



Évaluation de l'efficacité de biopesticides dans la lutte contre les mouches des fruits (*Ceratitis cosyra* et *Bactrocera dorsalis*) au Mali

ⓂKeïta, Y. F.^{1*}, ⓂDiawara, M. O.¹, ⓂAssogba, R. R.¹, ⓂDembélé, B.¹, ⓂKeïta, M.¹, ⓂBouaré, S.², ⓂTraoré, A.¹, ⓂLy, B.¹, ⓂDiarra, R. A.¹, ⓂSodio, B. A.¹, ⓂSamaké, D.², & ⓂYaro, A. S.¹

¹Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), Colline de Badalabougou, B.P. 3206 Bamako.

²Département de Chimie, Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), Colline de Badalabougou, B.P. 3206 Bamako.

*Corresponding author, E-mail: founefaya31@yahoo.fr

Copyright © 2023 Keïta et al. | Published by LENAIF/ IFA-Yangambi | License CC BY-NC-4.0



Received: 20 May 2023

Accepted: 18 July 2023

Published : 20 Aug 2023

RÉSUMÉ

Le Mali dispose d'un important potentiel de production de mangues. La filière fait cependant face à de nombreuses contraintes dont les bioagresseurs en général et les mouches des fruits en particulier, cela malgré l'utilisation souvent incontrôlée des insecticides chimiques. Or les impacts de ces produits sur la santé des producteurs et l'environnement sont largement admis. Cette étude a été initiée pour tester l'efficacité de trois extraits de plantes sur deux espèces de mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) : *B. dorsalis* et *C. cosyra*. Elle a été conduite de novembre 2021 à mai 2022 au laboratoire. Les extraits de graines d'*Azadirachta indica*, les feuilles de *Cassia nigricans* et *Calotropis procera* ont été mélangés à l'alimentation des mouches. Un effectif total de 2180 mouches des fruits adultes a été utilisé dont 1620 ont été testés aux trois biopesticides et 560 mouches des fruits utilisées comme témoins. Les doses utilisées étaient de 0,5 ml ; 0,10 ml ; 0,15 ml pour l'huile extraite des graines d'*A. indica* et 0,5 g ; 0,10 g ; 0,15 g pour les feuilles de *C. nigricans* et *C. procera*. L'étude révèle qu'après 72 heures d'exposition le taux de mortalité varie entre 38,5 à 100%. Il en ressort aussi que *A. indica* était le plus efficace suivi par *C. nigricans* et *C. procera*. Les produits testés sont plus efficaces au cours des trois premiers jours d'exposition et pourraient servir dans la lutte biologique contre les mouches des fruits qui sont responsables d'importantes pertes économiques dans la filière mangue au Mali.

Mots-clés : Diptera, Tephritidae, mouches des fruits, lutte biologique, biopesticides, Mali

ABSTRACT

Evaluation of the effectiveness of biopesticides in the control of fruit flies (*Ceratitis cosyra* and *Bactrocera dorsalis*) in Mali

Mali has a large potential for mango production. However, the sector faces many constraints, including pests in general and fruit flies in particular, despite the uncontrolled use of chemical insecticides. However, the impacts of these products on the health of producers and the environment are widely recognized. This study was initiated to test the efficacy of three plant extracts on two species of fruit flies (Diptera: Tephritidae): *B. dorsalis* and *C. cosyra*. It was conducted from November 2021 to May 2022 at laboratory. Extracts of *A. indica* seeds, *Cassia nigricans* and *Calotropis procera* leaves were mixed with the flies' diet. A total of 2180 adult fruit flies were used of which 1620 were tested with the three biopesticides and 560 fruit flies used as controls. The doses used were 0.5 ml; 0.10 ml; 0.15 ml for the oil extracted from the seeds of *A. indica* and 0.5 g; 0.10 g; 0.15 g for the leaves of *C. nigricans* and *C. procera*. The study revealed that after 72 hours of exposure the mortality rate ranged from 38.5 to 100%. It also shows that *A. indica* was the most effective followed by *C. nigricans* and *C. procera*. The mortality rate was not always related to the dose of the product used for treatment. The tested products are also more effective during the first three days of exposure and could be used in the biological control of fruit flies which are responsible for important economic losses in the mango industry in Mali.

