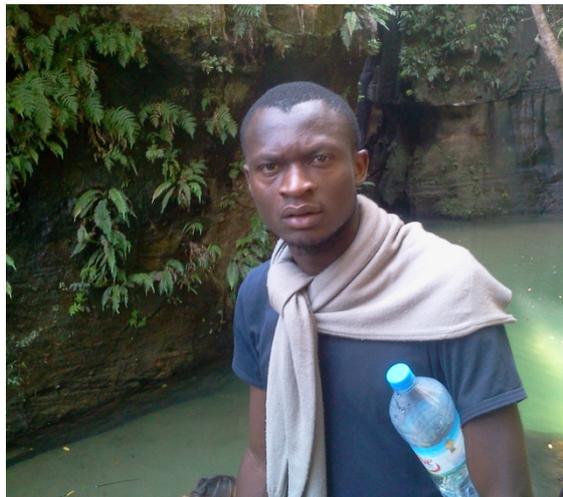


POTENTIALISATION DE L'EFFICACITE INSECTICIDE DES POUDRES DE FEUILLES OU AMANDES DE NEEMIER *AZADIRACHTA INDICA* A. JUSS PAR FORMULATION AVEC LA CENDRE DE TIGES DE MIL CONTRE *SITOPHILUS ZEAMAI* MOTSCH. ET *SITOPHILUS ORYZAE* L. (COLEOPTERA : CURCULIONIDAE)

Tamgno BR^{1,2*} et LS Ngamo Tinkeu²



Tamgno Béranger Raoul

*Email de l'auteur correspondant : tamgnoberanger@gmail.com , tamgnoberanger@yahoo.fr

¹Institut des Sciences Halieutiques, Université de Douala, BP 7236, Douala-Cameroun

²Unité de Recherches Entomologiques, Laboratoire d'Entomologie Appliquée, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Science, Université de Ngaoundéré, BP 454, Ngaoundéré-Cameroun

RESUME

Dans la vallée du Logone (Extrême-Nord du Cameroun et Sud-Ouest du Tchad en Afrique Centrale) où l'activité agricole est prépondérante, l'utilisation des pesticides chimiques est importante alors que de nombreuses ressources locales peuvent être des alternatives aux pesticides chimiques conventionnels. Les populations de cette localité continuent à faire recours aux insecticides conventionnels dangereux dans la lutte contre les insectes ravageurs qui occasionnent des pertes considérables aux denrées et semences au cours de leur stockage. L'utilisation des outils traditionnels reste encore archaïque et non standardisée. Le but de ce travail est de déterminer le potentiel insecticide des formulations poudreuses des parties du neemier *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) et de la cendre des tiges de mil contre les insectes ravageurs des céréales stockées. Pour ce faire, ce potentiel a été mis en évidence par l'évaluation des propriétés insecticides des feuilles et des amandes du neemier en formulation avec la cendre de tiges de mil sur *Sitophilus zeamais* Motsch., *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera : Curculionidae). De ces investigations, il ressort que les doses 5 % ; 10 % ; 15 % et 20 % de cendre ont induit respectivement chez *S. oryzae* 19,97^a±3,50 %, 83,32±4,58^b %, 95±8,66^c % et 100±0^c % de mortalité (F=279,95***, ndl=23) contre 25,15±5,19^a %, 86,25±10,82^b %, 100±0^c % et 100±0^c % chez *S. zeamais* (F=213,84***, ndl=23). Quant aux formulations équilibrées, les traitements CF10 et CG10 ont induit respectivement 88,64±8,20^a % et 94,06±3,54^a % de mortalité de *S. oryzae* contre 96,25±7,40^{a0} % et 93,75±6,50^a % chez *S. zeamais*. Quant aux formulations disproportionnées, les traitements 1/4CF10 et 1/4CG10 ont induit respectivement 95,18±5,33^a % et 93,75 ±6,50^{a0} % de mortalité chez *S. oryzae* contre 93,75±7,40^a % et 87,50±5,60^a % de *S. zeamais* respectivement. Les traitements 1/4CF10 et 1/4CG10 sont les plus actifs sur les deux insectes ravageurs. Le développement d'un bio insecticide fait d'une formulation des poudres de feuilles et d'amandes de neemier et de la cendre de tiges de mil pourrait être utilisé pour le contrôle des insectes ravageurs des céréales au cours du stockage dans la Vallée du Logone.

Mots clés : Insectes ravageurs, denrées stockées, bio insecticides, neemier, tiges de mil, cendre, formulations poudreuses, Vallée du Logone

ABSTRACT

In the valley Logone (region between Far North Cameroon and South-West Chad) where agricultural activity is preponderant, the use of chemical pesticides is important although many local resources may be the alternatives to chemical conventional products. During storage of foodstuffs, the peasants of this zone continue to use hazardous conventional insecticides against insect pests that cause considerable losses to foodstuffs and seeds. The use of traditional tools is archaic and is not standardized. The aim of this work is therefore to determine the insecticidal potential in powdery formulations of leaves and seeds of neem towards insect pests of cereals during storage. To accomplish this objective, the studies were carried out in the Logone valley by surveys. The insecticidal potential were highlighted by the evaluation of the formulation of powders of leaves and seeds of neem tree *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) in formulation with the ash of millets' stalk on *Sitophilus zeamais* Motsch., *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera : Curculionidae). The research carried out revealed that doses 5 % ; 10 % ; 15 % and 20 % of ash induce respectively on *S. oryzae* 19.97±3.50^a%, 83.32±4.58^b %, 95±8.66^c % and 100±0^c% of mortality (F=279.95***, df=23) against 25.15±5.19^a %, 86.25±10.82^b %, 100±0^c % and 100±0^c% on *S. zeamais* (F=213,84***, df=23). For the equal formulations, the treatments CF10 and CG10 induce respectively 88.64±8.20^a % and 94.06±3.54^a% of mortality of *S. oryzae* against 96.25±7.40^a% and 93.75±6.50^a % on *S. zeamais*. The treatments' formulations 1/4CF10 and 1/4CG10 kill respectively 95.18 ±5.33^a % and 93.75 ±6.50^a % of mortality to *S. oryzae* against 93.75 ±7.40^a % and 87.50 ±5.60^a % to *S. zeamais* in the same order. The treatments 1/4CF10 and 1/4CG10 are the most active on these two insect pests. The development of a bio insecticide made of formulation of powder of leaves and seeds of neem tree and the ash of millets' stalk could be used for the control of cereal insect pests during storage in the valley Logone.

