



Effet insectifuge et insecticide des extraits totaux des épiluchures d'orange sur *Callosobruchus maculatus* fab un déprédateur de niébé (*Vigna unguiculata* L., Walp) en stock.

Gandeho Gamèli Justin^{1,2,3*}, Tchekessi C. K. Célestin¹, Aboubakar S. Djibril³, Tamadaho M. Pacôme¹, Odjoumani Eliane¹, Joseph Dossou²

¹ Unité de Recherche en Sécurité Sanitaire des Aliments (URSSA), Laboratoire de Microbiologie et des Technologies Alimentaires (LA.MI.TA) Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 04B P888 Cotonou, Bénin

² Laboratoire de Bioingénierie des Procédés Alimentaires (LABIOPA) École de la Nutrition Science et Technologies Alimentaires (ENSTA), Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 RP Cotonou, Bénin.

³ Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) 08 BP 0932 Cotonou- Bénin

* Auteur correspondant ; E-mail: gamelijusting@gmail.com tél.: (+229) 66983050 / 94653042

Submitted on 4th February 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th April 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.172.3>

RESUME

Objectif : est de promouvoir la conservation des grains de niébé, *Vigna unguiculata* L. (Walp.) sans recourir aux pesticides chimiques.

Méthodologie et résultats: Après élevage de *C. maculatus* dans des stocks de niébé, les activités insectifuge et insecticide de la poudre et d'huile essentielle produites respectivement par mouture et par hydrodistillation d'épiluchures d'orange séchées à l'ombre et à 28±5°C ont été déterminées. *C. maculatus* se multiplie à un taux moyen de 1,71±0,16 insectes/Jour/100g de niébé. Six et trois heures respectivement après leur application dans le niébé hermétiquement fermés à 30±1°C avec 70±10% d'hygrométrie, la poudre et l'huile essentielle d'épiluchure d'orange sont répulsives à 100% vis-à-vis de *C. maculatus*. Ces bioconservateurs ont un effet insecticide sur *C. maculatus* avec des doses létales à 95% de 38±1,2g de poudre et de 16,535±0,099µl d'huile essentielle par 1kg d'insecte.

Conclusions et application des résultats: La répulsivité totale de la poudre et de l'huile essentielle d'épiluchures d'orange vis-à-vis de *C. maculatus* montre que leur emploi ne représenterait aucun danger pour la survie de l'insecte dans l'écosystème. Au vue de ces résultats, la poudre et l'huile essentielle d'épiluchure d'orange peuvent donc constituer une alternative crédible dans la lutte contre *Callosobruchus maculatus* du niébé en stock. Elles pourraient alors remplacer valablement les insecticides chimiques de synthèse des produits alimentaires postes-récoltes.

Mots clés: Poudre; Huile essentielle; doses létales; Bioconservateur; Répulsivité

Insect repellent and insecticidal effect of total orange peel extracts on *Callosobruchus maculatus* fab a predator of niebe (*Vigna unguiculata* l., walp) in stock.

ABSTRACT

Objective: to promote the conservation of cowpea grains, *Vigna unguiculata* L. (Walp.) without using chemical pesticides.

Methodology and results: After rearing *C. maculatus* in cowpea stocks, the insect repellent and insecticidal activities of the powder and essential oil produced by milling and hydrodistillation of shade-dried orange peels at $28\pm 5^{\circ}\text{C}$, respectively, were determined. *C. maculatus* multiplied at an average rate of 1.71 ± 0.16 insects/day/100g cowpea. Six and three hours respectively after their application in cowpea hermetically sealed at $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ with $70\pm 10\%$ humidity, orange peel powder and essential oil were 100% repellent to *C. maculatus*. These bioconservatives have an insecticidal effect on *C. maculatus* with 95% lethal doses of $38\pm 1.2\text{g}$ of powder and $16.535\pm 0.099\mu\text{l}$ of essential oil per 1kg insect.

Conclusions and application of results: The total repellence of the orange peel powder and essential oil to *C. maculatus* shows that their use would not pose any danger to the survival of the insect in the ecosystem. In view of these results, orange peel powder and orange peel essential oil can be a credible alternative for the control of *Callosobruchus maculatus* on cowpea in stock. They could then validly replace synthetic chemical insecticides in post-harvest food products.

Keywords: Powder; Essential oil; lethal doses; Bioconservative; Repellency

INTRODUCTION

Le niébé (*Vigna unguiculata* L., Walp) constitue la légumineuse à graine la plus importante en Afrique tropicale. Il est l'une des légumineuses largement consommées en Afrique de l'Ouest et constitue la principale source de protéines végétales des populations en milieu rural (CBDD, 2000). Cependant, il constitue un substrat de prédilection pour les déprédateurs surtout *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae). En effet, au cours du stockage, les graines sont exposées aux insectes qui causent des dégâts considérables et des pertes post-récoltes non négligeables. Les pertes causées par les insectes sont les plus importantes en raison du climat tropical et intertropical très favorable à leur développement et du type de stockage peu propice à la lutte contre les déprédateurs de stocks (de Groot, 2004). Malgré l'existence d'une gamme de technologies visant la réduction des pertes post-récoltes, plusieurs contraintes persistent encore au niveau du processus de stockage et transformation du niébé. Ces contraintes sont