Keywords: Diptera, Tephritidae, fruit flies, biological control, biopesticides, Mali

INTRODUCTION

Le Mali est un acteur majeur dans la production et l'exportation mondiale de la mangue (IFM, 2017), avec une production annuelle estimée en 2020 à 79 7949 tonnes et une exportation annuelle de 22 276 tonnes (IFM, 2021). En 2021, il a y eu une production de 50 000 tonnes sur une prévision de 86000 tonnes (journal du mali.com/2022/03/07/Filière mangue). Rarement plus de 1% de la production annuelle de mangues n'a pu être exportée (Vayssières et al., 2004). Or les mangues représentent près de 60% de la production fruitière au Mali (Haidara, 2012). Malgré cette quantité, la filière mangue ne génère que 10 milliards de F CFA, et ce chiffre inclut à la fois la mangue fraîche et transformée (IFM-Mali, 2021). En 1980, le Mali était le principal fournisseur du marché Européen en mangues avec une part de 16%. Cette contribution s'est effritée régulièrement pour se chiffrer à seulement 1% en 1993 du fait des mouches des fruits (Thiam et al., 2001). Vayssières et al. (2003) ont trouvé que 40% des dégâts sur les mangues dans la région de Sikasso au Mali sont dus à *Ceratitis spp.* Les efforts consentis dans la lutte contre les bioagresseurs au cours des dernières décennies ont fait baisser les interceptions des mangues en provenance du Mali sur le marché européen de 66 à 6%. En 2019, l'Office de Protection des Végétaux du Mali (OPV) a constaté à nouveau, une augmentation des interceptions de mangues à destination de ce marché. Les dégâts sur les mangues sont dus aux bioagresseurs en général et aux mouches des fruits en particulier cela malgré

l'utilisation souvent abusive des insecticides chimiques (Assogba et al., 2019 ; Keïta et al., 2021). Or l'accès au marché Européen est régi par des normes à la fois sanitaires mais aussi environnementales notamment les limites maximales de résidus de pesticides autorisées sur les produits. Depuis des siècles les communautés humaines ont utilisé des biopesticides d'origine végétale pour lutter contre les ravageurs des cultures et des denrées stockées (Noussourou & Diarra, 1995). L'utilisation de ces extraits de plantes pourrait résoudre les problèmes phytosanitaires auxquels sont confrontés les producteurs et augmenter les productions annuelles de mangues tout en préservant l'environnement. Cette étude avait pour objectif de tester l'efficacité de trois extraits de plantes sur deux espèces de mouches des fruits (Diptera : *Tephritidae*) : *B. dorsalis* et *C. cosyra*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les plantes utilisées comme biopesticides dans cette étude ont été récoltées à Djidian/Kita (*C. nigricans*), Moussabougou (*C. procera*) et Ségou (*A. indica*) dans la zone soudanienne du Mali. Les récoltes ont été faites les matins du 20 novembre au 26 décembre 2021. Des échantillons des parties de plantes (*Cassia nigricans* Vahl (Fabacées), *Azadirachta indica* (Méliacées) et *Calotropis procera* (Apocynacées) ont été prélevés, ramenés au laboratoire, séchés à la température ambiante à l'abri du soleil (insectarium), puis découpés en petits morceaux (Figure 1).



Figure 1. Découpage et séchage des feuilles de *C. nigricans* (a), *C. procera* (b) et une illustration de graines d'*A. indica* (c)

La préparation des extraits et l'élevage des mouches des fruits ont été respectivement réalisés au Laboratoire de Chimie et à l'insectarium du Laboratoire d'Entomologie-Parasitologie de la Faculté des Sciences et Techniques (FST).

Préparation des extraits de plantes

Plusieurs techniques de préparation ont été mobilisées pour obtenir les extraits de plantes : macération pour les feuilles et extraction d'huile pour les graines d'*A. indica*. Les feuilles de *C. procera* et *C. nigricans* ont été triturées à l'aide d'un mortier et le broyat tamisé pour obtenir une poudre. La macération a consisté à

mettre en contact prolongé 100 g de poudre de feuilles avec 500 ml de méthanol dans un bocal fermé hermétiquement avec du papier aluminium et d'un couvercle. Le mélange obtenu était ensuite placé à 25°C. Après 48 heures de macération, le contenu de chaque bocal a été filtré à l'aide d'un entonnoir et du papier filtre puis évaporé. Chacun de ces extraits obtenus était réparti dans des piluliers, placés dans un dessiccateur (Thiaw, 2008). Les graines d'*A. indica* ont été écrasées dans une presse pour en extraire l'huile. L'ensemble des extraits de plantes obtenus a été présenté sous deux types de formulations : huileuse pour *A. indica*, macération pour *C. nigricans* et *C. procera* (Figure 2).



