

Activité Antifongique *In Vitro* des Extraits de Cinq Plantes Locales sur *Colletotrichum Higginsianum*, *Fusarium Oxysporum* et *Rhizopus Stolonifer*, Agents Pathogènes de la Papaye (*Carica Papaya* L.) et de la Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.)

Kossonou Yao Kamelé, Assistant

UFR d'Ingénierie Agronomique Forestière et Environnementale,
Université de Man, Man, Côte d'Ivoire

Kouakou-Kouame Amenan Clémentine, Maître Assistant

UFR Sciences et Technologies des Aliments,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Koffi Affoué Carole, Assistant

UFR d'Ingénierie Agronomique Forestière et Environnementale,
Université de Man, Man, Côte d'Ivoire

Koffi Yao Mesmin, Doctorant

Tra Bi Fézan Honora, Professeur

UFR Sciences de la Nature,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Tano Kablan, Professeur

UFR Sciences et Technologies des Aliments,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Doi: 10.19044/esj.2019.v15n9p304 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p304](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p304)

Résumé

Évaluer l'activité antifongique *in vitro* des extraits de plantes sur la croissance des pathogènes fongiques responsables de la pourriture des fruits tropicaux (papaye et tomate). Les extraits au méthanol, dichlorométhane, et à l'eau de *Trichilia heudelotii*, *Nesogordonia papaverifera*, *Celtis mildbraedii*, *Cola gigantea* et *Triplochiton scleroxylon* ont été testés sur des souches de champignons isolées et identifiées des fruits de papaye et de tomate. Les tests d'inhibition réalisés ont permis de mesurer leur niveau de résistance. Des réactions en tubes ont été effectuées pour la détection des classes de composés responsables de l'activité des extraits de plantes. Les tests antifongiques ont révélé que les extraits de toutes les plantes ont été fongicides à la concentration de 10 mg/mL sur les fongiques *Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium*

oxysporum, *Rhizopus stolonifer*, pathogènes de la papaye et de la tomate. *Fusarium oxysporum* a été la plus sensible des souches aux extraits méthanoliques et dichlorométhanes des organes de toutes les plantes. Les investigations phytochimiques ont révélé la présence de composés phénoliques et stérols et polyterpènes dans les extraits des divers organes de plantes étudiées. La présence de ces composés a permis d'expliquer l'activité antifongique des extraits de ces plantes sur l'ensemble des souches sélectionnées. L'utilisation des extraits de plantes pour la formulation de biofongicide dans le contrôle des pertes post-récoltes dues aux agents pathogènes de la papaye et de la tomate s'avère être une belle alternative aux produits chimiques toxiques utilisés pour la conservation de ces produits.

Mots-clés: *Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus stolonifer*, tomate, papaye, biofongicides, extraits de plantes, composés phytochimiques

**Antifungal *In Vitro* Activity of Five Plants from
Local Traditional Medecine of Côte d'Ivoire on
Colletotrichum Higginsianum, *Fusarium Oxysporum*
and *Rhizopus Stolonifer*, Pathogens of Pawpaw
(*Carica Papaya* L.) and Tomatoes
(*Solanum Lycopersicum* L.)**

Kossonou Yao Kamelé, Assistant

UFR d'Ingénierie Agronomique Forestière et Environnementale,
Université de Man, Man, Côte d'Ivoire

Kouakou-Kouame Amenan Clémentine, Maître Assistant

UFR Sciences et Technologies des Aliments,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Koffi Affoué Carole, Assistant

UFR d'Ingénierie Agronomique Forestière et Environnementale,
Université de Man, Man, Côte d'Ivoire

Koffi Yao Mesmin, Doctorant

Tra Bi Fézan Honora, Professeur

UFR Sciences de la Nature,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Tano Kablan, Professeur

UFR Sciences et Technologies des Aliments,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

To evaluate the *in vitro* antifungal activity of plant extracts on the growth of fungal pathogens responsible for tropical fruit rot (papaya and tomato). Methanol, dichloromethane, and water distilled of *Trichilia heudelotii*, *Nesogordonia papaverifera*, *Celtis mildbraedii*, *Cola gigantea* and *Triplochiton scleroxylon* were tested on strains of isolated and identified fungi from fruits of papaya and tomato. Growth inhibition tests carried out made it possible to measure their level of resistance in presence of plant extracts. Tube reactions were performed for the detection of classes of phytochemicals compounds responsible for the activity of plant extracts. Antifungal tests revealed that the extracts of all plants were fungicidal at a concentration of 10 mg / mL on fungal *Colletotrichum higginsianum*,

Fusarium oxysporum, *Rhizopus stolonifer*, pathogens of papaya and tomato. *Fusarium oxysporum* was the most sensitive strain to methanolic and dichloromethane extracts of the organs of all plants tested. Phytochemical investigations revealed the presence of phenolic compounds, sterols and polyterpenes in the extracts of plant organs studied. The presence of these compounds may explain the antifungal activity of the extracts of these plants on all the selected strains. The use of plant extracts for the development of formulation technology of biofungicides for the control of post-harvest losses of papaya and tomato due to pathogens is proving to be a good alternative to the toxic chemicals products used for the conservation of these foods.

Keywords: *Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus stolonifer*, tomato, papaya, fungicides, plant extracts, phytochemicals

Introduction

L'économie de la Côte d'Ivoire, à l'instar de la plupart des pays en développement, est basée principalement sur ses ressources agricoles. Elle est productrice de nombreux fruits tropicaux (papaye, tomate et mangue...) consommés généralement frais, cuits ou transformés en jus ou confiture. La papaye, *Carica papaya* L., est l'un des fruits tropicaux les plus exportés de la Côte d'Ivoire qui en est deuxième pays exportateur après le Ghana, avec environ 1,163 tonnes chaque année vers l'Union européenne (Dembele *et al.*, 2009). La papaye contient des macro et micro minéraux tels que Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn. Elle est également source de caroténoïdes, vitamines C, thiamine, riboflavine, vitamine B6 et vitamine K (Adetuyi *et al.*, 2008). La tomate est, quant à elle, une bonne source de vitamines A et C et permet de réduire leurs carences dans les pays en voies de développement. De nos jours, elle connaît un succès prononcé à cause de sa forte teneur en lycopène, un antioxydant responsable de sa couleur rouge. Le lycopène réduit le risque de développer des maladies chroniques telles que différents types de cancers ou des maladies cardiovasculaires (Agarwal et Rao, 2000).