Key words: Insect pests, stored foodstuffs, bio insecticides, neem tree, stalks of millet, ash, powdery formulation, Logone valley



INTRODUCTION

La population mondiale devrait augmenter de plus d'un tiers, soit 2,3 milliards de personnes, entre 2009 et 2050 et la quasi-totalité de cette progression devrait concerner l'Afrique subsaharienne qui marquerait l'avancée la plus rapide (+ 114%) [1]. Il y a donc un besoin pressant d'accroître la production agricole tout en diminuant les pertes pré et post-récoltes [2]. Ces pertes post-récoltes sont occasionnées au cours du stockage par différents facteurs biotiques et abiotiques qui déprécient qualitativement et quantitativement les denrées et dont les plus redoutables sont les insectes ravageurs [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. En Afrique, les pertes dues aux insectes nuisibles peuvent être totales si aucune protection n'est faite [4]. Ils sont les vrais compétiteurs de l'homme.

A cet égard, la lutte contre ces insectes ravageurs est un impératif. Les paysans font généralement recours à une gamme variée d'insecticides de synthèse parfois très dangereux et obsolètes pour protéger leurs denrées des attaques des insectes nuisibles ou vendent leurs denrées à vil prix juste après la récolte et les achètent quelques mois plus tard à des prix exorbitants [2, 3]. Or ces insecticides de synthèse bien que les plus efficaces ont des effets secondaires néfastes tant pour les consommateurs que pour l'environnement et la biodiversité [8, 11, 12, 13].

Ces produits chimiques sont très onéreux pour le petit producteur. De nombreux fumigènes utilisés dans le traitement des denrées stockées ayant pour matière active le bromure de méthyle sont bannis et leur production contrôlée dans l'Union Européenne, les Etats Unis et la Convention de Rotterdam [14]; leur retrait progressif de la fabrication et de la distribution prévu en 2010 était régi par le protocole de Montréal [15].

Fort de ce constat, de nouvelles études ont été menées pour réduire l'application systématique des produits chimiques et les remplacer par des méthodes innovantes moins ou pas dangereuses autant pour le consommateur que pour son environnement [3, 16, 17, 18]. Parmi ces méthodes qui sont explorées depuis cette prise de conscience, la lutte biologique est celle qui offre une solution écologique en conformité avec le respect de l'environnement [19, 20].

Des recherches sur les produits ou extraits de neemier susceptibles d'avoir une activité phytosanitaire sont ainsi explorées. Il s'est avéré être une remarquable source de molécules biologiquement actives à travers ses feuilles et ses fruits, et en particulier d'un insecticide botanique naturel : l'azadirachtine, essentiellement contenu dans la graine du fruit [3, 8, 17, 21, 22]. Actuellement, plusieurs formulations à base d'azadirachtine, principal composé insecticide extrait du neemier, sont homologuées et commercialisées dans plusieurs pays tels l'Inde, les Etats Unis, le Canada et l'Allemagne sous des noms variés [22, 23].

Les poudres de feuilles et des amandes de neemier dans un rapport massique de 10% protègent efficacement les semences de maïs et de mil contre les attaques de *S. oryzae* et *S. zeamais* durant 6 mois [3, 17]. Ces doses semblent très importantes. Le but de ce travail est de potentialiser l'effet insecticide de la poudre de feuilles ou des amandes de neemier

en formulant avec de la cendre de tiges de mil afin de réduire la quantité de la poudre des feuilles ou des amandes du neemier dans la formulation neemier + cendre de tiges.

MATERIEL ET METHODES

Matériel animal et élevage

Il est constitué de deux Coléoptères Curculionidés : *Sitophilus zeamais* Motsch. et *Sitophilus oryzae* L. Ces deux espèces sont issues des collections *in vivo* prélevées des greniers paysans de la vallée du Logone pendant la prospection de mars à juin 2011 et mises en élevage intensif sur leur denrée de préférence saine dans deux étuves ventilées à 30° C à l'Unité de Recherches Entomologiques de l'Université de Ngaoundéré. Le déparasitage des denrées utilisées pour les bios essais s'est fait dans un congélateur à moins 17°C pendant deux semaines. *S. oryzae* a été élevé sur du sorgho en grains et *S. zeamais* sur du maïs en grains. La population expérimentale était constituée était constituée de 1840 et 1520 jeunes adultes respectivement de *S. zeamais* et *S. oryzae* de moins d'un mois d'âge.

Matériel végétal

Récolte et préparation des poudres de feuilles de neemier

Les feuilles fraîches ont été récoltées au coucher du soleil sur des neemiers à Yagoua dans le Mayo Danay (Extrême Nord-Cameroun) et étalées sur des claies pour les sécher en les remuant régulièrement matin et soir à l'ombre pendant une semaine. Elles ont été par la suite moulues à l'aide d'un broyeur mécanique au laboratoire et sassée avec un tamis de maille 500 µm. La poudre obtenue est directement utilisée pour préparer des formulations poudreuses utilisées comme ingrédients actifs sur les insectes ravageurs des céréales stockées.

Récolte et préparation des poudres des amandes

Les fruits mûrs de neemier ont été ramassés sous des neemiers dans l'arrondissement de Yagoua et décortiqués pour obtenir les amandes. Les amandes ont été séchées tout comme les feuilles à l'ombre pendant une semaine. Après séchage, elles ont été broyées, puis sassées à l'aide d'un tamis de mailles 500 µm. Les poudres obtenues ont été directement utilisées pour préparer des formulations poudreuses testées comme matières actives sur les insectes ravageurs.