Figure 2. Matériel d'extraction (a) et les différents extraits de plantes (b)

Capture et élevage des mouches des fruits

La capture par piégeage des deux espèces de mouches des fruits (*Ceratitis cosyra* et *Bactrocera dorsalis*), et le ramassage de fruits piqués ont été effectués

hebdomadairement dans deux vergers situés dans la zone péri-urbaine de Bamako. Les cages présentées dans la Figure 3b, ont servi à l'élevage des adultes de mouches des fruits.



Figure 3. Suivi des mangues ramassées (a) et les cages d'élevage des mouches des fruits (b)

Traitements utilisés

Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher avec trois facteurs : trois extraits de plantes. Trois doses étaient utilisées pour chaque facteurs (0,05 g ; 0,10 g et 0,15 g) pour les macérations et (5 ml ; 10 ml ; 15 ml) pour l'huile d'*A. indica*. Le dispositif comportait aussi un traitement de contrôle (T_0). Les différentes modalités de variation des facteurs sont présentées de la manière suivante : T_0 : témoin sans aucun traitement.

Azadirachta indica

T_{11} : 5 ml d'huile extraite de graines d'*A. indica* + 10 ml de miel ou jus de mangue. T_{12} : 10 ml d'huile extraite de graines d'*A. indica* + 10 ml de miel ou jus de mangue. T_{13} : 15 ml d'huile extraite de graines d'*A. indica* + 10 ml de miel ou jus de mangue. Les techniques de préparation et de mélange des différentes concentrations ont été les mêmes pour *C. procera* et *C. nigricans*. 1 ml de Diméthylsulphoxide

(DMSO) et 4 ml d'eau distillée ont été ajoutés à chaque dose.

Calotropis procera

T_{p1} : 0,05 g d'extrait de feuilles *C. procera* + 1 ml DMSO + 4 ml d'eau distillée + 10 ml de miel ou de jus de mangue. T_{p2} : 0,10 g d'extrait de feuilles *C. procera* + 1 ml DMSO + 4 ml d'eau distillée + 10 ml de miel ou de jus de mangue. T_{p3} : 0,15 g d'extrait de feuilles *C. procera* + 1 ml DMSO + 4 ml d'eau distillée + 10 ml de miel ou de jus de mangue.

Cassia nigricans

T_{n1} : 0,05 g d'extrait de feuilles *C. nigricans* + 1 ml DMSO + 4ml d'eau distillée + 10 ml de miel ou de jus de mangue. T_{n2} : 0,10 g d'extrait de feuilles *C. nigricans* + 1 ml DMSO + 4ml d'eau distillée + 10 ml de miel ou de jus de mangue. T_{n3} : 0,15 g d'extrait de feuilles *C. nigricans* + 1 ml DMSO + 4ml d'eau distillée + 10 ml de miel ou de jus de mangue. Les solutions ainsi préparées dans les boîtes de pétri ont

été couvertes d'un tampon de coton et le tout était recouvert par une mousseline.

Tests dans les boîtes de pétri

Les cages d'élevage étaient placées sur des étagères à l'insectarium de la FST et suivies tous les jours. Les températures ont varié de 28 à 35 °C. Il y avait vingt mouches adultes par cage toutes gardées dans les mêmes conditions semi-naturelles. Les adultes des mouches des fruits testés étaient nourris avec les extraits de plantes. Chaque dose testée était mélangée séparément aux aliments (fruits, jus de mangue, du miel, un mélange de son de mil, de haricot, de graines de soja en poudre plus du sucre) dans des boîtes de pétri à l'intérieur des cages d'élevage. L'alimentation des mouches des fruits témoins étaient identiques sans les extraits. Il y avait un tampon de coton imbibé d'eau dans chaque cage pour l'alimentation hydrique des mouches. Chaque lot de mouches était gardé pendant 6 jours. Le suivi des fruits piqués n'a pas donné assez de larves de mouches des fruits afin effectuer les tests. 280 individus adultes capturés sur le terrain ont été testé par semaine pour l'ensemble des essais, soit 1120 mouches adultes/mois pour un total de 6720 individus durant toute la période de l'étude. Le renouvellement des aliments se faisait tous les 2 jours. Ces tests visaient à évaluer le taux de mortalité provoqué par chacune des doses des trois produits sur des mouches des fruits adultes. Les tests ont été faits avec les répétitions et un témoin (T₀) pour chaque extrait de plante. Les différentes doses de produit en cristaux ont

été mesurées avec une petite balance électronique de précision (0,01 g). Les formations huileuses ont été mesurées avec une micropipette *Acura 825 Autoclavable* (100-1000 µL).