beaucoup plus accentuées au niveau de nos marchés où la méthode de conservation du niébé favorise la prolifération des déprédateurs dans les produits stockés (Zohounvo, 2017). Par exemple, il est souvent constaté que des commerçants entreposent des sacs de niébé du sol au plafond des magasins du marché pendant des semaines sans aucune précaution de protection ni de respect des mesures de stockage selon le même auteur. De façon générale, les technologies traditionnelles de stockage mises en œuvre par des producteurs pour la gestion des bioagresseurs de denrées stockées sont généralement inadéquates pour une protection efficace (Fandohan *et al.*, 2005). Ainsi, ces derniers utilisent la lutte chimique comme stratégie principale pour réduire la pression des bio agresseurs lors de la conservation post-récolte des produits alimentaires (Cruz *et al.*, 2016). Cependant, l'application à des concentrations élevées de ces produits chimiques de synthèse, dans une perspective de contrôle post-récolte des ravageurs des denrées alimentaires augmente

le risque de résidus toxiques dans ces produits. Les cas d'empoisonnement dus aux pesticides employés dans la conservation des produits agricoles post-récolte sont estimés à 1,5 millions entraînant la mort de plusieurs milliers de personnes dont les enfants dans les pays du Sud (Boedeker *et al.*, 2020). En raison de la sensibilité croissante des consommateurs à la pollution résiduelle et des effets toxiques de nombreux conservateurs de synthèse souvent très couteux pour la conservation des

produits agricoles, il est donc important de recourir à l'utilisation de produits alternatifs naturels (Bankole, 2004). Ces différents constats néfastes vis-à-vis de l'emploi des produits chimiques de synthèse dans la conservation des produits agricoles post-récolte ont conduit à un regain d'intérêt dans la recherche d'alternatives, comme des composés naturels, en particulier ceux d'origine végétale. Plusieurs études ont montré que les plantes

MATERIEL ET METHODES

Matériel: Le matériel végétal utilisé a été composé du niébé variété Tawa (figure 1c) fourni par l'Institut International d'Agriculture Tropicale du Bénin (IITA-Benin) de la poudre (a) et de l'huile essentielle (figure 1b)

d'épiluchures d'orange. Le matériel animal était constitué des adultes des bruches (*Callosobruchus maculatus*) (figures 2) du niébé obtenus par élevage au laboratoire du prototype de l'IITA.



Figure 1: Poudre (a), Huile essentielle (b) d'épiluchure d'orange et (c) graines de niébé *V. unguiculata*



Figure 2: Adultes mâle (a) et femelle (b) de *C. maculatus*

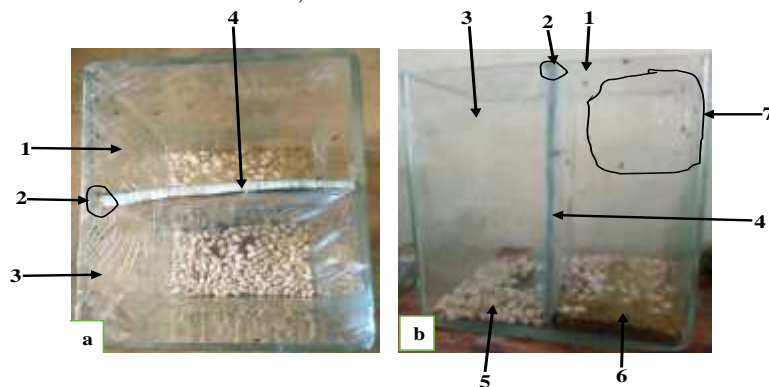
Méthodes

Élevage de masse de *C. maculatus*: Il a permis de disposer en nombre suffisant d'adultes de *C. maculatus* pour effectuer les différents tests avec les bioconservateurs. Cet élevage a été réalisé au laboratoire en trois phases : la phase de préparation des graines, la phase d'ensemencement et la phase de mise en culture. Au cours de la phase préparatoire, les graines de niébé ont été mises au réfrigérateur à -10°C pendant 4 semaines pour éliminer toute forme de vie des insectes. Lors de l'ensemencement, 50 couples de *C. maculatus* nouvellement émergés dans les récoltes de niébé ont été prélevés chez les agriculteurs de la commune d'Abomey-Calavi Bénin et placés dans des boîtes en forme de tronc de cône réduit à la base en plexiglas contenant 2kg de graines saines de niébé issues de la phase préparatoire. Après de 48 heures, les insectes ont été retirés. Les graines de niébé infestées à la phase d'ensemencement étaient mises en incubation. La température et l'hygrométrie de la salle d'incubation étaient maintenues respectivement à 30±1°C et à 70±10%. A l'émergence, les descendants adultes obtenus étaient utilisés soit pour des tests avec les bioconservateurs soit pour infester des graines selon le même protocole afin de perpétuer la souche. Pour les essais, seuls les insectes de la

forme non voilière sont utilisés. Pour vérifier l'évolution de la population d'insectes dans le milieu d'élevage: 100 g de niébé ont été prélevés chaque semaine dans le milieu de l'élevage et les adultes de *C. maculatus* ont été dénombrés. Cette expérience a été répétée 4 fois. La vitesse moyenne de multiplications (R_m) de *C. maculatus* a été calculée suivant la formule ci-après Leru et Papierok, (1984).