Récolte des tiges de mil et obtention de la cendre

Les tiges de mil d'un mètre de long ont été récoltées par des coupes au niveau du collet dans un champ à Yagoua dans le Mayo Danay. Elles ont été débarrassées des feuilles et les tiges uniquement découpées ont été séchées. Sur des feuilles de tôles en aluminium, des paquets de 2 kg de tiges ont été brûlés, après refroidissement total, la cendre obtenue était pesée. Le rendement en cendre des tiges de mil a été calculé suivant la formule :

$$R = (\text{Masse de la cendre obtenue} \times 100) / (\text{Masse des tiges de mil incinérée})$$

Au laboratoire, cette cendre a été sassée à l'aide d'un tamis de mailles 500µm afin d'éliminer les débris non consommés. Les particules fines sont utilisées pour les tests insecticides et pour les formulations poudreuses.



Préparation des formulations poudreuses insecticides à base de la cendre et des poudres des amandes et des feuilles du neemier

Les formulations insecticides à proportions égales à base des poudres de feuilles ou des amandes de neemier et la cendre de tiges de mil ont été obtenues par un simple mélange d'une masse X de la cendre avec une autre masse X de la poudre de feuilles ou d'amandes de neemier. Ainsi, deux mélanges ont été obtenus (cendre + poudre de feuilles =CF, cendre + poudre d'amandes=CG). Quant aux formulations poudreuses disproportionnées (proportions inégales), des formulations poudreuses à 25% de la poudre de feuilles ou des graines de neemier ont été préparées en mélangeant dans un rapport massique 25% des poudres de feuilles ou des amandes de neemier avec 75% de la cendre des tiges de mil. Ces formulations sont notées 1/4CF et 1/4CG respectivement. Tous ces mélanges équilibrés et disproportionnés préparés ont été ensuite considérés comme des éléments uniques et directement utilisés pour des tests biologiques.

Tests biologiques

Activité insecticide de la cendre de tiges de mil sur *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus zeamais*

Dans des pots en verre de capacité 1200 ml disposés en deux lots, 100 g, 99 g, 95 g, 90 g, 85 g et 80 g de sorgho et de maïs ont été introduits respectivement dans chaque lot. Le contenu de chaque pot a été complété à 100 g en y ajoutant des masses précises de la cendre de tiges de mil (Ce01, Ce05, Ce10, Ce15 et Ce20) qui constituent des traitements. A l'aide d'une spatule, le contenu du pot a été homogénéisé en le remuant 10 fois dans un sens, puis 10 fois dans l'autre. Dans des pots contenant du maïs, 20 imagos de *S. zeamais*, de moins d'un mois d'âge, préalablement affamés pendant 48 h ont été introduits et les pots recouverts. Il en est de même pour les pots du sorgho avec *S. oryzae*. Pour chaque traitement, quatre répétitions furent réalisées. Quatre vingt-dix jours après application, tous les pots ont été examinés ; les taux de mortalité calculés. Le traitement témoin est constitué de 100 g de la denrée saine non traitée.

Activité insecticide des formulations neemier + cendre de tiges de mil sur *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus zeamais*

Des différentes formulations à base du neemier préparées (cendre + poudre de feuilles =CF, cendre + poudre d'amandes=CG, 1/4CF et 1/4CG) ; des masses de 1 g, 5 g, 10 g et 20 g ont été prélevées et mélangées sur des maïs en grain contenus dans des pots en verre de capacité 1200 ml de sorte que chaque pot ait un contenu total de 100 g. Quant au mil, 1 g, 5 g et 10 g de formulations ont également été prélevés et saupoudrés sur du sorgho en grain comme ce fut le cas avec le maïs. L'ensemble fut homogénéisé. Pour chaque traitement, quatre répétitions ont été faites. Les pots à mil furent infestés chacun par 20 imagos de *S. oryzae* et ceux de maïs par 20 *S. zeamais* de moins d'un mois d'âge. Quatre vingt dix jours après application, tous les pots ont été tamisés ; les mortalités relevées et les taux de mortalité calculés. Le traitement témoin est constitué de la denrée saine non traitée.

Analyse statistique

Les résultats obtenus des tests biologiques ont été soumis à un test de comparaison des mortalités moyennes issues des échantillons de même taille grâce à l'analyse de variance



(ANOVA) et complétés par le test de Duncan avec le logiciel XLSTAT 2007 version 8.04 dans le but de déterminer s'il existe des différences significatives entre les mortalités observées conséquentes des activités insecticides des différents bios essais.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Teneur en cendre des tiges de mil

Les tiges de mil en provenance de Yagoua dans le Mayo Danay (Extrême Nord, Cameroun) et incinérées sur une feuille de tôles ont un rendement en cendre de $7,74 \pm 0,26$ (Tableau 1).

2. Toxicité de la cendre des tiges de mil sur *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus zeamais*

Les mortalités induites par la cendre de tiges de mil 90 jours après application varient avec les doses utilisées et les insectes ravageurs testés (Figure 1). A la dose 1 %, la cendre a induit 3,07 % de mortalité chez *S. oryzae* contre 2,61 % chez *S. zeamais*. Les doses 5 % ; 10 % ; 15 % et 20 % ont induit respectivement chez *S. oryzae* $19,97 \pm 3,50^a$ %, $83,32 \pm 4,58^b$ %, $95 \pm 8,66^c$ % et 100 ± 0^c % de mortalité contre $25,15 \pm 5,19^a$ %, $86,25 \pm 10,82^b$ %, 100 ± 0^c % et 100 ± 0^c chez *S. zeamais*.

