1,9 et 2,02±1,3 sclérotés par boîte de Pétri (Tableau 1). Les nombres de sclérotés formés dans les boîtes de Pétri de 5 et 10 g.l⁻¹ sont statistiquement identiques lors du comptage. Les observations faites au 14^{ème} jour d'incubation, donnent 2,24±0,9 ; 2,30±1,3 ; 5±0,9 ; 11,21±1,5 et 12,30±1,8 sclérotés formés respectivement dans les boîtes de Pétri à concentrations du Mancozèbe, de 50, 20, 10 et 5 g.l⁻¹ des extraits d'*A. indica*. A ce stade du test, les sclérotés se sont formés dans toutes les préparations incubées. Le nombre de sclérotés formés diminue avec l'élévation de la concentration des extraits aqueux des graines d'*A. indica* dans les boîtes. Il n'y a pas de différence significative entre le nombre moyen de sclérotés formés dans les boîtes de pétri de 5 et 10 g.l⁻¹. Egalement dans les boîtes à concentration de Mancozèbe et 50 g.l⁻¹, les nombres de sclérotés formés restent statistiquement identiques (Tableau 1). Au dernier dénombrement des sclérotés (28^{ème} jour), le nombre élevé de sclérote formé est observé dans les boîtes témoins (32,15±1,7 sclérotés) suivi de 15,2±2,9 et 15,37±1,5 sclérotés observés respectivement dans les boîtes de 5 et 10 g.l⁻¹. Le faible nombre de sclérotés formés sont remarqués dans les boîtes à concentrations du Mancozèbe (3,3±1,5 de sclérotés), de 50 g.l⁻¹ (4,1±1,1 de sclérotés) et 20 g.l⁻¹ (7±1,8 de sclérotés) d'extraits aqueux des graines d'*A. indica* (Tableau 1). Il n'y a pas eu de différence significative entre le nombre moyen de sclérotés formées dans les boîtes de Pétri à concentrations de Mancozèbe et de 50 g.l⁻¹ d'extraits aqueux des graines d'*A. indica* ($p = 0,00012 < 0,05$). Ces deux concentrations ont réduit systématiquement la formation des sclérotés de *S. rolf sii*.

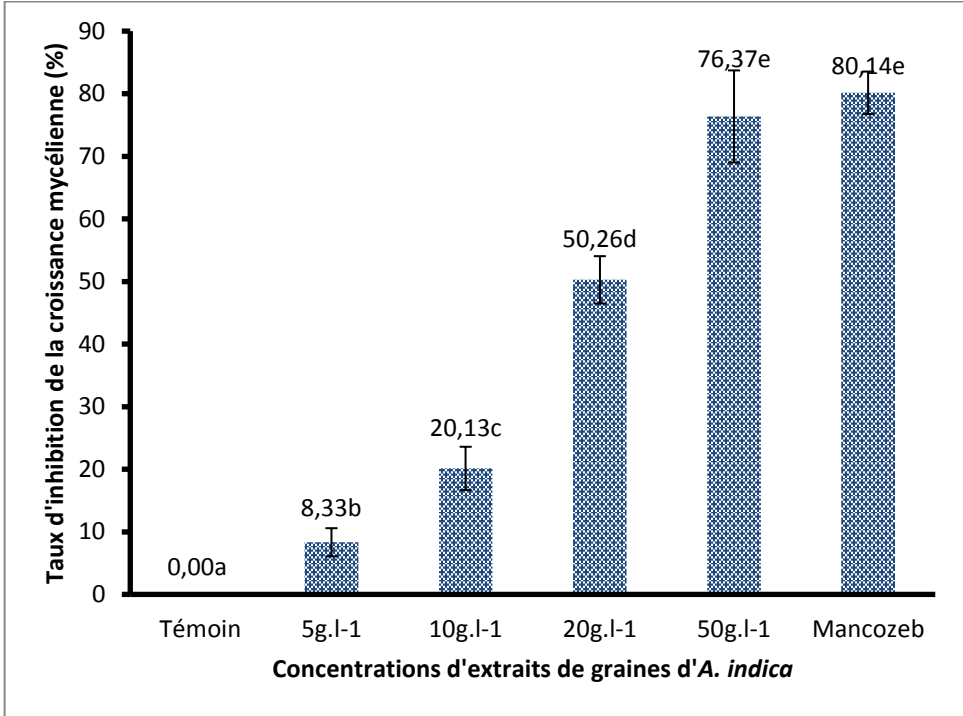


Figure 1 : Taux d'inhibition induits par les différentes concentrations d'*A. indica*
 Les histogrammes portant une lettre commune ne sont pas significativement différents selon le test de Duncan au seuil de 5%.

