

Évaluation de l'activité insecticide de la poudre d'amandes de neem pour la protection des graines de roselle stockées contre *Spermophagus niger* Motschulsky (Coleoptera : Chrysomelidae) en laboratoire

Jean Christophe KOUSSOUBE^{1, 2*},
Ali OURA²,
Siébou François KAMBOU²,
Zakaria ILBOUDO²,
Antoine SANON²

Résumé

Au Burkina Faso, la protection des graines d'*Hibiscus sabdariffa* contre *Spermophagus niger* repose principalement sur l'utilisation d'insecticides chimiques, dont les effets peuvent être néfastes sur l'environnement, la santé humaine et animale. La présente étude visait à évaluer l'efficacité de la poudre d'amandes de neem (*Azadirachta indica*) contre *S. niger*, ainsi que son potentiel pour la protection des graines stockées. La poudre, appliquée aux doses de 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 g/10 g de graines, a été testée sur les adultes, les œufs et les larves néonates. Un essai de stockage de cinq mois a également permis de comparer l'efficacité de la poudre de neem à celle de l'ACTELLIC Super Dust, à base de pirimiphos-méthyl. Les résultats ont montré l'absence d'un effet significatif de la poudre sur la mortalité des adultes. En revanche, elle a réduit les pontes aux trois dernières doses ($F = 18,25$; $P < 0,0001$), avec respectivement $146 \pm 18,36$; $114,13 \pm 13,68$ et $103,13 \pm 9,83$, contre $200,5 \pm 37,58$ dans le témoin. Le taux d'éclosion a également diminué, et aucune larve n'a pénétré dans les graines traitées. Après le stockage, les indices de perforation étaient de 0,32 et 1,28 % pour 150 et 300 g de poudre/kg de graines, contre 22,40 % pour l'ACTELLIC. Le pouvoir germinatif des graines n'a pas été affecté (79,95–81,60 % ; $F = 0,08$; $P = 0,9654$). Ces résultats constituent une contribution à la recherche d'alternatives aux pesticides chimiques dans la gestion de *S. niger*.

Mots clés : Burkina Faso, *Spermophagus niger*, *Hibiscus sabdariffa*, insecticides

¹ Centre Universitaire de Tenkodogo/Université Thomas SANKARA, 12 BP 417 Ouagadougou 12, Saaba, Burkina Faso.

² Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (LEFA), UFR/SVT, Université Joseph KI-ZERBO, 06 BP 9499, Ouagadougou 06, Burkina Faso.

***Auteur Correspondant :** Jean Christophe KOUSSOUBE ;
koussoubetjeanchristophe@yahoo.fr Tél : 70 52 56 07. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1107-449X>

Insecticidal activity of neem seed kernel powder for the protection of stored roselle seeds against *Spermophagus niger* Motschulsky (Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions

Abstract

In Burkina Faso, the protection of *Hibiscus sabdariffa* seeds against *Spermophagus niger* relies mainly on the use of chemical insecticides. However, the use of these products may have harmful effects on the environment as well as on human and animal health. The present study aimed to evaluate the efficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) kernel powder against *S. niger* and its potential to protect stored seeds. The powder, applied at doses of 0.5, 1, 1.5, and 2 g/10 g of seeds, was tested on adults, eggs, and neonate larvae. A five-month storage trial compared neem kernel powder with ACTELLIC Super Dust containing pirimiphos-methyl. The results showed no significant effect of the powder on adult mortality of *S. niger*. However, it significantly reduced egg laying at doses of 1, 1.5, and 2 g ($F = 18.25$; $P < 0.0001$), with 146 ± 18.36 , 114.13 ± 13.68 , and 103.13 ± 9.83 eggs, respectively, compared with 200.5 ± 37.58 eggs in the control. Egg hatching rate also decreased, and no neonate larvae penetrated the treated seeds. After five months of storage, perforation indices were 0.32 and 1.28% for treatments with 150 and 300 g of neem seed kernel powder per kg of seeds, respectively, compared with 22.40% in the untreated control. Seed germination was not significantly affected (79.95-81.60%; $F = 0.08$; $P = 0.9654$). These results contribute to the search for alternatives to chemical pesticides for the management of *S. niger*.

Keywords: Burkina Faso, *Spermophagus niger*, *Hibiscus sabdariffa*, chemical insecticides, *Azadirachta indica*

Introduction

Spermophagus niger Motschulsky (Coleoptera : Chrysomelidae) constitue le principal insecte ravageur des graines stockées d'*Hibiscus sabdariffa* L. (Malvales : Malvaceae) au Niger (Amadou *et al.*, 2016) et au Burkina Faso (Sanon *et al.*, 2017). En l'absence de mesures de protection appropriées, les pertes sont multipliées par dix (Amadou *et al.*, 2016). Cette espèce est également associée aux graines de kénaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stockées, provoquant des dégâts tels que la perforation des graines, ainsi qu'une diminution de leur qualité nutritionnelle et de leur capacité de germination (Kabore *et al.*, 2025).

Afin de réduire les pertes poste-récolte, des programmes de gestion des insectes nuisibles ont été mis en place, reposant notamment sur

l'utilisation des pesticides chimiques (Boyer *et al.*, 2012 ; Gitonga *et al.*, 2013 ; Mlambo *et al.*, 2017). Cette approche a permis de contrôler efficacement les populations de nombreuses espèces d'insectes ravageurs (Boyer *et al.*, 2012) y compris *S. niger* (Kabore *et al.*, 2024). Toutefois, l'efficacité de ces pesticides est limitée aujourd'hui par des effets néfastes sur l'environnement ainsi que sur la santé humaine et animale (Boyer *et al.*, 2012 ; Bumbrah *et al.*, 2012). De plus, l'apparition de la résistance chez de nombreuses espèces d'insectes nuisibles (Boyer *et al.*, 2012), ainsi que des impacts négatifs sur les organismes non cibles, notamment les pollinisateurs et autres insectes auxiliaires, ont été largement rapportés (Adler *et al.*, 2009).