Analyse des données

Les résultats obtenus ont permis de faire les différentes représentations, analyses et interprétations. La formule proposée par Abbott (1925) a été utilisée pour le calcul du taux de mortalité corrigé exprimé en pourcentage (%) :

$$\text{Mortalité observée (\%)} = 100 \times \frac{\text{Total mortalité}}{\text{Nombre d'individus}}$$

$$\text{Mortalité corrigée (\%)} = 100 \times \frac{(\text{mortalité observée} - \text{mortalité contrôlée})}{100 - \text{mortalité contrôlée}}$$

Des tests de comparaison de l'efficacité des biopesticides sur les mouches des fruits et entre les extraits ont permis d'évaluer la significativité au seuil critique ($P < 0,05$).

RÉSULTATS

Taux de mortalité des mouches adultes après traitement à base d'huile d'*Azadirachta indica*

Les extraits d'huile d'*A. indica* ont efficacement agi sur les deux espèces de mouches des fruits (Fig. 4).

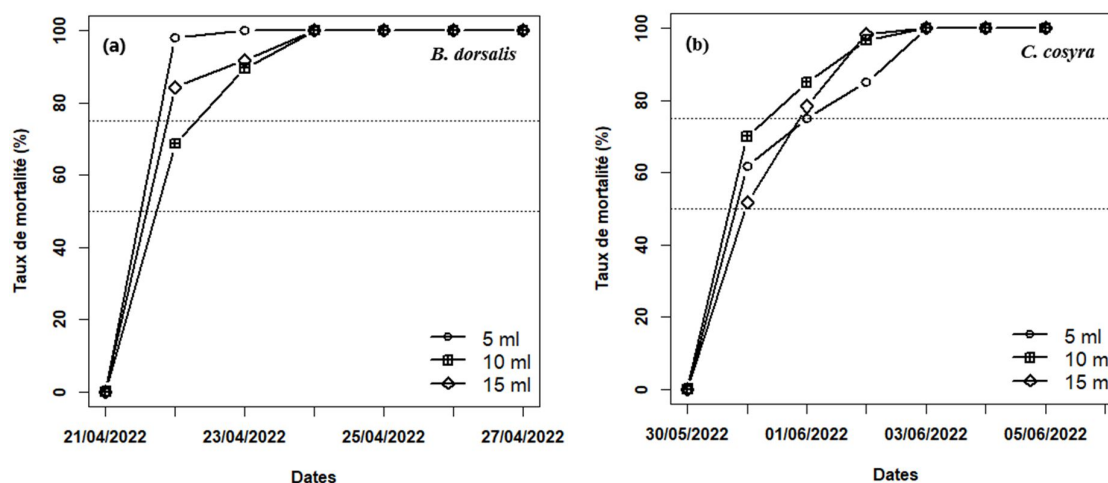


Figure 4. Taux de mortalité de *B. dorsalis* (a) et *C. cosyra* (b) après traitement à base d'huile d'*Azadirachta indica*

Il a été observé une mortalité moyenne de 96,2% chez les adultes de *B. dorsalis* et 89% chez les adultes de *C. cosyra* traités avec les trois doses d'*A. indica*. Soixante-douze heures après le traitement avec ce biopesticide, les taux de mortalités enregistrés étaient de 100% chez *B. dorsalis* et 93,3% chez *C. cosyra*. La dose la plus létale sur *B. dorsalis* a été celle de 5 ml avec 98,04% de mortalité après seulement 24 heures

d'exposition alors que chez *C. cosyra*, c'est celle de 10 ml qui a été la plus létale pour la même période avec 70% de mortalités. Ces valeurs moyennes ont été obtenues après sept jours de suivi. L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements ($P > 0,05$).

Taux de mortalité des mouches adultes exposées aux extraits de *Cassia nigricans*

Les extraits de *Cassia nigricans* ont été aussi efficaces contre les deux espèces de mouches au stade adultes.

L'évolution temporelle des taux de mortalités induits par les différentes répétitions de ce biopesticide est présentée dans la figure 5.

