



Original Paper

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

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

Effets de quatre huiles essentielles sur la croissance mycélienne radiale d'un isolat de *Alternaria* sp. au Burkina Faso

A. SIRIMA^{1*}, A. SEREME², D. SEREME³, K. KOÏTA¹, T. A. NANA¹ et
M. SAWADOGO¹

¹ Laboratoire BIOSCIENCES, UFR/SVT, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Burkina Faso.

² Département Substances Naturelles / IRSAT / CNRST; 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

³ Laboratoire de Virologie et de Biotechnologies Végétales, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, station de Kamboinsin, 01 BP 476 Ouagadougou 01 Burkina Faso.

*Auteur correspondant; E-mail: almamybiko@gmail.com

RESUME

L'alternariose de la tomate est une maladie cryptogamique dévastatrice dans les zones maraichères du Burkina Faso. Tous les organes de la plante (tiges, feuilles, fruits) sont attaqués, entraînant une baisse importante du rendement et une dépréciation de la qualité de la production. Dans la présente étude, quatre huiles essentielles de plantes aromatiques locales (*Cymbopogon schoenanthus*, *Lippia multiflora*, *Ocimum americanum*, et *Ocimum basilicum*) ont été testées, pour évaluer leurs propriétés d'inhibition sur la croissance radiale du mycélium d'un isolat pathogène de *Alternaria* sp. Le test *in vitro* des doses de 100%, 50%, 10%, 5% et 1% a montré que toutes ces huiles essentielles possèdent une activité antifongique sur ledit isolat. Les taux d'inhibition des huiles essentielles sur la croissance du champignon étudié vont de 25,96% à 100%. La meilleure inhibition a été enregistrée avec l'huile essentielle de *Cymbopogon schoenanthus*, de *Ocimum basilicum* et de *Lippia multiflora* pour les concentrations supérieures à 1%. Il ressort donc de cette étude que trois huiles essentielles, stoppent la croissance mycélienne de l'isolat pour des doses allant de 5% à 100%. Ces huiles (*Cymbopogon schoenanthus*, *Ocimum basilicum* et *Lippia multiflora*) pourraient être utilisées pour la mise au point de phytopesticides afin d'atténuer l'utilisation intensive et hasardeuse des pesticides.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés Alternariose, activité antifongique, plante aromatique, tomate.

Effects of four essential oils on radial mycelial growth of an isolate of *Alternaria* sp. in Burkina Faso

ABSTRACT

Early blight of tomato is a devastating cryptogamic disease in the vegetable gardens in Burkina Faso. All plant's organs (stems, leaves, fruits) are attacked causing a significant decrease in the yield and a depreciation of the quality of the production in the field. In the present study, four essential oils of aromatic plants (*Cymbopogon schoenanthus*, *Lippia multiflora*, *Ocimum americanum*, and *Ocimum basilicum*) were tested to evaluate the inhibition properties of these oils on the radial growth of the mycelium of an isolated pathogen of *Alternaria* sp. In vitro tests at doses of 100%, 50%, 10%, 5% and 1% showed that all these essential oils tested have antifungal

activity on said strain. The inhibition rates of essential oils on the growth of the fungus studied range from 25.96% to 100%. The best inhibition was recorded with the essential oil of *Cymbopogon schoenanthus*, *Ocimum basilicum* and *Lippia multiflora* for applied concentrations more than 1%. It therefore emerges from this study that three essential oils stop the mycelial growth of the isolate for doses ranging from 5% to 100%. These oils (*Cymbopogon schoenanthus*, *Ocimum basilicum* and *Lippia multiflora*) could be used for the development of phytopesticides in order to reduce the intensive and hazardous use of pesticides.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Early blight, antifungal activity, aromatic plant, tomato.