Malheureusement, la production et la commercialisation de ces fruits sont menacées par une multitude d'insectes et de microorganismes dont les principales sont d'origine virale et fongique (Diallo *et al.*, 2007). En Côte d'Ivoire, les moisissures sont jugées responsables de nombreuses pertes post-récoltes et constituent un véritable problème pour la préservation de leur qualité et leur commercialisation surtout les pays importateurs qui ont des normes assez rigides (Dembele *et al.*, 2009; Akinmusire, 2011). L'activité fongique peut conduire à des contaminations par des mycotoxines dangereuses pour le consommateur. Environ 20 à 25 % des fruits récoltés sont, ainsi, dépréciés par les agents pathogènes pendant la manipulation post-récolte, même dans les pays développés, influençant ainsi, négativement, leur valeur

économique (Droby, 2006). Pour minimiser les pertes post-récoltes et réduire les maladies épidémiques résultantes des intoxications alimentaires, les produits périssables sont traités avec des fongicides chimiques de synthèse dont l'utilisation a été restreinte en raison des effets secondaires identifiés. Certains sont cancérigènes, de haute toxicité, de longue période de dégradation, de pollution de l'environnement. Ils constituent une menace pour la sécurité de l'humain d'où l'intérêt de plus en plus grandissant pour une agriculture sans résidus chimiques.

La recherche et le développement de nouvelles molécules bioactives pouvant agir plus efficacement sur les nouvelles générations de micro-organismes résistants et préservant l'environnement et l'homme deviennent, alors, des priorités (Coates *et al.*, 2002 ; Ouahiba *et al.*, 2010). L'utilisation de composés naturels bioactifs offre une alternative de premier choix pour les plantes à activité antifongique dans le contrôle des pathogènes de plusieurs produits. Les propriétés thérapeutiques et antimicrobiennes de plusieurs plantes ont été mises en évidence pour traiter plusieurs affections de l'homme : coqueluche, asthme, dermatomycoses, syphilis ... (Sattarian, 2006 ; Agyare *et al.*, 2012). Selon la littérature, *Trichilia heudelotii* et *Cola gigantea* ont une activité antimicrobienne par l'inhibition de *Aspergillus niger*, *Candida albicans* et *Trichophyton mentagrophytes* (Sonibaré *et al.*, 2009). *Trichilia heudelotii*, *Nesogordonia papaverifera*, *Celtis mildbraedii*, *Cola gigantea* et *Triplochiton scleroxylon* utilisées en médecine traditionnelle, en Côte d'Ivoire, contre les champignons pathogènes de la peau chez l'homme, ont montré de bonnes activités antimicrobiennes (antifongiques et antibactériennes). Cependant, aucune étude sur les pathogènes responsables de la pourriture des fruits n'a encore été réalisée.

La présente étude a consisté à évaluer l'activité antifongique *in vitro* de leurs extraits aqueux et méthanoliques sur la croissance de *Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus stolonifer*, pathogènes de la papaye et de la tomate en Côte d'Ivoire puis rechercher les composés chimiques actifs qu'elles contiennent et qui font d'elles des plantes de valeur.

Matériel et méthodes

Matériel

Le matériel végétal est constitué de poudres de feuilles de *Trichilia heudelotii* et d'écorces de tronc de *Nesogordonia papaverifera*, *Celtis mildbraedii*, *Cola gigantea* et de *Triplochiton scleroxylon*. *Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus stolonifer* sont les pathogènes de la papaye dans les champs de la région d'Azaguié et d'Agboville (Côte d'Ivoire).

Les souches fongiques (*Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus stolonifer*) utilisées ont été isolées de fruits de papayes

prélevées dans des champs dans la région d'Azaguié et d'Agboville en Côte d'Ivoire en 2011. Ces souches ont ensuite été identifiées selon la méthode moléculaire PCR-DGGE suivie de séquençage (Kossonou *et al.*, 2014).

Méthodes

Préparation des extraits végétaux

Les plantes utilisées ont été récoltées dans le département de Divo et identifiées au Centre National de la Floristique (CNF) de l'Université Felix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire). Les écorces du tronc et feuilles des plantes ont été prélevées puis séchées sous climatisation à 22°C, à l'abri du soleil, pendant trois semaines. Les organes secs ont ensuite été réduits en poudre fine à l'aide d'un broyeur électronique (Retsch de de type SM 100). Les poudres ont été conditionnées dans des bocaux.

La préparation des extraits végétaux a été est faite selon deux méthodes: la macération à l'aide de solvants organiques de polarité croissante et l'infusion dans de l'eau distillée.

Préparation des extraits aqueux: Dix grammes (10 g) de poudre de chaque organe de plantes ont été infusés pendant 15 min avec 100 mL d'eau distillée bouillante. La préparation a été filtrée après refroidissement ; et la solution aqueuse obtenue a été congelée puis lyophilisée pour obtenir les extraits végétaux aqueux.