$R_m = 0,738 X \frac{\log(N)}{d}$ Où N est nombre de descendants obtenus durant le temps d de l'élevage

Évaluation de l'effet insectifuge de la poudre d'épiluchures d'orange: L'effet répulsif de la poudre d'épiluchures d'orange à l'égard des adultes de *C. maculatus* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle (Tapondjou et al., 2003). A cet effet, un dispositif mécanique en verre transparent a été conçu au laboratoire (figure 3). Ce dispositif a été séparé en deux parties égales (le compartiment test et le compartiment témoin) par un mur en carton muni d'un orifice. Dans chaque compartiment du dispositif ont été introduits 100g de niébé et 50 couples d'adulte de *C. maculatus*. En plus de son contenu, le compartiment test a reçu 35g de poudre d'épiluchures puis l'ensemble est hermétiquement fermé.



1= Compartiment test; 2= Orifice intercompartimental; 3= Compartiment témoin; 4= Séparation intercompartimentale; 5= Niébé (*Vigna unguiculata*); 6= Niébé + poudre d'épiluchure d'orange; 7= *Callosobruchus maculatus* en migration

Figure 3: dispositif d'étude de l'effet répulsif de la poudre d'épiluchure d'orange; a: vue d'en haut; b: vue de profil

Évaluation de l'effet insectifuge de l'huile essentielle d'épiluchures d'orange : Le même test que précédemment a été effectué avec 20µl d'huile essentielle. Dans ce cas, cette dose d'huile essentielle a été déposée sur du papier filtre Whatman N°1 préalablement collé dans le compartiment test du même dispositif. A chaque demi-heure, les insectes présents dans chacun des compartiments pour chaque test ont été dénombrés. Cette expérience a duré le temps nécessaire à la migration totale des

insectes du compartiment test vers le compartiment témoin. Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives (tableau I) en utilisant la formule et le classement décrits Tapondjou *et al.* (2003).

$$PR = \frac{No - Nt}{No + Nt} \times 100$$

(Nt) le nombre d'insectes présents dans le compartiment test et (No) le nombre de ceux présents dans le compartiment témoin.

Tableau 1 : Pourcentage de répulsion selon Tapondjou *et al.* (2003).

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés de la substance testée
Classe 0	PR<10%	Non répulsive
Classe I	10≤PR<20%	Très faiblement répulsive
Classe II	20≤PR<40%	Faiblement répulsive
Classe III	40≤PR<60%	Modérément répulsive
Classe IV	60≤PR<80%	Répulsive
Classe V	80≤PR≤100%	Très répulsive

Évaluation de l'effet insecticide des bioconservateurs: L'effet insecticide a été évalué aussi bien pour la poudre que pour l'huile essentielle. Cette étude a permis de vérifier la capacité des bioconservateurs empêcher le développement de *C. maculatus* dans les stocks de niébé.

Effet insecticide de la poudre d'épiluchure d'orange: Les tests insecticides sur les adultes de *C. maculatus* ont été effectués par fumigation dans des bocaux en verre de contenance 1 litre dans les conditions de température ambiante 30±1°C et d'humidité relative 70%±10% (Zakaria, 2009). En effet, des quantités évolutives de 5 à 50g par écart de 5g de bioconservateurs ont été introduites dans 10 bocaux contenant 10g de niébé sain et infesté de 5 couples de *C. maculatus*. Après ensemencement les boîtes ont été hermétiquement fermées puis 24h après les insectes morts et vivants ont été dénombrés. Cette expérience a été reprise en 3 essais; chaque essai étant muni de témoins sans bioconservateur. Le taux de mortalité dans les

boîtes traitées a été calculé suivant la formule décrite par (Zakaria, 2009).

$$Lc = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

Avec: Mo, mortalité dans les boîtes ; Mt, mortalité naturelle dans les boîtes témoins Lc, mortalité corrigée.

Effet insecticide de l'huile essentielle d'épiluchures d'orange: Les tests insecticides sur les adultes de *C. maculatus* ont été effectués par fumigation dans des bocaux en verre de contenance 1 litre munis de couvercles à gaine étanches. Les expérimentations ont été conduites dans les conditions de température de 30±1°C et d'humidité relative de 70±10%. Dans chaque bocal, 10 adultes de *C. maculatus* ont été introduits en présence de 10 g de grains de niébé de la variété TAWA. Les doses voulues de l'huile essentielle utilisée ont été déposées sur du papier filtre Whatman N° 1 préalablement collé à l'intérieur du bocal. L'ensemble contenant les insectes et l'huile essentielle est ensuite refermé hermétiquement. Les différentes doses appliquées sont exprimées en microlitre (µl). Au total, treize (13) doses de l'huile essentielle ont été utilisées sur les adultes de *C. maculatus*

à savoir: 0,05µl; 0,1µl; 0,2µl; 0,5µl; 1µl; 2µl; 5µl; 10µl; 15µl; 20µl; 25µl; 30µl et 35µl (Zakaria, 2009). Chaque dose d'huile essentielle utilisée est répétée 3 fois en plus d'un témoin non traité. Le dénombrement des insectes morts et vivants a été effectué après 24 heures de contact avec l'huile essentielle à l'aide d'une loupe biloculaire. Le taux de mortalité a été calculé selon formule d'Abbott

$$Lc = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

Avec: Mo, mortalité dans les boîtes ; Mt, mortalité naturelle dans boîtes témoins Lc, mortalité corrigée.

