



## Original Research Article

## Efficacité d'extraits des différentes parties de neem (*Azadirachta indica* L.) contre *Spodoptera frugiperda* JE Smith à Kisangani, RDC

Louis Looli Boyombe <sup>1\*</sup>, Jean-Claude Monzenga <sup>1</sup>, Guylain Bolondo <sup>1</sup>, Germain Mabossy-Mobouna <sup>2</sup> & François Malaisse <sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'entomologie appliquée et fonctionnelle, Institut facultaire des sciences agronomiques de Yangambi, RDC.

<sup>2</sup>Teacher-Researcher, Laboratoire de Nutrition et d'Alimentation Humaines, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Congo Brazzaville.

<sup>3</sup>Professor emeritus, Biodiversity and Landscape Unit, Gembloux Agro-Bio Tech, Liège University, Belgium.

<sup>4</sup>Meise Botanical Garden, Belgium.

## ARTICLE INFO

\*Corresponding author: Louis Looli Boyombe, E-mail: [louisboyombe2@gmail.com](mailto:louisboyombe2@gmail.com)

Received : 03 Janvier 2022

Accepted : 05 Février 2022

Published: 08 Février 2022



Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



## RÉSUMÉ

Cette étude visait à évaluer le potentiel biopesticide de l'extrait de différentes parties du neem notamment les graines, feuilles et écorces extraits à l'eau tiède pendant 24 heures contre *Spodoptera frugiperda*. Deux types d'essai ont été réalisés : tests au laboratoire utilisant les œufs et deux stades larvaires (L2 et L4) et les tests au champ utilisant seulement les larves du stade L2. Les résultats du test au laboratoire ont montré que l'extrait issu de toutes les parties de neem a une concentration de 10% et 20% est efficace sur les œufs (80,53 à 100 % de mortalité) suivi des larves du stade L2 (80-100% de mortalité) et des larves du stade L4 qui ont montré une certaine résistance (40-100% de mortalité). Les expériences réalisées au champ utilisant une concentration de 10 et 20% d'extrait de graine, feuilles et écorce du neem ont permis de contrôler efficacement la CLA (68,3-82,5% de mortalité) par rapport au témoin (6,6% de mortalité). L'extrait de feuilles de neem avec une concentration de 10% très disponible et facile à préparer (par rapport aux graines et écorces) peut potentiellement être utilisé comme un biopesticide susceptible de combattre la CLA en induisant des taux de mortalité supérieur à 50% au champ.

**Mots-clés :** *Spodoptera frugiperda*, contrôle biologique, pesticide botanique, neem, Kisangani.

## Efficacy of extracts from different parts of neem (*Azadirachta indica* L.) against *Spodoptera frugiperda* JE Smith in Kisangani, DRC

This study aimed to evaluate the biopesticide potential of the extract of different parts of neem, in particular the seeds, leaves and bark extracted with lukewarm water for 24 hours against *Spodoptera frugiperda*. Two types of tests were performed namely laboratory tests using eggs and two larval stages (L2 and L4) and field tests using only larvae of the L2 stage. The results of the laboratory test showed that the extract from all parts of neem has a concentration of 10% and 20% was effective on eggs (80.53 to 100% mortality) followed by larvae of the stage L2 (80-100% mortality) and larvae of stage L4 which have shown some resistance (40-100% mortality). The experiments carried out in the field using a concentration of 10 and 20% of extract of seeds, leaves and bark of neem made it possible to control effectively the CLA (68,3-82,5% of mortality) compared to the negative control (6,6% of mortality) or no treatment was made after infestation of the field. The extract of neem leaves with a concentration of 10% very available and easy to prepare (compared to seeds and bark) can potentially be used as a biopesticide capable of combating FAW by inducing mortality rates greater than 50% at field.

**Keywords:** *Spodoptera frugiperda*, biological control, botanical pesticide, neem, Kisangani.

## INTRODUCTION

Le maïs est la céréale qui a la plus large extension géographique au monde. Originaire d'Amérique centrale, on le trouve partout en régions intertropicales. Sa répartition géographique s'étend du nord (Etats-Unis, Canada, Europe) au sud (Amérique latine, Afrique du Sud, Australie)

indiquant ainsi l'extraordinaire plasticité de cette plante (CIRAD, 1995). En République Démocratique du Congo (RDC), le maïs est cultivé à travers toutes les provinces du pays où il est présent dans la quasi-totalité des champs en culture pure ou en association avec la plupart des cultures

vivrières et maraîchères. En milieu rural, comme en ville, le maïs occupe une place prépondérante dans le repas quotidien du Congolais. Cette céréale constitue une source importante de revenus pour les petits paysans à travers tout le pays où il est souvent vendu, généralement sous forme de farine ou de grains (Chausse et al., 2012).

Depuis l'année 2016, la culture du maïs en Afrique subit une attaque sans précédent d'un nouveau ravageur le *Spodoptera frugiperda* connu sous le nom de la chenille légionnaire d'automne (Goergen et al., 2016; Prasanna et al., 2018), l'ampleur de sa distribution n'est pas encore évaluée rigoureusement. Ce ravageur originaire d'Amérique où il cause d'énormes dégâts depuis des années a fait son introduction en Afrique dans des circonstances non encore élucidées jusqu'à ce jour malgré certaines spéculations (Cock et al., 2017). En 5 ans seulement, depuis son introduction, ce ravageur a réussi à coloniser toute l'Afrique subsaharienne laissant derrière elle un désastre (FAO, 2020).