Préparation des extraits organiques: L'extrait dichlorométhane a été préparé par des macérations successives réalisées à froid avec 10 g de poudre végétale de chaque organe de plantes dans 100 mL de dichlorométhane, à température ambiante, sous agitation mécanique, pendant 30 min. Après filtration, le filtrat recueilli est laissé à la température ambiante de la salle pour l'évaporation du dichlorométhane. Le produit gras obtenu constitue l'extrait dichlorométhane. Le marc résultant a été séché sous climatisation, sur du papier buvard puis repris par 100 mL de méthanol. Après le même procédé de filtration, le filtrat recueilli a été soumis à l'évaporateur rotatif. Ensuite, le résidu sec obtenu, récupéré dans un peu d'eau a été congelé puis lyophilisé pour l'obtention de l'extrait méthanolique

Tests d'inhibition des souches fongiques aux différents extraits de plantes

Une solution mère de chaque extrait de concentration 100 mg/mL a été préparée en dissolvant 1,2 grammes d'extrait lyophilisé dans 12 mL de diméthylsulfoxyde (DMSO). Dans 15 mL de gélose Sabouraud au chloramphénicol (Biomérieux) en surfusion coulée dans des boîtes de Pétri, ont été incorporés des prélèvements de solution mère de volume 300 µL, 600 µL, 1200 µL et 1500 µL pour obtenir des concentrations équivalentes

respectives de 2 mg/mL, 4 mg/mL, 8 mg/mL et 10 mg/mL. Ensuite 0,5 µL de l'inoculum contenant chaque germe (*Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus stolonifer*) a été déposé séparément sur ces milieux solidifiés. Un Témoin a été préparé selon le même procédé sans incorporation d'extraits végétaux. Pour chaque traitement, trois boîtes de Pétri ont été utilisées et l'essai a été répété 3 fois. Les boîtes de Pétri ont été mises en incubation pendant six jours à 25 °C à l'étuve. Les diamètres moyens de la croissance radiale du mycélium de chaque souche de champignon ont été ensuite mesurés chaque jour.

L'inhibition de la croissance a été déterminée par la moyenne de croissance radiale du mycélium pour chaque germe fongique. Le niveau de résistance ou de sensibilité des souches fongiques aux extraits de plantes a été déterminé selon la formule et l'échelle de sensibilité proposées par Kumar *et al.* (2007) :

$$I (\%) = \frac{C-T}{T} \times 100$$

I = Inhibition (%), **C** = Croissance radiale (cm) du témoin, **T** = Croissance radiale (cm) du traitement

Lorsque pour une concentration donnée, il n'y a aucune croissance mycélienne observée, le germe est repiqué sur un milieu gélosé dépourvu d'extrait végétal. Une reprise de la croissance traduit un effet fongistatique et l'absence de croissance un effet fongicide.

Paramètres antifongiques recherchés:

- **CMi** (concentration minimale inhibitrice) : c'est la plus petite concentration d'extrait pour laquelle il n'y a aucune croissance visible à l'œil nu.
- **CI₅₀** (concentration qui induit 50 % d'inhibition)

Tests de détection des classes de composés chimiques

La caractérisation phytochimique des extraits végétaux a été faite selon les méthodes utilisées par Ribéreau-Gayon (1968), Randerath (1971), Rizk (1982), Al-Yahya (1986), Mogode (2005) puis Kpémessi (2007). La détection des stérols et polyterpènes a été faite selon la réaction de Salkowski. Les saponosides ont été mis en évidence par leur indice de mousse.

Quant aux polyphénols, ils ont été mis en évidence par la réaction au chlorure ferrique. Parmi les composés phénoliques, les flavonoïdes ont été mis en évidence par la réaction à la soude. Les anthocyanes ont été recherchés par la réaction à l'ammoniaque 2N. La fluorescence nette bleue aux rayons UV 366 nm a permis de déterminer les coumarines. La réaction de Stiasny a permis de détecter les tanins. Enfin, les quinones et dérivés ont été détectés

par la réaction de Borntrager. Les Alcaloïdes ont quant à eux été recherchés par la réaction de Dragendoff.

Analyses statistique

Les résultats des tests d'inhibition des extraits végétaux sur les souches fongiques ont été exprimés sous formes de pourcentage d'inhibition. L'ANOVA 1 a servi de modèle pour la comparaison de l'effet des extraits de plantes entre eux pour chaque concentration. Lorsqu'au seuil de significativité $\alpha = 0,05$, une différence est observée entre les effets inhibiteurs des extraits pour un germe, le test de la PPDS (Plus Petite Différence Significative) a été utilisé pour déterminer les extraits dont les effets inhibiteurs diffèrent significativement des autres (Dagnelie, 1998). L'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel Statistica 7.0. Pour la détermination des CI50, une détermination graphique a été effectuée sur la courbe de tendance entre les concentrations des extraits et les pourcentages d'inhibition observées et cela grâce au logiciel Excel 2016.

Résultats et discussion

Résultats

Activité antifongique des extraits de plante

Les extraits végétaux dichlorométhaniques, méthanoliques et aqueux des différents organes de plantes ont tous présenté des activités antifongiques contre les trois souches fongiques étudiées : *Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus stolonifer*. Les activités manifestées étaient selon la concentration, soit fongistatique, soit fongicide.

Sur la souche fongique *Colletotrichum higginsianum*, tous les extraits des trois solvants d'extraction ont été fongistatiques aux trois premières concentrations (2 mg/mL, 4 mg/mL et 8 mg/mL). À ces concentrations, la souche fongique après repiquage a eu une croissance radiale variant entre 15 % et 55 % environ pour les extraits dichlorométhaniques, entre 32 % et 67 % pour les extraits méthanoliques et une croissance entre 26 % et 69 % pour les extraits aqueux. Cependant, à la concentration de 10 mg/mL, tous les extraits ont été fongicides (aucune croissance observée) excepté l'extrait dichlorométhanique de l'écorce de tronc de *Celtis mildbraedii* où une reprise de croissance d'environ 23 % a été observée. La concentration minimale inhibitrice pour l'ensemble des extraits fongicides sur *C. higginsianum* est de 10 mg/mL (Tableau 1).