Les valeurs de DL₅₀ et de DL₉₅ ont été calculées pour la toxicité de l'huile essentielle dans les graines. Ainsi, les pourcentages de mortalité ont été transformés en unités probits

et les valeurs obtenues ont été corrélées avec le logarithme des doses afin d'obtenir la dose létale pour 50 % et 95 % de la population d'insectes (Zakaria, 2009).

Analyse statistique des données: Les résultats ont été analysés par la méthode de la variance (ANOVA) en utilisant la procédure PROC GLM du logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 9.2 selon Balogoun et al. (2014). Les comparaisons de moyennes multiples ont été réalisées avec le test de Student Newman-Keuls. Le taux de significativité retenu était de 5% (p<0,05). Les doses létales ont été déterminées grâce aux logiciels R version 3.6.2 (2019-12-12) et PoloPlus Version 1.0.

RÉSULTATS

Élevage en masse des *Callosobruchus maculatus*: La figure 4 montre l'évolution de la population d'adultes de *C. maculatus* dans le niébé en fonction du temps. Il ressort de son analyse qu'une semaine après la mise en stock, aucun insecte n'émerge dans 100g de niébé à 30±1°C et 70±10%% d'hygrométrie. À partir de la deuxième semaine, la population

d'insecte commence à augmenter progressivement jusqu'à se stabiliser à une moyenne de 10,25±2 de *C. maculatus* pour 100g de niébé à la sixième semaine d'élevage dans les mêmes conditions soit un taux de croissance pouvant atteindre 1,71±0,33 insectes par jour.

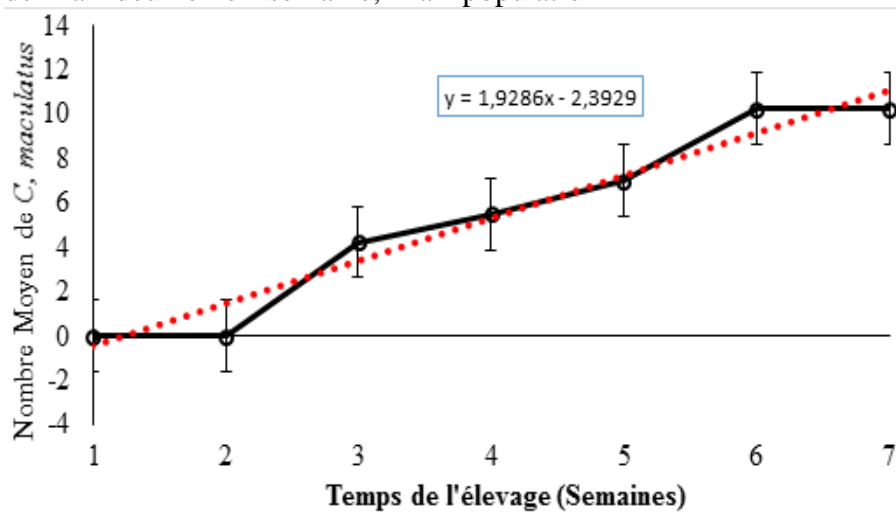
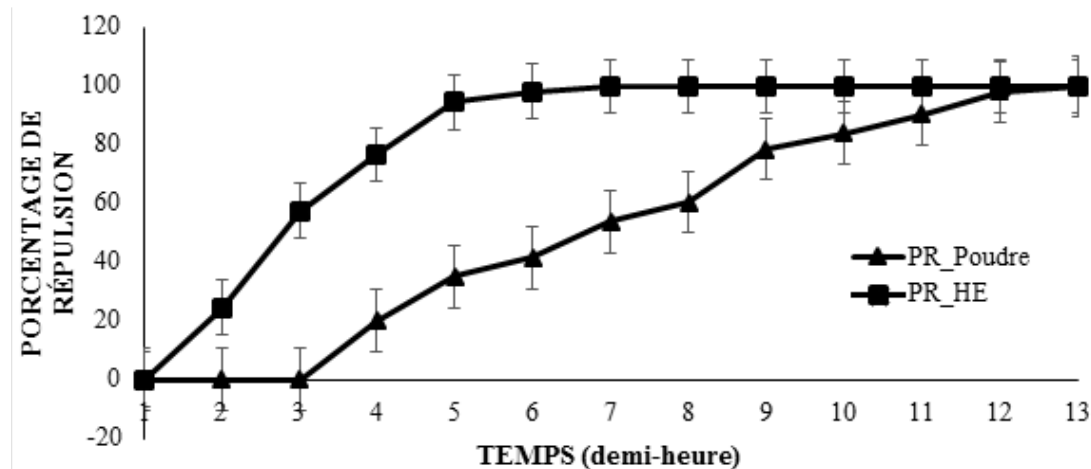