Au regard des contraintes liées à l'utilisation des pesticides chimiques, il apparaît nécessaire de développer des méthodes de lutte alternatives, moins nocives pour la santé humaine et animale et pour l'environnement. Ces alternatives de lutte incluent notamment l'utilisation de variétés résistantes, les ennemis naturels, ainsi que les huiles et poudres à effet répulsif (Mazzonetto et Vendramim, 2003). Parmi ces alternatives, l'utilisation des insecticides d'origine végétale occupe une place importante dans les pratiques traditionnelles de lutte contre les insectes de stocks (Rajula *et al.*, 2020). De nombreuses études (Sanon *et al.*, 2002 ; Kaboré *et al.*, 2025) ont mis en évidence les activités biologiques des plantes locales permettant une protection efficace des cultures et la gestion des ravageurs. Parmi ces plantes figure le neem, *Azadirachta indica* A. Juss. (Sapindales : Meliaceae) dont les graines contiennent de l'azadirachtine ainsi que d'autres composés potentiellement bioactifs, efficaces pour le contrôle des insectes ravageurs des grains stockés (Boeke *et al.*, 2004). Le tétranortriterpénoïde azadirachtine, principal constituant du neem, agit comme insecticide dissuadant l'alimentation et la ponte, tout en jouant un rôle de répulsif et en inhibant la croissance des insectes (Morgan, 2009). Les travaux de Da Costa *et al.* (2014) et de De Sousa Neto *et al.* (2019) ont effectivement démontré l'efficacité de *A. indica* contre *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Chrysomelidae) respectivement. Par ailleurs, Medeiros *et al.* (2007) ont montré que la poudre de feuilles de neem séchées entraîne une augmentation de la mortalité des charançons adultes dans les grains de niébé, une réduction de la fécondité et une diminution du taux d'émergence des adultes.

Les études consacrées à la lutte contre *S. niger* demeurent encore très peu nombreuses. En outre, aucune n'a encore évalué l'activité de la

poudre d'amandes de neem sur cette espèce, notamment sur les différents stades biologiques et en conditions de stockage.

La présente étude vise donc à évaluer, pour la première fois, l'activité insecticide d'*A. indica* contre *S. niger*. À cet effet, l'efficacité de la poudre d'amandes a été testée sur les adultes, les œufs et les larves néonates en conditions de laboratoire. Une comparaison avec un insecticide de synthèse, l'ACTELLIC Super Dust, à base de pirimiphos-méthyl, a également été réalisée. Les résultats obtenus contribueront au développement de stratégies de lutte durables et respectueuses de l'environnement contre *S. niger*.

I. Matériel et méthodes

I.1. Plante hôte

Elle était constituée de graines d'*Hibiscus sabdariffa*, variété *Altissima*, provenant du marché de Dassasgho, un quartier de la ville de Ouagadougou. Les graines ont d'abord été triées, puis débarrassées de leurs impuretés. Elles ont ensuite été conservées au congélateur à une température de -18 °C pendant une semaine afin d'éliminer les infestations initiales.

I.2. *Spermophagus niger* : origine et élevage de masse

Les adultes de *S. niger* utilisés dans cette étude proviennent de la souche du Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (LEFA) de l'Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso. Cette souche a été établie à partir de graines d'*Hibiscus sabdariffa*, variété *Altissima*, acquises au marché de Dassasgho. Le maintien de la souche se fait en mettant en contact 20 couples de *S. niger* au contact de 50 g de graines de roselle saines de la variété d'origine pendant 48 heures dans une boîte en plexiglas (longueur = 15,5 cm ; largeur = 11,5 cm ; hauteur = 4 cm). Chez *S. niger*, le mâle se distingue de la femelle par l'extrémité du pygidium qui est incurvé chez le mâle mais rectiligne chez la femelle (Sanon *et al.*, 2017). À l'issue de cette période, les couples sont retirés et les graines infestées placées dans une chambre d'élevage sous conditions contrôlées (32 °C ± 0,1 ; 43 % ± 1 r.h., obscurité totale) et suivies jusqu'à l'émergence d'insectes adultes utilisés pour les expérimentations.

I.3. Obtention de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica*

Les fruits d'*A. indica* ont été récoltés au stade de maturité physiologique, caractérisé par une coloration jaune, sur le site de l'Université Joseph KI-ZERBO. Les fruits ont été séchés sur une bâche à l'ombre pendant trois semaines, puis décortiqués à l'aide d'un mortier afin de séparer les amandes des coques. Les amandes ont ensuite été broyées dans un mortier et tamisées grâce à un tamis de mailles de 0,5 mm pour obtenir une poudre fine, laquelle a été conservée dans un bocal et utilisée pour les différentes expérimentations.

I.4. Bioessais

I.4.1. Effet de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur la capacité de reproduction de *Spermophagus niger*

L'étude a été conduite au Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée. Au cours de l'étude, la température et l'humidité relative ont varié respectivement de 21,8 à 37,1 °C et de 10 à 31 %. Les insectes ont été maintenus sous une photopériode de 12 heures de lumière suivies de 12 heures d'obscurité. Quatre doses (0,5 g ; 1 g ; 1,5 g et 2 g) de poudre d'amandes ont été testées. Ces doses ont été retenues à l'issue de pré-tests.