Deux publications récentes présentent la situation de la chenille légionnaire d'automne dans la région de Kisangani et ses environs. Dans la première, Looli et al. (2021a) confirment la présence de cette chenille dans la région de Kisangani et ses environs où ils ont évalué le taux d'attaque entre 64,5 – 75,5 % sur le maïs dans les champs paysans visités. Par ailleurs, ces travaux signalent que les champs de maïs purs étaient plus attaqués que les champs de maïs associés principalement au manioc, arachide, bananier et riz. Ces auteurs affirment que face à ces attaques certains agriculteurs ne savent quoi faire pour lutter contre ce ravageur, d'autres cependant essaient de protéger leurs cultures en épandant des cendres ou certains antibiotiques sur les plantes, voir simplement une destruction mécanique des œufs et larves de ce ravageur, mais sans un résultat satisfaisant.

Dans la seconde étude, Looli et al. (2021b) ont fait un essai de lutte biologique au laboratoire contre cette chenille en utilisant quelques pesticides botaniques entre autres la poudre des graines de neem, les cendres et le jus de piment fort et ont trouvé que le neem a été le bio-insecticide le plus efficace, car même à la faible dose de 1g/20ml d'eau ce biopesticide a entraîné une mortalité de 100 % aussi bien sur les œufs que sur les chenilles des stades 2 et 3 de la CLA. Aussi son mode d'action est très rapide. Les cendres et le piment ont donné aussi des taux élevés de mortalité, mais à des doses plus fortes. Leurs modes d'action sont tardifs et diminuent graduellement avec le développement du ravageur. Ces auteurs concluent leur étude en suggérant l'utilisation de la poudre de graines de

neem à la dose de 1 g/20 ml d'eau comme bio-insecticide contre la CLA au stade œuf, chenille du stade 2 et du stade 3 pour la protection des cultures face aux menaces de ce nouveau ravageur vorace et envahissant.

Par ailleurs, ces résultats intéressants posent malheureusement un sérieux problème, celui de la disponibilité des graines de neem en qualité et quantité suffisantes particulièrement pour la région de Kisangani où le neem ne donne des graines qu'une fois par an, l'espèce vient d'être introduite dans la région et on ne trouve que quelques pieds plantés comme plante ornementale dans la ville. Ainsi, faire des récoltes progressives des graines est trop risqué car il faut préciser le fait que les graines de neem perdent rapidement leur efficacité pesticide lorsqu'elles sont mal conservées (Berger, 2011).

Il s'avère donc important de tester l'effet insecticide des organes de neem les plus disponibles susceptibles de constituer un pesticide efficace contre la CLA que l'on peut s'approvisionner à tout moment. La démarche entreprise dans notre étude consiste à évaluer l'efficacité d'extrait issu de différentes parties du neem sur la chenille légionnaire d'automne, de façon comparative, d'abord au laboratoire ensuite pour tester leur potentiel d'action contre la CLA dans les conditions du champ.

## MATERIELS ET METHODES

### Élevage de *Spodoptera frugiperda*

Un élevage continu de la CLA a été réalisé au laboratoire pour produire massivement les œufs et jeunes larves qui étaient utilisées pour la suite de nos expériences.

### Préparation d'extraits de neem

Le même mode opératoire a été utilisé pour produire l'extrait aqueux de feuilles et d'écorce. Nous avons récolté les feuilles (ou l'écorce) fraîches, puis nous avons broyé 1 kg de feuilles (ou d'écorce) dans un mortier, la pâte obtenue a été déposée dans un récipient de 5 litres ajoutée à 1 litre d'eau propre. Bien mélangée, les solutions sont laissées à macérer pendant 24 heures. Nous avons ensuite enlevé les débris de feuilles (ou d'écorce), puis filtré le mélange à travers un tissu fin. Nous avons ainsi obtenu 1 litre d'extrait de feuilles de neem et 1 litre d'extrait d'écorce.

Pour la préparation des graines, les graines sont préalablement séchées et broyées dans un mortier et tamisées pour avoir une poudre beaucoup plus fine. Nous avons ensuite macéré 1 kg de poudre

de graine dans 1 litre d'eau pendant 24 heures. La solution obtenue a été placée dans une bouteille de 1L, puis filtrer et la solution récupérée dans une

bouteille en plastique de 1 litre. Ces trois solutions de base ont été hermétiquement fermées, gardées au frais à l'abri de la lumière.



**Fig. 1.** Le neem (*Azadirachta indica* L.) : (a) Pied adulte, (b) feuilles et fleurs, (c) fruits.

### Traitements utilisés

Les extraits ont été préparés à partir de différentes parties du neem à savoir : graines, feuilles et écorces. Deux doses étaient utilisées : dose 1 (solution à 10 % d'extrait de neem) et la dose 2 (solution à 20 % d'extrait de neem). Un traitement de contrôle était inséré dans ce dispositif, avec trois répétitions pour chaque traitement. La combinaison des facteurs, plus le témoin a donné 7 traitements possibles présentés de la manière suivante :

**T0** : témoin sans aucun traitement insecticide

**g1** : solution à 10 % d'extrait des graines neem

**g2** : solution à 20 % d'extrait des graines neem

**f1** : solution à 10 % d'extrait de feuilles de neem

**f2** : solution à 20 % d'extrait de feuilles de neem

**é1** : solution à 10 % d'extrait d'écorce de neem

**é2** : solution à 20 % d'extrait d'écorce de neem

### Test dans les boîtes de pétri au laboratoire

Nous avons réalisé trois types de test au laboratoire : test sur les œufs, sur les chenilles du stade 2 et sur les chenilles du stade 4. Les solutions insecticides étaient préparées en diluant séparément 10 ml et 20

ml de solution de chaque extrait de base dans 100 ml d'eau respectivement pour la dose 1 (10% d'extrait) et dose 2 (20% d'extrait). Des solutions obtenues, nous avons pulvérisé 5 ml de chaque extrait dans chaque boîte de pétri :

Pour le test 1 : 50 œufs par boîte de pétri, soit 300 œufs par traitements, pour un total de 900 œufs pour l'ensemble de l'expérience ;



**Fig. 2.** Œufs de la CLA vus sous microscope binoculaire au moment du comptage.

Pour le test 2 : 5 larves du stade 2 par boîte de pétri, soit 30 larves traitées par insecticide pour un total

de 90 larves du stade 2 traitées au cours de l'expérience ;

Pour le test 3 : nous avons utilisé 5 larves par boîte de pétri soit 30 larves traitées par extrait insecticide, pour un total de 90 larves du stade 4 seront traitées au cours de l'expérience.