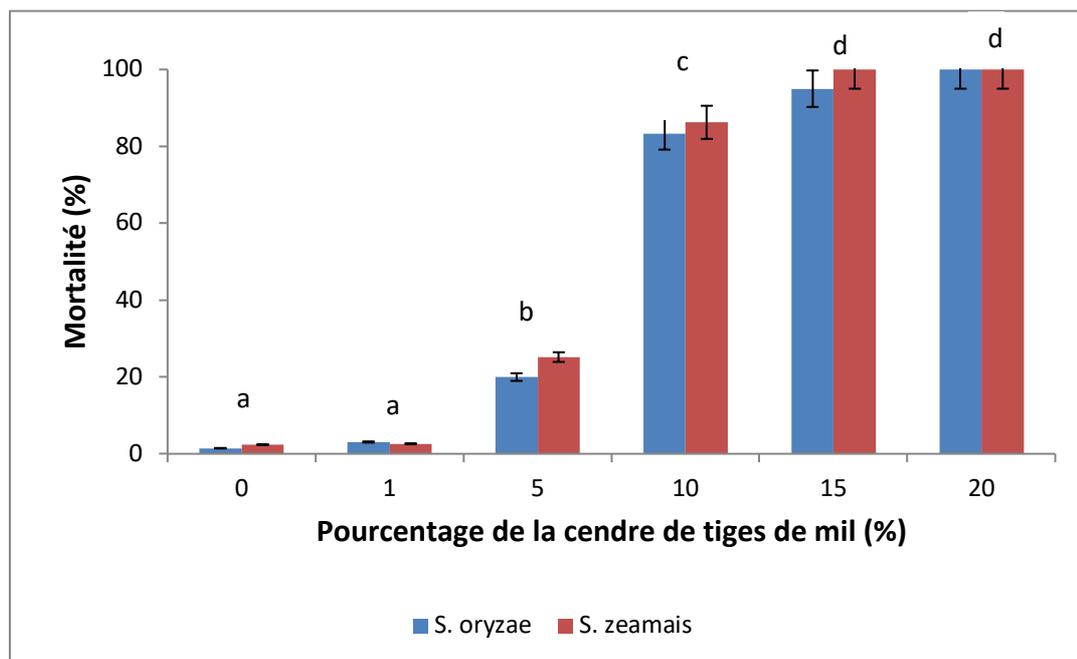


Figure 1 : Mortalité de *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus zeamais* en fonction des doses de cendre de tiges de mil 90 jours après application
Les bandes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement, $F_{S_z}=213,84$, $F_{S_o}=279,95$, $ndl=23$, $P \leq 0,001$.

L'ANOVA montre qu'il existe une différence hautement significative entre les taux de mortalité induits aux différentes masses de cendre de tiges mil ($F_{S_z}=213,84^{***}$, $F_{S_o}=279,95^{***}$, $ndl=23$). Le test des étendues multiples de Duncan montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les mortalités induites chez les deux ravageurs *S.*

oryzae et *S. zeamais* aux différents traitements de cendre 90 jours après application (Figure 1). Ce test montre également qu'il n'existe aucune différence significative entre les mortalités induites par le traitement témoin ($1,83 \pm 0,37^a\%$ et $2,38 \pm 0,97^a\%$ respectivement chez *S. oryzae* et *S. zeamais*) et le traitement à 1 % de cendre d'une part ($3,07 \pm 1,32^a\%$ et $2,61 \pm 1,52^a\%$ dans le même ordre) et entre les mortalités induites par les traitements renfermant 15 % de cendre de tiges de mil ($95 \pm 8,66^d\%$ et $100 \pm 0^d\%$ pour *S. oryzae* et *S. zeamais* respectivement) et 20% ($100 \pm 0^d\%$ quel que ce soit le ravageur) d'autre part. Il s'en suit que le traitement Ce15 est le plus actif sur *S. zeamais* contre Ce20 sur *S. oryzae* ; la cendre de tiges de mil est donc plus efficace sur *S. oryzae* que *S. zeamais* bien que le test de Duncan montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les mortalités induites par ces doses sur les deux insectes ravageurs.

Les mortalités induites par la cendre des tiges de mil sur les différents ravageurs utilisés (Figure 1) seraient dues à l'effet abrasif de cette dernière. En effet, l'abrasion du tégument de l'insecte use peu à peu ce dernier avec pour conséquence la perte massive de l'eau [24, 25]. L'usage de la cendre de bois dans la protection des denrées stockées a été signalé [25, 26]. La cendre est en effet insecticide, car elle est abrasive ; en occupant l'espace inter-granulaire, elle s'oppose au déplacement des insectes ravageurs. Dans de nombreux pays africains et asiatiques, plusieurs types de cendre sont utilisés traditionnellement dans la protection des denrées post récoltes à l'instar des cendres d'acacia, du tamarinier et du manguier en Inde dans la protection du sorgho, du paddy et des légumineuses, les cendres de bouse de vache et de l'acajou au Botswana et au Ghana et des tiges de mil au Cameroun [27, 28].

3. Toxicité des formulations poudreuses à base de la cendre des tiges de mil et des poudres des feuilles et des graines de neemier sur *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus zeamais*

Les mortalités induites sont liées aux types de formulations poudreuses, aux doses appliquées et aux insectes ravageurs (Figures 2 & 3).

Les traitements des formulations équilibrées cendre + feuilles de neemier CF01, CF05 et CF10 ont induit respectivement $2,38 \pm 1,61\%$, $44,94 \pm 5,13\%$ et $88,64 \pm 8,20\%$ de mortalité de *S. oryzae* contre $6,65 \pm 3,21\%$, $28,44 \pm 2,61\%$ et $96,25 \pm 7,40\%$ chez *S. zeamais* dans le même ordre. Quant aux formulations équilibrées cendre + amandes de neemier, les traitements CG01, CG05 et CG10 ont tué respectivement $6,01 \pm 1,25\%$, $34,28 \pm 3,07\%$ et $94,06 \pm 3,54\%$ de *S. oryzae* contre $6,87 \pm 3,06\%$, $16,78 \pm 3,23\%$ et $93,75 \pm 6,50\%$ de *S. zeamais*. Les traitements 1/4CF01, 1/4CF05, 1/4CF10 des formulations disproportionnées ont induit respectivement $3,32 \pm 1,88\%$, $59,13 \pm 4,77\%$ et $95,18 \pm 5,33\%$ de mortalité chez *S. oryzae* contre $5,20 \pm 2,44\%$, $16,84 \pm 2,10\%$ et $93,75 \pm 7,40\%$ de *S. zeamais* respectivement. Les traitements 1/4CG01, 1/4CG05 et 1/4CG10 ont induit des mortalités du charançon du mil respectivement de $6,45 \pm 2,23\%$, $47,46 \pm 5,68\%$ et $93,75 \pm 6,50\%$ contre respectivement $4,23 \pm 1,90\%$, $28,33 \pm 2,04\%$ et $87,50 \pm 5,60\%$ chez le charançon du maïs ; tous les traitements à 20% ont induit une mortalité de 100% (Figure 3).

