Afrique SCIENCE *29(5) (2026) 43 - 61*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net

Gestion des bruches de haricot, *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Chrysomelidae) par l'utilisation des plantes à vertu insecticide à l'INERA-Mulungu, RD Congo

Oswald Cimanuka KOLERAMUNGU[1], Jean de Dieu Bujingo BAHATI[1], Télesphore Cirhuza MIRINDI[1], Nocy Ruhebuza KIJANA[1], Eloi Lwahamire CINYABUGUMA[2], Bazzy Nabwibizi BAZIROGWERHE[3], Austin Bitale BAWILI[4,5] et Sole Kayeye BAHIZIRE[4,5*]

[1] *Institut National d'Etude et de Recherche Agronomiques de Mulungu (INERA/Mulungu), Programme National Légumineuses (PNL), Laboratoires de défense des végétaux, Bukavu, RD Congo*
[2] *Institut National d'Etude et de Recherche Agronomiques de Mulungu (INERA/Mulungu), Programme National de Recherche sur les Tubercules (PNRT), Laboratoires de défense des végétaux, Bukavu, RD Congo*
[3] *Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Kalehe (ISEA-Kalehe), Section Santé et Développement, Département de Développement Communautaire, Laboratoire d'Agronomie, Bukavu, RD Congo*
[4] *Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN/Lwiro), Département de Biologie, Section d'Entomologie, Laboratoire d'Entomologie Médicale et Parasitologie, Bukavu, RD Congo*
[5] *Institut Supérieur Pédagogique de Kabare (ISP-Kabare), Section de Sciences Exactes, Département de Biologie, Laboratoire d'Entomologie, Bukavu, RD Congo*

(Reçu le 26 Juin 2025 ; Accepté le 09 Juin 2026)

* Correspondance, courriel : *jlkayeye@gmail.com*

Résumé

Cette étude visait à évaluer la gestion des bruches de haricot, *Acanthoscelides obtectus*, par l'utilisation d'extraits de plantes à vertu insecticide à l'INERA-Mulungu, en République Démocratique du Congo. L'étude était de type expérimental avec standardisation du dispositif expérimental et a utilisé comme matériels les plantes biopesticides *Tephrosia vogelii, Tithonia diversifolia, Cymbopogon citratus, Tagetes minuta, Nicotiana tabacum, Eucalyptus officinalis* et des cendres des bois dont il fallait tester sur les insectes *Acanthoscelides obtectus.* Les données obtenues ont été traitées par le logiciel R version 3.6.1 en analysant la variance entre les paramètres étudiés. Les résultats montrent que les extraits de plantes, notamment le tabac, la citronnelle et l'eucalyptus, sont efficaces pour réduire la mortalité des bruches et améliorer la qualité des grains stockés. Les doses d'extrait de 20 g à 50 g ont permis d'éliminer un nombre significatif de bruches, atteignant jusqu'à 110 % de mortalité selon certaines concentrations. Les analyses ont révélé que le témoin avait le plus grand nombre de bruches vivants (66), tandis que les doses à base de citronnelle et d'eucalyptus ont montré une réduction notable. Concernant la qualité des graines, la cendre et la citronnelle ont maintenu un nombre élevé de graines saines, avec 200 graines saines observées. De plus, le taux de reproduction des bruches a diminué de manière significative avec l'augmentation des doses, en particulier pour la citronnelle. Ce travail souligne le potentiel des biopesticides d'origine végétale comme solution durable aux pesticides chimiques. Les résultats indiquent que ces extraits pourraient offrir une alternative viable pour protéger les cultures de haricot, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire en RDC. Des recherches futures devraient se concentrer sur les mécanismes d'action des extraits et leur optimisation pour maximiser leur efficacité.

Mots-clés : *Acanthoscelides obtectus, Haricot commun, Biopesticides, Extraits de plantes, Mortalité, Qualité des grains, Taux de reproduction, Agriculture durable.*

Abstract

Management of the Common Bean Weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Chrysomelidae), Using Plants with Insecticidal Properties at INERA-Mulungu, Democratic Republic of the Congo

This study aimed to evaluate the management of the bean weevil, Acanthoscelides obtectus, through the use of plant extracts with insecticidal properties at INERA-Mulungu in the Democratic Republic of Congo. The study was of experimental type with standarizationof the experimental dispositif and used biopesticides plants matérials *Tephrosia vogelii*, *Tithonia diversifolia*, *Cymbopogon citratus, Tagetes minuta, Nicotiana tabacum, Eucalyptus officinalis* and wood ashes whose must be tested on *Acanthoscelides obtectus* insects. The data obtained were treated using R software version 3.6.1 by analyzing the variance between studed parameters. The results show that plant extracts, particularly tobacco, lemongrass, and eucalyptus, are effective in reducing the mortality of weevils and improving the quality of stored grains. Extract doses ranging from 20 g to 50 g significantly eliminated a number of weevils, achieving up to 110% mortality at certain concentrations. Analyses revealed that the control group had the highest number of living weevils (66), while the doses based on lemongrass and eucalyptus showed a notable reduction. Regarding seed quality, ash and lemongrass maintained a high number of healthy seeds, with 200 healthy seeds observed. Furthermore, the reproduction rate of the weevils decreased significantly with the increase in doses, particularly for lemongrass. This work highlights the potential of plant-based biopesticides as a sustainable alternative to chemical pesticides. The findings suggest that these extracts could provide a viable option for protecting bean crops, thereby contributing to food security in the DRC. Future research should focus on the mechanisms of action of the extracts and their optimisation to maximise their effectiveness.

Keywords : *Acanthoscelides obtectusl, Common bean, Biopesticides, Plant extracts, Mortality, Quality of grains, Reproduction rate, Sustainable agriculture.*

1. Introduction

Le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) est généralement cultivé pour sa richesse en protéines (20 à 25%), en fer et en fibres [1 - 3]. La production mondiale actuelle est de 43 millions de tonnes avec comme principaux pays producteurs l'Inde, les Etats-Unis, le Brésil et la Chine qui produisent à eux seuls 23 millions de tonnes par an [4, 5] ; avec une production moyenne de 720 Kg/ha sur une superficie de 27 millions d'hectare à travers le monde [6]. En 2000, la consommation moyenne de haricots au niveau mondial était estimée à 2,2 kg par habitant et par an, avec de fortes variations selon les continents, mais dans le pays du tiers monde la consommation est de 55 kg/an à 66 kg/an [7, 8]. En effet, la culture du haricot commun (*Phaseolus vulgaris L.*) est essentielle dans l'alimentation humaine surtout en Afrique centrale et orientale où les productions sont généralement pauvres et réduites [9, 10]. Cependant, le haricot occupe la deuxième place parmi les aliments de base de la population de la République Démocratique du Congo, où il intervient dans la lutte contre l'insécurité alimentaire car il constitue une grande source de protéines pour les ménages pauvres chez qui les protéines d'origine animale sont rarement disponibles [11, 12] et il occupe la première place en termes de superficie emblavée par les cultures vivrières sur le territoire national en République Démocratique du Congo [12, 13]; entretemps, le haricot commun est une denrée fortement appréciée sur les marchés locaux et la quasi-totalité de la production commercialisée provient des provinces du Katanga, Nord-Kivu, Sud-Kivu et Maniema [10, 14]. Néanmoins, on observe un problème de production insuffisante, ne parvenant pas à satisfaire les besoins de la population toujours croissante et les causes de cette production insuffisante les plus citées sont l'infertilité des sols, aussi bien que la production est

assurée principalement par les petits exploitants agricoles qui utilisent encore des techniques et matériels rudimentaires, les maladies au champ, les érosions, la mauvaise maîtrise des techniques culturales et l'attaque de ces denrées alimentaires par des insectes ravageurs en stock [10, 15 - 17] ; ceci car même lorsque l'agriculteur améliore les performances agronomiques de la plante dans un environnement édaphique et climatique contrôlé, il doit toujours faire face à d'autres agents biologiques tels que les insectes ravageurs des produits stockés [18, 19], du fait qu'on présume que la plante représente pour les insectes soit un élément de la chaîne alimentaire soit un hôte obligatoire [14]. Ainsi, les dommages causés par ces insectes et les pertes qu'ils provoquent, tant au champ qu'en stockage, ne peuvent qu'exposer les producteurs à l'insécurité et à la précarité alimentaires, ce qui demande un accroissement des rendements tout en limitant les pertes dues aux ennemis des plantes et notamment aux insectes, plus particulièrement, le bruche du haricot commun (*Acanthoscelides obtectus*) [20, 21]. Pour y arriver, la lutte chimique est la méthode de protection la plus utilisée pour sauvegarder les cultures et les stocks, mais elle est malheureusement onéreuse et peut avoir des conséquences néfastes sur la santé des producteurs et des consommateurs et bien aussi sur l'environnement [16, 20, 22 - 24]. En plus, la bruche du haricot commun (*A. obtectus*), principal ravageur sous le tropique, peut évoluer dans deux milieux totalement différents : en culture dans le champ et dans les graines entreposées [25, 26] et l'infestation de graines du haricot commun par la bruche, entraine de nombreuses conséquences : la réduction quantitative et qualitative de la valeur alimentaire de la denrée, baisse du rendement des récoltes, développement de moisissures qui peuvent produire de mycotoxines dangereuses pour la santé des consommateurs et détérioration du pouvoir germinatif de semences [27]. Selon Campolo et al., Tuo et al. et Kasongo et al., les pertes en poids occasionnées par les bruches peuvent être estimées entre 30 à 80% après six à sept mois de stockage [26, 28, 29]. Toutefois, compte tenu de l'abondance des biopesticides dans l'environnement naturel, un intérêt particulier est fixé sur l'effet qu'ils ont un effet positif dans la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées, comme les bruches du haricot commun (*A. obtectus*) [30, 31]. Les plantes utilisées comme biopesticides telles que *Tephrosia vogelii*, *Tetradenia ruparia*, *Tithonia diversifolia*, *Cibogos citratus, Tagetes minuta, Nicotiana tabacum, Eucalyptus officinalis,* etc. présentent l'avantage d'être sélectifs, non dangereux pour l'homme et l'environnement, biodégradables et moins coûteux que les insecticides de synthèse [32, 33] ; mais, le problème réside dans le fait que l'effet biopesticides de ces plantes et la dose quantifiable à utiliser pour chaque poudre de ces biopesticides ne sont pas connus par les producteurs de haricot commun [5, 34]. C'est ainsi que cette étude a été menée pour contribuer à la détermination de l'effet de différentes doses quantifiables des poudres de plantes biopesticides (*Tephrosia vogelii*, *Tithonia diversifolia*, *Cymbopogon citratus, Tagetes minuta, Nicotiana tabacum, Eucalyptus officinalis* et des cendres des bois) afin d'assurer une meilleure conservation du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) en stock contre les bruches (*Acanthoscelides obtectus*). Spécifiquement, cette étude à consister à évaluer l'effet des doses de chaque poudre de plantes biopesticides dans le contrôle des bruches de haricot, déterminer la dose efficace des chaque poudre des plantes biopesticides nécessaire pour neutraliser les bruches du haricot en stock et enfin comparer les différents extraits de plante sur base de leur efficacité à contrôler les bruches de haricot.