Les paramètres observés sont : le nombre d'œufs et de larves tuées ainsi que leur taux de mortalité respectif.

### Expérience au champ

L'expérience a été réalisée au site expérimental de l'Institut facultaire des Sciences agronomique de Yangambi à Kisangani en RDC. Le terrain était nettoyé, puis labouré pour son ameublissement. Le champ expérimental avait une surface totale de 120 m<sup>2</sup> soit 12 m x 10 m). Les 7 traitements et 3 répétitions (blocs) ont donné un total de 21 parcelles. La surface parcellaire était de 2 m<sup>2</sup> (soit 2 m x 1 m) et séparées entre elles de 0,5 m, tandis que les blocs étaient séparés l'un de l'autre de 1 m. La bordure était de 1 m dans tous les sens du champ. Le maïs était semé aux écartements de 60 cm x 40 cm (avec 20 cm de bordure dans tous les sens) soit une densité parcellaire de 8 pieds/2m<sup>2</sup>. Le champ était maintenu propre tout au long de la culture par un désherbage manuel et était arrosé régulièrement.

### Infestation du champ par *S. frugiperda*

Afin d'homogénéiser approximativement le degré d'attaque dans toutes les parcelles, nous avons procédé à une infestation artificielle des pieds de maïs avec les jeunes larves du stade 2 et à l'isolement de chaque parcelle dans un filet à petites mailles pour empêcher toute infestation accidentelle. Ces filets d'isolement pouvaient protéger les pieds de maïs jusqu'à une hauteur d'environ 2 mètres.

La densité d'infestation était de 5 larves du stade 1 par pied pour un total de 40 larves du stade 2 infestées par parcelle, soit un total général de 840 larves du stade 2 infestées sur l'ensemble du champ expérimental. Cette infestation avait eu lieu le soir, afin d'épargner les chenilles de stress liés aux fortes chaleurs journalières durant leur premier contact avec la plante hôte, ce qui leur a permis de bien s'adapter à la plante-hôte durant les temps frais de la nuit et de trouver déjà un bon endroit pour se réfugier pendant la journée.

Ces chenilles sont restées pendant 72 heures sur la plante-hôte pour s'en nourrir et occasionner les dégâts. Ensuite, nous avons évalué l'incidence et la sévérité des dégâts occasionnés sur les pieds de maïs. Les essais de lutte étaient intervenus après cette évaluation. L'intervalle du temps entre

l'infestation artificielle et la lutte, fixé à 72 heures, nécessaire, car il avait permis le passage des larves du stade 2 aux stades 3 ou 4 qui sont les stades ayant une résistance moyenne aux bio-pesticides (Looli et al., 2021b), et donc le meilleur moment de lutter, car nous avons estimé qu'il était nécessaire d'évaluer l'efficacité de lutte sur cette catégorie de larves plutôt que sur les larves plus fragiles (stade 1 ou 2) ou plus résistantes au bio-pesticides (stades 5 et 6).

### Pulvérisation et suivi de la mortalité au champ

Pour obtenir les solutions à pulvériser, nous avons dilué 1 litre de chaque extraits (extraits de graine, de feuille et d'écorce) dans 10 litres d'eau pour la dose 1 (10% d'extrait de neem) et dans 20 litres d'eau pour la dose 2 (20% d'extrait de neem). Nous avons ajouté à ces solutions 100 ml du savon liquide comme adhésif (Looli et al., 2021b). Le mélange ainsi obtenu était immédiatement appliqué sur les pieds de maïs attaqués dans chaque parcelle expérimentale tout en respectant les traitements suivant le dispositif expérimental utilisé. Les parcelles témoins bien que infestées par la CLA au même titre que les autres parcelles, n'ont subi aucun traitement insecticide.

La pulvérisation consistait juste à mouiller toute la plante par la solution biopesticide à l'aide d'un pulvérisateur à dos. Cette pulvérisation a été faite le soir afin que le produit se conserve longtemps sur la plante sans être séché ou détruit par le soleil. Le matin, on a compté le nombre de chenilles mortes ou tombées au sol avec signe de fatigue. Un deuxième comptage a été fait le soir et nous avons fait ces observations pendant trois jours. La rapidité d'action et l'efficacité de ces pesticides botaniques nous ont conduit à nous limiter à une seule application.

### Paramètres observés au champ

L'évolution de la croissance des maïs était suivie aussi bien avant qu'après le traitement. Les paramètres végétatifs, à savoir le nombre de feuilles par plant et la hauteur des plants ont été mesurés avant mais aussi après traitement des cultures. Après l'infestation artificielle, nous avons mesuré l'incidence et la sévérité dans chaque parcelle avant et après le traitement par les pesticides botaniques. Pour ce qui était de l'efficacité de la lutte, pour chaque traitement nous avons évalué le nombre de larves mortes et le taux de mortalité.

### Calcul d'écart de toxicité

Nous entendons par *écart de toxicité* (ET) d'un biopesticide la différence entre sa toxicité au laboratoire (TL) par rapport à sa toxicité au champ

(TC) dans les conditions naturelles concernant un parasite bien déterminé dans une région donnée. Pour calculer les écarts de toxicité de nos différents extraits nous avons utilisé la formule suivante :

$$\text{Ecart de toxicité} = TL - TC$$

Avec TL= taux de toxicité au laboratoire et TC= taux de toxicité au champ.