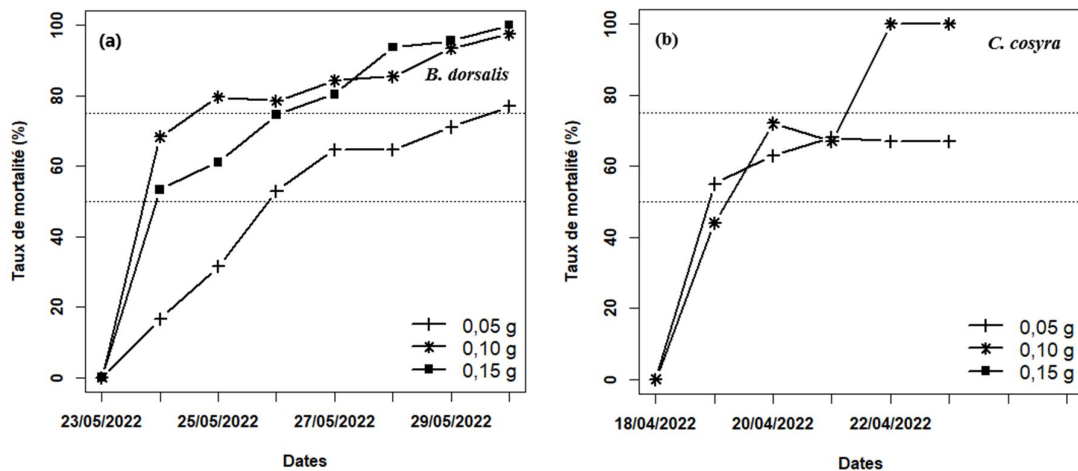


Figure 5. Taux de mortalité de *B. dorsalis* (a) et *C. cosyra* (b) après traitement à base de *Cassia nigricans* en macération

Le taux de mortalité des deux espèces de mouches des fruits a varié selon la dose utilisée. Avec le biopesticide à base de *C. nigricans*, les mortalités maximales des adultes de *B. dorsalis* au cours de la période de traitement ont été de 76,9 ; 97,4 et 100% respectivement avec les doses de 0,05 ; 0,1 et 0,15g. La dose de 0,1g a induit plus de mortalités au cours des 24 premières heures. Chez *C. cosyra*, ces taux étaient de 67 et 100% respectivement avec les doses de 0,05 et 0,1g. Le traitement avec 0,10 g a globalement induit plus de mortalités chez les deux espèces de mouches par rapport aux deux autres traitements. La mortalité

moyenne induite par ce biopesticide était de 72,6% pour les adultes de *B. dorsalis* et 70,3% pour *C. cosyra*. L'analyse statistique montre qu'il y a une différence significative entre les taux de mortalité induits par les différentes doses de *Cassia nigricans* en macération sur *B. dorsalis* ($P < 0,05$).

Taux de mortalité des mouches adultes après traitement à base d'extraits de *Calotropis procera*

Les effets des insecticides à base d'extraits de *Calotropis procera* sur les deux populations de mouches sont présentés dans la figure 6.

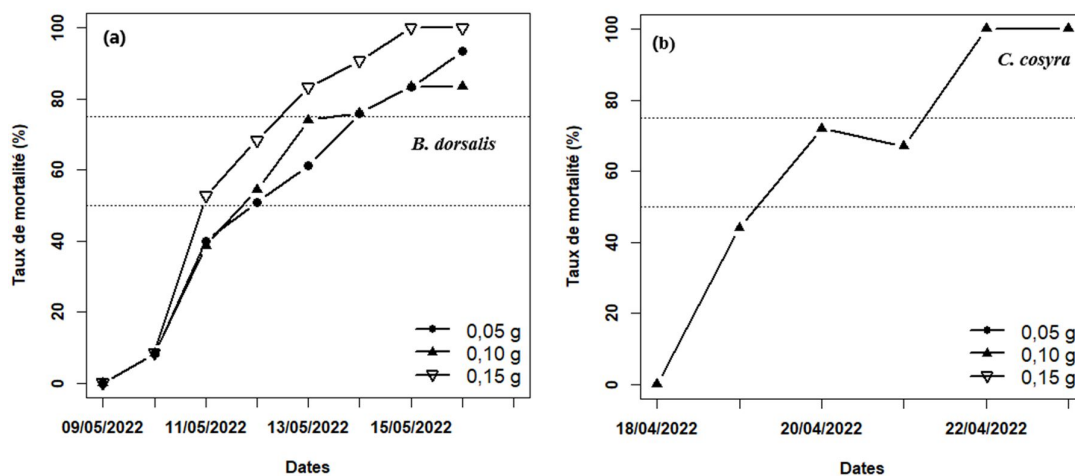


Figure 6. Taux de mortalité de *B. dorsalis* (a) et *C. cosyra* (b) après traitement à base de feuilles de *Calotropis procera*

Le taux de mortalité des adultes de *B. dorsalis* a légèrement varié selon le type de formulation, 63,6% en moyenne. En macération, l'augmentation de la dose semble influencer le taux de mortalité chez *B. dorsalis*

(Fig. 6a). Les effets insecticides sur *B. dorsalis* ont été légèrement plus importants avec la dose de 0,15 g alors que chez *C. cosyra*, seule la dose 0,10 g a été testée. Malgré cette variation, l'analyse statistique montre

qu'il n'y a pas de différence significative entre l'effet des trois doses de *C. procera* en macération sur *B. dorsalis* ($P > 0,05$). Les taux de mortalité des mouches adultes ont globalement varié entre 10 et 20% pour les lots témoins et entre 38,5 et 100% pour ceux traités avec les trois types de biopesticides. Ce faible taux de mortalité des mouches dans les lots témoins, confirme l'efficacité des biopesticides testés dans cette étude.