2. Méthodologie

2-1. Description du milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans les enceintes du centre de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques de Mulungu (centre INERA-Mulungu) situé en République Démocratique du Congo, Province du Sud-Kivu, Territoires de Kabare et Kalehe. Ce centre comprend trois stations à savoir la station de Mulungu localisée dans le groupement de Miti, station principale de 864 ha où l'étude a été effectuée ; la station de Nyamunyunye de 90 ha localisée dans le groupement de Bushumba (actuellement occupée par un camp militaire)

et la station Tchiganda de 160 ha, une réserve forestière se trouvant en territoire de Kalehe. Ce centre s'étend sur une concession de 1114 hectares obtenus par la création européenne dans les territoires de Kabare et Kalehe. La station Mulungu où l'étude a été effectuée se trouve à 2°20' de latitude Sud et 28°46' de longitude Est et sur une altitude allant de 1650m à 2150m. Elle est localisée à environ 25km de la ville Bukavu sur l'axe routier Bukavu-Goma et limité au Nord par la rivière Kalamba, au Sud par la rivière Kashekesheke, à l'Est par la rivière Cisira et la Ferme Fundiko et à l'Ouest par le Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB). Cette station de Mulungu est caractérisée par un climat tropical humide avec 2 saisons dont une saison sèche de 2 mois allant de Juillet à Août et une saison de pluie de 10 à 9 mois allant de Septembre à Juin ; les précipitations annuelles oscillent entre 1400 mm à 1600 mm avec le maximum d'environ 1600 mm en Décembre ; L'humidité relative moyenne varie entre 60 et 80 % respectivement au cours de la saison sèche et pluvieuse ; l'insolation relative varie aussi de 50 à 70 % de mois pluvieux vers le mois sec et la température moyenne annuelle est de 19 °C [25, 35]. La ***Figure 1*** présente la localisation du milieu d'étude, la station de Mulungu, localisée dans le groupement de Miti.

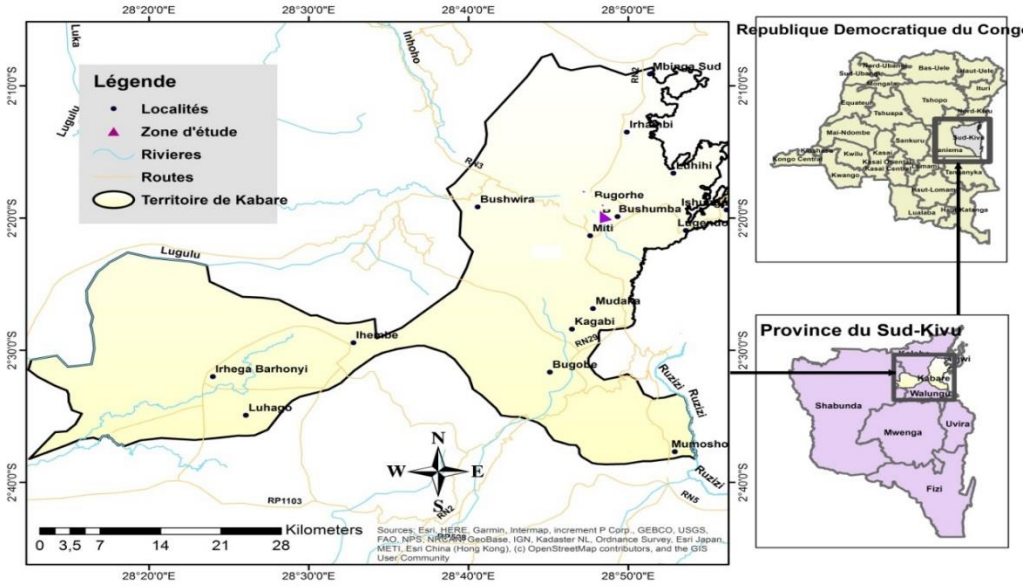


Figure 1 : *Localisation du site d'étude : la station de Mulungu (point triangulaire en rose sur la carte)*

2-2. Récolte de plantes à vertu biopesticide et la cendre de bois

Les plantes à vertu biopesticide ont été récoltées dans les champs de la station de Mulungu à Chirumbi à 1652,3 m d'altitude ; 2°20'7,23804'' de latitude Sud et 28°47'31,94592'' de longitude Est ; il s'agissait de 6 espèces de plantes biopesticides dont *Tephrosia Voegeli* (Tephrosia), *Cymbopogon citratus* (Citronnelle), *Tagetes minuta* (Tagète), *Nicotiana tabacum* (Tabac), *Eucalyptus Officinalis* (Eucalyptus) et *Tithonia diversifolia* (Tithonia). Les feuilles des plantes *Cymbopogon citratus*, *Tagetes minuta*, *Nicotiana tabacum* et *Tithonia diversifolia* ont été cueillies par un couteau et la main habillée de gans, alors que celles des plantes *Tephrosia Voegeli* et *Eucalyptus Officinalis* ont été cueillies par machette et la main habillée de gans. Après récolte de ces plantes, elles ont été séchées à l'air libre sur des bâches dans le hangar bien ventilé, situé dans le site de Cirumbi non loin des champs d'expérimentation de la station de Mulungu. Après séchage, les feuilles de plantes séchées ont été pilées dans un mortier artisanal fabriqué en bois. La poudre obtenue pour chaque plante a été tamisée pour obtenir une poudre fine et c'est cette poudre fine qui a été utilisée dans l'expérimentation de cette étude. La cendre de bois aussi a été récoltée dans la guérite de la sentinelle de la station de Mulungu, puis tamisée pour obtenir une poudre fine de cendre de bois. Le tamisage a été fait au moyen d'un tamis fin de maille de 0,2 à 1 mm.

2-3. Collectes et conservation des bruches du haricot commun (*Acanthoscelides obtectus*)

La collecte des bruches a été faite dans le magasin de stockage des haricots communs de la station de Mulungu. En effet, les bruches du stade de développement imago de 3 à 4 jours ont été collectés pour notre expérimentation. La collecte a été faite à la main habillée de gans de manière attentive pour éviter le traumatisme des bruches. A ce moment, les bruches utilisées dans l'expérimentation étaient comptées et 10 bruches étaient introduites dans un bocal pour la conservation avant d'être réintroduites dans chaque petit bassin en plastique dans lequel 200 graines de haricot de variété HM-21 mélangées avec la poudre de la plante biopesticide ou cendre de bois étaient introduites. Tous les bruches utilisés dans l'expérimentation étaient vivantes.

2-4. Dispositif expérimental et structure des traitements

L'expérimentation a été réalisée dans le magasin des haricots de la station de Mulungu au centre de l'INERA/Mulungu à 1729,1 m d'altitude ; 2°20'8,36412'' de latitude Sud et 28°46'54,606'' de longitude Est ; au cours de la période allant de Mars 2024 à Décembre 2024 Soit 10 mois. Après la récolte des plantes biopesticides, leur séchage, moulage et tamisage pour obtenir la poudre fine et la collecte des bruches ; 200 graines de bonne vigueur de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) de variété HM-21 provenant directement de la récolte ont été sélectionnées et triées et introduites dans un petit bassin plastique, puis mélangées avec les poudres de différentes plantes biopesticides obtenues, puis fermé hermétiquement avec un tissu emmaillé et transparent permettant de créer un environnement ambiant (présence de l'Oxygène, humidité relative, lumière) dans chaque mélange graines de haricot et poudres des plantes biopesticides. Cet environnement ambiant, nous a permis d'empêcher l'étouffement des graines et bruches au cours de l'expérimentation et permettre aux poudres des plantes biopesticides d'agir comme si elles étaient utilisées dans un environnement naturel que l'on retrouverait chez les paysans producteurs du haricot commun. En effet, pour chaque plante biopesticide, 6 doses de la poudre de la plante biopesticide ont été préparées dont la dose 1 était de 5g de la poudre, la dose 2 était de 10 g de la poudre, la dose 3 était de 20 g de la poudre, la dose 4 était 30 g de la poudre, la dose 5 était de 40 g de la poudre et la dose 6 était de 50 g de la poudre. C'est dans chacune de ces doses que 200 graines de haricot commun ont été mélangées après être introduites dans un petit bassin, puis fermées hermétiquement à l'aide d'un tissu émaillé. Cependant, 36 échantillons constitués du mélange de 200 graines de haricot commun et les différentes doses des poudres de ces 6 plantes biopesticides ont été établis avec un témoin pour chaque plante biopesticide. Chaque témoin était constitué seulement de 200 graines de haricot commun de la variété utilisée dans l'expérimentation. En sommant les échantillons préparés et les témoins, tous ont constitué un total de 42 échantillons répétés 3 fois, c'est-à-dire 3 blocs ont constitué notre expérimentation. Ainsi, 126 échantillons ont été suivis durant toute la période notre expérimentation. La ***Figure 2*** présente le dispositif expérimental qui était en blocs complètement randomisé avec deux facteurs en étude (extraits de plantes et doses) a été répété 3 fois avec 7 traitements dans chaque répétition dont 6 doses des plantes biopesticides et 1 témoin.