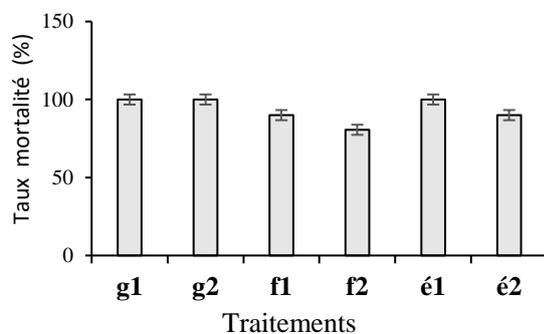
### Traitement et analyse des données

Les données ont été analysées avec le logiciel GaphPad Prism5 (Graph Pad Software, San Diego, California, USA) et un test post hoc de Bonferoni pour comparer les moyennes au seuil de significativité de 5%.

## RESULTATS

### Taux de mortalité d'œufs et de larves au laboratoire

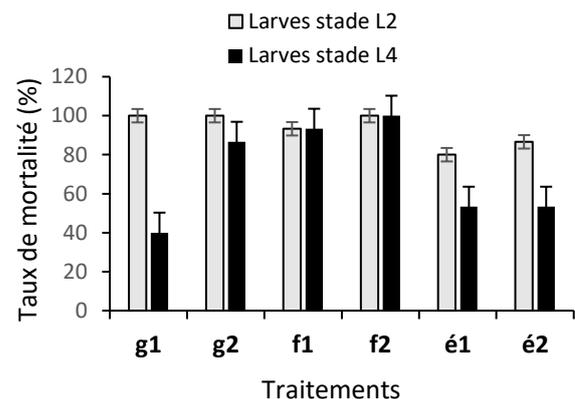
Nous avons pulvérisé différentes doses de nos insecticides botaniques sur les œufs au lendemain de la ponte. Les extraits issus des différentes parties de neem ont efficacement agi sur les œufs de la CLA et cela avec toutes les doses (Fig.3). Dans l'ensemble, le taux de mortalité d'œufs a varié de 80,6 à 100 %.



**Fig. 3.** Taux de mortalité d'œufs de la CLA au laboratoire après traitement à base d'extraits de neem

Les solutions à base des graines et à base d'écorce ont induit des taux de mortalité de 100%. Le taux de mortalité le plus faible était observé avec la dose 2 des feuilles (T4) soit 80,53%, ce qui a favorisé 19,47% d'éclosion. Signalons que toutes ces valeurs ont été obtenues après une seule application. Les analyses statistiques ont montré qu'il y a eu des différences numériques entre ces insecticides botaniques, mais statistiquement, aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) n'a été observée entre ces traitements.

Les effets insecticides ont été aussi observés sur les larves des stades 2 et 4 (Fig.4). Le taux de mortalité enregistré a varié selon le stade larvaire, la partie de neem ayant servi à la production d'extrait pesticide, ainsi que la dose utilisée. De façon générale, le taux de mortalité a varié de 40 à 100%. Le stade larvaire L2 a été la plus sensible aux extraits de neem avec un taux de mortalité variant de 80 à 100 % soit une moyenne de 93,3 % cependant, les larves du stade L4 ont affiché une certaine résistance face à l'application de pesticides botaniques à base de neem qui a occasionné un taux de mortalité variant de 40 à 100 % soit une moyenne de 71,08%. L'extrait biopesticide à base des feuilles neem a été le plus efficace sur tous les stades larvaires testés, il a provoqué entre 93,3 et 100% de mortalité. L'extrait de graine de neem a été aussi efficace sur les larves de stade L2 soit une mortalité de 100% pour toutes les doses. Par contre, les larves du stade 4 ont présenté une résistance au traitement à base des graines par une faible mortalité observée soit 40% à partir de la dose1, il a fallu doubler cette dose pour atteindre un taux de mortalité de 86,6% sur les larves L4.



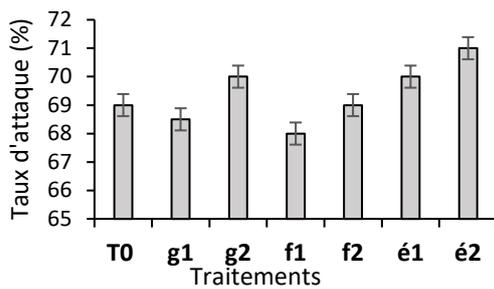
**Fig. 4.** Taux de mortalité de larves de la CLA au laboratoire

L'extrait de neem à base d'écorce était aussi moins efficace sur les larves du stade 4, quelle que soit la dose, nous avons obtenu un taux de mortalité de 53,3 % en moyenne. Sur les larves de stade L2 ce taux était plus élevé avec la dose 2 (86,6%) qu'avec la dose 1 (80%). Les analyses statistiques ont montré que la mortalité des larves du stade L2 était significativement supérieure à celle des larves du stade L4 avec les extraits de graines ou d'écorce ( $P < 0,05$ ).

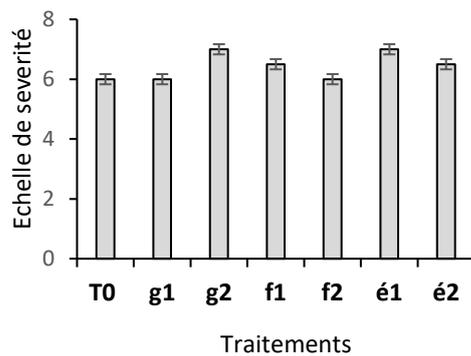
### Incidence et sévérité après infestation

L'incidence (Fig. 5) et la sévérité (Fig. 6) des attaques de la CLA évaluées 72 heures après infestations sur les parcelles de maïs isolées a été presque similaire entre tous les traitements.