Figure 4: Évolution de la croissance moyenne de la population de *C. maculatus* en élevage de masse

Effet insectifuge des bioconservateurs d'épiluchure d'orange à l'égard de *Callosobruchus maculatus* du niébé: La figure 5 présente l'évolution du pourcentage moyen de répulsion en fonction du temps. De son analyse, il ressort que les pourcentages moyens de répulsion augmentent avec la durée de l'expérience. Ainsi, ce pourcentage atteint

100% après 6 heures d'exposition de *C. maculatus* à la poudre. Par contre après 3 heures d'exposition de *C. maculatus* à l'huile essentielle, tous les insectes introduits dans le compartiment test ont migré vers le compartiment témoin. Ceci correspond à un pourcentage de répulsion de 100% de l'huile essentielle en 3 heures.



PR = Pourcentage de Répulsion; HE = huile essentielle

Figure 5 : Évolution du pourcentage moyen de répulsion de la poudre d'épiluchure d'orange

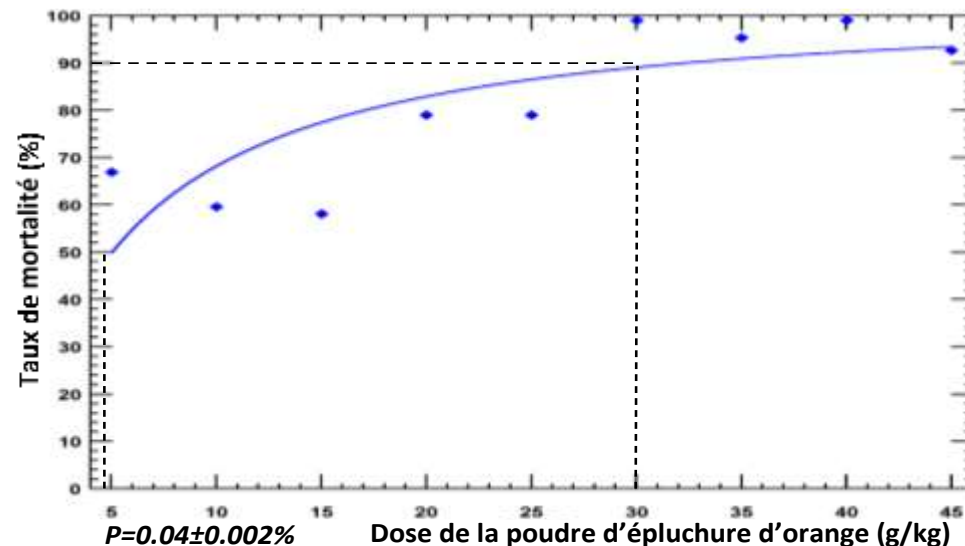


Figure 6 : Taux de mortalité en fonction de la dose de la poudre d'épiluchure d'orange et sa régression linéaire

Effet insecticide des bioconservateurs:

Effet insecticide de la poudre d'épiluchures d'orange: La figure 6 présente le taux de mortalité de *Callosobruchus maculatus* en fonction de la dose de la poudre d'épiluchure d'orange avec une régression linéaire de pente ($P=0.04\pm 0.002\%$). De l'analyse de cette figure, il ressort que la mortalité des adultes de *C. maculatus* évolue en fonction des différentes doses de la poudre utilisée. La quantité de poudre pouvant causer la mort de 50% d'une population de *Callosobruchus maculatus* est de $2,06\pm 1,3$ g pour 1kg d'insectes à $30\pm 1^\circ\text{C}$ en 24 heures. Alors qu'il faut $30\pm 1,2$ g et $38\pm 1,2$ g de cette poudre pour tuer respectivement 90% et 95% de la même population et dans les mêmes conditions que précédemment ($DL_{50}=2,06\pm 1,3$ g/kg; $DL_{90}=30\pm 1,2$ g/kg et $DL_{95}=38\pm 1,2$ g/kg).

Effet insecticide de l'huile essentielle d'épiluchures d'orange: La figure 7 présente

le taux de mortalité de *Callosobruchus maculatus* en fonction de la concentration de l'huile essentielle d'épiluchure d'orange avec une régression linéaire de pente ($P = 0.105\pm 0.015\%$). L'analyse des résultats indique que le taux de mortalité des adultes de *C. maculatus* croit en fonction des différentes concentrations utilisées de l'huile essentielle. En effet, 24 heures après l'introduction de l'huile dans les bocaux, une mortalité importante de 100% des adultes de *C. maculatus* a été observée avec la concentration $20\mu\text{l}$. Cette tendance est maintenue, même avec les concentrations après $20\mu\text{l}$. Quant aux concentrations comprises entre 0.05 et $15\mu\text{l}$, elles ont induit des mortalités sur les adultes de *C. maculatus* comprises entre 30 et 98%. Les concentrations létales, CL_{50} , CL_{90} et CL_{95} de l'huile essentielle sont respectivement de $0,924\pm 0,099\mu\text{l}/\text{kg}$; $13,087\pm 0,099\mu\text{l}/\text{kg}$ et $16,535\pm 0,099\mu\text{l}/\text{kg}$.