Pour chaque dose, des boîtes de Pétri (9 cm de diamètre × 1.5 cm de hauteur) contenant 10 g de graines saines d'*H. sabdariffa*, var. *Altissima*, préalablement enrobées de la poudre, ont été préparées. Quatre couples de *S. niger* âgés de 24 heures ont ensuite été introduits dans chaque boîte et suivis quotidiennement jusqu'à leur mort. Les œufs pondus ont ensuite été dénombrés grâce à une loupe binoculaire de marque Leica puis replacés dans les mêmes conditions et suivis jusqu'à l'émergence d'insectes adultes qui ont été dénombrés pendant deux semaines. Pour chaque dose, 8 répétitions ont été réalisées avec en parallèle un témoin sans poudre d'amandes, répété également 8 fois. Au terme de l'expérimentation, les paramètres suivants ont été évalués :

- la durée de vie moyenne des adultes (mâles et femelles);
- le nombre moyen d'œufs pondus par les femelles au cours de leur vie ;
- le taux moyen d'émergence (S), déterminé par la formule suivante :

$$S(\%) = \frac{\text{Nombre d'insectes émergés}}{\text{Nombre d'oeufs pondus}} \times 100$$

I.4.2. Effet de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur les œufs frais et les larves néonates

Vingt (20) g de graines d'*H. sabdariffa* ont été mélangés séparément à chacune des quatre doses de poudre d'amandes testées précédemment dans des bocaux en verre d'une capacité de 1 L, puis agités afin d'assurer un enrobage homogène des graines. Les graines traitées ont ensuite été transférées dans des boîtes de Pétri contenant dix couples de *S. niger*, tandis qu'un lot témoin non traité a également été mis en place. Après 24 heures de contact, les insectes ont été retirés et cinquante (50) graines portant chacune un seul œuf frais par dose ont été triées grâce à une loupe binoculaire. Ces graines ont été réparties en 10 lots, à raison de dix graines par lot dans des boîtes de Pétri, et placées en élevage. Les œufs ont été observés quotidiennement sous une loupe binoculaire ; les œufs éclos ont été dénombrés, retirés des boîtes de Pétri et suivis pendant une semaine afin de déterminer le nombre de larves néonates ayant pu effectivement pénétrer dans les graines. Au terme de l'expérimentation, les paramètres suivants ont été déterminés :

- le taux d'éclosion des œufs qui correspond au rapport entre le nombre d'œufs éclos et le nombre d'œufs pondus $\times 100$;
- le taux de pénétration des larves néonates dans les graines qui a été déterminé en faisant le rapport entre le nombre de larves ayant effectivement pénétré dans les graines et le nombre total de larves (ayant pénétré ou non) $\times 100$.

I.4.3. Evaluation de l'efficacité de la poudre d'amandes de neem pour la protection des graines d'*Hibiscus sabdariffa* stockées contre *Spermophagus niger*

L'étude a été conduite en conditions de laboratoire dans des récipients en aluminium d'une capacité de 8 kg et contenant 3 kg de graines saines d'*H. sabdariffa*. Un niveau d'infestation initiale inférieur à 1 % (Sanon *et al.*, 2018) a été simulé par l'introduction de différents stades (250 œufs frais, 250 larves de premier et deuxième stade, 250 larves de troisième et quatrième stade) de *S. niger* dans les récipients. Les récipients ont été répartis en quatre traitements (deux répétitions) : un témoin négatif non traité, deux traitements à base de poudre d'amandes de neem appliqués à 150 g et 300 g, qui correspondent à 0,5 et 1 g pour 10 g de graines, telles qu'utilisées lors des essais précédents. Le quatrième lot, considéré comme témoin positif, a été traité avec l'ACTELLIC Super Dust, un insecticide de synthèse à base de pirimiphos-méthyl. Les lots ont été stockés pendant cinq mois, après quoi l'efficacité des traitements a été évaluée à travers l'indice de perforation des grains (IP) et le taux de germination (G) mesuré après

mise en germination de 50 graines prélevées dans chaque récipient. L'indice de perforation des graines a été évalué à partir de cinq échantillons de 200 graines prélevés dans chaque récipient.

$$IP(\%) = \frac{PE}{PE+Pt} \times 100 \text{ (Ketoh, 1998)}$$

PE = Taux de graines présentant un orifice d'émergence dans l'essai ;
Pt = Taux de graines portant un orifice d'émergence dans le témoin. Si IP < 50%, le traitement est efficace, Si IP > 50% le traitement n'est pas efficace, Si IP = 50%, il y a autant de dégâts dans l'essai que dans le traitement.

$$G(\%) = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines testées}} \times 100$$

I.5. Analyses statistiques des données

Les données ont été saisies sur le tableur Excel 2016 puis analysées avec le logiciel R (version 4.2.2). La normalité des distributions et l'homogénéité des variances ont été préalablement vérifiées à l'aide des tests de Shapiro-Wilk et de Bartlett, respectivement. Lorsque ces conditions étaient réunies, une analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été réalisée afin d'évaluer l'efficacité insecticide de la poudre d'amandes de neem sur les différents paramètres étudiés. Dans le cas contraire, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé. Le seuil de significativité a été fixé à 5 %.