L'incidence a varié de 66 à 72 % pour une sévérité de 5 selon l'échelle utilisée par Looli et al. (2021a).



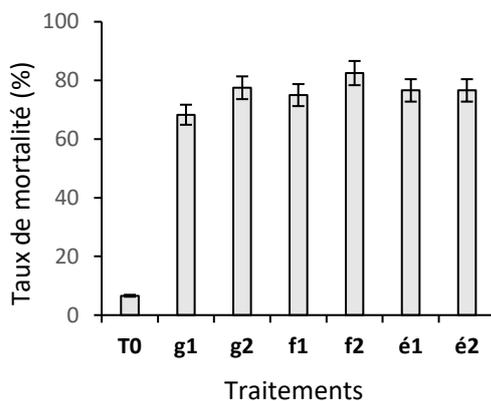
**Fig. 5.** Incidence d'attaques de la CLA sur le maïs après infestation au champ.



**Fig. 6.** Sévérité d'attaques de la CLA sur le maïs après infestation au champ.

### Taux de mortalité des larves après traitement au champ

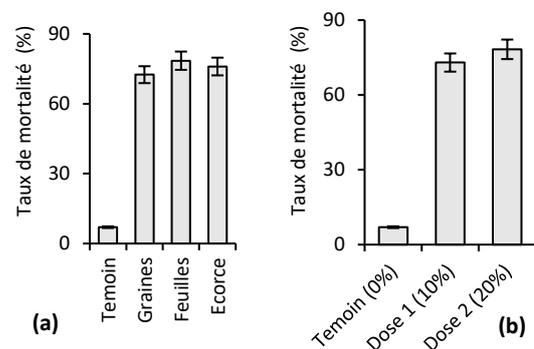
Nous avons suivi la mortalité des larves de la chenille légionnaire d'automne après traitement des parcelles attaquées par deux doses des extraits de neem (Fig.7).



**Fig. 7.** Taux de mortalité des larves de *S. frugiperda* 48 heures après traitement

La pulvérisation des pesticides botaniques à base de neem a permis de réduire considérablement les attaques de la CLA dans les parcelles traitées où des taux de mortalités de 68,3 à 82,5 % ont été

enregistrés en 48 heures comparativement aux parcelles témoins infestées qui n'avaient que 6,6 % des larves mortes de façon naturelle, sans intervention de pesticides. Ce faible taux de mortalité naturelle confirme l'efficacité de neem obtenue sur les parcelles traitées. Ce taux de mortalité observé par la pulvérisation des biopesticides varie avec la dose pulvérisée et augmente en même temps avec la partie de neem utilisée pour produire le biopesticide (Fig.8). En comparant le taux de mortalité induit par différentes parties entre elles (Fig.8a), l'extrait des feuilles a donné en moyenne un taux de mortalité de 78,5% légèrement supérieur aux autres parties de neem dont l'écorce (76%) et la graine (72,5%). En ce qui concerne les doses (Fig.8b), en moyenne, les solutions avec 20% d'extrait de neem ont induit une mortalité légèrement supérieure à la dose 1 utilisant 10% d'extrait de neem, soit un taux de mortalité respectif de 78,3% et 73%. L'analyse de variance réalisée sur le taux de mortalité des chenilles révèle une différence très hautement significative entre l'application de neem et le témoin ( $P < 0,001$ ), par contre aucune différence significative n'a été trouvée entre les différentes parties de neem ( $P > 0,05$ ) de même qu'entre les deux doses utilisées ( $P > 0,05$ ).



**Fig. 8.** (a) comparaison de différentes parties de neem ; (b) comparaison des différentes doses.

### Ecarts de toxicité (ET)

Les mesures d'écarts de toxicité (Tableau 1) montrent de façon générale que la toxicité d'extrait de neem a été très élevée au laboratoire où elle a varié de 80 à 100 %, soit une moyenne de 93,3 % qu'au champ où la toxicité a varié de 75,6 % à 82% soit une moyenne de 75,6 %. Les écarts de toxicité ont par conséquent varié entre 4% et 32 %, les deux doses de graines ont donné des écarts les plus élevés soit 32 % et 23 % respectivement pour la dose 1 et la dose 2 tandis que les deux doses d'écorces ont donné les écarts de toxicité les plus faibles soit 4 % pour la dose 1 et 10,6 % pour la dose 2.

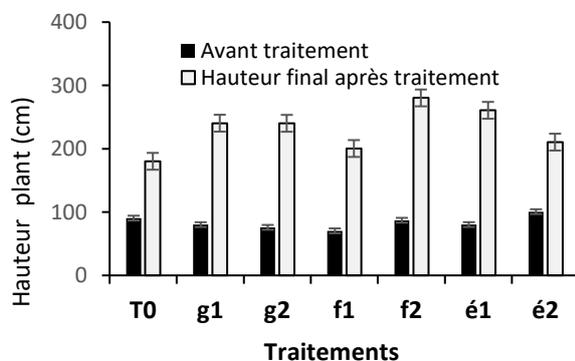
**Tableau 1.** Ecart de toxicité (ET) d'extraits de neem sur les larves de *S. frugiperda*

Traitements	Toxicité laboratoire (%)	Toxicité champ (%)	ET (%)
<b>g1</b>	100	68	32
<b>g2</b>	100	77	23
<b>f1</b>	93,3	75	18,3
<b>f2</b>	100	82	18
<b>é1</b>	80	76	4
<b>é2</b>	86,6	76	10,6
<b>Moyenne</b>	<b>93,3</b>	<b>75,6</b>	<b>17,7</b>

Les écarts de toxicité d'extraits de feuilles ont été presque similaires soit 18 % pour la dose 1 et 18,6 % pour la dose 2.