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, la filière fruits et légumes occupe une place de choix parmi les filières porteuses retenues par les autorités burkinabés dans les stratégies de développement rural. Elle est considérée comme une source de croissance agricole importante et de réduction de la pauvreté du fait qu'elle génère des revenus substantiels pour les jeunes et les femmes qui assurent la commercialisation de l'essentiel de la production. En effet, le maraîchage engendre de nos jours au Burkina Faso, près de 400 000 emplois sur une population active totale d'environ six millions d'individus (MAHRH, 2007). Il convient donc de promouvoir cette filière, notamment celle de la tomate qui est produite un peu partout dans le pays (Kolie, 2009), au regard de ses qualités nutritionnelles. Malheureusement, les maladies cryptogamiques de la tomate, notamment celles dues aux champignons du genre *Alternaria*, se posent avec acuité aux producteurs burkinabè. Le genre *Alternaria* est un groupe de champignon ubiquiste comprenant 27 sections et inféodé à plusieurs familles de plantes (Lawrence et al., 2015). De nombreuses méthodes de lutte contre la maladie ont été proposées à travers le monde, parmi lesquelles, la lutte chimique reste la plus utilisée sous nos tropiques. Des enquêtes menées au Burkina Faso auprès des producteurs de tomate ont montré que 90% des pesticides utilisés sont achetés sur les marchés locaux sans garantie de conformité ou de qualité et que 70 % des maraîchers n'observent aucune mesure de protection adéquate pendant l'utilisation des pesticides (Son, 2018). L'utilisation massive de ces molécules

chimiques pose de sérieux problèmes de contamination des tomates et des sols aux résidus de pesticides et affectent véritablement la santé publique (les utilisateurs, la population générale) et les organismes non cibles (Son, 2018 ; Louissaint, 2012). Elle peut induire des fois une évolution de la résistance à ces produits au sein de certaines populations pathogènes (Sene et al., 2020). Aussi, il est de plus en plus encouragé l'utilisation des biopesticides, notamment les extraits aqueux et les huiles essentielles de plantes locales qui sont biodégradables, comme méthode alternative aux produits de synthèse néfastes pour l'homme et son environnement (Yarou et al., 2017 ; Toundou et al., 2020). Des études menées par plusieurs auteurs (Jabeen et al., 2013; Elsayed et Shabana, 2018; França et al., 2018) ont révélé l'efficacité d'extraits aqueux et d'huiles essentielles de plantes dans le contrôle de champignons du genre *Alternaria*. Par ailleurs il ressort de l'étude de Traore et al. (2015), que les extraits du thé de Gambie (*Lippia multiflora* Moldenk) ont des propriétés insecticides contre les Thrips et *Helicoverpa armigera* inféodés à la tomate. Aussi des auteurs thaïlandais ont montré que les huiles essentielles de *Ocimum basilicum* L. ont des propriétés antifongiques sur sept (7) espèces fongiques du riz (*Alternaria brassicicola*, *Aspergillus flavus*, ...) (Piyo et al., 2009). De même des auteurs (Gbogbo et al., 2006) ont trouvé que les huiles essentielles de *Ocimum basilicum* L. et de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. avaient des propriétés antifongiques sur les micromycètes influençant la germination du maïs et du niébé au Togo.

C'est ainsi que la présente étude a été initiée avec pour objectif d'évaluer *in vitro*,

l'effet inhibiteur de quatre huiles essentielles de plantes aromatiques locales du Burkina Faso (*Cymbopogon schoenanthus*, *Lippia multiflora*, *Ocimum basilicum* et *Ocimum americanum*) sur la croissance mycélienne radiale d'un isolat de *Alternaria* sp. Elle est d'une importance capitale, car elle pose les bases de l'utilisation de phytopesticides contre l'alternariose de la tomate au Burkina Faso.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

L'isolat de *Alternaria* sp. utilisé dans cette étude a été obtenu à partir des feuilles malades de tomate (Figure 1) collectées dans des champs paysans dans la localité de Leguema, située à 17 kilomètres de la ville de Bobo Dioulasso dans la province du Houet (Burkina Faso). L'isolement et la purification ont été faits dans le laboratoire de phytopathologie de l'INERA/Farako-Ba.

Les huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus*, de *Ocimum basilicum*, de *Ocimum americanum* et de *Lippia multiflora* pour les tests antifongiques ont été extraites à l'aide d'un alambic au laboratoire du Département des Substances Naturelles de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologie (DSN/IRSAT), CNRST-Burkina.

Méthodes

Collecte des organes infectés de tomate

Des observations ont été effectuées dans deux champs choisis de façon aléatoire dans la localité de Leguema. Cinq échantillons d'organes présentant des symptômes typiques d'alternariose y ont été prélevés puis conservés dans des sachets plastiques transparents et dans une glacière pour des analyses au laboratoire.