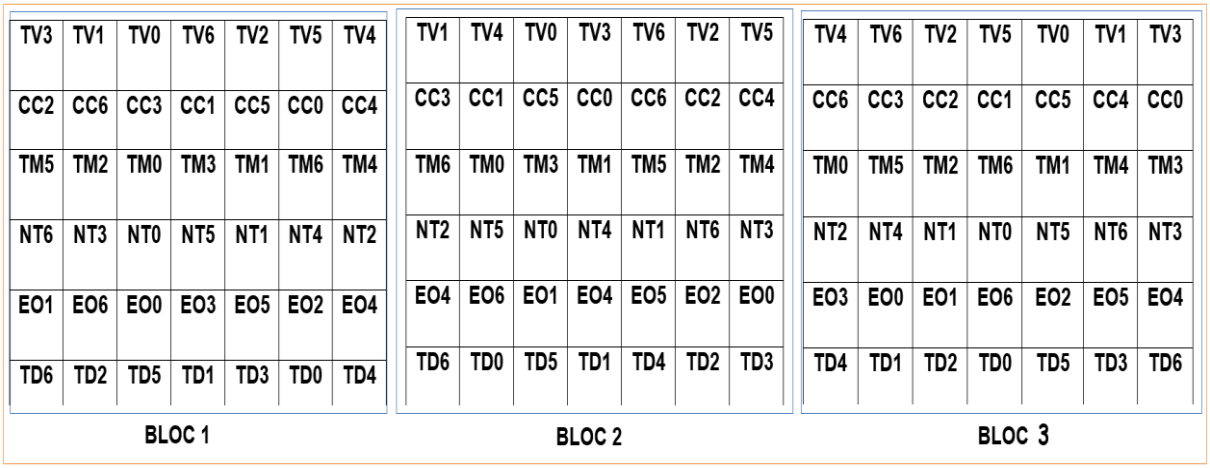


Figure 2 : *Dispositif expérimental*

avec, TV (Tephrosia Voegeli) ; CC (Citronnelle : Cymbopogon citratus) ; TM (Tagetes minuta) ; NT (Nicotiana tabacum) ; EO (Eucalyptus officinalis) TD (Tithonia diversifolia) ; CD (cendre de bois) ; Et, 0 (témoin) ; 1 : dose 5g ; 2 : dose 10 g ; 3 : dose 20 g ; 4 : dose 30 g ; 5 : dose 40g ; 6 dose 50g des pour toutes les plantes insecticides.

2-5. Paramètres prélevés et collectes de données

Les paramètres ci-après ont été observés :

- Nombre d'insectes morts : il a été obtenu par un comptage manuel en prenant soin de séparer les insectes vivants des insectes morts. Le contenant de chaque petit bassin en plastique était versé sur un dispositif à 4 papiers duplicateurs agrafés ensemble et déposés sur une surface plane pour faciliter le comptage et ainsi évité les erreurs. Ce comptage était fait chaque après 1 mois. Nous avons commencé à collecter les données 3 mois après la mise en magasin.
- Nombre d'insectes vivants : nous avons utilisé la même technique comme pour les insectes morts
- Le taux de reproduction des insectes (bruches) : il a été obtenu par la ***Formule (1)*** ci-dessous dite ***Formule*** de Howe (1971) [36], ci-après :

$$\text{TMB} = \frac{\text{Nombre total d'adultes émergés}}{\text{Nombre de grains infestés au départ}} \quad (1)$$

où, TMB est le Taux de Multiplication des Bruches

Sachant que le nombre de bruche au départ était de 10 pour chaque boîte.

- Le taux de mortalité des insectes (bruches) : il a été obtenu par la formule (2) ci-après appelée ***Formule*** d'Abbott (1925) [37], sachant que le nombre de bruche au départ était de 10 pour chaque boîte:

$$MC\ (\%) = \frac{\text{Mo}-\text{Mt}}{1OO-Mt} \quad (2)$$

Où MC est la mortalité corrigée (%) ; Mo est la mortalité observée dans le traitement (%) et Mt est la mortalité observée dans le témoin (%).

Cette ***Formule*** a été utilisée parce qu'il y avait des mortalités observées dans les témoins.

- Nombre des graines trouées : a aussi été obtenu par un comptage manuel en séparant les graines trouées des graines saines. Les données ont été collectées à partir du troisième mois après la mise en magasin.
- Nombre des graines saines : nous avons utilisé la même technique comme pour les graines trouées.

2-6. Analyse statistique des données

Les données recueillies ont été encodées dans le logiciel Excel 2016 et analysées statistiquement par le logiciel R version 3.6.1. nous avons utilisé ANOVA One Way au seuil de 5 % pour analyser la variance entre les paramètres étudiés en séparant d'abord chaque type de traitement aux plantes pesticides et ensuite pour analyser la variance en combinant les doses et les types de traitements aux plantes insecticides a été faite. Nous sommes passés aussi à la séparation des groupes homogènes selon le test de LSD au seuil de 0,05 pour les traitements ayant présentés des différences.

3. Résultats

3-1. Effet moyen des différentes doses d'extraits sur les paramètres en étude

❖ ***Effet combiné des doses d'extrait sur la mortalité des bruches***

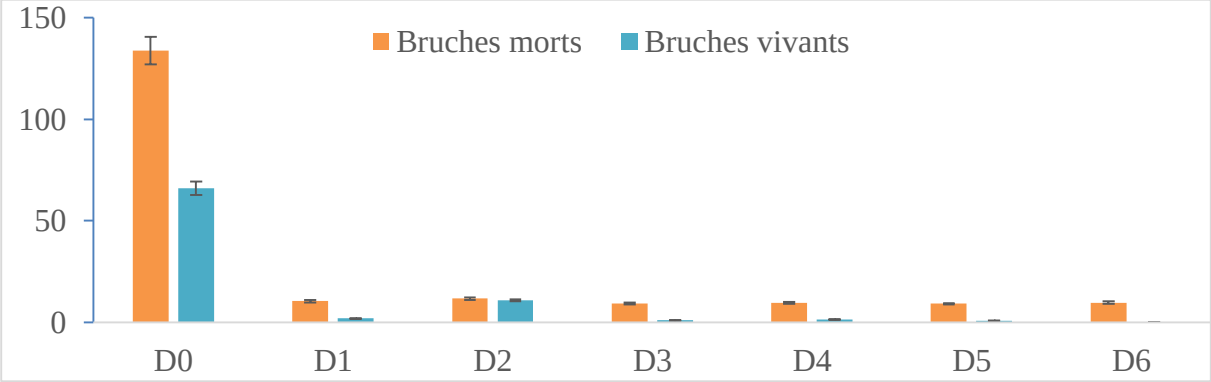


Figure 3 : *Effet des doses d'extrait de plantes à vertu insecticide sur le nombre de bruches mort et le nombre de bruches vivant au cours de l'expérimentation*

Légende : D0 (témoin) ; D1 : dose 5g ; D2 : dose 10 g ; D3 : dose 20 g ; D4 : dose 30 g ; D5 : dose 40g ; D6 dose 50g.

Les analyses statistiques des résultats de cette ***Figure 3*** montrent que les doses d'extrait ont agi de la même façon sur les bruches morts exceptés pour le témoin où il y a eu de grandes variations (P-value = $4{,}5e^{-6}$) alors que pour les bruches vivants, une différence significative a été observée sur les traitements témoin et la dose 5g ; on observe que le maximum a été obtenu avec le témoin (soit une moyenne de 66 bruches) suivis de la dose 2 avec une moyenne de 11 bruches. Les doses 20 g, 30 g, 40g et 50 g d'extraits ont permis d'éliminer plus des bruches .

❖ ***Effet combiné des doses d'extrait sur les grains saines et grains trouées***

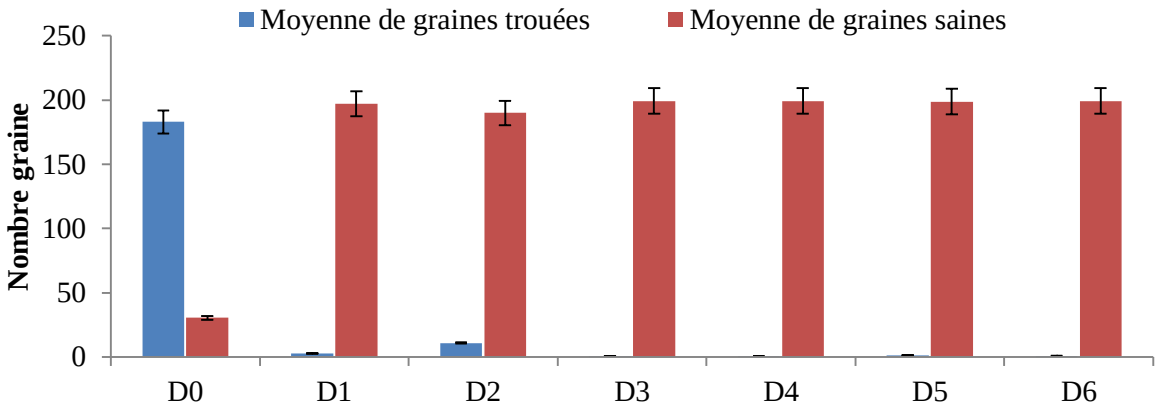


Figure 4 : *Effet de doses d'extrait de plantes à vertu insecticide sur le nombre de graines trouées et le nombre de graines saines au cours de l'expérimentation*

Légende : D0 (témoin) ; D1 : dose 5g ; D2 : dose 10 g ; D3 : dose 20 g ; D4 : dose 30 g ; D5 : dose 40g ; D6 dose 50g.

Les analyses statistiques des résultats de cette ***Figure 4*** montrent que les différentes doses d'extrait ont eu le même effet sur la perforation des graines. Cependant, le plus grand nombre des graines perforées a été obtenu sur le témoin, suivi de la dose 2 avec une moyenne 11 graines perforées. A partir de la dose 3, l'effet des doses est la même (non significatif). La moyenne des graines saines est respectivement de 31 pour le témoin, 197 pour la dose 5 g, 190 pour la dose 10 g, 199 pour la dose 20g, 30 g, 40 g et 50 g.