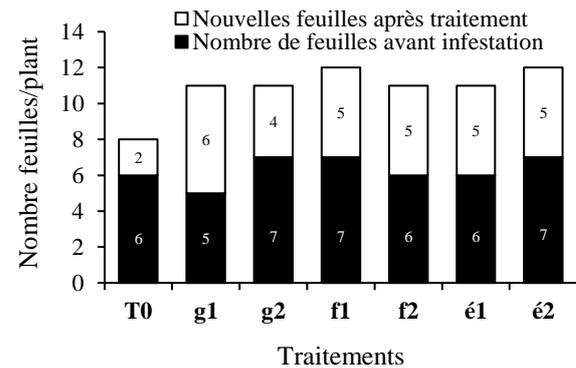
### Croissance végétative de maïs au champ

Nous avons effectué les observations sur la croissance végétative des plants de maïs et regroupées en deux grandes périodes, à savoir avant traitement et après la pulvérisation des pesticides botaniques dans les parcelles. La hauteur des plants a été considérablement touchée par les attaques de la CLA (Fig.9). Avant l'infestation des parcelles de maïs par la CLA, la hauteur des plants a affiché des légères différences entre les traitements variant de 70,4 cm à 100,7 cm.



**Fig. 9.** Evolution de la hauteur des plants (cm) avant et après le traitement.

Par contre, les mesures réalisées à la floraison, montrent une amélioration considérable de la hauteur des plants sur les parcelles attaquées, mais traitées avec les pesticides botaniques à base d'extraits de neem (variant de 200,4 cm à 280,3 cm) par rapport aux parcelles témoins non traitées (180,2 cm). Le comptage de nombre de feuille un jour avant l'infestation a montré que le nombre de feuilles a été presque similaire entre tous les traitements, il a varié entre 5 à 7 feuilles en moyenne par plant (Fig.10).

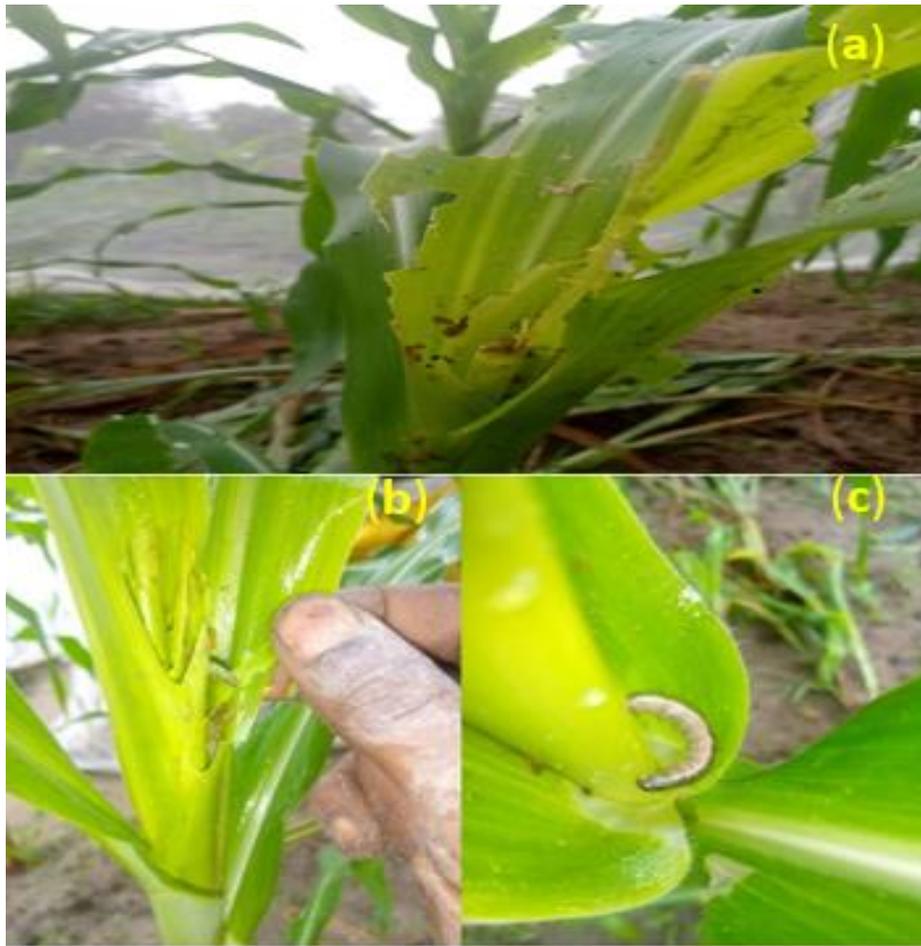


**Fig. 10.** Evolution de nombre de feuille par plant avant et après le traitement.

Après l'infestation, l'activité larvaire de la CLA sur les maïs infestés n'a duré que 3 jours sur les parcelles traitées, tandis que sur les parcelles témoins, nous avons constaté l'activité larvaire pendant plus d'une semaine. Après pulvérisation des pesticides botaniques, une augmentation des nombres feuilles a été observée lors de comptage réalisé à la floraison avec 4 à 7 nouvelles feuilles formées en moyenne par plant sur les parcelles traitées contre seulement 2 nouvelles feuilles en moyenne sur les plants des parcelles témoins. Ainsi donc, le nombre total des feuilles a varié de 11 à 12 feuilles en moyenne sur les plants traitées contre 8 feuilles en moyenne sur les plants non traites.