Isolement et purification de l'agent pathogène

Les feuilles malades préalablement immergées dans l'alcool à 70° pendant deux minutes, ont été découpées en petits morceaux et ont constitué les échantillons. Ces échantillons ont été ensuite rincés deux fois dans de l'eau distillée stérile, puis séchés sur du papier filtre avant d'être placés dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre contenant du

papier buvard stérile. Les boîtes non scellées ont été placées dans une chambre d'incubation 12 h sous une lumière UV alternée avec 12 h d'obscurité pendant 96 h, à la température de 22 °C. Après incubation, les boîtes ont été examinées à la loupe binoculaire pour l'identification de la morphologie des conidies (Figure 2). Sous une loupe binoculaire, les conidies ont été prélevées individuellement à l'aide d'une aiguille plastique stérile et mises en culture sur milieu PDA dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre.

Identification

L'observation à la loupe et au microscope des colonies monoconidiennes, puis des conidies, a permis d'identifier et de caractériser le phénotype de l'espèce pathogène à partir du manuel d'identification de S. B. Mathur & Olga Kongsdal.

Extraction et dosage des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles a été faite par hydrodistillation au Laboratoire du Département des Substances Naturelles de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologie (DSN/IRSAT). Les huiles essentielles ont été obtenues en introduisant, après pesées, des organes frais ou secs de la plante (feuilles et/ou tige, ou de la plante entière selon l'espèce) dans un alambic de 4 litres pour un temps de fonctionnement de 3 h maximum. L'huile essentielle recueillie a été bien conservée dans un réfrigérateur à 4 °C à l'abri de la lumière.

Pour préparer les différentes concentrations (1%, 5%, 10% et 50%) d'huile essentielle, du diméthylsulfoxyde (DMSO) de formule chimique C₂H₆OS a été utilisé comme solvant pour la dilution des huiles essentielles ; après l'ensemble a été agité pendant 5 min à l'aide d'un vortex.

Tests antifongiques des huiles et mesure de la croissance mycélienne

Le PDA mélangé à 2 ml de chaque dose d'huile essentielle, a constitué le milieu de culture *in vitro* du champignon. Le PDA simple sans ajout d'huile essentielle (contrôle (Con.)) et le milieu PDA plus le diluant DMSO (Con-dms) ont servi de références dans l'étude. Un explant mycélien mesurant 5 mm de diamètre a été prélevé sur une culture pure âgée de dix

(10) jours à l'aide d'un emporte-pièce et déposé au centre de chaque boîte de Pétri de 90 mm de diamètre contenant le milieu de culture à tester. Les boîtes ont été placées en incubation à la température ambiante du laboratoire (25 °C à 28 °C) suivant un dispositif split-plot à quatre répétitions. A partir du 2^{ème} jour après incubation, les diamètres des thalles (en cm) des colonies de chaque boîte de Pétri, ont été mesurés tous les deux jours, et ce, jusqu'à ce que la croissance mycélienne du témoin atteigne le bord des boîtes. Les données obtenues ont été utilisées pour calculer le taux

d'inhibition (t_i) des huiles essentielles en utilisant la formule suivante :

$$t_i \text{ à la dose X} = \frac{(\text{Diamètre du thalle}_{\text{témoin}} - \text{Diamètre du thalle}_{\text{testé}})}{\text{Diamètre}_{\text{témoin}}} \times 100$$

Analyse statistique

Les données de toutes les observations ont été saisies et organisées à l'aide du tableur Excel 2013. L'analyse de variance a été effectuée au moyen du logiciel XLSTAT 2016, suivie d'une comparaison de moyennes par le Test de Duncan au seuil de 5%.

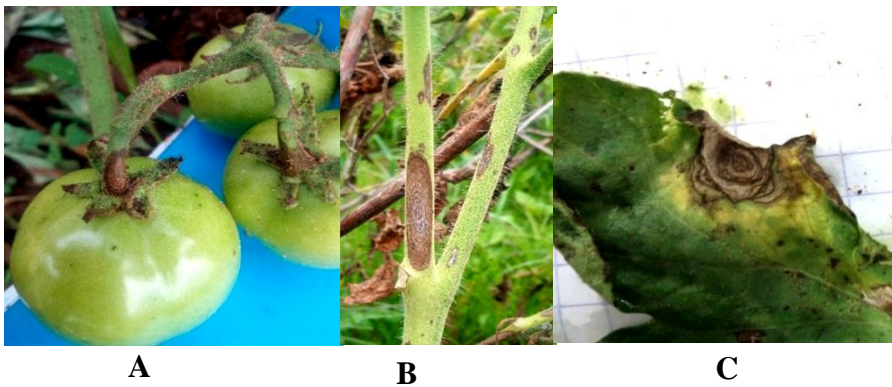


Figure 1 : Symptômes de l'alternariose sur pédicelle (A), tige (B) et feuille (C) de tomate.