❖ ***Effet combiné des doses sur le taux de reproduction et de mortalité des bruches***

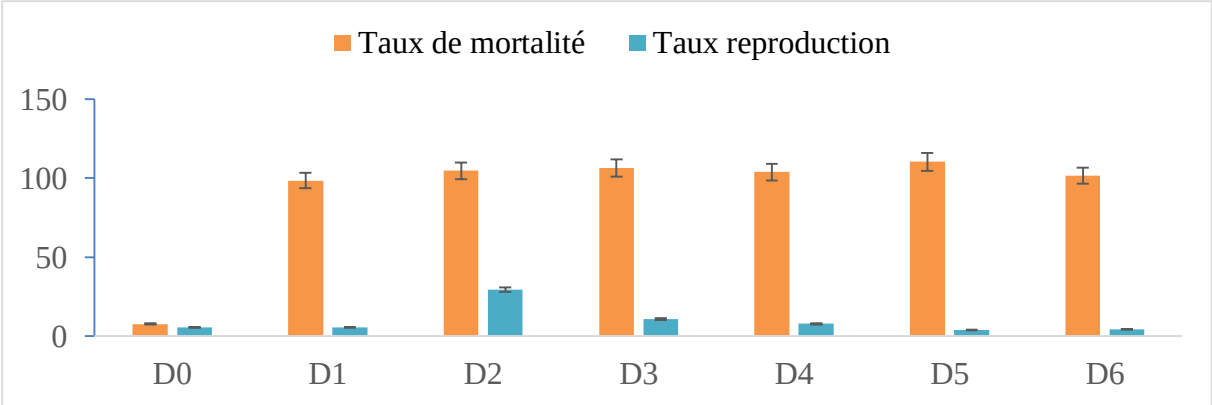


Figure 5 : *Effet de doses d'extrait de plantes à vertu insecticide sur le taux de reproduction et sur le taux de reproduction des bruches au cours de l'expérimentation*

Légende : D0 (témoin) ; D1 : dose 5g ; D2 : dose 10 g ; D3 : dose 20 g ; D4 : dose 30 g ; D5 : dose 40g ; D6 dose 50g.

Les analyses statistiques montrent que la moyenne du taux de mortalité a été le même pour les doses d'extrait, le taux de reproduction élevé est de de 29,2 % sur la dose 10 g, suivit de 10,7 % avec la dose 20 g, 7,8 % pour la dose 30 g. quant au taux de mortalité, il est minimal sur le témoin avec 7,5 % et maximale avec le différentes doses d'extrait, soit 98 % pour la dose 5 grammes, 104,5 % pour la dose 10 grammes, 106,4 % pour la dose 20 grammes, 103 % pour la dose 30 grammes, 110 % pour la dose 40 grammes, 101,6 % pour la dose 50 grammes.

3-2. Effet moyen des différents extraits

❖ ***Effet moyen sur les bruches vivants et bruche morts***

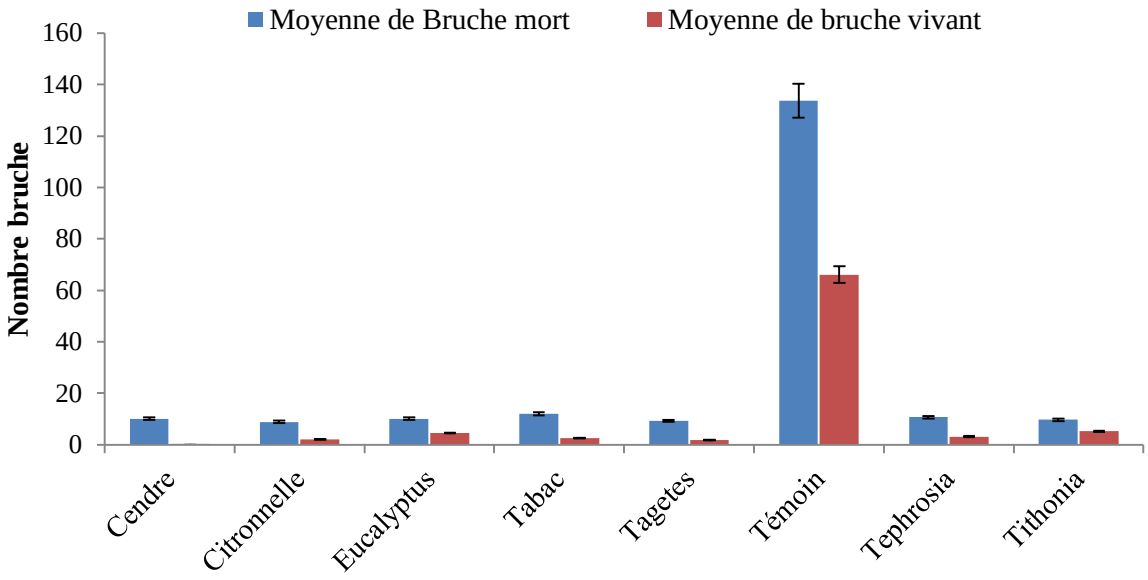


Figure 6 : *Effet d'extrait de plantes à vertu insecticide sur le nombre de bruches mort et le nombre de bruches vivant au cours de l'expérimentation*

La ***Figure 6*** montre que le maximum de bruche vivant a été obtenu avec su le témoin (soit 66 bruches), suive de Tithonia et d'eucalyptus avec une moyenne de 5 bruches. Sur la cendre il y a eu en moyenne 10 bruches, 9.7 bruches mort sur le Tithonia, 10.7 sur Tephrosia, 11.9 sur le Tabac 10 sur l'Eucalyptus.

❖ ***Effet moyen des extraits sur les grains saines et grains trouées***

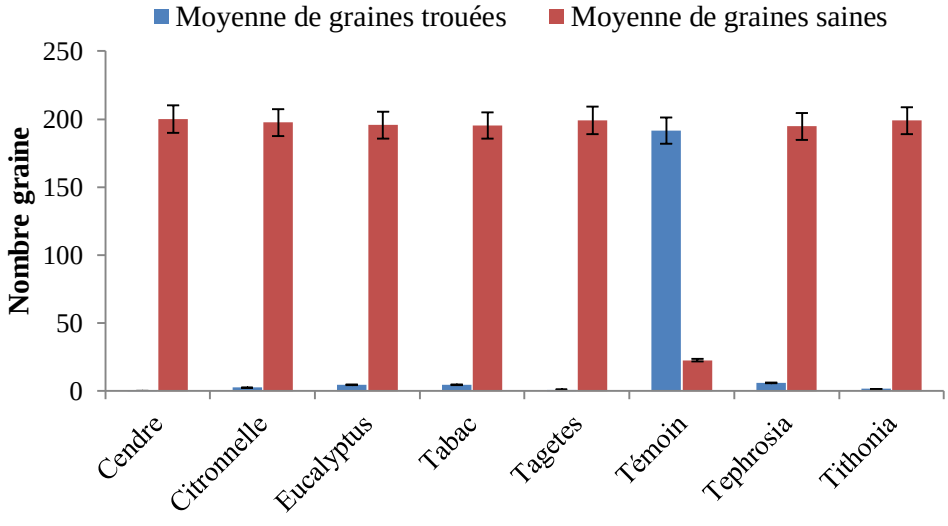


Figure 7 : *Effet d'extrait de plantes à vertu insecticide sur le nombre de graines trouées et le nombre de graines saines au cours de l'expérimentation*

La ***Figure 7*** montre que la moyenne des graines saines est de 200 graines sur la cendre, 197 sur le citronnelle, 196 sur l'Eucalyptus, 195 sur le tabac, 199 sur tagetes, 23 sur le témoin, 195 sur Tephrosia et 199 sur Tithonia. La moyenne élevée des graines trouées a été obtenu sur le témoin avec 192.

❖ ***Effet moyen d'extraits sur le taux de reproduction et de mortalité des bruches***

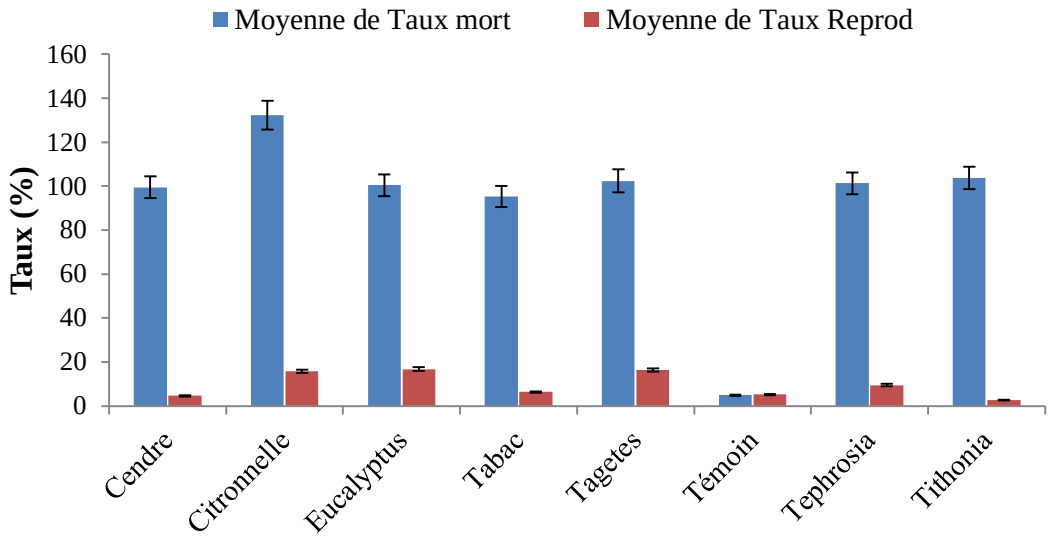


Figure 8 : *Effet d'extrait de plantes à vertu insecticide sur le taux de mortalité et le taux de reproduction des bruches au cours de l'expérimentation*

La ***Figure 8*** montre que le taux de mortalité pour les extraits a varié au tour de 100 % alors que pour le témoin ; il est de 4.9 % le maximum a été obtenu avec la citronnelle avec 132 %. Quant aux taux de reproduction il était maximal avec citronnelle, Eucalyptus et Tagettes avec une moyenne de 16,7 %. Il était minimal avec Tithonia et la cendre. Pour tous les extraits le taux de mortalité est plus élevé que celui de mortalité sauf pour les témoins où les bruches se reproduisaient à peu près au même rythme que le taux de mortalité. Pour la citronnelle le taux de mortalité dépasse 100 % cela s'explique par le fait qu'il y a eu plus des bruches qui se sont reproduis.