Tableau I : Effet des extraits végétaux sur la croissance radiale de *Colletotrichum higginsianum* et valeurs des CMI et CI₅₀ mesurées

Extraits	Organes de plantes	Pourcentage d'inhibition de la croissance radiale de <i>Colletotrichum higginsianum</i> selon la concentration d'extrait				Paramètres antifongiques	
		2 mg/mL	4 mg/mL	8 mg/mL	10 mg/mL	CI ₅₀ (mg/mL)	CMI (mg/mL)
Dichlorométhanique	Écorce de tronc (Np)	45,12±0,23 ^a	50,93±0,23 ^a	85,04±0,48 ^a	100±0,00 ^a	5,25	10
	Feuilles (Th)	44,88±0,40 ^a	50,70±0,40 ^a	72,79±0,23 ^b	100±0,00 ^a	5,24	10
	Écorce de tronc (Cm)	44,81±0,36 ^a	50,62±0,36 ^a	85,35±0,23 ^a	76,67±0,36 ^b	5,24	>10
	Écorce de tronc (Cg)	44,88±0,23 ^a	50,70±0,23 ^a	85,43±0,27 ^a	100±0,00 ^a	5,24	10
	Écorce de tronc (Ts)	44,88±0,00 ^a	50,70±0,00 ^a	84,81±0,13 ^a	100±0,00 ^a	5,24	10
Méthanolique	Écorce de tronc (Np)	33,26±0,23 ^a	40,93±0,23 ^a	68,84±0,23 ^a	100±0,00 ^a	5,34	10
	Feuilles (Th)	33,02±0,40 ^a	40,70±0,40 ^a	68,60±0,40 ^a	100±0,00 ^a	5,36	10
	Écorce de tronc (Cm)	32,95±0,36 ^a	40,62±0,36 ^a	68,53±0,36 ^a	100±0,00 ^a	5,42	10
	Écorce de tronc (Cg)	33,02±0,23 ^a	40,70±0,23 ^a	68,60±0,23 ^a	100±0,00 ^a	5,36	10
	Écorce de tronc (Ts)	33,02±0,00 ^a	40,70±0,00 ^a	68,60±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,36	10
Aqueux	Écorce de tronc (Np)	32,09±0,23 ^a	39,30±0,23 ^a	74,19±0,23 ^a	100±0,00 ^a	5,26	10
	Feuilles (Th)	31,86±0,40 ^a	39,07±0,40 ^a	73,95±0,40 ^a	100±0,00 ^a	5,28	10
	Écorce de tronc (Cm)	31,78±0,36 ^a	38,99±0,36 ^a	73,88±0,36 ^a	100±0,00 ^a	5,32	10
	Écorce de tronc (Cg)	31,86±0,23 ^a	39,07±0,23 ^a	73,95±0,23 ^a	100±0,00 ^a	5,28	10
	Écorce de tronc (Ts)	31,86±0,00 ^a	39,07±0,00 ^a	73,95±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,28	10

Np = *Nesogordonia papaverifera* ; Th = *Trichilia heudelotii* ; Cm = *Celtis mildbraedii* ;
Cg = *Cola gigantea* ; Ts = *Triplochiton scleroxylon*

Concernant la souche fongique *Fusarium oxysporum*, pour les extraits dichlorométhaniques et méthanoliques, tous les extraits ont été fongistatiques aux concentrations de 2 mg/mL et de 4 mg/mL (Tableau II). La croissance radiale mycélienne observée étant d'environ 67 à 78 %. À partir de 8 mg/mL, les extraits de ces deux solvants ont totalement inhibé la croissance mycélienne du fongique. La concentration minimale inhibitrice fongicide des extraits végétaux sur cette souche est de 8 mg/mL. Quant à l'effet des extraits aqueux sur la croissance radiale de *F. oxysporum*, on note un effet fongistatique de tous les extraits aqueux jusqu'à 8 mg/mL et un effet fongicide à 10 mg/mL. La CMI pour ces extraits est alors de 10 mg/mL (Tableau 2).

Tableau II : Effet des extraits végétaux sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum* et valeurs des CMI et CI₅₀ mesurées

Extraits	Organes de plantes	Pourcentage d'inhibition de la croissance radiale de <i>Fusarium oxysporum</i> selon la concentration d'extrait				Paramètres antifongiques	
		2 mg/mL	4 mg/mL	8 mg/mL	10 mg/mL	CI ₅₀ (mg/mL)	CMI (mg/mL)
Dichlorométhanique	Écorce de tronc (Np)	22,87±0,13 ^a	28,22±0,13 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,25	8
	Feuilles (Th)	22,87±0,13 ^a	28,22±0,13 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,25	8
	Écorce de tronc (Cm)	22,95±0,36 ^a	28,29±0,36 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,24	8
	Écorce de tronc (Cg)	22,95±0,36 ^a	28,29±0,36 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,24	8
	Écorce de tronc (Ts)	22,95±0,36 ^a	28,29±0,36 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,24	8
Méthanolique	Écorce de tronc (Np)	25,66±0,13 ^a	32,87±0,13 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,04	8
	Feuilles (Th)	25,66±0,13 ^a	32,87±0,13 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,04	8
	Écorce de tronc (Cm)	25,74±0,36 ^a	32,95±0,36 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,03	8
	Écorce de tronc (Cg)	25,74±0,36 ^a	32,95±0,36 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,03	8
	Écorce de tronc (Ts)	25,74±0,36 ^a	32,95±0,36 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	5,03	8
Aqueux	Écorce de tronc (Np)	44,50±0,13 ^a	49,15±0,13 ^a	62,09±0,23 ^a	100±0,00 ^a	4,34	10
	Feuilles (Th)	44,50±0,13 ^a	49,15±0,13 ^a	63,02±0,23 ^a	100±0,00 ^a	4,28	10
	Écorce de tronc (Cm)	44,57±0,36 ^a	49,22±0,36 ^a	62,95±0,36 ^a	100±0,00 ^a	4,32	10
	Écorce de tronc (Cg)	44,57±0,36 ^a	49,22±0,36 ^a	62,71±0,13 ^a	100±0,00 ^a	4,34	10
	Écorce de tronc (Ts)	46,90±0,36 ^a	51,55±0,36 ^a	63,41±0,36 ^a	100±0,00 ^a	4,26	10