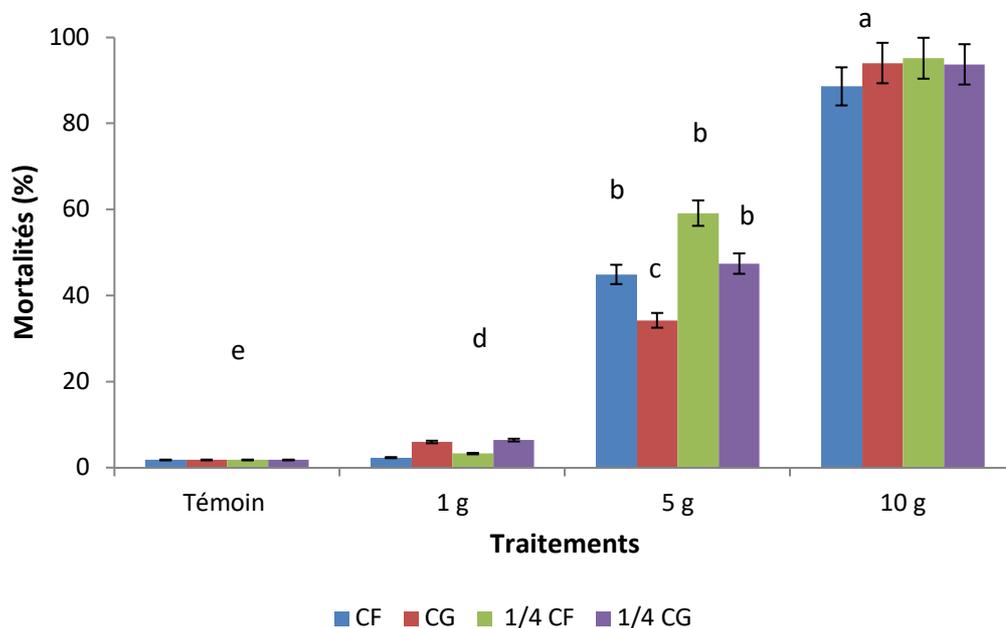


Figure 2 : Mortalités (%) de *Sitophilus oryzae* fonction des doses de formulations poudreuses à base de la cendre et des feuilles ou amandes de neemier 90 jours après application

*Les bandes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement, $P \leq 0,001$. $F_{So} = 43,788^{***}$, $ndl = 14 : 45$, $F_{Sz} = 490,495^{***}$, $ndl = 18 : 57$*

Légende : CF ou CG = Formulations poudreuses équilibrées cendre plus poudres de feuilles ou de graines de neemier ;

1/4CF ou 1/4CG = Formulations poudreuses disproportionnées cendre plus poudres de feuilles ou de graines de neemier au quart.

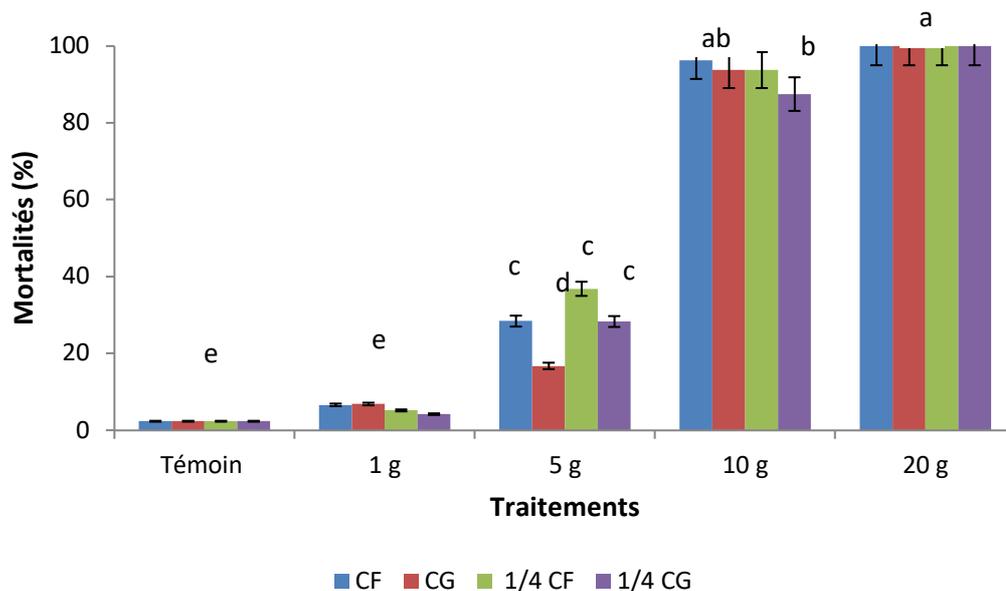


Figure 3 : Mortalités (%) de *S. zeamais* en fonction des doses de formulations poudreuses à base de la cendre et des feuilles ou amandes de neemier 90 jours après application

*Les bandes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement, $P \leq 0,001$. $F_{So}=43,788^{***}$, $ndl=14 : 45$, $F_{Sz}=490,495^{***}$, $ndl=18 : 57$*

Légende : CF ou CG = Formulations poudreuses équilibrées cendre plus poudres de feuilles ou de graines de neemier ;

1/4CF ou 1/4CG = Formulations poudreuses disproportionnées cendre plus poudres de feuilles ou de graines de neemier au quart.

L'analyse des variances montre qu'il existe une différence hautement significative entre les mortalités induites par les différents traitements de formulations poudreuses sur *S. oryzae* ($F_{(14; 45)}=43,788^{***}$) et *S. zeamais* ($F_{(18; 57)}=490,495^{***}$). Le test de Duncan montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les mortalités induites par les différents traitements à 1% d'une part et à 10% d'autre part sur le charançon du mil *S. oryzae* ; mais qu'il existe une différence significative entre les mortalités induites par les traitements à 1%, 5% et 10% (Figure 2). Le test de Duncan montre également qu'il n'y a pas de différence significative entre les mortalités induites par les traitements à 1% et le traitement témoin.