II. Résultats

II.1. Effet de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur la durée de vie des adultes de *Spermophagus niger*

La durée de vie moyenne des adultes de *Spermophagus niger* exposés aux graines non traitées était de $4,70 \pm 1,26$ jours. Cette valeur n'a pas significativement différé de celles enregistrées chez les adultes exposés aux graines traitées avec la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica*, quelle que soit la dose appliquée ($F = 2,383$; $P = 0,0568$) (figure 1).

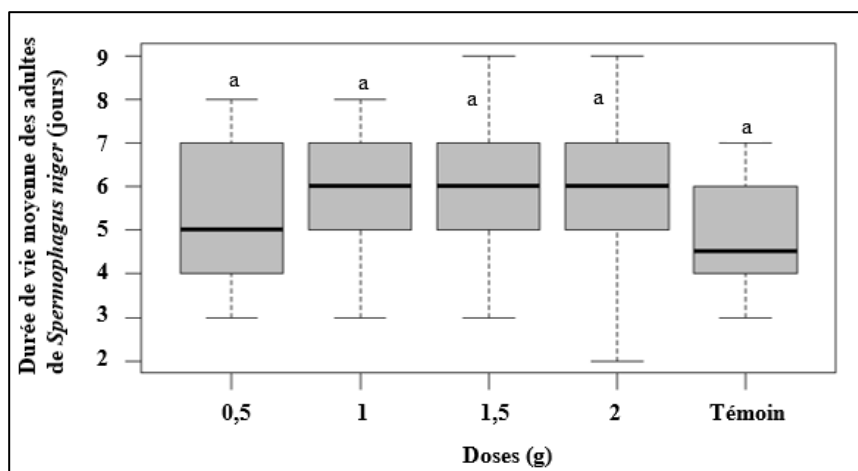


Figure 1 : Effet insecticide de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur la durée de vie des adultes de *Spermophagus niger*. Les barres représentent les moyennes et les barres d'erreur correspondent aux écarts-types. Les lettres différentes au-dessus des barres indiquent qu'il y a des différences significatives entre les moyennes selon le test LSD de Fisher au seuil de 5 %.

II.2. Effet de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur le nombre d'œufs pondus par les femelles de *Spermophagus niger*

Les graines traitées avec la dose de 0,5 g de la poudre d'amandes ont reçu un nombre d'œufs qui ne diffère pas significativement de celui du témoin. En revanche, celles traitées avec les doses de 1 g, 1,5 g et 2 g ont reçu significativement moins d'œufs ($F = 18,25$; $P < 0,0001$) (figure 2).

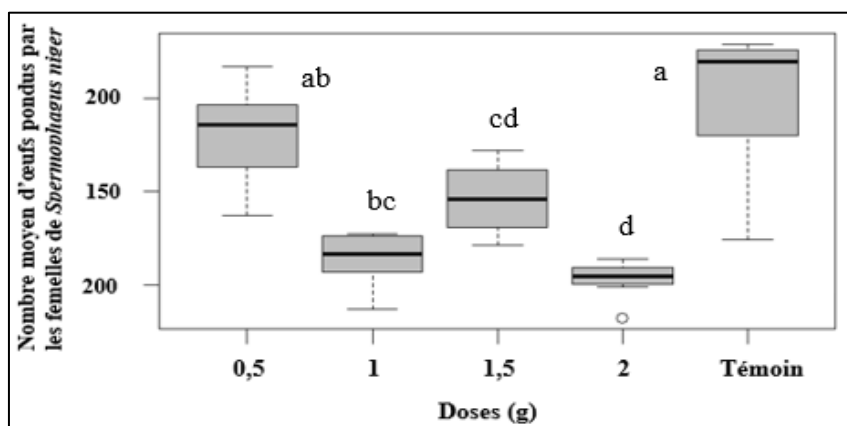


Figure 2 : Effet insecticide de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur la fécondité des femelles de *Spermophagus niger*. Les barres représentent les moyennes et les barres d'erreur correspondent aux écarts-types. Les lettres différentes

au-dessus des barres indiquent qu'il y a des différences significatives entre les moyennes selon le test LSD de Fisher au seuil de 5 %.

II.3. Effet de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur le nombre de *Spermophagus niger* émergés

Le nombre moyen d'insectes émergés dans le lot témoin était de $152,62 \pm 32,80$. Cette valeur a été très significativement supérieure à celle observée dans les graines traitées avec la poudre d'amandes ($F = 161,43$; $P < 0,0001$).

Parmi les traitements, la dose de 0,5 g a entraîné un nombre moyen d'émergents de $0,62 \pm 1,06$, tandis qu'aucun insecte n'a émergé des graines traitées avec les trois doses les plus élevées (figure 3).