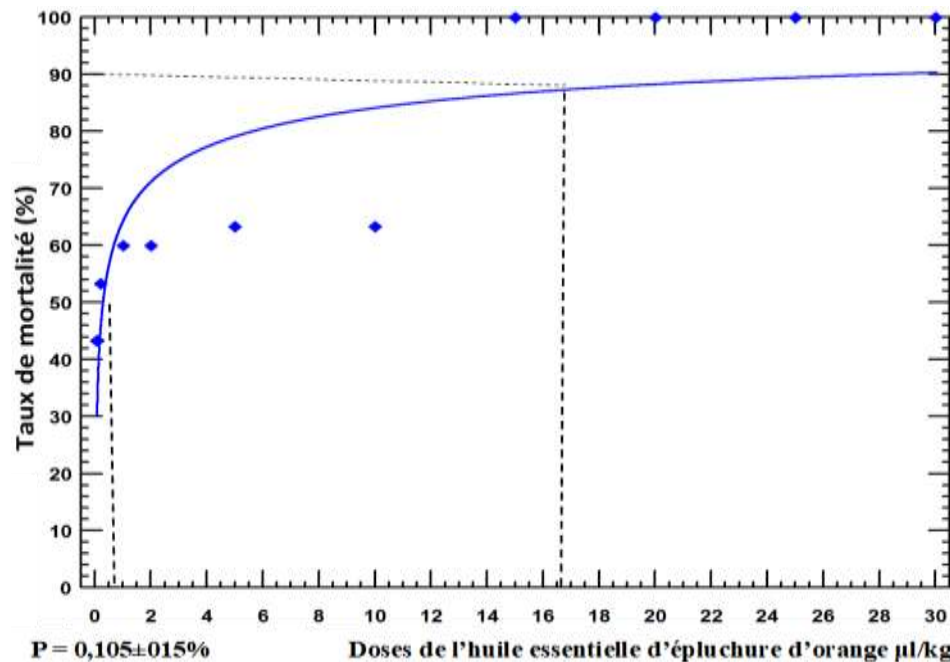


Figure 7 : Taux de mortalité en fonction de la dose de l'huile d'épiluchure d'orange et sa régression linéaire

DISCUSSION

De la mise en relation des données relatives à l'évolution du nombre des adultes de *Callosobruchus maculatus*, il ressort qu'à $30\pm 1^\circ\text{C}$ et $70\pm 10\%$ d'hygrométrie, la croissance de *C. maculatus* se fait en trois phases: une première phase caractérisée par une absence d'adultes de cet insecte dans 100g de niébé durant une semaine. Ceci pourrait correspondre au temps d'éclosion des œufs et de développement larvaire; une deuxième phase de 4 semaines de croissance continue de la population d'insectes. Cette multiplication des jeunes insectes issus de la première phase serait favorisée par le fait que le niébé est encore riche en substances nutritives et que les conditions du milieu d'élevage (température et humidité) sont favorables; une troisième phase d'une semaine (sixième semaine) durant laquelle le nombre moyen d'insectes ne varie plus et reste maximal dans le milieu d'élevage. Ceci pourrait être dû à l'épuisement des substances nutritives des grains de niébé. Certains chercheurs, sans évoquer des raisons nutritionnelles par rapport à la croissance de *C. maculatus* dans le niébé, avaient mentionné le nombre de phases, leurs durées et les milieux de développement de ces insectes. En effet, selon Doumma et al., (2011), après l'accouplement, la femelle pond sur les gousses, de préférence mûres ou directement sur les graines dans les cultures de niébé ou dans les stocks de cette légumineuse. Pour Kitch et Ntoukam (2002), La durée de développement est fonction des conditions climatiques prévalant au cours du stockage. L'éclosion de la larve a lieu 3 à 5 jours après le dépôt de l'œuf. La larve néonate, du type chrysomélien, perce le tégument et pénètre dans la graine. La suite du développement passe par 3 autres stades larvaires tous du type rhynchophorien et par un stade nymphal duquel sortira le bruche adulte. (Fazil et Ansari 2011), avaient constaté que la durée du cycle de l'œuf à l'adulte est variable en fonction des conditions climatiques et serait comprise entre