A : Incubation des échantillons sur papier buvard humidifié.



B : transfert des conidies sur milieu PDA.



C : Une conidie vue au microscope (100x)



D : Colonie de *Alternaria* sp obtenue à partir d'une conidie sur PDA.

Figure 2 : Les différentes étapes d'isolement et identification de l'agent pathogène.

RESULTATS

Effet antifongique de différentes concentrations d'huiles essentielles sur la croissance mycélienne

Au 12^{ème} jour d'incubation, les résultats (Tableau 1) mettent en évidence l'effet antifongique des huiles essentielles sur la croissance mycélienne de *Alternaria sp.* En effet, l'analyse statistique révèle une différence hautement significative entre les différents traitements et entre les doses d'application utilisées dans cette étude ($p \leq 0.0001$). Ces résultats indiquent également que les doses efficaces dépendent de l'huile essentielle utilisée, comme en témoigne l'interaction traitements*doses hautement significative ($p \leq 0.0001$) (Tableau 1).

Effets antifongiques de différentes concentrations d'huiles essentielles sur le diamètre moyen des colonies

Les quatre huiles essentielles de plantes (*Cymbopogon schoenanthus*, *Ocimum basilicum*, *Ocimum americanum* et *Lippia multiflora*) ont eu une action inhibitrice significative sur la croissance mycélienne radiale de *Alternaria sp.* (Figure 3 et Tableau 2). Toutefois, cette inhibition est variable d'une huile essentielle à l'autre, à la prise et à la même dose. Elles stoppent ou réduisent le développement du champignon (Figure 3), avec des taux d'inhibition allant de 25,95% à 100% (Tableau 2). On note aussi que toutes les doses appliquées ont eu un effet inhibiteur significatif, quelle que soit l'huile essentielle utilisée. Cependant, cet effet est variable au

sein des huiles essentielles et aussi d'une huile essentielle à l'autre.

Aux doses de 100% et de 50%, toutes les quatre huiles essentielles ont inhibé totalement la croissance mycélienne radiale de *Alternaria sp.* comme l'indique le taux d'inhibition de 100% enregistré dans le Tableau 2.

A la dose de 10%, seule l'huile essentielle de *Ocimum americanum* a enregistré une inhibition partielle de la croissance mycélienne du pathogène (taux d'inhibition de 66,22%); les autres huiles essentielles ayant empêché totalement la croissance mycélienne radiale du champignon.

A la dose de 5%, seule l'huile essentielle de *Lippia multiflora* a provoqué une inhibition totale de la croissance mycélienne radiale du pathogène. Les huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* et *Ocimum basilicum*, à la même dose, ont obtenu des taux d'inhibition statistiquement équivalents de 91,75% et 95,19% respectivement. Ce dernier taux d'inhibition (95,19%) est statistiquement équivalent au taux d'inhibition de 100% (Tableau 2).

A la dose de 1%, les huiles essentielles de *Ocimum americanum*, *Lippia multiflora*, *Cymbopogon schoenanthus* et *Ocimum basilicum* ont inhibé la croissance mycélienne radiale du champignon respectivement de 25,95%, 30,14%, 34,19% et 45,95%. Le taux d'inhibition enregistré avec *Ocimum basilicum* à la dose de 1% est équivalent à celui obtenu avec *Ocimum americanum* à la dose de 5% (Tableau 2).

Tableau 1 : Analyse de variance de la croissance mycélienne de l'isolat de *Alternaria sp.* en fonction des doses et des traitements appliqués.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Traitements	5	529,84	105,97	1357,62	< 0,0001
Doses (%)	4	269,45	67,36	863,03	< 0,0001
Traitements*Doses (%)	12	41,30	3,44	44,09	< 0,0001