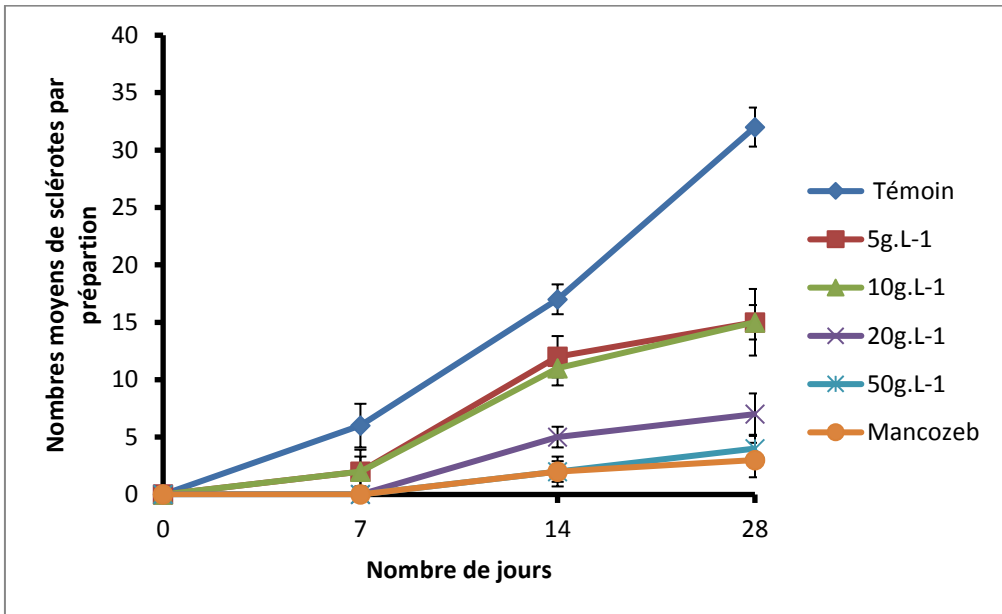


Figure 2 : Evolution du nombre moyen de sclérotés formés par traitement au cours de la période d'incubation.

Tableau 1 : Nombre moyen de sclérotés formés par traitement.

Traitements	Jours		
	7	14	21
	Nombre moyen de sclérotés formés		
Témoin absolu	6,05±1,9a	17,00±1,3a	32,15±1,7a
5 g.L ⁻¹	2,10±1,9b	12,30±1,8b	15,20±2,9b
10 g.L ⁻¹	2,02±1,3b	11,21±1,5b	15,37±1,5b
20 g.L ⁻¹	0,00±0,0d	5,00±0,9bc	07,00±1,8bc
50 g.L ⁻¹	0,00±0,0d	2,30±1,3c	04,10±1,1c
Mancozèbe (5g.L ⁻¹)	0,00±0,0d	2,24±0,9c	03,30±1,5c

A l'intérieur d'une même colonne, les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement entre elles (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

DISCUSSION

Les extraits aqueux des graines d'*A. indica* testés *in vitro* sur la croissance mycélienne de *S. rolfsii* ont eu une activité inhibitrice sur le développement du champignon. Il y a eu un effet dose-réponse où le pourcentage d'inhibition croît avec les concentrations élevées de l'extrait aqueux des graines d'*A. indica*. Les effets de la concentration de 50 g.l⁻¹ de l'extrait aqueux des graines d'*A. indica* et du Mancozèbe n'ont pas été statistiquement différents. L'efficacité antifongique à cette dose de l'extrait végétal est comparable à celui de produit fongique conventionnel. La formation des sclérotés de *S. rolfsii* a été également impactée par la présence des extraits aqueux des graines d'*A. indica* dès les premières observations. Le nombre de sclérotés formés a été faible tout au long de l'incubation dans les boîtes de pétri à concentrations de 50 g.l⁻¹ de l'extrait aqueux des graines d'*A. indica* et du Mancozèbe. Ces résultats de l'évaluation *in vitro* sur la croissance mycélienne et la formation des sclérotés de *S. rolfsii* avec l'extrait aqueux des graines d'*A. indica* ont démontré une efficacité antifongique de l'extrait végétal comparable au fongicide conventionnel. Cette efficacité est due aux molécules actives contenues dans les graines d'*A. indica*. Plusieurs composés