30 et 35 jours et même en-dessous de 20 jours en conditions de haute température et de faible humidité relative. A la fin de la saison sèche, lorsque les graines sont fortement dégradées et que les variations climatiques annoncent le début de la saison des pluies, les individus de la forme voilière émergent dans les stocks (Ouédraogo, 1991). D'après les résultats obtenus des tests avec les bioconservateurs, il ressort que la poudre et l'huile essentielle issues des épiluchures sèches d'orange sont efficaces dans la protection des grains de niébé contre les attaques de *C. maculatus*. En effet, elles présentent des effets insectifuge et insecticide sur les adultes de ces insectes. Plusieurs travaux antérieurs ont montré que les poudres et huiles essentielles des branches et des feuilles fraîches de plantes aromatiques sont utilisées pour protéger les grains stockés de niébé (*V. unguiculata* (L.) Walp.), de maïs (*Zea mays* L.) et les grains du haricot (*P. vulgaris* L.) contre les attaques de divers insectes de stocks (Kalomal et al., 2008). Des travaux similaires ont révélé que les huiles essentielles de *Citrus sinensis*, *Citrus aurantium* et de neem (*Azadirachta indica* Juss.) ont une activité larvicide et insecticide sur les larves et adultes de *Culex pipens* (EL Akhal et al., 2014) et sur *Maruca vitrata* (Traore et al., 2019). Selon Bouchikhi et al. (2010), les poudres extraites des plantes d'*Artemisia herba-alba* (Asteracées), *Rosmarinus officinalis* et *Origanum glandulosum* (Lamiacées) ont diminué considérablement la longévité des adultes d'*A. Obtectus*. Les travaux de Kellouche et al., (2004) ont également montré que les poudres extraites des plantes d'*E. globulus*, de *Citrus limon*, de *O. europeae*, et notamment de *S. aromaticum* et de *F. carica* ont une action biocide, soit en diminuant l'adhésivité des œufs de *C. maculatus* sur le tégument des graines, soit en agissant sur l'embryon après leur pénétration à travers le chorion. Ces activités insectifuge et insecticide de la poudre

et de l'huile essentielle pourraient être dues à leur composition chimique. En effet, l'huile essentielle et de la poudre d'épiluchures d'orange sont riches en composés terpéniques bioactifs. Elles sont constituées majoritairement de limonène qui appartient aux monoterpènes, célèbres pour leur effet insecticide envers plusieurs insectes (Papachristos *et al.*, 2002). Selon EL Akhal *et al.*, (2014), les huiles essentielles de *Citrus*

sinensis et *Citrus aurantium* sont majoritairement composées de limonène avec des pourcentages de 95,36% chez *Citrus sinensis* et 90,0% chez *Citrus aurantium*. Par ailleurs, des travaux effectués par Rossi *et al.* (2013) et Dongmoa *et al.* (2001) sur *C. sinensis* ont prouvé ce résultat avec des pourcentages respectifs de 95,1% et 82,36% de limonène dans l'écorce d'orange.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Cette étude, sur la valorisation, en qualité de bioinsecticide, de la poudre et de l'huile essentielle des épiluchures d'orange, a montré que *C. maculatus* peut se multiplier à un taux d'environ 1,70 insectes par jour dans 100g de niébé en stockage. Par ailleurs, 23030000 de cet insecte pèse 1kg et 224683kg de niébé peuvent être contaminés par 1kg d'insecte. Les deux bioconservateurs possèdent une activité insectifuge totale vis-à-vis de *C. maculatus*. Ils sont de puissants insecticides de *Callosobruchus maculatus* avec des $DL_{50} = 2,06 \pm 1,3g/kg$ et $DL_{95} = 38 \pm 1,2g/kg$ pour la poudre et $CL_{50} = 0,924 \pm 0,099\mu l/kg$ et $CL_{95} = 16,535 \pm 0,099\mu l/kg$ pour l'huile essentielle. La

répulsivité totale de ces bioconservateurs vis-à-vis de *C. maculatus* montre que leur emploi ne représenterait donc aucun danger pour l'écosystème. Au vue de ces résultats, 38g de poudre ou 16 μ l environ d'huile essentielle peuvent servir à conserver prêt de 225 tonnes de niébé. La poudre et l'huile essentielle d'épiluchure d'orange peuvent donc constituer une alternative crédible dans la lutte contre *Callosobruchus maculatus* du niébé en stock. Si l'obtention de la poudre par les agriculteurs est plus facile, il faudrait industrialiser la production de l'huile essentielle afin de la rendre plus accessible.

REMERCIEMENTS

La présente recherche a été réalisée dans le cadre de la réduction des pertes post-récolte des produits agricoles. Les auteurs sont reconnaissants et expriment leur gratitude à

l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA-Bénin) pour la mise à disposition du cadre propice aux travaux.

REFERENCES

- Balogoun I., Saidou A., Ahoton E. L., Amadji G. L., Ahohuendo C. B., Adebo J. B., Babatoundé S., Chougourou D., Adoukonou S. H. & Ahanchédé A., 2014. Caractérisation des systèmes de production à base d'anacardier dans les principales zones de culture au Bénin. *Agronomie africaine*. 26 (1) : 9-22.
- Bankole S, Mabekoje OO, 2004. Mycoflora and occurrence of aflatoxin B1 in dried yam chips from markets in Ogun and Oyo States, Nigeria. *Mycopathologia*, 157: 111-115.
- Boedeker W., Watts M., Clausing P. Emily Marquez; 2020. La distribution mondiale des intoxications aiguës non intentionnelles aux pesticides : estimations basées sur une revue systématique. *BMC Santé publique* 20, 1875 (2020).<https://doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0>.