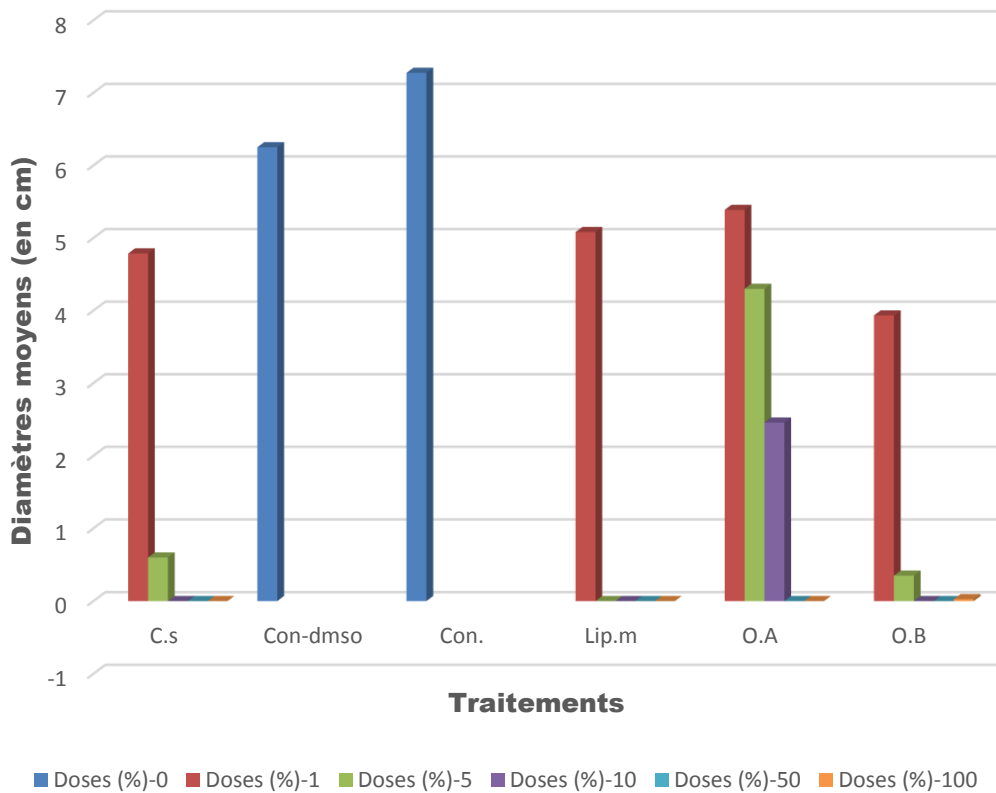


Figure 3 : Effet antifongique des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* (C.s), de *Ocimum basilicum* (O.B), de *Ocimum americanum* (O.A) et de *Lippia multiflora* (Lip.m) sur la croissance radiale mycélienne d'un isolat de *Alternaria* sp.

Tableau 2 : Valeurs des différents taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat en fonction de l'huile essentielle et de la dose au 12^{ème} JAI.

Modalité	Doses (%)	Diamètre Moyen	Taux d'inhibition (%)
Con. (PDA seul)		7,28 ^a	0
Con-dmso (PDA plus DMSO)		6,25 ^b	14,09
<i>Ocimum americanum</i>	1	5,39 ^c	25,95
<i>Lippia multiflora</i>	1	5,08 ^{cd}	30,14
<i>Cymbomogon schoenanthus</i>	1	4,79 ^d	34,19
<i>Ocimum americanum</i>	5	4,30 ^e	40,89
<i>Ocimum basilicum</i>	1	3,93 ^e	45,95
<i>Ocimum americanum</i>	10	2,46 ^f	66,22
<i>Cymbomogon schoenanthus</i>	5	0,60 ^g	91,75
<i>Ocimum basilicum</i>	5	0,35 ^{gh}	95,19
<i>Ocimum basilicum</i>	100	0,00 ^h	100
<i>Ocimum americanum</i>	100	0,00 ^h	100

<i>Ocimum americanum</i>	50	0,00 ^h	100
<i>Ocimum basilicum</i>	10	0,00 ^h	100
<i>Ocimum basilicum</i>	50	0,00 ^h	100
<i>Lippia multiflora</i>	100	0,00 ^h	100
<i>Lippia multiflora</i>	5	0,00 ^h	100
<i>Cymbomogon schoenanthus</i>	100	0,00 ^h	100
<i>Cymbomogon schoenanthus</i>	50	0,00 ^h	100
<i>Lippia multiflora</i>	10	0,00 ^h	100
<i>Lippia multiflora</i>	50	0,00 ^h	100
<i>Cymbomogon schoenanthus</i>	10	0,00 ^h	100