DISCUSSION

L'utilisation des biopesticides dans la lutte contre les mouches des fruits pourrait présenter une source prometteuse pour les producteurs de mangues dans le monde en général et au Mali en particulier. Dans cette étude, le taux de mortalité des adultes de mouches des fruits exposées aux extraits des plantes testées a varié de 38,5 à 100% selon l'extrait et le type de formulation. Il était plus élevé avec *A. indica* (100%) après les 72 premières heures d'exposition. Une mortalité moyenne de 84,8% est obtenue avec *C. procera* en macération après 6 jours d'exposition. Ces taux de mortalité confirment la sensibilité des deux espèces de mouches des fruits aux biopesticides testés. Dans une étude menée par Zaim et al. (2000) sur les moustiques adultes, les auteurs affirment qu'une population est dite sensible à un traitement lorsque sa mortalité est comprise entre 98 et 100%. Selon les mêmes auteurs, il y a un soupçon de résistance des individus, si la mortalité est comprise entre 80-97%. Cela est contraire aux effets produits sur *B. dorsalis* par les différentes doses de *C. nigricans*. Elle est faible avec *C. nigricans* en macération (38,5%), ainsi Zaim et al. (2000) trouve dans ce cas que des individus de la population sont résistants. Les taux de mortalité naturelle des témoins étaient estimés à 3% pour *A. indica* (froid). Ils ont été estimés à 7% pour *C. procera* et 6% pour *C. nigricans*. Ces taux de mortalité naturelle sont proches de ceux obtenus par Looli et al. (2022) sur *Spodoptera frugiperda*. Les biopesticides testés dans cette étude se sont révélés efficaces dans le contrôle des populations des mouches des fruits. Il y a une différence d'efficacité non seulement entre les plantes, mais aussi entre les doses de la même plante. *A. indica* par exemple a été la plus efficace avec une mortalité de 100% sur *B. dorsalis* et *C. cosyra* au cours des 72 heures après le test. Il est suivi par *C. procera* et *C. nigricans* qui ont induit une mortalité de 38,5 à 100% selon les formulations pendant les 6 jours de suivi. Il ressort aussi de cette étude que les taux de mortalités des mouches des fruits n'augmentaient pas toujours avec la concentration de l'extrait de plante utilisé et ou de la durée de l'exposition. Ces résultats sont contraires à ceux trouvés par Saotoing et al. (2014). Ils sont cependant en accord avec ceux obtenus par Simde et al. (2019). Ces auteurs ont trouvé que les formulations hydro-alcooliques de *S. hispidus* à la concentration de 9 g/l et 15 g/l étaient les plus efficaces contre les *B. dorsalis*, mâles et femelles adultes. Ils ont

entraîné une mortalité de 100% après 24 heures d'exposition par rapport au témoin. Les formulations hydro-alcooliques de *C. annuum* (kamboubatroceraticide 1) uniquement à des concentrations de 12,5 g/l ont donné 100% de mortalité de mâles adultes de *B. dorsalis* par rapport au témoin non traité. Sur les sites Korhogo, Ferké et Ouangolo en Côte d'Ivoire, la combinaison des fourmis tisserandes + Neem a protégé les vergers de manguiers à 98,6% (Coulibaly et al., 2019). Plusieurs autres études ont montré que des extraits de différentes parties du Neem (*Azadirachta indica*) ont une efficacité à large spectre contre les insectes nuisibles y compris des activités insecticides, anti-nourrissantes ou insectifuges (Looli et al., 2022). Les propriétés insecticides d'*Azadirachta indica* ont été également testés en plein champ au Sénégal sur le cotonnier contre les piqueurs suceurs, les chenilles carpophages et les chenilles phyllophages (Sané et al., 2018). L'azadirachtine est le biocide le plus performant et le plus commercialisé dans le monde (Aribi et al., 2020). Ce pesticide naturel est utilisé avec succès dans les agroécosystèmes, d'autant qu'il n'induit aucun impact sur les organismes microbiens présents dans le sol (Spyrou et al., 2009). D'ailleurs, l'OMS et le programme environnemental des Nations Unies préconise son utilisation (Benelli et al., 2017). Les propriétés insecticides observées dans cette étude avec *C. nigricans* sont proches de celles obtenues par Kambou et al. (2008). Ces auteurs montrent que les extraits de *C. nigricans* ce sont efficaces avec 100% de mortalité sur le 4^{ème} stade larvaire du moustique *O. triseriatus*. Dans les essais d'anti-appétence contre *H. zea* et *H. virescens*, les extraits de *C. nigricans* ont aussi montré leur efficacité avec 70% de mortalité. Les résultats obtenus avec *C. procera* sont en accord avec ceux de Saotoing et al. (2014), qui ont montré que les feuilles de cette plante possèdent des propriétés insecticides sur les moustiques. D'une façon générale, les extraits de plantes sont moins dangereux que les pesticides de synthèse (Wainwright et al., 2013). Ils ont l'avantage de se dégrader plus vite que les pesticides de synthèse. Comme autres avantages, Amoabeng et al. (2014) trouvent que les produits naturels issus des plantes peuvent aussi permettre d'accroître les rendements avec un rapport coût/bénéfice comparable à celui des pesticides de synthèse. Ces extraits de plantes peuvent également contribuer à prévenir le développement d'une résistance aux pesticides de synthèse (Wainwright et al., 2013).

CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif de tester l'efficacité de biopesticides sur des mouches de fruits particulièrement *B. dorsalis* et *C. cosyra*. Elle a montré que les extraits des feuilles de *Calotropis procera*, *Cassia nigricans* et les huiles extraites des graines

d'*Azadirachta indica* ont des propriétés insecticides sur les adultes de ces deux espèces de mouches des fruits. Il en résulte aussi que le taux de mortalité enregistré dans les deux populations de mouches n'était pas toujours lié à la dose utilisée. Les concentrations les plus létales avec *A. indica* ont été 5 et 15 ml respectivement pour les populations *B. dorsalis* et *C. cosyra*. Avec les extraits des feuilles de *C. procera* et *C. nigricans*, les concentrations les plus létales ont été obtenues avec 0,15 et 0,10 g pour les deux populations de mouches. Les résultats obtenus ont montré aussi que l'huile d'*A. indica* quelle que soit la dose, était le biopesticide le plus efficace, suivi par les feuilles de *C. procera* et *C. nigricans*. Les produits testés pourraient servir dans la lutte biologique contre les mouches des fruits qui sont responsables d'importantes pertes économiques dans la filière mangue au Mali mais aussi dans nombre de pays de la sous-région. Un suivi semble cependant nécessaire pour documenter l'effet d'une quelconque résistance des deux espèces de mouches des fruits à ces biopesticides.

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt à propos de cet article.

Remerciements

Les auteurs remercient le Rectorat de l'Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B) pour avoir financé cette étude. Ils remercient aussi les propriétaires de vergers et les personnels d'appui pour leur franche collaboration.