- Bouchikhi Tani Z., Bendahou M., Khellil M.A. 2010. Lutte contre le bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* par les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Algérie. *Lebanese Science Journal* (11)1 : 55- 68.
- CBDD, 2000. Revue bimestrielle N°11, juillet - août 2000. P.7.
- Cruz Jean-François, D. Joseph Hounhouigan, Francis Fleurat-Lessard; 2016. La conservation des grains après récolte; *Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux*; 20p
- de Groot I, 2004. Protection des céréales et des légumineuses stockées; *Agrodok 18* 2ème Ed; 22p.
- Dongmoa P.M. J., Kuatéb J., Boyomc F.F., Ducelierb D., Damesseb F., Zolloa P.H.A., Menutd C., BessieredJ. M., 2001. Composition chimique et activité antifongique in vitro des huiles essentielles de Citrus sur la croissance mycélienne de *Phaeoramularia angolensis*, *Fruits*, vol. 57 (2) (2001).
- Doumma A., Salissou O., Sembène M. Sidikou R.S.D., Sanon A., Ketoh G.K., Glitho I.A.; 2011. Étude de l'activité reproductrice de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) sur dix variétés de niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. en présence ou non de son parasitoïde, *Dinarmus basalis* R. (Hymenoptera : Pteromalidae); *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2011. Vol.11, Issue2: 1398-1408 Publication date: 30/9/2011, <http://www.biosciences.ewela.org/JAP> S; ISSN 2071 – 7024; 11p
- EL-Akhal F., Guemmouh R., Greche H. & El Ouali Lalami A., 2014. Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S1) 2319-2324.
- P. Fandohana, B. Gnonlonfina, K. Hellb, W.F.O. Marasasc, M.J. Wingfield ; 2005. Natural occurrence of *Fusarium* and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Africa. *Int. J. Food Microbiol.* 99, 173-183.
- Fazil H. et Ansari M.S., 2011. Toxic effects of neem- based insecticides on *Pieris brassicae* (Linn.). *Crop protection*, 30(4): 502-507.
- Hammer KA, Carson CF, Ridley CV, 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plants extract. *Journal of Applied Microbiology*, 86:985-990.
- Kalomal A., Kitambala K., Ndjango N.L., Sinzahera U. & Paluku T., 2008. Effet des poudres d'*Eucalyptus citriodora*, de *Cupressus lucitanica* et de *Tagetas minitiflora* dans la conservation du maïs (*Zea mays*) et du haricot (*Phaseolus vulgaris*) dans les conditions de Rethy (République Démocratique du Congo). *tropicultura*, 26, 1, 24-27.
- Kellouche A., Soltani N., Kreiter S., Auger J., Arnold I. & Kreitter P., 2004. Biological activity of four vegetable oils on *Callosobruchus maculatus* (fabricius) (Coleoptera: Bruchidae). *REDEA*, LXXXVII, pp 39-47
- Kitch W. Laurie et Ntougam Georges; 2002. Stochage du Niébé dans la cendre; Bulletin technique1; *Institue de Recherche Agronomique du Cameroun*; 14p.
- Leru B. et Papierok B.; 1984. Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* matile-ferrero (homopteres, pseudococcxdae): Intérêt d'une méthode simplifiée d'estimation de r_m ; Institut Français de Recherche Scientifique pour le

- Ouedraogo A.P., 1991. Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* (Fab.), Coléoptère Bruchidae. Importance des facteurs climatiques sur l'évolution des populations de ce Bruchidae dans un système expérimental de stockage des graines de *Vigna unguiculata* (Walp.). Thèse de doctorat d'État, 117p.
- Papachristos, D.P., Stamopoulos, D.C., 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research 38 (2002) 117-128.
- Rossi Y. E. & Palacios S.M., 2013. Fumigant toxicity of Citrus sinensis essential oil on *Musca domestica* L. adults in the absence and presence of a P450 inhibitor, *ActaTropica* 127. , pp.33–37.
- Tapondjou L. A., Adler C., Bouda H. & FontemD. A., 2003. Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard du bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae); Cahiers Agricultures 2003 : 12 : p 401-407.
- Tatsadjieu N, Jazet M, Ngassoum MB, Etoa X, Mbofung MF, 2010. Investigations on the essential oil of *Lippia rugosa* from Cameroon for its potential use as antifungal agent against *Aspergillus flavus* Link ex. Fries. Food Control, 5:161–166; Développement en Cooperation; *CEcotogia Applicata*, 14p.
- Traore Fousséni, Mayouré Edith ILBOUDO, Antoine WAONGO 2019. Activité biologique des huiles de neem (*Azadirachta indica* Juss.) sur les œufs de *Maruca vitrata* Fabricius, foreuse des gousses du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en conditions de laboratoire; *Journal of Applied Biosciences* 143: 14622 – 14634. ISSN 1997-5902. 13p.
- Zakaria Ilboudo, 2009. Thèse de doctorat «Activité Biologique de quatre huiles essentielles contre *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidae), insecte ravageur des stocks de niébé au Burkina Faso» Université de Ouagadougou.
- Zohounvo M Syntyche, 2017. Mémoire de Master «Efficacité des extraits végétaux dans la lutte contre les facteurs parasitaires du pois d'Angole (*Cajanus cajan*) en poste récolte au Bénin» MTA/ED-FAST/UAC. 75p.