DISCUSSION

La présente étude a révélé que trois huiles essentielles testées aux concentrations de 100% (pures), 50% et 10% (diluées), ont provoqué une inhibition totale de la croissance mycélienne radiale de l'isolat utilisé. Des résultats similaires ont antérieurement été rapportés par des auteurs (Ondet et Gomes, 2011), qui ont montré que des huiles essentielles à 100% et 50% stoppaient entièrement le développement de *Monilia laxa*, un champignon infectant l'abricotier (*Prunus armeniaca*), ou limitaient jusqu'à 50% sa croissance mycélienne. En outre, des résultats similaires ont été obtenus avec les huiles essentielles de *Artemisia indica* et de *Lantana camara* aux concentrations de 80 µl/ml (8%) et 160 µl/ml (16%) sur la croissance radiale de *Alternaria alternata* (Bhattarai et Jha, 2016). L'action antifongique des huiles essentielles est de nos jours bien établie. En effet plusieurs travaux ont été réalisés pour l'étude de leurs pouvoirs inhibiteurs dans les domaines médicaux et vétérinaires, sur les champignons pathogènes et les insectes (Alemayehu, 2014; Rosello et al., 2015 ; Wafa et Sofiane, 2020 ; Akantetou et al., 2020). Par ailleurs, au Burkina Faso, la plante entière de *Lippia multiflora*, de *Ocimum basilicum* et de *Ocimum americanum* étaient beaucoup utilisées traditionnellement par les populations comme insectifuges dans les habitations (elles le sont aujourd'hui mais de moins en moins); les rameaux fructifères de

Cymbopogon schoenanthus étaient utilisées pour conserver certains produits de récolte (niébé, voandzou, ...) dans les sacs. Les propriétés de ces plantes seraient sans doute liées aux essences qu'elles renferment. Par contre, rares sont les travaux qui ont été consacrés à l'activité inhibitrice de ces huiles contre les agents pathogènes responsables de l'alternariose de la tomate au Burkina Faso.

Aux plus faibles concentrations des huiles (5% et 1%), aucune inhibition totale de la croissance mycélienne radiale n'a été observée hormis avec l'huile essentielle de *Lippia multiflora* à 5%. Toutefois, les données enregistrées après 12 jours d'incubation ont montré que la concentration de 5% des huiles de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Ocimum basilicum* était efficace contre le champignon, car elle inhibait la croissance mycélienne de celui-ci de 91,76% à 95,33% par rapport au témoin. Aussi la concentration de 1% des huiles essentielles a montré un faible effet inhibiteur entraînant une réduction de plus du quart de la croissance radiale du champignon. Ces résultats sont similaires à ceux de Gbogbo et al. (2006) qui ont travaillé sur l'inhibition *in vitro* des micromycètes phytopathogènes impliqués dans la détérioration des stocks de maïs et du niébé par l'utilisation de faibles doses des huiles de *Ocimum basilicum* et de *Cymbopogon schoenanthus*.

Les différents tests effectués indiquent des différences d'inhibition entre les huiles

essentielles, et aussi entre les mêmes doses de différentes huiles essentielles : utilisées à la même dose, les différentes huiles essentielles n'ont donc pas toutes, le même pouvoir d'inhibition. Cela s'expliquerait par la qualité et la quantité des molécules antifongiques que renferme chaque huile essentielle et aussi à la structure chimique des molécules (Zarith et al., 2018). Par exemple, l'huile essentielle de *Ocimum basilicum* est constituée de 24 composés (Akantetou et al., 2020) dont les plus majoritaires sont les monoterpènes oxygénés représentés principalement par l'estragol (38,78%), le linalol (19,45%) et le méthyl-eugénol (9,98%). Ils sont suivis par le bergamotène (8,48 %) qui est un sesquiterpène hydrocarboné (Ngom et al., 2014). Par contre, le 4-Isopropyl-1-méthyl-2-cyclohexen-1-ol (cis) est le composé le plus abondant (15% des composés identifiés) dans l'huile essentielle de *Cymbopogon schoenanthus* (Hadeif et al., 2015). Les différences d'inhibition observée dans notre étude ont été au préalable rapporté par des auteurs qui ont testé près de 14 huiles essentielles contre *Molina laxa*. Sur ces 14 huiles essentielles testées à 10%, ils trouvaient que 4 stoppaient totalement le développement de *Molina laxa* et 5 limitaient partiellement le développement du même champignon (Libourel et Dufis, 2010).