3-3. Comparaison des moyennes des différentes doses d'extraits sur les paramètres en étude

❖ ***Effet combiné des doses d'extrait sur la mortalité des bruches***

Tableau 1 : *Effet combiné des doses d'extrait sur la mortalité des bruches*

Extrait	Témoin	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Cendre	130±60,0 b	10±0,0	10,3±0,6b	10±0,0d	10±0,0	10±0,0	10±0
Citronnelle	130±0,0 b	10±0,0	8,7±2,3b	7,3±4,7	9,7±0,6	8,0±2,0	9,7±0,6
Eucalyptus	130±0,0 b	14,3±17,6	7,7±2,1b	9,7±0,6	10±0,0	9,3±1,2	9,3±0,6
Tabac	127,3±2,3 b	10±0,0	23,0±10,4a	10±0,0	10 ±0,0	8,7±1,5	10±0,0
Tagetes	164,0±6,9 a	9,3±1,2	9±1,7b	8,7±1,5	9,3±1,1	9,3±0,6	10±0,0
Tephrosia	124,3±9,0 b	10±0,0	16,0±12,2ab	10±0,0	9,0±1,7	9,3±0,6	10±0,0
Tithonia	130±0,0 b	10±0,0	8,3±1,5b	10±0,0	10±0,0d	10±0,0	10±0,0
P-value	***4,15 e-7 ****	***0,973ns***	***0,076ns***	***0,531ns***	***0,628ns***	***0,327ns***	***0,109ns***
CV (%)	***10***	***5,52***	***6,31***	***1,98***	***0,81***	***1,23***	***0,36***

*Légende : ns : effet non significatif (p<0,05) ; * : effet hautement significatif (0,01<p<0,05) ; ** : effet très significatif (0,001<p<0,0) ; *** : effet hautement significatif (0,001<p<0,0). Les mêmes lettres dans la même colonne représentent les extraits qui ont eu le même effet pour la dose concernée et l'importance de l'effet est expliquée par la succession des lettres.*

Il ressort du ***Tableau 2*** que les différentes doses des différents extraits ont provoqué le même effet sur les bruches (p-value > 0,05). Néanmoins à la dose la moyenne élevée sur les bruches morts a été obtenue avec le tabac soit 23 bruches et un minimum de 8,3 a été obtenu avec le tabac.

❖ ***Effet combiné des doses d'extrait sur les bruches vivants***

Tableau 2 : *Effet combiné des doses d'extrait sur les bruches vivants*

Extrait	Témoin	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Cendre	129,3±62 a	0±0 b	0,3±0,6 b	0±0 b	0±0	0±0 b	0±0 b
Citronnelle	49,3±10,8 b	0±0 b	2,0±3,5 b	4,3±3,5 a	3±5,2	3,0±3,6 a	0,3±0,6 b
Eucalyptus	26,7±30,5 b	13,3±11,6a	12±11,5 ab	0,3±0,6	0±0	0,7±1,2ab	1±0,0 a
Tabac	32,7±24,9 b	0±0 b	14,3±14 a	0±0 b	0±0	1,3±2,3ab	0±0 b
Tagetes	24,7±28,89 b	0,7±1,2 b	1,3±2,3 b	3,3±4,2 ab	4,7±9,1	0,7±0,6ab	0±0 b
Tephrosia	74,3±12,9 ab	0±0 b	15,3±11,0ab	0±0 b	3,0±5,2	0,7±0,6ab	0±0 b
Tithonia	125,7±56,9 a	0±0 b	31,3±36,9a	0±0 b	0±0	0±0 b	0±0 b
P-value	***0,0104 ****	***0,0172 ****	***0,0769ns***	***0,0799ns***	***0,662ns***	***0,324ns***	***0,109ns***
CV (%)	***8,31***	***3,04***	***6,31***	***1,98***	***2,58***	***1,81***	***2,11***

*Légende : ns : effet non significatif (p<0,05) ; * : effet hautement significatif (0,01<p<0,05) ; ** : effet très significatif (0,001<p<0,0) ; *** : effet hautement significatif (0,001<p<0,0). Les mêmes lettres dans la même colonne représentent les extraits qui ont eu le même effet et l'importance de l'effet est expliquée par la succession des lettres.*

Il ressort du ***Tableau 3*** que les doses 5 g de chaque extrait n'ont pas eu les mêmes effets sur les bruches (l'eucalyptus a favorise la résistance de 13 bruches en moyenne pour la dose 5 g. les autres doses d'extrait ont agi de la même manière.

❖ ***Effet combiné des doses d'extrait sur les graines***

A ce niveau le paramètre graines ayant resté saines a été considéré. Sachant qu'au départ il y avait un total des graines saines. Une analyse de la variance des doses d'engrais a été faite dont la synthèse est reprise dans le ***Tableau 3***.

Tableau 3 : *Effet combiné des doses d'extrait sur les graines saines*

Extrait	Témoin	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Cendre	1,33±1,2b	200±0a	199,7±0,6	200±0	200±0	200±0	200±0
Citronnelle	4±1 ab	200±0a	196,7±2,5	196±6,9	19,7±5,7	196±5,3	200±0
Eucalyptus	3,7±3,5 ab	180±10,1b	196±1,7	200±0	200±0	199,7±0,6	198±3,5
Tabac	5±2,6 ab	200±0 a	174,3±32,9	200±0	200±0	199±0,6	197,7±4
Tagetes	5±2,6 ab	199,7±0,6a	199,7±0,6	198,7±1,2	199,3±1,2	197±3	200±0
Tephrosia	7, ±3,2 a	200±0 a	172,7±32	200±0	198,7±2,3	198,3±2,9	198,3±1,2
Tithonia	1,3±1,5 a	200±0a	194±7,2	200±0	200±0	200±0	200±0
P-value	***0,091 ns***	***9,92e^{-5} ******	***0,305ns***	***0,478ns***	***0,578ns***	***0,369ns***	***0,563ns***
CV (%)	***0,76***	***0,40***	***0,97***	***0,13***	***0,12***	***0,13***	***0,10***

*Légende : ns : effet non significatif (p<0,05) ; * : effet hautement significatif (0,01<p<0,05) ; ** : effet très significatif (0,001<p<0,0) ; *** : effet hautement significatif (0,001<p<0,0). Les mêmes lettres dans la même colonne représentent les extraits qui ont eu le même effet et l'importance de l'effet est expliquée par la succession des lettres.*

Il ressort du ***Tableau 4*** que la dose 5 g d'Eucalyptus ne s'est pas comporté comme la même dose des autres extraits. Les autres doses d'extrait ont agi de la même façon (n'ayant pas occasionné des grandes perforations des graines).

❖ ***Effet combiné des doses d'extrait sur le taux de reproduction***

Une analyse de la variance a été faite pour évaluer l'effet des doses d'extraits sur le taux de reproduction des bruches. La synthèse de cette analyse est reprise dans le ***Tableau 4***.

Tableau 4 : *Effet combiné des doses d'extrait sur le taux de reproduction des bruches*

Extrait	Témoin	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Cendre	4±0,9b	0±0b	27,8±48,1	0±0b	0±0	0±0	0±0
Citronnelle	5,6±0,3a	0±0b	27,8±48,1	22,2±38,5ab	18,5±32,1	25,64±44,4	0±0
Eucalyptus	6,5±1,2a	38,4±12,4a	28,6±26,6	0±0b	0±0	0±0	30,3±52,5
Tabac	6,4±1,1a	0±0b	37,8±29,3	0±0b	0±0	0±0	0±0
Tagetes	5,4±0,9ab	0±0b	30,3±52,5	52,5±47,1a	15,2±26,2	0±0	0±0
Tephrosia	5,1±0,5ab	0±0b	36,1±16,9	0±0b	20,8±36,1	0±0	0±0
Tithonia	4±0,8b	0±0b	15,7±17,5	0±0b	0±0	0±0	0±0
P-value	0,0161*	4,3e-7***	0,993	0,091ns	0,672ns	0,463ns	0,463ns
CV (%)	2,29	2,61	1,08	2,54	2,54	4,58	4,58

*Légende : ns : effet non significatif (p<0,05) ; * : effet hautement significatif (0,01<p<0,05) ; ** : effet très significatif (0,001<p<0,0) ; *** : effet hautement significatif (0,001<p<0,0). Les mêmes lettres dans la même colonne représentent les extraits qui ont eu le même effet et l'importance de l'effet est expliquée par la succession des lettres. La moyenne 0 signifie que les bruches ne se sont pas reproduits.*

Il ressort du ***Tableau 5*** que l'effet significatif sur le taux de reproduction des bruches a été à la dose 5 grammes et aussi avec le témoin. Les insectes se sont reproduit dans toutes les doses de la citronnelle exceptés à la dose 5 g et dose 50 g. les insectes avaient du mal à se reproduire à partir des doses 10 gramme des extraits.

❖ ***Effet combiné des doses d'extrait sur le taux de mortalité***

Il était aussi important d'analyser l'effet des doses sur le taux de mortalité des bruches. Une analyse de la variance a été effectuée et dont la synthèse est reprise dans le ***Tableau 5***.