Quant aux taux de mortalité de *S. zeamais*, une absence de différence significative est observée entre les mortalités induites par les traitements à 1% d'une part et les traitements à 10% d'autre part quelles que soient les formulations ; ce même test montre également qu'il n'existe pas de différence entre les mortalités des formulations poudreuses équilibrées CF10, CF20, CG10 et CG20 (Figure 3).

Ainsi, les traitements 1/4CF10 et 1/4CG10 sont les plus efficaces aussi bien sur le charançon du mil *S. oryzae* que du maïs *S. zeamais*.

La différence d'efficacité de la cendre des tiges de mil et des différentes formulations poudreuses observées sur les deux insectes ravageurs (Figures 2, 3) serait liée à la physiologie de ces insectes. En effet, *S. zeamais* et *S. oryzae* sont deux espèces bien définies avec des différences marquées aussi bien sur le plan morphologique que génétique. De ce fait, elles ne sauraient réagir de la même manière aux différentes doses de la cendre. Des résultats similaires avec des extraits de plantes ont été rapportés par de nombreux auteurs [2, 3, 5, 8, 18]. Les mortalités dues aux différentes formulations poudreuses neem + cendre (Figures 2 et 3) sont inhérentes à la constitution chimique et biochimique des parties du neemier.

4. Mortalités comparées de *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus zeamais* induites par la cendre, les poudres des feuilles et de graines de neemier et les différentes formulations neem + cendre

Les mortalités induites de *S. oryzae* et *S. zeamais* aux mêmes doses diffèrent en fonction de la cendre de tige de mil, des poudres de feuilles et de graines de neem et les différentes formulations poudreuses à base de ces dernières (Tableau 2).

L'ANOVA montre une différence très hautement significative entre les mortalités induites par ces différents traitements aussi bien pour *S. zeamais* ($F_{(24;75)} = 260,75^{***}$) que pour *S. oryzae* ($F_{(20;63)} = 33,24^{***}$). Le test de Duncan montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les mortalités des deux espèces déprédatrices à la dose 1 %.

Pour ce qui est de *S. zeamais*, le test de Duncan montre une absence de différence significative entre les mortalités induites par la cendre à la dose de 5 % ($Ce_{05} = 25,15 \pm 5,19^b$ %) et les formulations équilibrées cendre + feuilles de neemier à la dose 5% ($CF_{05} = 28,44 \pm 2,61$ %) ; mais qu'il existe une différence significative entre les taux de mortalité de ces traitements (Ce_{05} et CF_{05}) et ceux induits par les poudres de feuilles ($PF_{05} = 15,83 \pm 3,3$ %) et de graines ($PG_{05} = 12,17 \pm 4,3$ %) de neemier respectivement et par la formulation disproportionnée cendre + feuilles ($1/4 CF_{05} = 36,84 \pm 2,10$ %) (Tableau 2).

Quant aux mortalités de *S. oryzae*, le test de Duncan montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les mortalités induites par la cendre ($3,10 \pm 1,36$ %), les poudres de graines ($3,25 \pm 4$ %) et de feuilles ($2,87 \pm 0,7$ %) de neemier et les formulations poudreuses à la dose 1% (Tableau 2). Bien que les mortalités de *S. oryzae* induites par les formulations poudreuses ($CF_{10} = 88,64 \pm 8,20$ %, $CG_{10} = 94,06 \pm 3,54$ %, $1/4CF_{10} = 95,18 \pm 5,33$ %, $1/4CG_{10} = 93,75 \pm 6,50$ %) soient supérieures ou égales à celles induites par la cendre ou les poudres brutes à la dose 10% ($Ce = 83,23 \pm 4,58$ %, $PF_{10} = 82,5 \pm 11,5$ %, $PG_{10} = 92,5 \pm 10,3$ %) ; on ne peut parler d'effet synergique, mais plutôt d'effet additif du mélange cendre + poudres sur ce ravageur.

Puisqu'une étude comparée des mortalités de *S. zeamais* induites par les poudres des feuilles et des graines de neemier à la proportion 10 % ($PF_{10} = 26,75 \pm 6,9^b$ %, $PG_{10} = 26,87 \pm 4,1^b$ %), par la cendre Ce_{10} ($86,25 \pm 10,83^{ab}$ %) et celles induites par les différentes formulations poudreuses à base des graines et des feuilles de neemier et de la cendre des tiges de mil à la même proportion de 10 % ($CF_{10} = 88,64 \pm 8,20^{ab}$ %,

CG10=93,75±6,50^a%, 1/4CF10=93,75±7,40^a%, 1/4CG10=87,50±5,60^{ab}%) montre une forte toxicité des formulations poudreuses sur ce ravageur par rapport à celles induites par la cendre et la poudre brute (Tableau 2) ; alors, une potentialisation de l'effet insecticide des matières actives mises en commun est suspectée. La somme des mortalités induites par chaque fraction dans ces différentes formulations est inférieure aux mortalités induites par les traitements de ces formulations poudreuses à la proportion 10%, ce qui prouve un effet synergique des effets de la cendre et des poudres de dérivés du neemier (Figures 1, 2, 3 & Tableau 2). En effet, la synergie est la mise en commun de plusieurs actions dans le but d'optimiser un effet unique avec une réduction considérable de l'effort [29].

L'utilisation des formulations de matières actives et matières inertes dans la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées ne date pas d'aujourd'hui. Au Nigéria par exemple, des piments rouges sont écrasés et mélangés à de la cendre pour protéger les grains de céréales contre les attaques de nombreux déprédateurs [28]. Au Cameroun, les plantes sont appliquées avec ou dans la cendre pour lutter contre les insectes ravageurs dans les structures de stockage [27].