Np = *Nesogordonia papaverifera* ; Th = *Trichilia heudelotii* ; Cm = *Celtis mildbraedii* ;
Cg = *Cola gigantea* ; Ts = *Triplochiton scleroxylon*

Quant à *Rhizopus stolonifer*, le tableau 3 présente l'effet des extraits végétaux sur la croissance radiale mycélienne de cette souche fongique. D'après ces résultats, tous les extraits de tous les organes de plantes ont eu une activité fongistatique aux concentrations de 2 mg/mL, 4 mg/mL et de 8 mg/mL. Cette activité fongistatique est caractérisée par la reprise de la croissance radiale du germe fongique après repiquage. L'inhibition de la croissance radiale du fongique à ces trois premières concentrations était comprise entre 39 % et 75 % chez les extraits dichlorométhaniques, entre 35 % et 77 % pour extraits méthanoliques et concernant les extraits aqueux, cette inhibition était comprise entre 55 % et 84 %. Cependant à 10 mg/mL, tous les extraits (dichlorométhaniques, méthanoliques et aqueux) de tous les organes de plantes ont montré une activité fongicide, car aucune croissance radiale mycélienne n'a été observée après le repiquage du germe. En se référant aux valeurs des CI₅₀, les extraits aqueux qui en ont présenté les plus basses se sont révélés les plus efficaces aux faibles concentrations. Les CI₅₀ sont d'environ 1,8 mg/mL pour les extraits aqueux alors pour les extraits

dichlorométhaniques et méthanoliques, elles sont respectivement de l'ordre de 4,5 mg/mL et de 5,2 mg/mL. La concentration minimale inhibitrice de chaque extrait sur ce germe fongique est 10 mg/mL.

Tableau III : Effet des extraits végétaux sur la croissance radiale de *Rhizopus stolonifer* et valeurs des CMI et CI₅₀ mesurées

Extraits	Organes de plantes	Pourcentage d'inhibition de la croissance radiale de <i>Rhizopus stolonifer</i> selon la concentration d'extrait				Paramètres antifongiques	
		2 mg/mL	4 mg/mL	8 mg/mL	10 mg/mL	CI ₅₀ (mg/mL)	CMI (mg/mL)
Dichlorométhanique	Écorce de tronc (Np)	39,61±0,02 ^a	46,82±0,02 ^a	74,81±0,06 ^a	100±0,00 ^a	4,47	10
	Feuilles (Th)	39,07±0,05 ^a	46,28±0,05 ^a	74,57±0,06 ^a	100±0,00 ^a	4,53	10
	Écorce de tronc (Cm)	39,61±0,02 ^a	46,82±0,02 ^a	74,88±0,11 ^a	100±0,00 ^a	4,47	10
	Écorce de tronc (Cg)	39,53±0,05 ^a	46,74±0,05 ^a	75,19±0,06 ^a	100±0,00 ^a	4,49	10
	Écorce de tronc (Ts)	39,53±0,05 ^a	46,74±0,05 ^a	74,96±0,06 ^a	100±0,00 ^a	4,49	10
Méthanolique	Écorce de tronc (Np)	35,89±0,13 ^a	39,61±0,13 ^a	76,20±0,13 ^a	100±0,00 ^a	5,16	10
	Feuilles (Th)	35,35±0,23 ^a	39,07±0,23 ^a	76,98±0,23 ^a	100±0,00 ^a	5,18	10
	Écorce de tronc (Cm)	35,89±0,13 ^a	39,61±0,13 ^a	77,21±0,23 ^a	100±0,00 ^a	5,12	10
	Écorce de tronc (Cg)	35,81±0,23 ^a	39,53±0,23 ^a	76,98±0,23 ^a	100±0,00 ^a	5,16	10
	Écorce de tronc (Ts)	35,81±0,23 ^a	39,53±0,23 ^a	76,82±0,36 ^a	100±0,00 ^a	5,16	10
Aqueux	Écorce de tronc (Np)	55,19±0,13 ^a	60,54±0,13 ^a	82,09±0,23 ^a	100±0,00 ^a	1,82	10
	Feuilles (Th)	54,65±0,23 ^a	60,00±0,23 ^a	83,02±0,23 ^a	100±0,00 ^a	1,84	10
	Écorce de tronc (Cm)	55,19±0,13 ^a	60,54±0,13 ^a	82,71±0,13 ^a	100±0,00 ^a	1,82	10
	Écorce de tronc (Cg)	55,12±0,23 ^a	60,47±0,23 ^a	83,1±0,27 ^a	100±0,00 ^a	1,82	10
	Écorce de tronc (Ts)	55,12±0,23 ^a	60,47±0,23 ^a	82,48±0,36 ^a	100±0,00 ^a	1,82	10

Np = *Nesogordonia papaverifera* ; Th = *Trichilia heudelotii* ; Cm = *Celtis mildbraedii* ;
Cg = *Cola gigantea* ; Ts = *Triplochiton scleroxylon*

Criblage phytochimique des extraits de plantes

Selon ces résultats, tous les extraits aqueux des organes de plante contiennent des polyphénols. Dans le groupe des polyphénols, les tanins (galliques et catéchiques) et les flavonoïdes sont simultanément présents dans tous les extraits des plantes à l'exception des tanins galliques, dans les écorces de tige de *Celtis mildbraedii*. Les hétérosides anthraquinoniques ont été détectés dans les écorces de tige de *Triplochiton scleroxylon* et dans les feuilles de *Trichilia heudelotii*. Les flavonoïdes et les tanins sont également présents dans les feuilles de *T. heudelotii* et dans les écorces de tiges de *T.*

scleroxylon, *Cola gigantea* et *Nesogordonia papaverifera*. Le groupe de stérols et polyterpènes n'a uniquement été observé que chez *N. papaverifera* (tableau 4).