Tableau 5 : *Effet combiné des doses d'extrait sur le taux de mortalité des bruches*

Extrait	Témoin	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Cendre	7,7±0a	100±0	97±5,2ab	100±0	100±0	100±0b	100±0b
Citronnelle	7,7±0a	100±0	122,2±38,5a	122,9±39,6	103,7±6,4	130,6±33,7a	103,7±6,4ab
Eucalyptus	7,7±0a	80,2±44,3	136,5±33,8a	103,7±6,4	100±0	108,3±14,4ab	107,4±6,4a
Tabac	7,9±0,1a	100±0	53,3±32,6b	100±0	100±0	118±22,2ab	100±0b
Tagetes	6,1±0,3b	108±0	114,3±24,7	118±22,2	108,3±14,4	107,4±6,4ab	100±0b
Tephrosia	8,1±0,6a	100±0	86,1±47,4ab	100±0	114,3±24,7	107,4±6,4ab	100±0b
Tithonia	7,7±0a	100±0	122,6±21,5a	100±0	100±0	100±0b	100±0b
P-value	$4,5e^{-6}$***	0,644ns	0,0853ns	0,477ns	0,610ns	0,327ns	0,109ns
CV (%)	0,86	1,71	3,6	1,61	1,03	1,56	0,39

Légende : *ns : effet non significatif (p<0,05) ; * : effet hautement significatif (0,01<p<0,05) ; ** : effet très significatif (0,001<p<0,0) ; *** : effet hautement significatif (0,001<p<0,0). Les mêmes lettres dans la même colonne représentent les extraits qui ont eu le même effet et l'importance de l'effet est expliquée par la succession des lettres. La moyenne de 100 signifie que les bruches n'ont pas survécu.*

Il ressort du ***Tableau 6*** que les doses d'extraits ont provoqué le même effet sur le taux de reproduction des bruches, sauf pour la dose 5 g.

4. Discussion

4-1. Effet moyen des différentes doses d'extraits sur les paramètres en étude

L'étude sur la gestion des bruches de haricot, *Acanthoscelides obtectus*, à l'aide d'extraits de plantes insecticides à l'INERA-Mulungu, en RD Congo, vise à évaluer l'efficacité de différentes doses d'extraits sur la mortalité des bruches et la protection des grains. Les résultats fournissent des informations précieuses sur l'aptitude des extraits de plantes à servir de biopesticides dans la lutte contre ce ravageur. Pour l'effet des Doses d'Extrait sur la Mortalité des Bruches, les résultats montrent que les différentes doses d'extrait ont un impact significatif sur la mortalité des bruches. La P-value de 4,5e-6 indique que les différences observées sont statistiquement significatives, validant l'efficacité des extraits. Le témoin, qui n'a reçu aucun traitement, a affiché le plus grand nombre de bruches vivants (66), tandis que les doses d'extrait ont permis une réduction significative de cette population. Les doses de 20 g, 30 g, 40 g et 50 g montrent des résultats probants en termes d'élimination des bruches, ce qui concorde avec d'autres études sur l'utilisation de plantes insecticides, qui soulignent leur efficacité dans la lutte contre les insectes nuisibles [33, 38 - 40]. Cependant, pour l'effet des doses sur les grains Sains et Troués, l'analyse du nombre de graines perforées et saines révèle que le témoin a le plus grand nombre de graines trouées (31), tandis que les doses d'extrait, notamment à partir de 5 g, montrent une protection significative des grains (197 à 199 graines saines pour les doses de 5 g à 50 g). Les résultats indiquent qu'à partir de la dose de 20 g, l'effet devient non significatif, suggérant qu'il existe un seuil de protection au-delà duquel l'augmentation de la concentration d'extrait n'apporte pas d'amélioration supplémentaire. Cela peut également indiquer que des facteurs autres que la concentration peuvent influencer le taux de perforation [19, 41 - 43]. Pour l'effet des doses sur le taux de Reproduction et de mortalité des bruches, les résultats sur le taux de reproduction des bruches montrent une tendance à la baisse avec l'augmentation des doses d'extrait. Le taux de reproduction maximal (29,2 %) est observé à la dose de 10 g, tandis que les taux de mortalité augmentent considérablement avec chaque dose, atteignant jusqu'à 110 % pour la dose de 40 g. Cela pourrait indiquer une toxicité croissante des extraits à des concentrations plus élevées, ce qui est cohérent avec des études antérieures qui montrent que les extraits de plantes peuvent avoir des effets inhibiteurs sur la reproduction des insectes [27, 44, 45]. La mortalité minimale sur le témoin (7,5 %) souligne l'importance des extraits à base de plantes dans le contrôle de la population de bruches. Ainsi, l'étude démontre que l'utilisation d'extraits de plantes à vertu insecticide est une approche efficace pour la gestion d'*Acanthoscelides obtectus*. Les résultats indiquent que l'augmentation de la concentration d'extrait entraîne une mortalité accrue des bruches et une protection significative des grains. Ces résultats soutiennent l'idée que les biopesticides d'origine végétale peuvent offrir une alternative durable aux pesticides chimiques, contribuant ainsi à des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement en République Démocratique du Congo.

4-2. Effet moyen des différents extraits

Cette recherche sur la gestion des bruches de haricot, *Acanthoscelides obtectus*, par l'utilisation d'extraits de plantes à vertu insecticide a fourni des résultats qui offrent des perspectives intéressantes sur l'utilisation de solutions écologiques pour le contrôle de ce ravageur. C'est ainsi que pour l'effet des Extraits sur les bruches vivants et morts, l'analyse des résultats montre que le témoin (sans traitement) a enregistré le plus grand nombre de bruches vivants (66), tandis que les extraits de Tithonia et d'eucalyptus n'ont permis de maintenir que 5 bruches vivants en moyenne. Cela indique une forte efficacité des extraits dans la réduction de la population de bruches. Les moyennes de bruches mortes varient selon les extraits, avec des valeurs allant de 9,7 (Tithonia) à 11,9 (Tabac). Ces résultats suggèrent que les extraits de plantes testés sont efficaces pour induire la mortalité des bruches, ce qui est en accord avec d'autres études qui montrent que les composés issus de plantes peuvent avoir des propriétés insecticides significatives [38, 46 - 48].

Cependant, pour l'effet des extraits sur les grains sains et troués, les données sur la qualité des grains révèlent que la cendre a le meilleur résultat avec 200 graines saines, suivie de près par le citronnelle (197) et d'autres extraits comme l'eucalyptus et le tabac (195,6 et 195,3 respectivement). En revanche, le témoin a montré une moyenne élevée de 191,7 graines trouées, ce qui souligne l'impact délétère des bruches sur les cultures non traitées. Cela met en évidence l'efficacité des extraits pour protéger les grains, ce qui est crucial pour la sécurité alimentaire. Ces résultats confirment les travaux de [44, 49], qui ont également observé une réduction de la perforation des grains grâce à des extraits de plantes. En effet, pour l'effet des extraits sur le taux de reproduction et de mortalité des bruches, le taux de mortalité des bruches a varié de 100 % pour les extraits, tandis que le témoin a affiché un taux de mortalité de seulement 4,9 %. Le taux maximum a été observé avec la citronnelle, atteignant 132 %, ce qui est surprenant, car cela dépasse 100 %. Cela pourrait être interprété comme une indication que les bruches ont été non seulement tuées par l'extrait mais aussi que l'extrait a eu un effet inhibiteur sur leur reproduction. Les taux de reproduction étaient plus élevés (16,7 %) pour la citronnelle, l'eucalyptus et les tagetes, tandis qu'ils étaient minimaux pour Tithonia et la cendre. Cela suggère que certains extraits non seulement induisent la mortalité mais peuvent également affecter la capacité reproductive des bruches, un aspect crucial pour le contrôle des populations de ravageurs [5, 43, 50, 51]. Ainsi, les résultats de cette étude démontrent que les extraits de plantes à vertu insecticide peuvent être des outils efficaces pour la gestion de *Acanthoscelides obtectus*. L'utilisation de ces extraits permet non seulement de réduire la mortalité des bruches, mais aussi d'améliorer la qualité des grains en protégeant les cultures. Les données suggèrent que des extraits comme le citronnelle, Tithonia et la cendre pourraient être intégrés dans des stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs, favorisant des pratiques agricoles durables en République Démocratique du Congo. Des recherches supplémentaires seraient nécessaires pour explorer les mécanismes d'action des extraits et leur application pratique sur le terrain.

4-3. Comparaison des moyennes des différentes doses d'extraits sur les paramètres en étude

Les résultats des différentes analyses de variance (ANOVA) fournissent des informations importantes sur la mortalité des bruches, leur survie, la qualité des graines, le taux de reproduction et le taux de mortalité selon les différentes doses d'extraits. En effet, pour l'effet combiné des doses d'extrait sur la mortalité des bruches, le ***Tableau 2*** montre que les bruches exposées aux extraits de tabac ont enregistré la plus haute mortalité (23 bruches), alors que les autres extraits, tels que le citronnelle et l'eucalyptus, ont eu des effets similaires, mais moins marqués. La P-value de 4,15e-7 indique un effet hautement significatif entre le groupe témoin et les groupes traités, ce qui renforce l'efficacité des extraits. Cependant, les résultats montrent que les différentes doses n'influencent pas de manière significative la mortalité des bruches, ce qui pourrait indiquer que les extraits agissent de manière similaire à toutes les concentrations testées ($p > 0,05$). Cela est en accord avec des études antérieures qui montrent que des extraits de plantes peuvent avoir des effets létaux constants indépendamment de la concentration [14, 18, 38]. Pour l'effet combiné des doses d'extrait sur les bruches vivants, l'analyse des bruches vivants ***(Tableau 3)*** révèle que le témoin a montré le plus grand nombre de bruches vivants. Les extraits, notamment l'eucalyptus et la citronnelle, ont réduit le nombre de bruches vivants, en particulier à la dose de 5 g, où l'eucalyptus a montré une résistance moyenne de 13 bruches. Les P-values significatives (0,0104 et 0,0172) indiquent que les extraits ont un impact significatif sur la survie des bruches. Il est important de noter que l'efficacité des extraits varie selon la plante, suggérant que certaines possèdent des composés bioactifs plus efficaces contre les bruches [18, 21, 44, 52]. Cependant, pour l'effet combiné des doses d'extrait sur les grains sains, les résultats du tableau 4 montrent que la majorité des extraits ont permis de maintenir un nombre élevé de graines saines, en particulier la cendre et la citronnelle, qui ont affiché 200 graines saines. La P-value de 9,92e-5 indique un effet très significatif des extraits sur la qualité des graines, ce qui est un facteur essentiel pour la gestion