### DISCUSSION

Le neem contient de nombreux principes insecticides qui peuvent protéger les cultures des ravageurs. Les tests d'extraits de neem sur la CLA ont été efficaces au laboratoire et au champ. Cette efficacité dépendait de la partie et des doses de neem utilisées. Les œufs et le stade larvaire L2 sont les plus vulnérables que les larves du stade 4. Ces résultats corroborent avec ceux de Looli et al. (2021b). Les extraits à base des feuilles se sont montrés plus efficaces. Toutes les deux doses ont été efficaces (taux de mortalité > 50%, sauf la dose g1 sur les larves L2 au laboratoire).



**Fig. 11.** (a) un pied de maïs attaqué 72 heures après l'infestation des larves de la CLA, (b) et (c) les larves de *S. frugiperda* mortes quelques heures après pulvérisation d'extraits de neem.

La mortalité naturelle chez le témoin était trop faible (6,6%) montrant que la mortalité observée sur les parcelles traitées était due à la pulvérisation d'extrait de neem car il renferme plusieurs composés ayant des propriétés insecticides (Gauvin et al., 2003).

Nos résultats bien que supérieurs, suivent la même tendance de taux de mortalité décroissante proportionnelle à la dose que ceux de Lin et al. (2021) qui ont trouvé un taux de mortalité de 51,67 % avec de l'azadirachtine à 20 mg/L ; et de 11,67 % à la concentration de 1 mg/L et seulement de 8,33 % de taux de mortalité des *S. frugiperda* nourris avec des feuilles de maïs sans azadirachtine.

Par ailleurs, contrairement à Lin et al (2021) qui ont observé une faible mortalité de *S. frugiperda* dans les deux premiers jours après l'exposition à des feuilles de maïs traitées à l'azadirachtine à la dose de 20 mg/L et 1 mg/L, nous avons observé au cours de la présente étude aussi bien au laboratoire que sur terrain une mortalité rapide, quelques heures après le traitement au point de dépasser 50% de mortalité en 24 heures. Cette différence de rapidité d'action entre les résultats de Lin et al. (2021) et les nôtres serait liée entre autres à la dose utilisée. En effet, *S.*

*frugiperda* montre une résistance énorme face à des très faibles doses de certains pesticides, particulièrement les extraits de neem surtout les larves de derniers stades. L'utilisation des doses de neem à faible concentration, le cas de Lin et al (2021), la réaction d'azadirachtine devient de plus en plus lente surtout chez les larves du dernier stade qui peuvent résister même quelques jours après traitement avant de mourir (Looli et al., 2021b). L'augmentant de la concentration, le cas de notre étude (10 % et 20 % volumique d'extraits de neem), justifie en partie une efficacité à la fois rapide et élevée sur terrain et avec toutes les parties de neem étudiées.

Nos résultats confirment que le principe actif de neem se trouve dans toutes les parties de neem et que l'utilisation de n'importe quelle partie de neem comme pesticide contre la CLA pourrait occasionner un taux de mortalité supérieure à 50 % même en milieu naturel non contrôlé. Ces effets insecticides de neem sont dus à l'azadirachtine (Schmutterer, 1990 ; Mordue & Blackwell, 1993) un alcaloïde qui agit comme un régulateur de croissance en perturbant par ses effets antagonistes les hormones d'insectes (Banken & Stark, 1997), les

processus physiologiques et le cycle hormonal, induisant des malformations dans le processus de mue et empêchent son développement normal, sa croissance optimale et la reproduction (Mordue et al., 2005 ; Morgan, 2009). Elle agit aussi par des effets anti-appétant sur le mouvement naturel de l'intestin, provoquant une paralysie et le dépérissement des organismes cibles (Andreu et al., 2000 ; Senthil-Nthan et al., 2004). L'azadirachtine est rapidement absorbée par les tissus végétaux, ce qui lui assure une action systémique efficace (Bernard et al., 2008).

L'extrait des graines de neem aurait un effet insecticide plus élevé que toutes les autres parties de neem (Chattopadhyay et al., 1992) et selon Gnago et al. (2010) dans le contrôle des insectes ravageurs, grâce à sa forte concentration en Azadirachtine. Nos résultats montrent que, les feuilles entraînent une mortalité larvaire numérique élevée en milieu naturel que les extraits de graines et écorce. A noter que les effets insecticides des graines de neem diminuent avec la durée et les conditions de conservation (Berger, 2011) ou par les techniques de préparation d'extrait à pulvériser (Looli et al., 2021b).

Les feuilles doivent de préférence être récoltées la veille de l'application afin de maintenir leur efficacité. Le recours aux extraits d'écorce de neem malgré leurs résultats encourageants est à éviter pour assurer la survie des arbres. La mortalité élevée induite par les différentes doses d'extraits de feuilles de neem sur tous les stades larvaires, fait des feuilles de neem une source de pesticide bon marché à la portée de tous les agriculteurs car elles sont en abondance durant toutes les saisons et leur mode de préparation est très simple.

La différence de toxicité des extraits de neem au laboratoire et sur terrain pour les deux extraits de feuilles a été en moyenne de 18,2 % ; les deux doses de graines ont donné des écarts les plus élevées (27,5% en moyenne) tandis que les deux doses d'écorces ont donné les écarts de toxicité les plus faibles (7,3%). La toxicité de moyenne de 73 % obtenue sur un ravageur au champ montre que le produit est efficace. L'amélioration du mode de pulvérisation pourrait augmenter son efficacité.