bioactifs ont été mis en évidence dont les principaux sont des limonoïdes. L'azadirachtine en est le composé majoritaire ; la salanine, la nimbine et leurs analogues sont aussi significativement présents (Lale et Abdulrahman, 1999). Plusieurs auteurs ont établi le potentiel des extraits de neem et de leurs composants comme agents antifongiques. En effet, Govindachari et al. (2000) ont démontré que l'huile de neem contient du tétranortriterpénoïde azadiradione qui permet d'inhiber 76% du nombre de pustules de rouille de *Puccinia arachidis*. Ce même auteur a constaté que certaines fractions de l'extrait de feuilles hexanique de neem étaient aussi efficaces pour inhiber la germination des spores de *Fusarium oxysporum* et *Colletotrichum lindemuthianum* à des concentrations de 400 à 2000 µg/cm² (Govindachari et al., 1999). Une meilleure activité antifongique d'*A. indica* a été démontrée par Pohé et Agneroh (2013) contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer en Côte d'Ivoire en comparaison avec le produit de synthèse Ridomil 66 WP. Song et al. (2011) rapportent que plusieurs triterpénoïdes des graines de neem possèdent une activité antifongique contre *Colletotrichum gloeosporioides*, en particulier un composé avec une chaîne de 27 carbones et des groupes

carboxyliques. Souna (2005) a montré que les concentrations élevées d'extrait de neem et de jatropha protègent les grains de maïs pendant longtemps contre les infections de *Rhizopus* sp.

D'autres travaux également ont révélé les propriétés antifongiques des extraits d'*A. indica* sur les champignons pathogènes. En effet, Dabiré (2004) a révélé par des essais *in vitro* une activité fongistatique des solutions de savon de neem sur la germination des spores et une inhibition de la croissance radiale des colonies des *Colletotrichum*. Les travaux de Ravinder et al. (2020) ont montré une forte inhibition d'*Alternation solani* par des extraits de neem et du *Trichoderma viride*.

Tous les travaux cités ci-dessus, confirment l'efficacité antifongique des organes de la plante neem contre des champignons pathogènes. Dans la présente étude, l'extrait végétal a été incorporé au milieu nutritif avant l'inoculation des champignons, il serait donc recommandable de l'utiliser comme fumure de fond avant le semis des rhizomes de gingembre. Cela suppose que le traitement préventif peut être efficace contre l'installation des champignons pathogènes.

Conclusion

Les différentes concentrations des extraits aqueux des graines d'*A. indica* étaient tous capables d'inhiber la croissance mycélienne et empêcher la formation des sclérotés de *S. rolfisii*. Sa concentration élevée (50 g.l⁻¹) a induit significativement les mêmes effets fongicides que le Mancozèbe. Cet extrait végétal à activité fongicide peut être utilisé à titre préventif contre le champignon *S. rolfisii* par les producteurs. Cette étude entreprise valorise les plantes pesticides particulièrement le neem dans la lutte durable et écologique contre les ravageurs de cultures comme *S. rolfisii*. Les essais en champ expérimental ou en milieu réel chez les paysans pourraient être envisagés pour évaluer la bio-activité de ces extraits sur les champignons pathogènes.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Chacun des auteurs a participé à la conception, à l'élaboration des protocoles. Les cinq premiers ont participé aux tests au laboratoire, aux analyses et interprétation des données et à la préparation du manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

REFERENCES

- Akbarian A, Abolghasem G, Ahmadi S, Hossein M. 2011. Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) on egg yolk cholesterol, antioxidant status and performance of laying hens. *Journal of Applied Animal Science*, **39**: 19-21. DOI : 10.1080/09712119.2011.558612
- Belhouan W, Boussaha A. 2017. Activité antifongique de trois huiles essentielles sur deux champignons pathogènes de la tomate; *Botrytis cinerea* et *Fusarium oxysporum*. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma. p.74
- Colleen NAS, Bailey-Shaw YA, Hibbert SL, Green C, Smith AM, Williams LAD. 2012. Characterization of cultivars of Jamaican ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) by HPTLC and HPLC. *Food Chem.*, **131**(4): 1517-1522. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.09.115
- Dabiré TG. 2004. Etude de l'efficacité des extraits végétaux contre les agents pathogènes fongiques transmis par les semences de mil et de sorgho. Mémoire d'Ingénieur de l'Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, p. 96.
- DSID 2013. Direction de la Statistique, de l'Informatique et de la Documentation. Base de données sur le maraichage : superficie enregistrée et production obtenue au cours de la campagne agricole 2012-2013. DSID : Togo.
- Govindachari TR, Suresh G, Masilamani S. Antifungal. 1999. Activity of *Azadirachta indica* Leaf Hexane Extract. *Fitoterapia*, **70** : 417-420. DOI: 10.1016/S0367-326X(99)00038-6.
- Govindachari TR, Suresh G, Gopalakrishnan G, Masilamani S, Banumathi B. 2000.