agricole. Les doses de 5 g d'eucalyptus n'ont pas eu le même effet que les autres extraits, ce qui mérite une attention particulière pour de futures recherches. Pour l'effet combiné des doses d'extrait sur le taux de reproduction, le tableau 5 révèle que le taux de reproduction des bruches est significativement affecté par les traitements, avec des valeurs de P significatives (0,0161 et 4,3e-7) pour le citronnelle et d'autres extraits. Les bruches ont montré une capacité de reproduction réduite à des doses plus élevées, en particulier pour la citronnelle, où les insectes se reproduisent moins aux doses de 5 g et 50 g. Ces résultats suggèrent que ces extraits peuvent avoir un effet inhibiteur sur la reproduction, ce qui est essentiel pour le contrôle des populations de bruches [1, 43, 53, 54]. Enfin, pour l'effet, combiné des doses d'extrait sur le taux de mortalité, le tableau 6 confirme que les doses d'extraits ont un effet hautement significatif sur le taux de mortalité, avec des P-values très faibles (4,5e-6), indiquant que les extraits sont efficaces pour induire la mortalité des bruches. Cependant, les résultats montrent également que le tabac et le citronnelle ont des effets variables sur les taux de mortalité, suggérant qu'une formulation ou un mélange de ces extraits pourrait être plus efficace pour le contrôle des bruches. Ainsi, l'étude démontre que les extraits de plantes à vertu insecticide ont un potentiel élevé pour la gestion des bruches de haricot, affectant à la fois la mortalité, la survie, la qualité des grains et le taux de reproduction. Ces résultats soutiennent l'idée que l'utilisation de biopesticides d'origine végétale peut constituer une alternative viable aux pesticides chimiques, favorisant une agriculture durable en République Démocratique du Congo. Des recherches supplémentaires sur les mécanismes d'action des extraits et sur l'optimisation des formulations pourraient améliorer encore leur efficacité.

5. Conclusion

L'étude sur la gestion des bruches de haricot, *Acanthoscelides obtectus*, par l'utilisation d'extraits de plantes à vertu insecticide à l'INERA-Mulungu, en République Démocratique du Congo a révélé des résultats significatifs. Tout d'abord, les analyses statistiques ont montré que les extraits de tabac ont induit la plus haute mortalité des bruches, atteignant 23 individus, tandis que les autres extraits ont également montré des effets notables, mais moins marqués. Les résultats indiquent que les doses d'extrait de 20 g à 50 g ont été efficaces pour réduire la population de bruches, avec une mortalité atteignant jusqu'à 110 % pour certaines doses. De plus, les extraits ont permis de préserver la qualité des grains, avec des taux élevés de graines saines, particulièrement avec la cendre et la citronnelle. Enfin, les résultats ont également démontré un effet inhibiteur sur la reproduction des bruches, particulièrement à des doses plus élevées. En somme, cette recherche confirme que les biopesticides d'origine végétale représentent une alternative prometteuse et durable aux pesticides chimiques, contribuant ainsi à une agriculture plus respectueuse de l'environnement en République Démocratique du Congo. Des études complémentaires sur les mécanismes d'action des extraits et leur optimisation sont nécessaires pour maximiser leur efficacité.

Remerciements

Nous remercions les agents de terrain et de laboratoire qui nous ont aidé à collecter les données pour la rédaction de cet article.

Références

[1] - M. JOSEPH, M. T. F. GLADRICH, L. M. J. EMMMANUELLE, O. L. D. MAKANGA et R. ATTIBAYEBA, "*Effets Insecticide et Insectifuge des Huiles Essentielles de Cinq Plantes Aromatiques Sur la Bruche de Haricot Cultivé en République du Congo". European Scientific Journal, ESJ*, 19 (6) (2023) 294-329

[2] - V. KORANGI, G. KUBINDANA, J.C. FINGU-MABOLA, A. SULU, G. KASEREKA, A. MATAMBA, J. NDINDIR, "Utilisation des biopesticides pour une agriculture durable en République Démocratique du Congo (Synthèse bibliographique)". *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, Numéro Spécial 02 (2021) 53-67

[3] - N. K. ARORA, M. VERMA, J. PRAKASH et J. MISHRA, "Regulation of Biopesticides: Global Concerns and Policies. In *Bioformulations: for Sustainable Agriculture"*. Springer India. New Delhi, (2016) 283 - 299

[4] - Z. ABDOUL HABOU, "Entomofaune associée à *Jatropha curcas* L. au Niger et évaluation de l'activité insecticide de son huile", Université de Liège-Gembloux, *Agro-Bio Tech.*, (2013) 126 p.

[5] - V. WOGUEM, "Etude des activités insecticides, antifongicides, antioxydantes, antiprolifération et caractérisation chimique des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques du Cameroun". Thèse de doctorat, Université de Dschang, Cameroun, Dschang, Faculté des Sciences, Biochimie, (2017) 140 p.

[6] - S. A. MEKONNEN, "Irrigation frequency and plant density affect phenology and crop growth of haricot bean (Phaseolus vulgaris L.)", *Afr. J. Plant Sci*, 6 (2012) 34 - 39

[7] - N. T. MBIKAYI, "Processus de mise au point des meilleures varietes de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) par le Programme National Legumineuses (PNL) au Zaire: connexion entre la recherche et les reseaux de diffusion de semences. *Sperling, L.; Nahimana, M.(comps.). Conference Sur le Lancement des Varietes, la Production et la Distribution des Semences de Haricot dans la Region des Grands Lacs (1989, Goma, Zaire)*". *Actes,* (1989) 2 - 4

[8] - C. SILVY, "Agropolis, Pôle international de recherche et d'enseignement supérieur agronomiques, Montpellier, France-Mauritius Sugar Industry Research Institute: République de Maurice, Institut de recherche sur l'industrie du sucre-Institut malgache des vaccins vétérinaires (IMVAVET), Madagascar)", *Cahiers Agricultures*, 9 (4) (2000) 350 - 351

[9] - P. NYABYENDA, "Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Généralités, Légumineuses alimentaires, Plantes à tubercules et racines, Céréales", *Presses agronomiques de Gembloux*, Bruxelles, (2014) 225 p.

[10] - R. MUKENDI, A. KAMUKENJI, S. KASEBA, T. TSHIAMALA, S. MUKENGA et G. MUYAYABATU, "Réponse de fertilisant organique liquide (D.I.GROW) et inorganique (N.P.K. 17-17-17) sur le Rendement graine de haricot –commun (Phaseolus vulgaris L.) À forte teneur en fer et zinc à Ngandajika)", *Journal of Applied Biosciences*, 102 (2) (2016) 9680 - 9686

[11] - J. P. CHAUSSE, T. KEMBOLA et R. NGONDE, "L'agriculture : pierre angulaire de l'économie de la RDC. In *Résilience d'un Géant Africain : Accélérer la Croissance et Promouvoir l'Emploi en République Démocratique du Congo*", (2012) 1 - 97

[12] - A. KALOMA, K. KITAMBALA, N. L. NDJANGO, U. SINZAHERA et T. PALUKU, "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) (2008) 24 - 27

[13] - C. MIRINDI, N. MBIKAYI, R. KIJANA, K. ELUKESSU, R. BAKULIKIRA, O. C. KOLERAMUNGU et E. MONGANA, "Comportement et adaptabilité de quelques variétés biofortifiées du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) en conditions agro-écologiques des provinces du Nord et Sud Kivu à l'Est de la RD Congo", *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 18 (2) (2015) 252 – 261

[14] - G. CHUMA, A. NDEKO, B. MULALISI, F. SAFINA, S. NDJADI et N. MUSHAGALUSA, "Post-harvest constraints of solanaceae species produced in Kabare Wetlands, eastern Democratic Republic of Congo". *Agricultural Research*, 11 (2021) 506 - 517

[15] - L. L. BABOY, K. L. KIDINDA, K. M. KILUMBA, S. LANGUNU, K. M. MAZINGA, T. D. TSHIPAMA et K. L. NYEMBO, "Influence du semis tardif sur la croissance et le rendement du soja (Glycine max Merril) cultivé sous différents écartements à Lubumbashi, RD Congo", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12 (2015) 104 - 109

[16] - J.-P. BAUDOIN, T. VANDERBORGHT, P. M. KIMANI et A. W. MWANG'OMBE, "Les légumineuses à grain : Le Haricot commun. In *Raemaekers R. H.. Agriculture en Afrique tropicale*", *Bruxelles, Belgique : DGCI (Direction Générale de la Coopération Internationale), Ministère des Affaires Étrangères, du Commerce Extér*, (2001) 317 - 334

[17] - M. SARWAR, "Protecting dried fruits and vegetables against insect pests invasions during drying and storage", *American Journal of Marketing Research*, 1 (3) (2015) 142 - 149

[18] - N. OUAFI, H. MOGHRANI, N. BENAOUDA, N. YASSAA et R. MAACHI, "Evaluation qualitative et quantitative de la qualité des feuilles de Laurier noble Algérien séchées dans un séchoir solaire convectif". *Revue des Energies Renouvelables*, 20 (1) (2017) 161 - 168

[19] - I. RABIOU, "Liste des produits insecticides et acaricides en vente ou utilisés au Niger en 2019". Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger, (2019) 15 p.

[20] - P. Y. WERRIE, B. DURENNE, P. DELAPLACE et M. L. FAUCONNIER, "Phytotoxicity of essential oils: Opportunities and constraints for the development of biopesticides. A review", *Foods*, 9 (9) (2020) 1291 p.