Conclusion

La présente étude a consisté à évaluer les effets inhibiteurs de quatre huiles essentielles de plante du Burkina Faso à différentes doses sur la croissance radiale d'un isolat pathogène responsable de l'alternariose de la tomate. Les résultats obtenus permettent de conclure que les quatre huiles essentielles de plantes locales (*Cymbopogon schoenanthus*, *Lippia multiflora*, *Ocimum americanum* et *Ocimum basilicum*) ont eu un effet important sur la réduction *in vitro* de la croissance mycélienne radiale de l'isolat de *Alternaria* sp. *in vitro* à la concentration d'huile supérieure ou égale à 10%. Parmi elles, *Cymbopogon schoenanthus*, *Lippia multiflora*, *Ocimum basilicum* ont montré de meilleures performances dans l'inhibition de la croissance mycélienne radiale du champignon à toutes les

concentrations testées (100%, 50%, 10%, 5% et 1%). Au regard de ces résultats, les huiles essentielles diluées de *Cymbopogon schoenanthus*, de *Lippia multiflora* et d'*Ocimum basilicum* pourraient être utilisées comme antifongiques botaniques potentiels pour le contrôle de l'alternariose de la tomate au Burkina Faso. En perspectives, il serait intéressant d'envisager de tester aussi l'effet antifongique de l'hydrolysate de ces huiles *in vitro* puis au champ sur cet isolat vu les rendements très faibles à l'extraction de ces huiles essentielles. Aussi, au regard de la diversité des espèces au sein des *Alternaria* pathogènes, il serait intéressant d'évaluer l'efficacité de ces huiles essentielles sur les autres isolats phytopathogènes caractérisés.

CONFLIT D'INTERÊTS

Les auteurs déclarent, pour cet article, n'avoir aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AS a conçu le projet, et a effectué les recherches de terrain et de laboratoire. ASE a participé à la finalisation du projet, à la supervision des travaux, et à la correction du manuscrit. DS et KK ont participé à la rédaction et à la correction du manuscrit. TAN a participé à l'analyse des données et à la correction du manuscrit. MS, responsable du Laboratoire, a encadré le projet et a participé à la correction du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les responsables du laboratoire de phytopathologie de l'INERA/Farako-Ba, du Laboratoire du Département des Substances Naturelles de l'IRSAT/Kossodo, et de l'équipe de Phytopathologie et Mycologie Tropicale (PMTrop) du Laboratoire Biosciences, pour avoir facilité la réalisation des travaux.

REFERENCES

MAHRH. 2007. Analyse de la filière maraichage au Burkina Faso. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques : Cellule d'analyse des

- politiques/DSA/DGPSA/MAHRH, Ouagadougou, Burkina Faso ; 13-14.
- Kolie O-JP. 2009. Identification des groupes homogènes de maraîchers et l'évaluation de leurs performances économiques au Burkina Faso. Thèse, Série Master of Science, Centre International de hautes études Agronomiques Méditerranéennes, Montpellier. n°101, p14 – p15.
- Lawrence DP, Rotondo F, Gannibal PB. 2015. Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria*. *Mycological Progress*, 15: 3. DOI: 10.1007/s11557-015-1144-x.
- Son D. 2018. Analyse des risques liés à l'emploi des pesticides et mesure de la performance de la lutte intégrée en culture de tomate au Burkina Faso. Thèse de doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Université de Liège, Belgique. piii.
- Louissaint AM. 2012. Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera : Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*). Mémoire de fin d'études, Agronomie et Systèmes de Culture Innovants. CIRAD, France. p7.
- Sene SO, Tendeng E, Diatte M, Sylla S, Labou B, Diallo AW, Diarra K. 2020. Insecticide resistance in field populations of the tomato fruitworm, *Helicoverpa armigera*, from Senegal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14(1): 181-191. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.15>
- Yarou BB, Silvie P, Komlan FA, Mensah A, Alabi T, Verheggen F, Francis F. 2017. Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 21(4): 288-304.
- Toundou O, Palanga KK, Simalou O, Abalo M, Woglo I, Tozo K. 2020. Biopesticide Plants species of the mining area of Tokpli (South-Togo) effects on Okra (*Abelmoschus esculentus*) protection against *Aphthona* spp. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14(1): 225-238. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.19>
- Elsayed Y, Shabana Y. 2018. The effect of some essential oils on *Aspergillus niger* and *Alternaria alternata* infestation in archaeological oil paintings. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 18(3). DOI: 10.5281/zenodo.1461616.
- Jabeen K, Hanif S, Naz S, Iqbal S. 2013. Antifungal Activity of *Azadirachta indica* against *Alternaria Solani*. *Journal of Life Sciences and Technologies*, 1(1). DOI: 10.12720/jolst.1.1.89-93.
- França KRS, Silva TL, Cardoso TAL, Ugulino ALN, Rodrigues APM, Mendonça JAF. 2018. *In vitro* effect of essential oil of peppermint (*Mentha x piperita* L.) on the mycelial growth of *Alternaria alternata*. *Journal of Experimental Agriculture International*, 26(5) 1-7. DOI: 10.9734/JEAI/2018/44243.
- Traore O, Sereme A, Dabire CM, Some K, Nebie RHC. 2015. Effet des extraits du thé de Gambie (*Lippia multiflora* Moldenk) et du neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) sur *Helicoverpa armigera* et les Thrips de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Appl. Biosci.*, 95: 8915 – 8929.
- Piyo A, Udomsilp J, Khang-Khun P, Thobunluepop P. 2009. Antifungal activity of essential oils from basil (*Ocimum basilicum* Linn.) and sweet fennel (*Ocimum gratissimum* Linn.): Alternative strategies to control pathogenic fungi in organic rice. *As. J. Food Ag-Ind.*, **Special Issue**: S2-S9. www.ajofai.info.
- Gbogbo KA, Batawila K, Anani K, David MP, Gbeassor M, Bouchet P, Akpagana K. 2006. Activité antifongique des huiles essentielles de *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) et *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. (Poaceae) sur des micromycètes influençant la germination du Maïs et du Niébé. *Acta Botanica Gallica*, 153(1): 115-124. DOI :