Pour optimiser la protection des denrées stockées contre les insectes nuisibles dans le Nord Cameroun, les paysans introduisent simultanément plus d'une essence végétale (2 à 6 espèces) dans les greniers [10, 30]. Au Nigéria, au Bénin et en Gambie, des mélanges piment et cendre de bois ou de la boue sont utilisés dans la protection post récolte des céréales et légumineuses [28]. Ainsi, les formulations poudreuses préparées ont un double intérêt : elles ont permis de potentialiser l'activité insecticide de la cendre et des poudres de feuilles et de graines de neemier sur *S. zeamais* et *S. oryzae*, et aussi de réduire la quantité des poudres de neemier dans les formulations.

CONCLUSION

La cendre des tiges de mil a des effets insecticides sur les insectes ravageurs des céréales entreposées principalement *S. zeamais* et *S. oryzae*. La cendre à la proportion 15 % protège efficacement le sorgho et le maïs des attaques de *S. zeamais* et *S. oryzae*. Les doses létales 100 des feuilles et amandes de neemier sont de 10 %. Les formulations poudreuses neem + cendre sont plus efficaces sur les deux ravageurs que les poudres des feuilles ou d'amandes de neemier prises séparément ; cet effet synergique est principalement plus notable sur le charançon du maïs *S. zeamais*. Les formulations 1/4CG10 et 1/4CF10 sont les plus actives sur *S. zeamais* et *S. oryzae*. Toutes ces formulations plus efficaces permettent une réduction considérable de la quantité des poudres de feuilles et des amandes de neemier dans la protection des céréales post récoltes.

Vu l'efficacité et l'efficience des formulations poudreuses, les petits producteurs pourraient faire des combinaisons en mélangeant dans un rapport massique 25% des poudres de feuilles ou des amandes de neemier avec 75% de la cendre des tiges de mil et utiliser ces mélanges dans un rapport de 10 % pour protéger le sorgho ou le maïs contre leurs déprédateurs.



REMERCIEMENTS

Les auteurs disent merci à l'Union Européenne pour leur appui financier à travers le Projet VALRENA Fed/2009/217079 exécuté par le PRASAC et l'ACRA.



Tableau 1: Rendement en cendre des tiges de mil incinérées

	Masse des tiges de mil (g)	Masse de la cendre obtenue (g)	Rendement (%)
1	5000	390	7,80
2	5000	387,8	7,76
3	5000	401,2	8,02
4	3000	221,8	7,39
Totaux	18000	1400,8	7,74±0,26

Tableau 2: Mortalités (%) de *S. oryzae* et *S. zeamais* induites par la cendre, les poudres de feuilles et de graines de neemier et des formulations poudreuses 90 jours après application

	Dérivés de neemier			Formulations poudreuses neem et cendre	
	Doses (g)	Poudre feuilles (PF)	Cendre (Ce)	[PF+Ce] équilibrés	1/4CF
<i>S. zeamais</i>	01	9,53±2,30 ^b	2,61±1,52	6,65±3,21 ^f	5,20±2,44 ^f
	05	15,83±3,30 ^c	25,15±5,19 ^d	28,44±2,61 ^d	36,84±2,10 ^c
	10	26,5±6,90 ^c	86,25±10,82 ^b	96,25±7,41 ^a	93,75±7,40 ^a
	20	100±0 ^d	100±0 ^d	100±0 ^d	100±0 ^d
<i>S. oryzae</i>	01	2,87±0,70 ^a	3,10±1,32 ^a	2,38±1,61 ^a	3,32±1,88 ^a
	05	74,25±25,30 ^c	19,97±3,50 ^b	44,94±5,13 ^c	59,13±4,77 ^c
	10	82,5±11,50 ^c	83,32±4,58 ^c	88,64±8,20 ^c	95,18±5,33 ^d
	Doses	Poudre graines (PG)	Cendre (Ce)	[PG+Ce] équilibrés	1/4CG
<i>S. zeamais</i>	01	5,65±0,70 ^a	2,61±1,54 ^a	6,87±3,06 ^a	4,23±1,90 ^a
	05	12,17±4,30 ^b	25,15±12,22 ^d	16,78±3,23 ^e	28,33±2,04 ^d
	10	26,87±4,10 ^c	86,25±10,83 ^b	93,75±6,50 ^a	87,50±5,60 ^b
	20	100±0 ^d	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a
<i>S. oryzae</i>	01	3,25±40 ^a	3,10±1,36 ^a	6,01±1,25 ^a	6,45±2,23 ^a
	05	57,32±16,10 ^c	19,97±3,50 ^b	34,28±3,07 ^{bc}	47,46±5,68 ^b
	10	92,5±10,30 ^d	83,32±4,58 ^b	94,06±3,54 ^d	93,75±6,50 ^d

Les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes pour le même insecte ravageur, $F_{S_z} = 260,75^{***}$, ndl (24 ; 75) ; $F_{S_o} = 33,24^{***}$, ndl (20 ; 63) ; $P \leq 0,001$;

1/4CF ou 1/4CG = Formulations poudreuses disproportionnées cendre plus poudres de feuilles ou de graines de neemier au quart.