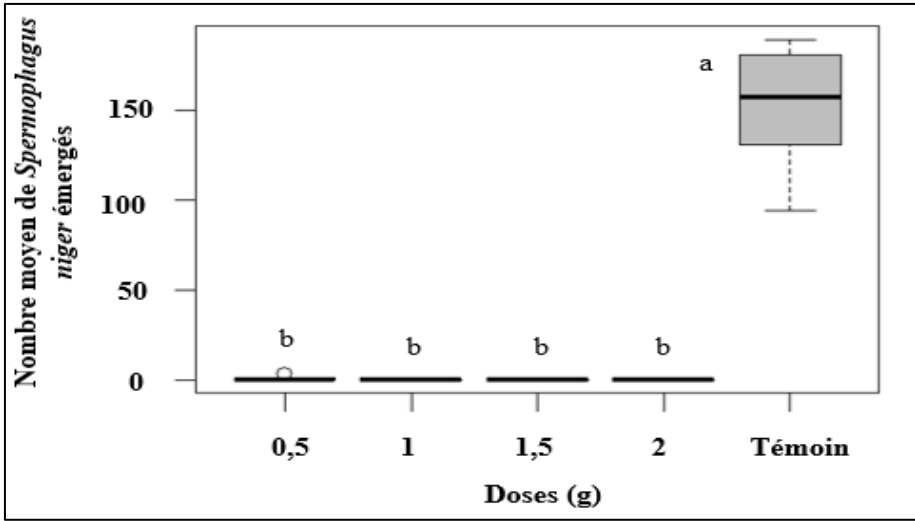


Figure 3 : Effet insecticide de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur le nombre d'émergents de *Spermophagus niger*. Les barres représentent les moyennes et les barres d'erreur correspondent aux écarts-types. Les lettres différentes au-dessus des barres indiquent qu'il y a des différences significatives entre les moyennes selon le test LSD de Fisher au seuil de 5 %.

II.4. Effet de la poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* sur les œufs frais et les larves néonates de *Spermophagus niger*

Les taux d'éclosion les plus élevés ont été observés dans le témoin et avec la dose de 0,5 g de poudre d'amandes, sans différence significative entre eux. En revanche, ces deux taux sont significativement supérieurs à ceux enregistrés avec les doses de 1, 1,5 et 2 g ($F = 11,63$; $P < 0,0001$). Le taux de pénétration des larves néonates est de $97,89 \pm 4,70$ % dans

le témoin, tandis qu’aucune pénétration n’a été observée dans les graines traitées ($F = 2160$; $P < 0,0001$) (tableau I).

Tableau I : Effet de la poudre d’amandes d’*Azadirachta indica* sur les œufs frais et les larves néonates de *Spermophagus niger* en conditions de laboratoire

Traitements (g)	Taux d’éclosion des œufs (%)	Taux de pénétration des larves néonates dans les graines (%)
Témoin (0)	97,00 ± 2,73 a*	97,89 ± 4,70 a
0,5 g de poudre d’amandes	88,00 ± 7,58 a	0,00 ± 0,00 b
1 g de poudre d’amandes	76,00 ± 9,61 b	0,00 ± 0,00 b
1,5 g de poudre d’amandes	78,00 ± 8,36 b	0,00 ± 0,00 b
2 g de poudre d’amandes	68,00 ± 6,70 b	0,00 ± 0,00 b
F	11,63	2160
P-value	< 0,0001	< 0,0001

* Les moyennes au sein d’une même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement selon le test LSD de Fisher au seuil de probabilité de 5 %.

II.5. Indice de perforation et taux de germination des graines après stockage

Après 5 mois de stockage, l’indice de perforation était significativement plus élevé chez les graines traitées à l’insecticide chimique ($22,40 \pm 14,81$ %) que chez celles traitées avec la poudre d’amandes de neem, qui présentaient des valeurs très faibles ($0,32 \pm 0,74$ et $1,28 \pm 2,07$ %) pour 150 et 300 g/kg de graines. Pour le taux de germination, aucune différence significative n’a été observée entre les différents traitements ($F = 0,08$; $P = 0,9654$) (tableau II).

Tableau II : Indice de perforation et taux de germination des graines d’*Hibiscus sabdariffa* traitées à la poudre d’amandes d’*Azadirachta indica* en présence de *Spermophagus niger* pendant 5 mois.

Traitements	Indice de perforation des graines (%)	Taux de germination des graines (%)
Témoin absolu	-	81,05 ± 0,01
Témoin insecticide	22,40 ± 14,81 a*	84,80 ± 0,02
150 g de poudre d’amandes	0,32 ± 0,74 b	81,60 ± 0,07
300 g de poudre d’amandes	1,28 ± 2,07 b	79,95 ± 0,01
F	8,87	0,08
P-value	0,0024	0,9654

* Les moyennes au sein d’une même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement selon le test LSD de Fisher au seuil de probabilité de 5 %.

III. Discussion

À l’échelle mondiale, les recherches sur les alternatives aux insecticides

chimiques se concentrent sur l'utilisation d'extraits de plantes (Nguyen *et al.*, 2020). L'intérêt pour les insecticides botaniques ne cesse de croître, comme le montre l'augmentation du nombre de publications dans ce domaine (Smith *et al.*, 2021). Parmi les plantes aux effets biologiques, le neem (*Azadirachta indica* A. Juss) est connu depuis trois décennies pour son potentiel insecticide contre de nombreux insectes ravageurs (Raizada *et al.* 2001). En effet, la plante est une source importante de composés bioactifs, tels que la nimbine, les flavonoïdes, les terpènes, les saponines, les limonoïdes, les alcaloïdes, les tanins et l'azadirachtine (Islas *et al.*, 2020).

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont démontré que la poudre d'amandes de neem exerce un effet biologique marqué sur la fécondité des femelles ainsi que sur les œufs frais et les larves néonates de *Spermophagus niger*. Cette activité s'est traduite par une diminution significative du nombre d'œufs pondus, un faible taux d'éclosion des œufs ainsi qu'une forte mortalité larvaire. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Da Costa *et al.* (2014), De Sousa Neto *et al.* (2019) et Mbah-Omeje (2019), qui ont montré l'efficacité d'*A. indica* respectivement contre *Zabrotes subfasciatus*, *Callosobruchus maculatus* et *Acanthoscelides obtectus*. Ces observations confirment le large spectre d'action d'*A. indica*, déjà signalé comme actif contre plus de 400 espèces d'insectes ravageurs (Schmutterer, 1995). Les résultats obtenus au cours de la présente étude pourraient s'expliquer par la présence d'huile dans la poudre d'amandes de neem. En effet, le broyage des amandes a entraîné une libération d'huile, donnant à la poudre un aspect huileux qui a facilité son adhérence à la surface des graines d'*Hibiscus sabdariffa*. Après traitement, les graines étaient entièrement recouvertes d'une fine couche de poudre, suggérant une meilleure répartition de la matière active à leur surface. Les œufs pondus à la surface des graines traitées, ainsi que les larves qui en ont émergé, se sont ainsi retrouvés en contact direct avec cette huile.