- <https://doi.org/10.1080/12538078.2006.10515526>.
- Ondet SJ, Gomes L. 2011. Méthode de lutte alternative : test d'huiles essentielles diluées en culture *in vitro* pour limiter le développement de *Monilia laxa*. Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (BRAB), Fiche 3.02.02.25 AB, A11PACA/04.
- Bhattarai B, Jha SK. 2016. Antifungal effects of some plant essential oils against *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl and *Aspergillus niger* van Tiegh from grapes. *Biological Forum – An International Journal*, **8**(2): 259-263. www.researchtrend.net.
- Wafa N, Sofiane G. 2020. Antioxydant, anti-inflammatoire et antimicrobienne des activités de l'extrait aqueux et méthanolique de *Rosmarinus eriocalyx* Jord. & Fourr. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(1): 254-262. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.21>
- Alemayehu WG. 2014. *In vitro* and *in vivo* evaluation of some selected medicinal plants against early blight (*Alternaria solani*) of tomato (*Lycopersicon esculentum mill.*). M.Sc. Thesis, Haramaya University, Ethiopia.
- Rosello CJ, Sempere FF, Sanz BI, Chiralt BMA, Santamarina SMP. 2015. Antifungal activity and potential use of essential oils against *Fusarium culmorum* and *Fusarium verticillioides*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, **18**(2): 359-367. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2015.1010601>.
- Akantetou KP, Nadio AN, Bokobana EM, Tozoou P, Kilimou P, Koba K, Poutouli W, Raynaud C, Sanda K. 2020. Effet aphicide de l'huile essentielle de *Ocimum basilicum* L. et de son composé majoritaire sur le puceron du cotonnier *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae) au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(1): 84-96. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.8>.
- Zarith AAA, Ahmad A, Setapar SHM, Karakucuk A, Azim MM, Lokhat D, Rafatullah M, Ganash M, Kamal MA, Ghulam MDA. 2018. Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential. *Current Drug Metabolism*, **19**(00). DOI: 10.2174/1389200219666180723144850.
- Ngom S, Diop M, Mbengue M, Faye F, Kornprobst JM, Samb A. 2014. Composition chimique et propriétés antibactériennes des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* et d'*Hyptis suaveolens* (L.) Poit récoltés dans la région de Dakar au Sénégal. *Afrique SCIENCE*, **10**(4): 109–117. <http://www.afriquescience.info>.
- Hadef D, Saidi M, Yousfi M, Moussaoui Y. 2015. GC/MS Analysis of Essential Oils of *Cymbopogon schoenanthus* and *Origanum majorana* L. Grown in Eastern Algeria. *Asian Journal of Chemistry*, **27**(10): 0000-0000. DOI: 10.14233/ajchem.2015.18859.
- Libourel G, Dufis A. 2010. Méthode de lutte alternative : test d'huiles essentielles diluées pour limiter le développement de *Monilia laxa*. Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB), Fiche 3.02.02.25 AB, A10PACA/06.