Dans ces extraits méthanoliques, les polyphénols sont présents dans toutes les plantes, de même que le groupe des stérols et polyterpènes. Les composés anthraquinoniques libres et les tanins ont été détectés uniquement dans les feuilles de *T. heudelotii*. Cependant, dans les feuilles de *T. heudelotii*, et les écorces de tige de *Celtis mildbraedii*, de *C. gigantea*, et de *N. papaverifera*, ce sont les tanins qui ont été mis en évidence (tableau IV).

En ce qui concerne les extraits au dichlorométhane, les polyphénols sont présents dans toutes les plantes. Les tanins et les flavonoïdes ont été mis en évidence dans les extraits des écorces de tige de *C. gigantea* et *N. papaverifera*. Les tanins ont également été détectés dans les extraits des feuilles de *T. heudelotii* et de l'écorce de tige de *C. mildbraedii* ainsi que la présence des anthraquinoniques libres. Aucune présence de stérols et polyterpènes n'a été détectée dans ces extraits plantes.

En somme, en considérant l'ensemble des 5 organes de plantes et dans les trois solvants d'extraction (dichlorométhane, méthanol, eau), les espèces où il a plus été noté la présence des composés phytochimiques sont respectivement, par ordre d'importance *T. heudelotii* (Fe), *N. papaverifera* (Et), et *Celtis mildbraedii* (Et), tandis que les plus pauvres en composés phytochimiques ont été *Triplochiton scleroxylon* (Et) et *Cola gigantea*.

Tableau IV : Résultat du criblage phytochimique des différents organes de plantes dans les trois solvants d'extraction (eau, méthanol et dichlorométhane)

Organes de plantes	Eau										
	Stp	Pp	An	Ali	Ha	Ac	Sa	Co	Tc	Tg	Fl
Np (Et)	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Th (Fe)	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-
Cm (Et)	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Cg (Et)	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Ts (Et)	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
Organes de plantes	Méthanol (MeOH)										
	Stp	Pp	An	Ali	Ha	Ac	Sa	Co	Tc	Tg	Fl
Np (Et)	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Th (Fe)	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Cm (Et)	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Cg (Et)	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Ts (Et)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Organes de plantes	Dichlorométhane (DCM)										
	Stp	Pp	An	Ali	Ha	Ac	Sa	Co	Tc	Tg	Fl

Np (Et)	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Th (Fe)	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Cm (Et)	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Cg (Et)	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Ts (Et)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ : Présence du composé ; - : Absence du composé ; StP : Stérols et Polyterpènes ; Pp : Polyphénols ; An : Anthocyanes ; Ali : Anthraquinones libres ; Ha : Hétérosides anthraquinoniques ; Ac : Alcaloïdes ; Sa : Saponines ; Co : Coumarines ; Tc : Tanins cathéchiques ; Tg : Tanins galliques ; Fl : Flavonoïdes ; Np : *Nesogordonia papaverifera* ; Th : *Trichilia heudelotii* ; Cm : *Celtis mildbraedii* ; Cg : *Cola gigantea* ; Ts : *Triplochiton scleroxylon* ; Fe : Feuille ; Et : Écorce de tige ; Pe : Plante entière.

Discussion

L'approche vers de nouvelles substances naturelles comme alternatives aux agents chimiques reste une solution prometteuse. Un total de quinze (15) extraits obtenus dans trois solvants (eau, méthanol et dichlorométhane) à partir des organes de cinq (5) espèces de plantes (*Nesogordonia papaverifera*, *Cola gigantea*, *Triplochiton scleroxylon*, *Trichilia heudelotii* et *Celtis mildbraedii*) ont été utilisés pour la réalisation des tests antifongiques sur *Colletotrichum higginsianum*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus stolonifer*. L'analyse de l'effet de la variation des concentrations des extraits de plantes sur la croissance radiale de l'ensemble des souches a montré que l'activité manifestée est plus importante aux fortes concentrations. Cette variation d'activité peut aller de 0 % à 100 % d'inhibition de la croissance radiale respectivement à des concentrations de 2 mg/mL à 10 mg/mL selon l'espèce végétale et des types d'extraits. Ce qui montre que les activités antifongiques mises en évidence sont dose-dépendantes.

Sur la souche fongique *Colletotrichum higginsianum*, les extraits au dichlorométhane ont été plus actifs avec des valeurs de CI₅₀ plus basses que celles des extraits méthanoliques et aqueux. Concernant *Fusarium oxysporum*, ce sont les extraits dichlorométhaniques et méthanoliques qui ont été les plus actifs vues les valeurs des CMI qui étaient plus basses (8 mg/mL) que celles des extraits aqueux (10 mg/mL). Par rapport à ces extraits (dichlorométhaniques et méthanoliques), *F. oxysporum* a été la souche fongique la plus sensible de cette étude. Suffredini *et al.* (2004) ont montré que l'activité des plantes médicinales peut être améliorée en utilisant des solvants organiques ; ce qui pourrait expliquer l'activité antifongique intéressante des extraits organiques de ces plantes. Quant au fongique *R. stolonifer*, contrairement à l'espèce fongique *F. oxysporum*, l'analyse comparative des activités des extraits de plantes sur sa croissance a montré sa grande sensibilité plutôt aux extraits aqueux des plantes. Par ailleurs, les valeurs des CI₅₀ observées pour les extraits aqueux étaient plus faibles que les

CI₅₀ mesurées pour les extraits dichlorméthaniques et méthanoliques. Pour certaines de ces plantes comme *Trichilia heudelotii* et *Cola gigantea*, ce résultat était attendu. En effet Aladesanmi *et al.* (2007) ont montré que l'extrait aqueux de l'espèce *T. heudelotii* possède une forte activité antibactérienne et antifongique. Également, selon Sonibaré *et al.* (2009), les feuilles de *Cola gigantea* inhibent la croissance de *Candida albicans* et *Aspergillus niger*. Traditionnellement, l'extrait aqueux de *C. gigantea* est utilisé contre les dermatomycoses (Odugbemi, 2006).

Les activités antifongiques de l'ensemble de tous les extraits de plantes sur ces trois souches fongiques responsables de la pourriture post-récolte de la papaye et de la tomate sont rapportées ici pour la première fois.