[21] - F. G. MBOUSSY TSOUNGOULD, J. MPIKA, H. MBUNTCHA GUEABA, L. TAPONDJOU AZEFACK et R. ATTIBAYEBA, "*Effet Bio-Insecticide De L'huile Essentielle Et De La Poudre De Chenopodium Ambrosioides L. Sur Les Imagos De Bruches De Haricots En Stockage*". *European Scientific Journal, ESJ*, 17 (25) (2021) 267 - 289

[22] - A. BOUCHELTA, A. BOUGHDAD et H. MEFTAH, "Effet biocide des extraits aqueux bruts de Capsicum frutescens L, Melia azedarach et Peganum harmala sur Euphyllura olivine Costa (Homoptera, Psyllidae) en verger", *Cah Agric*, 20 (6) (2011) 463 - 467

[23] - C. REGNAULT-ROGER, B. J. R. PHILOGENE et C. VINCENT, "Biopesticides d'origine végétale, 2 ème édition", *Lavoisier, Paris edition,* (2008) 550 p.

[24] - N. C. RAZAFINDRAMANANA, P. AUTFRAY, R. RABENSON, J. C. RANDRIAMBOAVONJY, M. ARIVONY, J. MARIE, E. SUPERIEURE et B. P. ANTANANARIVO, "Effets de la poudre d ' os et de fumier de zébu sur la production de haricot (Phaseolus vulgaris L) sur les Hautes Terres malgaches", *Intrnational journal of biological and chemical sciences*, 14 (6) (2020) 2181 - 2192

[25] - O. C. KOLERAMUNGU, T. C. MIRINDI, N. RUDAHABA, J.-L. K. BAHIZIRE, Y. M. AMANI, J. NTAMWIRA, B. BUKOMARHE et E. MONGANA, "Utilisation des plantes insecticides dans la lutte contre la mouche de haricot commun (Genre : Ophiomyia) à l'Est de la République Démocratique du Congo", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24 (1) (2018) 255 - 268

[26] - O. CAMPOLO, G. GIUNTI, A. RUSSO, V. PALMERI et L. ZAPPALA, "Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control", *J. Food Qual.*, (2018) 6906105. doi: 10.1155/2018/6906105

[27] - P. S. CISSOKHO, M. T. GUEYE, E. H. SOW et K. DIARRA, "Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (3) (2015) 1644 - 1653

[28] - Y. TUO, D. N. DAGO, L. M. YAPO et K. H. KOUA, "Screening of phytosanitary practices in vegetable growth activities northern of Côte D'Ivoire", *International Journal of Recent Scientific Research*, 8 (2017) 17396 - 17402

[29] - M. Y. KASONGO, A. LEMA-KI-MUNSEKI, K. C. LUMPUNGU, B. NYI et M. JEAN, "Evaluation de Pertes Causées sur les Graines de Haricot Commun par la Bruche (Acanthoscelides Obtectus Say) au Cours de l ' Elevage des Bruches en Condition de Laboratoire", *Journal en ligne de l'ACASTI et du CEDESURK*, 7 (3) (2019) 197 - 202

[30] - A. BOUCHELTA, A. BOUGHDAD et A. BLENZAR, "Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de Capsicum frutescens L. (Solanaceae) sur Bemisia tabaci (Gennadius) (Hom; Aleyrodidae)", *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 9 (2005) 259 - 269

[31] - I. A. GLITHO, K. G. KETOH, P. Y. NUTO, S. K. AMEVOIN et I. HUIGNARD, "Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest; 207-217 (2008). In *Biopesticides d'Origine Végétale* (2ème édn), Regnault- Roger C, Philogène BJR, Vincent C (eds) ", Lavoisier, TEC & DOC : Paris, (2008) 550 p.

[32] - P. KUMAR, S. MISHRA, A. MALIK et S. SATYA, "Housefly control potential of Cymbopogon citratus essential oil and monoterpenes". *Parasitology Research'*, 112 (1) (2013) 69 - 76

[33] - F. PEGALEPO, S. G. DOSSA SEDAMI, A. H. BOKONON-GANTA et J. DOSSOU, "Effet de la poudre de Piper guineense Schumach & Thonn., 1827. (Piperaceae) sur les paramètres semenciers et la mortalité de Sitophilus oryzea L., 1953 (Coleoptera : Curculionidea) dans le stock des semences de riz". *European Scientific Journal*, 15 (15) (2019) 190 - 205

[34] - J. NTAMWIRA, P. PYPERS, P. VAN ASTEN, B. VANLAUWE, B. RUHIGWA, P. LEPOINT, T. MONDE, B. DHEDA, M. KAMIRA et G. BLOMME, "Effect of banana leaf pruning on banana and legume yield under intercropping in farmers' fields in eastern Democratic Republic of Congo", *Journal of horticulture and forestery*, 6 (9) (2014) 72 - 80

[35] - D. NZAMA, "Etude des moments d'application des biomasses de *Tithonia diversifolia* dans la culture de la pomme de terre à Mulungu", Mémoire, inédit, ISTD/Mulungu, (2000) 19 p.

[36] - R. W. HOWE, "A parameter for expressing the suitability of an environment for insect development". *Journal of Stored Products Research*, 7 (1) (1971) 63 - 65

[37] - W. S. ABBOTT, "A method of computing the effectiveness of an insecticide". *Journal of Economic Entomology*, 18 (2) (1925) 265 - 267

[38] - M. B. ISMAN, "Pesticides based on plant essential oils: a promising alternative to synthetic chemicals for insect pest control." *Environmental Health Perspectives*, 114 (9) (2006) 1241 - 1246

[39] - B. W. AMOABENG, G. M. GURR, C. W. GITAU, H. I. NICOL, L. MUNYAKAZI et P. C. STEVENSON, "Tri-trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pests", *PloS one*, 8 (10) (2013) 1 - 10

[40] - B. B. YAROU, P. SILVIE, F. A. KOMLAN, A. MENSAH, T. ALABI, F. VERHEGGEN et F. FRANCIS, "Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique)", *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 21 (4) (2017) 288 - 304

[41] - H. WAINWRIGHT, C. WANYAMAY et N. CHEROTICH, "Biopesticides and their commercialisation in Africa", In *Proceedings of the First International Conference on Pesticidal Plants* Egerton University and ICIPE, (2013) 189 - 191

[42] - T. A. SLOTKIN, A. STADLER, S. SKAVICUS et F. J. SEIDLER, "Adolescents and adults differ in the immediate and long- term impact of nicotine administration and withdrawal on cardiac norepinephrine", *Brain Res. Bull.*, 122 (2016) 71 - 75

[43] - P. K. MISHRA, A. K. TRIPATHI et S. KUMAR, "Efficacy of plant extracts against *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae)." *International Journal of Pest Management*, 65 (2) (2019) 123 - 130

[44] - S. SHARMA, A. SINGH et S. KUMAR, "Effect of plant extracts on the biology of *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Chrysomelidae)." *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7 (4) (2019) 779 - 783

[45] - R. MUNGANGA-WA-MUHWANDJU, ERIC M. MUSUNGAYI H. U. UGENTO, B. M. MUYAYABO, O, C. KOLERAMUNGU, M. C. TELESPHORE, N. DJAIMBU et J. B. NTAMWIRA, "Influence du Tithonia diversifolia associé aux buttages sur le contrôle des mouches (*Ophiomyia spp)* et le rendement du haricot commun *(Phaseolus vulgaris L.) à l'Est de la RD Congo*", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29 (3) (2020) 495 - 507

[46] - N. OKOLLE, V. AFARI-SEFA, J. BIDOGEZA, I. PRECILLIA et F. NGOME, "An evaluation of smallholder farmers' knowledge, perceptions, choices and gender perspectives in vegetable pests and diseases control practices in the humid tropics of Cameroon". *International Journal of Pest Management*, 62 (3) (2016) 165 - 174

[47] - B. A. MUSHAGALUSA, M. D. AGANZE, M. S. WEREMUBI, M. F. J. NKULU et K. J. TSHOMBA, "Utilisation des pesticides en cultures maraîchères sur l'île d'Idjwi à l'est de la République démocratique du Congo : connaissances et pratiques des agriculteurs". *Cah. Agric.*, 32 (2023) 5 - 17

[48] - A. BAFADA, M. DAN, M. ADAMOU, H. ADAMOU et B. ALI, "Diversité des pesticides et leur utilisation dans la lutte contre les ennemis des cultures maraichères dans la zone périurbaine de Niamey, Niger". *Afrique Science*, 15 (6) (2019) 374 - 383

[49] - M. BALASHA et N. KESONGA, "Pesticide use practices by Chinese cabbage growers in suburban environment of Lubumbashi (DR Congo): Main pests, costs and risks". *Journal of Applied Economics and Policy Analysis*, 2 (1) (2019) 56 - 64

[50] - M. MBUKULA, N. K. MATONDO, R. BURUCHARA, J. C. RUBYOGO, L. LUNZE, S. NITUMFUIDI et S. MATUTA, "Influence des différentes doses d'engrais minéraux et des fréquences d'arrosage sur le rendement du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* l.)". *International Journal of Development Research*, 08 (7) (2018) 21677 - 21686

[51] - C. KANKO, O. R. KOUAME, J. AKCAH, J. B. BOTI, S. K. P. BADAMA et J. CASANOVA, "Structure des composes majoritaires et activité insecticide des huiles essentielles extraites de sept plantes aromatiques de Côte D'ivoire". *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4 (10) (2017) 27 - 34

[52] - R. W. MWANAUTA, K. M. MTEI et P. A. NDAKIDEMI, "Potential of controlling common bean insect pests (Bean Stem Maggot (*Ophiomyia phaseoli*), Ootheca (*Ootheca bennigseni*) and Aphids (*Aphis fabae*)) using agronomic, biological and botanical practices in field". *Agricultural Sciences*, (6) (2015) 489 - 497

[53] - B. MUSHAGALUSA, H. SEVENO, N. KESONGA, M. KASANDA, J. NKULU et S. DIAKALIA, "Vegetable Farmers Knowledge and Safety Practices towards Pesticides: Results from Field Observation in Southeastern DR Congo". *Current Research in Agricultural Sciences*, 6 (2) (2019) 169 - 179

[54] - N. C. BARON, E. C. RIGOBELO et D. C. ZIED, "Filamentous fungi in biological control: Current status and future perspectives". *Chilean Journal of Agricultural Research*, 79 (2) (2019) 307 - 315