- Antifungal Activity of Some Tetranortriterpenoids. *Fitoterapia*, **71**: 317-320. DOI: 10.1016/S0367-326X(99)00155-0.
- James B, Atcha-Ahowé C, Godonou I, Baimey H, Goergen G, Sikirou R, Toko M. 2010. *Gestion Intégrée des Nuisibles en Production Maraîchère : Guide pour les Agents de Vulgarisation en Afrique de l'Ouest*. Institut international d'agriculture tropicale (IITA) : Ibadan, Nigeria.
- Jatoi SA, Kikuchi A, Mimura M, Yi SS, Watanabe N. 2008. Relationship of Zingiber species and genetic variability assessment in ginger (*Z. officinale*) accessions from ex-situ genebank, on farm and rural markets. *Breed. Sci.*, **58**: 261-270. DOI : 10.1270/jsbbs.58.261
- Kelly S, Guilherme E, Meri E, Anderson L, Alba R, Clélia A, José M, Leônia M. 2009. Flavonoids with gastroprotective activity. *Molecules*, **14**: 979-1012. DOI: 10.3390/molecules14030979
- Kubra IR, Rao LJM. 2012. An Impression on Current Developments in the Technology, Chemistry , and Biological Activities of An Impression on Current Developments in the Technology , Chemistry , and Biological Activities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **52**(8): 37-41. DOI: 10.1080/10408398.2010.505689.
- Lale NES, Abdulrahman HT. 1999. Evaluation of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil obtained by different methods and neem powder for the management of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea. *J. Stored Prod. Res.*, **35** : 135-143. DOI : 10.1016/S0022-474X(98)00039-3
- MAPAH. 2019. Ministère de l'Agriculture et de la Production Animale et Halieutique. Fiche technique : Culture du gingembre (Dotèh). MAPAH : Togo.
- MAPAH. 2020. Ministère de l'Agriculture et de la Production Animale et Halieutique. Catalogue officielle des espèces et variétés végétales du Togo. MAPAH : Togo.
- Nadio NA, Bokobana EM, Akantetou KP, Tozoo P, Poutouli W, Koba K, Sanda K. 2020. Effet bioinsecticide des extraits d'*Azadirachta indica* A. Juss. et d'*Ocimum canum* Sims contre *Sitophilus zeamais* Mostch (Coleoptera: Curculionidae). *J. Rech. Sci. Univ. Lomé* (Togo), **22**(3): 123-133.
- Nandkangre H, Ouedraogo M, Sawadogo M. 2015. Caractérisation du système de production du gingembre (*Zingiber officinale* Rosc.) au Burkina Faso : Potentialités, contraintes et perspectives. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(2): 861-873. DOI: 10.4314/ijbcs.v9i2.25
- Pohé J, Agneroh TA. 2013. L'huile de neem, un fongicide alternatif à l'oxyde de cuivre dans la lutte contre la pourriture des cabosses du cacaoyer en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **62**: 4644-4652. DOI: 10.4314/jab.v62i0.86147
- Ravinder NS, Kushal R, Rakesh KC, Rakesh S. 2020. Evaluation of Plant Extracts, Fungicides and Bio-agents against Early Blight Disease of Tomato Incited by *Alternaria solani* under in vitro and Field Conditions. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, **9**: 1914-1920. DOI: 10.20546/ijemas.2020.904.227
- Song QY, Qi WY, Li ZM, Zhao J, Chen JJ, Gao K. 2011. Antifungal Activities of Triterpenoids from the Roots of *Astilbe myriantha* Diels. *Food Chem.* **128** : 495-499. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.03.059.
- Souna A. 2005. Efficacité des huiles de neem et de pourghère contre les insectes du niébé. Rapport de mémoire. Université Abdou Moumouni, Niamey, p. 39.
- Young HY, Liao JC, Chang YS, Luo YL, Lu MC, Peng WH. 2006. Synergistic effect of ginger and nifedipine on human platelet aggregation: A study in hypertensive patients and normal volunteers. *Am. J. Chin. Med.*, **34**(4): 545-551. DOI: 10.1142/S0192415X06004089