Le criblage phytochimique réalisé à partir des extraits obtenus des organes de cinq (5) espèces de plantes sélectionnées (*Nesogordonia papaverifera*, *Cola gigantea*, *Triplochiton scleroxylon*, *Trichilia heudelotii* et *Celtis mildbraedii*) a montré la présence de plusieurs métabolites secondaires, particulièrement les terpènes, stéroïdes et les composés phénoliques. Pour Bruneton (2009), les terpènes et stéroïdes et les composés phénoliques décelés sont deux classes de métabolites secondaires qui constituent des agents de lutte chimique contre les pathogènes tels les bactéries et les champignons. De façon générale, l'activité antimicrobienne est liée à la famille chimique des composés phénoliques dont la structure (noyau aromatique lié au groupement hydroxyle dans différentes positions), leur permet de former des liaisons hydrogènes avec les groupes-SH dans les sites actifs des enzymes cibles, ce qui entraîne la désactivation de ces enzymes dans les champignons (Ultee *et al.*, 2002 ; Zongo *et al.*, 2011). Au sein de ce groupe de composés, Harborne et Williams (2000) ainsi que Sepúlveda *et al.* (2011) affirment que les tanins et les flavonoïdes décelés sont réputés pour leur capacité à inhiber la croissance de nombreux microorganismes dont les bactéries et les champignons. Aussi, les quinones et dérivés détectés dans les extraits de feuilles et des écorces de *Trichilia heudelotii*, de *Triplochiton scleroxylon* et de *Celtis mildbraedii* sont connus pour leurs propriétés laxatives et vermifuges, antimicrobiennes et antifongiques (Hoffman, 2003). De même, Bajwa *et al.* (2007) ont soutenu par leurs travaux que parmi les dérivés quinoniques, les hétérosides anthraquinoniques sont particulièrement doués de propriétés antifongiques. Ces dérivés ont été également décelés chez *T. heudelotii* et chez *Triplochiton scleroxylon*. La présence de ces composés expliquerait donc l'activité antifongique des extraits de ces plantes sur l'ensemble des souches sélectionnées. De plus, Diame (2010) a indiqué que *T. heudelotii* est traditionnellement utilisée contre des pathologies fongiques comme les candidoses.

Outre les composés phénoliques, les terpènes et stéroïdes décelés sont comme les huiles essentielles, protégeant la plante des champignons parasites

et les bactéries (Raven *et al.*, 2000). Les travaux de Soro *et al.* (2010) ont montré que l'huile essentielle des fruits de *Xylopiya aethiopica* contenant ces composés, était fongicide contre le champignon *Fusarium oxysporum*. De même, les terpènes phénoliques agissent aussi en se fixant sur les groupes amines et hydroxylamines des protéines membranaires de la cellule microbienne en provoquant l'altération de la perméabilité et la fuite de contenus intracellulaires (Lopez-Malo *et al.*, 2005). Ainsi, la présence des composés décelés et leurs propriétés biologiques constituent le fondement scientifique de l'importante activité des plantes à la suite des tests antifongiques.

Conclusion

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la recherche des produits naturels qui peuvent substituer les produits chimiques utilisés dans le contrôle des pathogènes fongiques, responsables de la pourriture des fruits tropicaux (papaye et tomate). Les tests antifongiques réalisés à partir des extraits de plantes contre trois souches fongiques (*Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum higginsianum* et *Rhizopus stolonifer*) ont montré que tous les extraits de plantes ont inhibé significativement la croissance mycélienne de ces trois agents phytopathogènes étudiés. Toutefois, de ces trois fongiques, *Fusarium oxysporum* a été le plus sensible aux extraits avec des CMI égales à 8 mg/mL contre des CMI de 10 mg/mL enregistrées par les extraits sur *Colletotrichum higginsianum* et *Rhizopus stolonifer*. Les tests de détection phytochimique réalisés ont permis de mettre en évidence la présence de certains composés chimique dont les propriétés chimiques justifient pleinement les activités antifongiques des extraits végétaux vis-à-vis des souches fongiques étudiées. L'efficacité des extraits de plantes sur ces souches fongiques suggère d'envisager une formulation de biofongicides naturels soucieux du bien-être des consommateurs dans la conservation des produits post-récoltes.

References:

1. Agarwal, S., Rao, A. V., 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal*, 163 (6): 739-44.
2. Adetuyi, F. O., Osagie, A. U., Adekunle, A. T., 2008. Effect of Postharvest Storage Techniques on the Nutritional Properties of Benin Indigenous Okra *Abelmoschus esculentus* (L). *Moench Pakistan Journal of Nutrition*, 7 (5): 652-657.
3. Agyare, C., Koffuor, G. A., Boamah, V. E., Adu, F., Mensah, K. B., Adu-Amoah, L., 2012. Antimicrobial and Anti-Inflammatory Activities of *Pterygota macrocarpa* and *Cola gigantea*