Celle-ci pourrait avoir perturbé les échanges gazeux et inhibé le développement embryonnaire, comme l'ont montré Ahmad *et al.* (2003) chez *Coccinella septempunctata* et *Chrysoperla carnea*. L'enrobage huileux pourrait également avoir réduit l'adhérence des œufs aux graines, phénomène déjà rapporté par Credland (1992) chez *C. maculatus*. La bioactivité de la poudre d'amandes de neem pourrait également être attribuée à des limonoïdes dont l'azadirachtine, considérée comme le principal composé bioactif du neem. L'azadirachtine agit principalement comme un régulateur de croissance

en perturbant le système endocrinien des insectes. Elle interfère avec la synthèse et la régulation des hormones impliquées dans la croissance, la mue, la métamorphose et la reproduction, notamment les ecdystéroïdes ainsi que l'hormone juvénile, entraînant un ralentissement ou une inhibition des processus de développement (Redfern *et al.*, 1982 ; Isman, 2006). En outre, Mordue *et al.* (2005) ont montré que l'azadirachtine agit sur les cellules en division en inhibant la polymérisation des microtubules, provoquant ainsi un arrêt du cycle cellulaire. L'azadirachtine exerce un effet antiprolifératif et induit l'apoptose (Abou-Tarboush *et al.*, 2009), deux mécanismes susceptibles d'altérer le développement des insectes. Par ailleurs, sa capacité à interagir avec plusieurs cibles moléculaires du cytoplasme et du noyau cellulaire renforce son action insecticide (Schmutterer, 1995). Ces différents mécanismes d'action pourraient expliquer les faibles taux d'éclosion des œufs et la forte mortalité larvaire observés, les stades immatures étant particulièrement dépendants des régulations hormonales et de l'activité mitotique pour assurer leur développement. En revanche, les adultes, ayant achevé leur croissance et leur métamorphose, sont généralement moins sensibles aux effets des régulateurs de croissance tels que l'azadirachtine. Cette différence de sensibilité entre les stades de développement pourrait ainsi expliquer l'absence d'effet significatif de la poudre d'amandes de neem sur la mortalité des adultes de *S. niger* observée dans l'étude.

La toxicité de la poudre d'amandes vis-à-vis des œufs et des larves de premier stade permet d'expliquer les résultats obtenus dans les conditions expérimentales de stockage. Le traitement a assuré une protection efficace des graines d'*H. sabdariffa* pendant cinq mois contre *S. niger*, avec un taux de perforation pratiquement nul comparativement au témoin insecticide (ACTELLIC Super Dust à base de pirimiphos-méthyl), pour lequel un indice de perforation plus élevé a été observé. Ce résultat suggère que l'Actellic Super Dust a offert une protection moins efficace des graines vis-à-vis de *S. niger*. Cette observation diffère de celles rapportées par Mutambuki *et al.* (2012) et Masta *et al.* (2025), qui ont mis en évidence une forte efficacité de cette formulation contre plusieurs ravageurs des denrées stockées, notamment *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* et *Prostephanus truncatus*. Cette différence pourrait s'expliquer, entre autres, par les conditions environnementales de l'expérimentation. En effet, la température et l'humidité relative sont connues pour influencer l'efficacité de plusieurs insecticides utilisés

dans la protection des denrées stockées (Athanassiou *et al.*, 2008 ; Kavallieratos *et al.*, 2010). En outre, Hamacher *et al.* (2002) ont montré que des températures élevées accélèrent la dégradation du pirimiphos-méthyl, ce qui s'accompagne d'une diminution de son efficacité et de taux de mortalité plus faibles chez *S. zeamais*. L'action simultanée de la poudre d'amandes de neem sur la fécondité, l'éclosion des œufs et la survie larvaire pourrait également avoir contribué à réduire significativement les dégâts observés sur les graines. Cette efficacité corrobore les travaux de De Groot (2004), Tapondjou *et al.* (2002) et Isman (2006), qui ont démontré que les produits dérivés du neem peuvent garantir une protection durable des denrées stockées. En outre, le traitement n'a pas affecté le pouvoir germinatif des graines, ce qui renforce son intérêt pour la conservation des graines. Toutefois, les expérimentations de stockage n'ont été réalisées qu'avec deux répétitions, alors qu'un nombre plus élevé de répétitions est généralement recommandé afin de renforcer la robustesse des analyses. Cette limitation doit être prise en compte lors de l'interprétation et de la généralisation des résultats.

Conclusion

La poudre d'amandes d'*Azadirachta indica* a entraîné une réduction significative de la fécondité des femelles et du taux d'éclosion des œufs, tout en induisant une forte mortalité des larves néonates, incapables de pénétrer dans les graines. Cette efficacité s'est traduite par une protection efficace des graines d'*Hibiscus sabdariffa* contre *Spermophagus niger* pendant cinq mois de stockage, sans compromettre leur pouvoir germinatif. La poudre d'amandes de neem apparaît comme une alternative prometteuse aux pesticides chimiques pour la gestion durable et écologique de *S. niger*.