REFERENCES

1. **FAO.** L'agriculture mondiale à l'horizon 2050, Forum d'experts de haut niveau. Comment nourrir le monde en 2050?, Rôme, Italie, 2009,4.
2. **Ngamo Tinkeu LS, Ngatanko I, Tamgno BR, Watching D, Madou C, Goudoum A and M-B Ngassoum** Extremely Hazardous and Highly Hazardous Pesticides Registered For Pests Control because of lack of Slightly Hazardous Alternatives. *Inter. J. Scient. Prog. Res.*2016;**19 (03)**: 140-145.
3. **Tamgno BR** Potentiel insecticide des formulations poudreuses de quatre Légumineuses et du neemier contre les Insectes ravageurs des céréales en stockage dans la vallée du Logone », Thèse de Doctorat/Ph.D., Biologie des Organismes Animaux, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré. 2016,175.
4. **Tamgno B R and LS Ngamo Tinkeu** Diversity of stored grain insect pests in the Logone valley, from northern Cameroon to western Chad Republic in Central Africa.*J. Agr. Sci. Tech. A.*,2013; **3 (9)**: 724-731.
5. **Nukenine EN, Tchiegang C, Mekouo AAT, Tofel HK, Adarkwa C, Obeng-Ofori D and C Adler** Efficacy of Calneem derived from Ghanian neem seeds and seed oils from two locations in Cameroon against *Sitophilus zeamais* Mostchuslsky (Coleoptera: Curculionidae) on maize. *Inter. J. Trop. Insect Sc.*2011. **31 (4)**: 225-243.
6. **Silva LB, da Silva JC, Pavan BE, Pereira FF, Maggioni K, Andrale LH, Candido ACS and MTLP Peres** Insecticide irritability of plant extracts against *Sitophilus zeamais*. *Afr. J.Agr. Res.*2013;**8 (11)**: 978-983.
7. **Mebarkia A, Benkohila HS, Hamza M et M Makhlof** Efficacité d'une protéine entomotoxique du type A1b des graines de légumineuses. *Agriculture* 2012;**3**: 1-8.
8. **Goudoum A** Impact des huiles essentielles sur le potentiel technologique et nutritionnel des grains et farine de maïs au cours du stockage. Thèse de Doctorat, Université de Ngaoundéré, 2010, 158.
9. **Camara A** Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de Doctorat, Université du Québec à Montréal, 2009,173.
10. **Ngamo Tinkeu SL, Ngassoum MB, Mapongmetsem PM, Malaisse F, Haubruge E, Lognay G and T Hance** Current post haverst practices to avoid insect attacks on stored grains in northern Cameroon. *Agr. J.*2007; **2 (2)**: 242-247.

11. **Idrissi M, Aït Daoud N, Ouammi L, Rhalem N, Soulaymani A and R Soulayman Bencheikh** Intoxication aigüe par les pesticides. Données du Centre Anti Poison du Maroc (1989-2007). *Toxic. Maroc*, 2010; **4**: 5-7.
12. **Regnault-Roger C, Philogène BJR and C Vincent** Biopesticides d'origine végétale, 2ème édition, Lavoisier, Paris, 2008,550p.
13. **Anonyme** Environnement-Intoxication: quand les pesticides empoisonnent les agriculteurs, Douala 11 juillet 2007, *Le messenger*: 2007, 3.
14. **SAN** Sustainable Agriculture Network, liste des produits interdits, Réseau d'Agriculture Durable, 2009,9 p.
15. **Fleurat-Lessard F** Écophysiologie des Arthropodes nuisibles aux stocks de céréales en Afrique tropicale. In: Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEMIAUPELF Verstraeten, 1994,1-61.
16. **NgamoTinkeu LS, Tamgno BR and M Gandebe** Bioactivity of flours of seeds of leguminous crops *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris* and *Glycine max* used as botanical insecticides against *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) on sorghum grains. *Inter. J. Biol. Chem. Sci.*2016 ; **10 (3)**: 919-927.
17. **Tamgno BR et LS Ngamo Tinkeu** Utilisation des produits dérivés du neem (*Azadirachta indica*) comme alternatives aux insecticides conventionnels et dangereux dans la Vallée du Logone pour la protection des semences de maïs et de sorgho. *Sci. Tech.Dév.*2014; **15**: 1-9.
18. **Tamgno BR and LS Ngamo Tinkeu** Application of the flour of four leguminous crops for the control of Tenebrionidae beetle (*Tribolium castaneum* - Herbst). *Afri. J. F. Agr., Nat. Dev.*2014 ;**14 (1)**: 8474-8487.
19. **Karimi J, Haubruge E and F Francis** Development of entomotoxic molecules as control agents: illustration of some protein potential uses and limits of lectins (Review), *Biotech. Agro.Soc.Env.* 2010; **14(1)**: 225-241.
20. **Sauvion N, Nardon C, Febvay G, Gatehouse AMR and Y Rahbe** Binding of the insecticidal lectin Concanavalin A in pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) and induced effects on the structure of midgut epithelial cells. *J. Ins.Phys.* 2004;**50(12)**: 1137-1150.
21. **Nukenine EN, Tofel HK and C Adler** Comparative efficacy of Neem Azal and local botanicals derived from *Azadirachta indica* and *Plectranthus glandulosus* against *Sitophilus zeamais* on maize. *J. Pest Sci.*2011; **84**:479-486.

22. **Faye M** Nouveau procédé de fractionnement de la graine de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sénégalais: production d'un bio-pesticide d'huile et de tourteau. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 2010, 267p.
23. **Singh B, Sharma DK, Kumar R and A Gupta** Development of a new controlled pesticide delivery system based on neem leaf powder. *J. Haz. Mat.* 2010; **177**: 290–299.
24. **Ntougam G et LW Kitch** Le séchage solaire pour améliorer le stockage de Niébé. GTZ. Eschborn, Germany, 2002, 13 p.
25. **Bell A** Protection des épis de maïs contre les ravageurs des stocks sans emploi d'insecticides synthétiques. GTZ, Eschborn, Allemagne, 1996, 6 p.
26. **Kéïta SM, Vincent C, Schmit JP, Ramaswamy S and A Bélanger** Effect of various essential oils on *Callosobruchus macullatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stor. Prod. Res.* 2000; **36**: 355-364.
27. **Aminatou B** Inventaire des phytoinsecticides pour la protection des grains au cours du stockage contre les ravageurs dans la zone sahéenne (cas de l'Extrême Nord du Cameroun). Rapport final. Réseau Anafe/Raft-AHT, 2009, 32.
28. **De Groot I** Protection des céréales et légumineuses stockées. CTA. *Série Agrodoc*, 1996; **18**: 3-45.
29. **Regnault-Roger C, Philogène BJR et C Vincent** Biopesticides d'origines végétales. Tec & Doc Eds, Paris, 2002, 337p.
30. **Seignobos C** *Notes sur les méthodes traditionnelles de protection des cultures dans l'Extrême Nord Cameroun. Actes de la réunion phytosanitaire de coordination. Cultures annuelles en Afrique Centrale.* Maroua CIRAD. 1994.