RÉFÉRENCES

- Aribi, N., Denis, B., Kilani-Morakchi, S., & Joly, D. (2020). L'azadirachtine, un pesticide naturel aux effets multiples. *médecine/sciences*, 36(1), 44-49. <https://doi.org/10.1051/medsci/2019268>
- Assogba, R. R., Dembélé, B., Keïta, Y. F., Sodio, B., & Coulibaly, A. (2019). Dynamique des mouches de fruits (Diptera : Tephritidae) de la mangue dans le cercle de Kati (Mali). *Revue Malienne de Science et de Technologie Série A : Sciences Naturelles, Agronomie, Techniques et Sciences de l'Ingénieur*. <https://www.revues.ml/index.php/rmst/article/view/1427>
- Amoabeng, B. W., Gurr, G. M., Gitau, C. W., & Stevenson, P. C. (2014). Coût : analyse des avantages de l'utilisation d'insecticides botaniques dans le chou : implications pour les petits exploitants agricoles dans les pays en développement. *Crop Protection*, 57, 71-76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.11.019>
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R. & Nicoletti, M. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): toward the ideal insecticide? *Nat Prod Res* (31),369–386. [10.1080/14786419.2016.1214834](https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1214834)
- Looli, B. L., Monzenga, J-C., Bolondo, G., Mabossy-Mobouna, G., & Malaisse, F. (2022). Efficacité d'extraits des différentes parties de neem (*Azadirachta indica* L.) contre *Spodoptera frugiperda* JE Smith à Kisangani, RDC. *African Journal of Tropical Entomology Research*, 1(1), 42-52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6350419>
- Haïdara, M. (2012). *Étude nationale mangue-Mali*. (Avec le soutien du PACCIA II & du Centre du Commerce International (Genève), 22p. <https://docplayer.fr/15885308-Mali-etude-nationale-mangue.html>
- Interprofession de la Filière Mangue (IFM-Mali), 2021 : Journée nationale de la validation des statistiques de la production, de la commercialisation, de la transformation et de l'exportation de la mangue, 24 février 2022. <https://malizine.com/2022/03/01/filiere-mangue-du-mali-la-production-2021-na-pas-atteint-lestimation-en-raison-des-difficultes/>
- Interprofession de la Filière Mangue (IFM-Mali), 2016 : Validation du bilan sur la collecte, traitement et analyse des données statistiques sur la production et la commercialisation de la mangue. Campagne 2015, 28 p. https://www.cirmali.org/RAPPORT_BILAN_MANGUE_2013.pdf
- Kambou, G., Bolleddula, J., Sanjeev, S., Dalavoy, S.S. & Nair, M.G. (2008). Pest-managing activities of plant extracts and anthraquinones from *Cassia nigricans* from Burkina Faso. *Bioresource technology*, 99(6), 2037-2045. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.02.049>
- Keita, Y.F., Sodio, B.A., Maïga, H.M., Assogba, R.R., Ly, B., Traore, A., Yaro, A.S., Diawara, M.O. & Dembélé, E.B. (2021). Estimation du taux d'infestation des mangues due aux mouches des fruits en verger (Tephritidae) au Mali. Vol. 2 No 26 (Décembre 2021) - Revue Malienne de Science et de Technologie. <https://revues.ml/index.php/rmst/article/view/2432>
- Noussourou, M. & Diarra, B. (1995). Lutte intégrée contre les mouches des fruits. Sahel IPM, , Bulletin bimensuel de l'institut du Sahel, (6) : 2-13.
- Sané, B., Badiane, D., Guèye, M.T. & Faye, O. (2018). Évaluation de l'efficacité biologique d'extraits de neem (*Azadirachta indica*) comme alternatif aux pyrèthroïdes pour le contrôle des principaux ravageurs du cotonnier (*Gossypium hirsutum*) au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (1): 157-167. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.12>
- Saotoing, P., Tchuenguem, F-N.F., Dawé, A. &

- Ngatarang, C. (2014). Évaluation de l'effet insecticide de l'extrait acétonique des feuilles séchées de *Calotropis procera* Ait. (*Asclepiadaceae*) chez les adultes de *Anopheles gambiae*, Maroua (Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(4) : 1438-1444. <https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/111318>
- Simde, R., Kambou, G., Mano, E. and Sanon, A. (2019). Kamboubactrocercicide 1 and 2: New hydroalcoholic formulations based on natural substances (*Capsicum annum* L., *Strophantus hispidus* dc) against mango fruit flies (*Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Burkina Faso. *Journal of Entomology and Zoology Studies*; 7(5): 1334-1339. <https://www.researchgate.net/publication/338390696>
- Spyrou, I.M., Karpouzas, D.G. & Menkissoglou-Spiroudi, U. (2009). Do botanical pesticides alter the structure of the soil microbial community? *Microb Ecol* ; 58 : 715–727. [10.1007/s00248-009-9522-z](https://doi.org/10.1007/s00248-009-9522-z)
- Thiam, A.M., Haidara, M.F. & Sidibé, A. (2001). Etude de capitalisation de l'information sur la filière fruits et légumes, au Mali, 39 p. http://hubrural.org/IMG/pdf/mali_rapport_capitalisation_horticulture.pdf
- Thiaw, C. (2008). Bioactivité des extraits de *Calotropis procera* Ait. Et de *Senna occidentalis* L. sur *Caryedon serratus* (OL.), ravageur des stocks et semences d'arachide au Sénégal. Doctorat de troisième cycle de chimie et biochimie des produits naturels, 196p. <https://dicames.online/jspui/handle/20.500.12177/2889>
- Vayssières, J-F., Sanogo, F. et Noussourou, M. (2004). Inventaire des espèces de mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) inféodées au Manguier au Mali et essais de lutte. *Fruits*, (59) : 3–16. <https://fruits.edpsciences.org/articles/fruits/pdf/2004/01/T4001.pdf>
- Wainwright, H., Wanyamay, C. & Cherotich, N. (2013). Biopesticides and their commercialisation in Africa. In: Proceedings of the First International Conference on Pesticidal Plants, 21-24 January, Icipe, Kenya. <http://projects.nri.org/adappt/docs/ICPPabstracts&timetable.pdf>
- Zaim, M., Aitio, A. & Nakashima, N. (2000). Safety of pyrethroid-treated mosquito nets. *Medical and Veterinary Entomology* ; 14(1):1-5. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2000.00211.x>

Read online:

Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online