Conflit d'intérêt : Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt.

Contribution des auteurs : KJC a conçu le protocole, collecté les données et rédigé la première version de l'article, OA et KSF ont contribué à la rédaction du manuscrit, IZ et SA ont supervisé l'étude.

Références bibliographiques

Abou-Tarboush, F.M., El-Ashmaoui, H.M., Hussein, H.I., Al-Rajhy, D. et Al Assiry, M. (2009) Effect of azadirachtin of neem x- 4.5m SWR/Juice. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 16, pp. 69-76.

Adler, L.S. et Hazzard, R.V. (2009) Comparison of perimeter trap crop varieties: Effects on herbivory, pollination, and yield in butternut squash. *Environmental Entomology*, 38(1), pp. 207-215.
<https://doi.org/10.1603/022.038.0126>

Ahmad, M., Obiewatsch, H.R. et Basedow, T. (2003) Effects of neem-treated aphids as food/hosts on their predators and parasitoids. *Journal of Applied Entomology*, 127(8), pp. 458-464.
<https://doi.org/10.1046/j.0931-2048.2003.00779.x>

Amadou, L., Baoua, I.B., Baributsa, D., Williams, S.B. et Murdoch, L.L. (2016) Triple bag hermetic technology for controlling a bruchid (*Spermophagus* sp.) (Coleoptera, Chrysomelidae) in stored *Hibiscus sabdariffa* grain. *Journal of Stored Products Research*, 69, 22-25.
<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.05.004>

Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Chitzooglou, G.J., Peteinatos, G.G., Boukouvala, M.C., Petrou, S.S. et Panoussakis, E.C. (2008) Effect of temperature and commodity on insecticidal efficacy of spinosad dust against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bos trychidae). *Journal of Economic Entomology*, 101, 976-981.

Boeke, S.J., Boersma, M.G., Alink, G.M., Van Loon, J.J.A., Van Huis, A., Dicke, M. et Rietjens, I.M.C.M. (2004) Safety evaluation of neem (*Azadirachta indica*) derived pesticides. *Journal of Ethnopharmacology*, 94(1), pp. 25-41.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.05.011>

Boyer, S., Zhang, H. et Lemperiere, G. (2012) A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. *Bulletin of Entomological Research*, 102(2), pp. 213-229.
<https://doi.org/10.1017/S0007485311000654>

Bumbrah, G.S., Krishan, K., Kanchan, T., Sharma, M. et Sodhi, G.S. (2012) Phosphide poisoning: a review of literature. *Forensic Science International*, 214(1-3), pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.06.018>

Credland, P.F. (1992) The structure of bruchid eggs may explain the

ovicidal effects of oils. *Journal of Stored Product Research*, 28 (1), pp. 1-9. [https://doi.org/10.1016/0022474X\(92\)90025L](https://doi.org/10.1016/0022474X(92)90025L)

Da Costa, J.T., Forim, M.R., Costa, E.S., De Souza, J.R., Mondego, J.M. et Junior, A.L.B. (2014) Effects of different formulations of neem oil-based products on control *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera : Bruchidae) on beans. *Journal of Stored Products Research*, 56, pp. 49-53. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.10.004>

De Grood, (2004) Protection des céréales et des légumineuses stockées. Fondation Agromisa, Wageningen, 2e édition : 74p.

De Sousa Neto, E.P., De Andrade, A.B.A., Costa, E.M., Maracaja, P.B., Santos, A.B., Santos, J.L.G. et Pimenta, T.A. (2019) Effect of Neem Powder (*Azadirachta indica* A. Juss) on the Control of Cowpea Weevils [*Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae)] in Cowpea Beans. *Journal of Experimental Agriculture International*, 30(2), pp. 1-7. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/46051>

Gitonga, Z.M., De Groote, H., Kanssie, M. et Tefera, T. (2013) Impact of metal silos on households' maize storage, storage losses and food security: an application of a propensity score matching. *Food Policy*, 435, pp. 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.08.005>.

Hamacher, L.S., Faroni, L.R.D.A., Guedes, R.N.C. et Queiróz, M.E.L.R. (2002) Persistence and activity towards *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) of pirimiphos-methyl sprayed at different temperatures on maize. *Journal of Stored Products Research*, 38, 167-175.

Islas, J.F., Acosta, E., G-Buentello, Z., Delgado-Gallegos, J.L., Moreno Trevino, M.G., Escalante, B. et Moreno-Cuevas, J.E. (2020) An Overview of Neem (*Azadirachta indica*) and Its Potential Impact on Health. *Journal of Functional Foods*, 74, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104171>

Isman, M.B. (2006) « Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world ». *Annual Review of Entomology*, 5, 45-66.

Kabore, E., Kambou, S.F., Kam, K.W., Koussoubé, J.C., Ki, K.F.M., Sanon, A. et Ilboudo, Z. (2024) Post-harvest management and phytosanitary practices used to preserve sorrel seeds, *Hibiscus sabdariffa* L. in Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 43, pp. 685-695.

Kabore, E., Koussoube, J.C., Kam, K.W., Sanon, A. et Ilboudo, Z. (2025) Morphological identification and assessment to Biodemographic Parameters of *Spermophagus niger* Motschulsky (Coleoptera: Chrysomelidae), insect pest of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) seeds during post-harvest storage in Burkina Faso: First report. *Bulletin of Entomological Research*, 115, 1–7, <https://doi.org/10.1017/S0007485325100382>

Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J. et Betsi, P.C.C. (2010) Insecticidal efficacy of fipronil against four stored-product insect pests: influence of commodity, dose, exposure interval, relative humidity and temperature. *Pest Management Science*, 66, 640-649. <https://doi.org/10.1002/ps.1923>

Ketoh, K. (1998) Utilisation des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques du Togo comme biopesticides dans la gestion des stades de développement de *Callosobruchus maculatus*. *Thèse de Doctorat*, Université du Bénin, Lomé (Togo).