- (Sterculiaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012: 1-9.
4. Akinmusire, O. O., 2011. Fungal Species Associated with the Spoilage of some edible fruits in Maiduguri Northern Eastern Nigeria. *Advances in Environment and Biology*, 5 (1): 157-161.
 5. Al-yahya, M. A., 1986. Phytochemical studies of the plants used in traditional medicine of Saudi Arabia. *Fitoterapia*, 57 (3): 179-182.
 6. Aladesanmi, A. J., Iwalewa, E. O., Akinkunmi, E. O., Adebajo, A. C., Taiwo, B. J., Olorunmola, F. O., Lamikanra, A., 2007. Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Nigerian Medicinal Plants. *African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines*, 4(2):173-184.
 7. Bajwa, R., Shafique, S., 2007. Appraisal of antifungal activity of *Aloe vera*. *Mycopathology*, 5 (1): 5-9.
 8. Bruneton, J., 2009. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Lavoisier, 4^{ème} Edition. Lavoisier, Paris, France. 1292 pp.
 9. Coates, A., Hu, Y., Bax, R., Page, C., 2002. The future challenges facing the development of new antimicrobial drugs. *Nature Reviews Drug Discovery*, 1: 895-910.
 10. Dagnelie P. (1998). Statistique théorique et appliquée, (Tome 2) Ed. Bruxelles, Belgique : De Boeck & Larcier S. A. pp.659.
 11. Dembele, A., Coulibaly, A., Traoré, S. K., Mamadou, K., Silue, N., Touré, A., 2009. Détermination du niveau de contamination de l'ochratoxine A (OTA) dans les fèves de cacao à l'exportation. *Tropicicultura*, 27(1): 26-30.
 12. Diallo, H. A., Monger, W., Kouassi, N., Yoro, D. T., Jones, P., 2007. First report of Papaya ringspot virus infecting papaya in Côte d'Ivoire. *Plant Pathology*, 56: 718-722.
 13. Diame, GLA., 2010. Ethnobotany and ecological studies of plants used for reproductive health: a case study at Bia biosphere reserve in the western region of Ghana. The Division of Ecological Sciences, UNESCO (MAB) Young Scientist Research Award Scheme, Paris, France. 125 pp.
 14. Droby S., 2006. Improving quality and safety of fresh fruits and vegetables after harvest by the use of biocontrol agents and natural materials. *Acta Horticulture*, 709: 45-51.
 15. Harborne, J. B., Williams, C. A., 2000. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55 (6): 481-504.
 16. Hoffman, D., 2003. Medical Herbalism: The science and practice of herbal medicine. Inner traditions Bear & Company, Rochester, Vermont, USA 95: 666.

17. Kossonou, Y. K., Kouakou, A. C., Kra, K. D., TRA BI, F. H., Diallo, H. A., Tano, K., 2014. Isolation and molecular identification of fungi associated with the spoilage of farms fruit in Southern Côte d'Ivoire. *African Journal of Microbiology Research*, 8 (34): 3171-3177.
18. Kpemissi, A. E., 2007. Les Anacardiaceae du Togo : Etudes botaniques, écologiques et propriétés antifongiques. Thèse de doctorat, Université de Lomé, Lomé, Togo 198 pp.
19. Kumar, S. A., Reddy, EPN., Reddy, H. K., Devi, C. M., 2007. Evaluation of fungicidal resistance among *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mango anthracnose in Agriculture export zone of Andhra Pradesh, India. *Plant Pathology Bulletin*, 16: 157 -160.
20. Lopez-Malo, A., Alzamora, S. M., Palou, E., 2005. *Aspergillus flavus* growth in the presence of chemical preservatives and naturally occurring antimicrobial compounds. *International Journal Food Microbiology*, 99:119 - 128.
21. Mogode, D. J., 2005. Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia nigricans* (Caesalpiniaceae) utilisé dans le traitement des dermatoses au Tchad. Thèse de pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali 145 pp.
22. Odugbemi, O. T., 2006. Outlines and Pictures of Medicinal plants from Nigeria. University of Lagos Press, 10: 158.
23. Ouahiba, F., Tarek, C., Abouricha, S., Lamzira, Z., Benchat, N. E., Abdeslam, A. A., 2010. Synthèse et activité antimicrobienne de nouveaux dérivés pyridaziniques n-alkyles (synthesis and antimicrobial activities of news products derived from pyridaziniques n- alkyles). *Revue Microbiology Industrial Sanitary Environmental*, 4(1): 114-128.
24. Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E., 2000. Biologie végétale, De Boeck Supérieur, Paris, France 33: 944 pp.
25. Randerath, K., 1971. Chromatographie sur couches minces. Editions Gauthier-Villars, Paris, France 439 pp. [1]
26. Ribereau-Gayon, J., Peynaud, E., 1968. Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod. Traité d'œnologie, Paris, France 254 pp.
27. Rizk, A. M., 1982. Constituents of Plants growing in Qatar. *Fitoterapia*, 52 (3): 35-42.
28. Sattarian, A., 2006. Contribution to the biosystematics of *Celtis* L. (Celtidaceae) with special emphasis on the African species. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen, Netherlands. 142 pp. [1]
29. Sepúlveda, L., Ascacio, A., Rodríguez-Herrera, R., Aguilera-Carbó, A., Aguilar, C. N., 2011. Ellagic acid: Biological properties and

- biotechnological development for production processes. *African Journal of Biotechnology*, 10 (22): 4518-4523.
30. Suffredini, I. B., Sader, H. S., Gonçalves, A. G., Reis, A. O., Gales, A. C., Varella, A. D., Younes, R. N., 2004. Screening of antibacterial active extracts obtained from plants native to Brazilian Amazon rain forest and Atlantic forest. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37: 379-384.
 31. Soro, S., Djakalia, O., Guédé, Z., Coffi, K., N'guessan, K., Daouda, K., Kouadio, Y., Aké, S., 2010. Effet inhibiteur *in vitro* et *in vivo* de l'extrait de poudre et de l'huile essentielle de *Xylopiya aethiopyca* (Dunal) A. Rich. sur *Fusarium oxysporium* f sp. *radicis-lycopersici* (forl), champignon parasite des cultures de tomate. *European Journal of Scientific Research*, 2 (39): 279-288.
 32. Sonibare, M. A., Soladoye, M. O., Esan, O. O., Sonibare, O. O., 2009. Phytochemical and antimicrobial studies of four species of Cola Schott & Endl. (Sterculiaceae). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 6 (4): 518-525.
 33. Ultee, A., Bennink, M. H. J., Moezelaar, R., 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 4:1561-1568.
 34. Zongo, C., Savadogo, A., Somda, K. M., Koudou, J., Traore, A. S., 2011. *In vitro* evaluation of the antimicrobial and antioxidant properties of extracts from whole plant of *Alternanthera pungens* H.B. & K. and leaves of *Combretum sericeum* G. Don. *International Journal of Phytomedicine*, 3 : 182 - 191.