Masta, B., Kirui, S., Likhayo, P., et Menge, D. (2025) Effect of Reduced Strength of Pirimiphos-methyl on the Efficacy of Permethrin in Actellic Super Dust against Storage Pests, Larger Grain Borer (*Prostephanus truncatus*) and Maize Weevil (*Sitophilus zeamais*). *East African Journal of Agriculture and Biotechnology*, 8, 2, 412-418. :

<https://doi.org/10.37284/eajab.8.2.3985>

Mazzonetto, F. et Vendramim, J.D. (2003) Effect of powders from vegetal species on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae) in stored bean. *Neotropical Entomology*, 32(1), pp. 145-149.

Mbah-Omeje, K.N. (2019) The Insecticidal Activity of Neem (*Azadirachata indica*) against weevils in stored bambara nuts (*Vigna subterranea*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). *American Journal of Biomedical and Life Sciences*, 7 (2), pp. 31-35. <https://doi.org/10.11648/j.ajbls.20190702.11>

Medeiros, D.C., Andrade-Neto, R.C., Figueira, L.K., Nery, D.K., Maracaja, P.B. et Nunes, G.H.S. (2007) Dry and green leaves powder of neem in the control of the woodworm in Cowpea seed. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 10, 1.

Mlambo, S., Mvumi, B.M., Stathers, T., Mubayiwa, M. et Nyabako, T. (2017) Field efficacy of hermetic and other maize grain storage options

under smallholder farmer management. *Crop Protection*, 98(5), pp. 198-210. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.04.001>

Mordue, A.J., Morgan, E.D. et Nisbet, A.J. (2005) Azadirachtin, a natural product in insect control In: Gilbert, L. I. Latrou, K. J. Gill, S. S. (Eds), *Comprehensive Molecular Science*, 6, pp. 117-135. <https://doi.org/10.1016/B0-44-451924-6/00077-6>

Morgan, E.D. (2009) Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17, pp. 4096-4105.

Mutambuki, K., Ngatia, C.M., Mbugua, J. N., et Likhayo, P. (2012) Evaluation on the efficacy of spinosad dust against major storage insect pests. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 3(2), 19-23. <https://doi.org/10.5897/JSPPR11.074>

Nguyen, M.H., Vu, N.B.D., Nguyen, T.H.N., Tran, T.N.M., Le, H.S., Tran, T.T., Le, X.C., Le, V.T., Nguyen, N.T.T. et Trinh, N.A. (2020) Effective Biocontrol of Nematodes Using Lipid Nanoemulsions Co-Encapsulating Chili Oil, Cinnamon Oil and Neem Oil. *International Journal of Pest Management*, 69(3), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1861361>

Rajula, J., Rahman, A. et Krutmuang, P. (2020) Entomopathogenic fungi in Southeast Asia and Africa and their possible adoption in biological control. *Biological control*, 151, pp.104399. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104399>

Raizada, R.B., Srivastava, M.K., Kaushal, R.A. et Suigh, R.P. (2001) Azadirachtin, a neem biopesticide: subchronic toxicity assessment in rats. *Food Chemistry*, 39 (5), pp. 477-83. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(00\)00153-8](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(00)00153-8)

Redfern, R.E., Kelly, T.J., Bořkovec, A.B. et Hayes, D.K. (1982) Ecdysteroid titers and molting aberrations in laststage *Oncopeltus* nymphs treated with insect growth regulators. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 18(3), 351-356.

Sanon, A., Garba, M., Auger, J. et Huignard, J. (2002) Analysis of insecticidal activity of methylisocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarus basalis*. *Journal of Stored Products Research*, 38 (2), pp. 129-138. [https://doi.org/10.1016/S0022474X\(01\)00008-X](https://doi.org/10.1016/S0022474X(01)00008-X)

Sanon, A., Koussoube, J.C., Ba, M.N., Dabire-Binso, L.C. et Sembene, M. (2017) Report on *Spermophagus niger* Motschulsky, 1866 (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae: Amblycerini) infesting the seeds of roselle, *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae) during post-harvest storage in Burkina Faso. *Journal of Stored Products Research*, 72, 64-67. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.04.002>

Sanon, A., Yamkoulga, M., Koussoube, J.C., Waongo, A., Ouédraogo, I. (2018) Insect pests of post-harvest storage in promising crop sectors in Burkina Faso: current concerns and prospects for solutions. 12th International Working Conference on Stored Product Protection (IWCSPP) in Berlin, Germany, October 7-11, 2018: 934-940.

Schmutterer, H. (1995) The Neem Tree, *Azadirachta indica* A. Juss and Other Meliaceae Plants: Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes. VCH, Weinheim, Germany.

Smith, H.H., Idris, O.A. et Maboeta, M.S. (2021) Global Trends of Green Pesticide Research from 1994 to 2019: A Bibliometric Analysis. *Journal of Toxicology*, 6637516. <https://doi.org/10.1155/2021/6637516>

Tapondjou, L.A., Adler, C., Bouda, H. et Fontem, D.A. (2002) Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Product Research*, 38(4), pp. 395-402. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00044-3)