Les taux de mortalité de 68 à 82 % obtenues dans les conditions naturelles prouvent l'opportunité qu'offre le neem comme pesticide susceptible de contrôler les dégâts de la chenille légionnaire d'automne dans la région de Kisangani. L'évolution de la croissance des plants sous différents traitements indique que la hauteur des plants de même que le nombre moyen de feuilles par plant ont été affectés par les attaques de la CLA après l'infestation des parcelles. Avant l'infestation,

tous les traitements ont été attaqués de façon presque similaire et les paramètres de croissance mesurés avaient des tendances similaires. Ceci s'expliquerait par l'uniformité du stade larvaire (L2) et la densité d'infestation utilisée qui était de 5 larves de deuxième stade (L2) par plant pour tous les traitements, densité très fréquente en milieu naturel de la région de Kisangani (Looli et al., 2021a). Après l'infestation et pulvérisation des pesticides, les plants avaient repris leur croissance normale sur toutes les parcelles traitées comparativement aux plants des parcelles non traitées dont la taille et le nombre de feuilles par plant étaient significativement inférieurs. Par ailleurs, les plants de maïs sont généralement capables de compenser les blessures foliaires subies sur une courte période (Braudon et al., 2019). En fait, les stades de croissance du maïs varient dans leur sensibilité aux attaques de la chenille légionnaire d'automne (Gross et al., 1982). Au milieu des stades de croissance végétative, les larves sont le plus souvent trouvées en train de défolier les feuilles à l'intérieur du verticille. Certaines variétés de maïs peuvent produire un rendement plus élevé, malgré les dommages importants causés par la chenille légionnaire d'automne (Kumar, 2002).

Des graves pertes se produisent généralement lorsque le verticille est détruit, ce qui réduit la surface photosynthétique et compromet la croissance des plants (Lima et al., 2010).

## CONCLUSION

Les résultats ont montré des effets bénéfiques d'extraits de neem sur la mortalité d'œufs et des larves au laboratoire ainsi que sur les larves du stade 2 après pulvérisation dans les conditions champêtres semi-contrôlées. Il est évident que les extraits de neem issus des différentes parties de la plante ont permis de réduire efficacement les attaques de la CLA sur la culture de maïs comparativement au témoin. Par ailleurs, les extraits de feuilles appliqués à la dose de 10 à 20 % constituent donc une voie à explorer davantage, car elles sont beaucoup plus disponibles et facile à préparer que les graines et les écorces de neem.

## Conflits d'intérêt

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

## REFERENCES

- Andreu, J., Albert, S. & Magi, R. (2000). Antifeedant activity of *Melia azadirachta* and *Azadirachta indica* on larvae of

- Sesamianonagrioides. *Phytoparasitica*, 28(4): 311-319.
- Banken, J. A. O. & Stark, J. D. (1997). Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) after direct exposure to Neemex, a neem insecticide. *Journ. Econ. Entomol.* 90(5): 1102-1105.
- Baudron, F., Mainassara, A. Z. A., Chaipa, I., Chari, N. & Chinwada, P. (2019). Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop Protection*, 120: 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.028>
- Berger, C. (2011). Plantes du sud. <http://www.plantesdusud.com/spip.php?article1139>.
- Bernard, R. Philogène, C., Regnault, R. & Charles, V. (2008). Biopesticides d'origine végétale : bilan et perspectives. In *Wlsh-Tipioi-Towlijicityppol*, 2e édition, Edition Tec & Doc, 1-24.
- Chausse, J. P., Kembola, T. & Ngonde, R. (2012). L'agriculture : pierre angulaire de l'économie de la RDC. In Johannes Herderschee, Daniel Mukoko Samba & Moïse Tshimenga Tshibangu (Eds.), Résilience d'un Géant Africain : Accélérer la Croissance et Promouvoir l'Emploi en République Démocratique du Congo, Volume II : Etudes sectorielles, MEDIASPAUL, Kinshasa, 1-97.
- Chattopadhyay, R. R., Sakar, S. K., Ganguly, S. & Banerjee, R. N. (1992). Active effects of *Azadirachta indica* leaves on some biochemical constituent of blood in rats. *Science & Culture* 58, 39-40.
- CIRAD-SAR - FRA, UNB - BEN. (1995). Production et valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest : actes du séminaire "Maïs prospère", 25-28 janvier 1994, Cotonou, Bénin. Montpellier : CIRAD-SAR, 304 p. (Colloques : CIRAD) ISBN 2-87614-206-6 Séminaire régional "Maïs prospère", Cotonou, Bénin, 25-28 Janvier 1994. <https://agritrop.cirad.fr/325861/>
- Cock, M. J. W., Beseh, P. K., Buddie, A. G. & Cafa G. J. C. (2017). Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports* 7: 4103 DOI: <http://10.1038/s41598-017-04238>
- FAO (2020). Carte de la propagation mondiale de la chenille légionnaire d'automne depuis 2016 (jusqu'à mars 2020). Disponible sur <https://www.fao.org/fall-armyworm/faw-monitoring/faw-map/fr/> Consulté le 04 décembre 2021.
- Goergen, G., Lava, P. K., Sagnia, B. S., Abou, T. & Manuele, T. (2016). First report of outbreaks of the "Fall Armyworm" *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa. Fall Armyworm in *Tropical Africa*, 11, 1-2.
- Gross, J., Young, J. R. & Wiseman, B. (1982). Sensibilité relative d'une variété de maïs planté en été et de maïs silex tropical aux dommages au stade verticille causés par la chenille légionnaire d'automne (Lepidoptera : Noctuidae). *Journ. Écon. Entomol.*, 75: 1153 – 1156
- Kumar, H. (2002). Plant damage and grain yield reduction by fall armyworm and stem borers on certain maize hybrids containing resistance genes from varying sources under experimental and farmer field conditions. *Crop Prot* 21 : 563 – 573
- Lima, M. S, Silva, P. S. L, Oliveira, O. F, Silva, K. M. B. & Freitas, F.C. L. (2010). Réponse du rendement du maïs aux contrôles des mauvaises herbes et de la légionnaire d'automne. *Planta Daninha*, 28: 103-111.
- Looli, B. L., Nguo, E., Malaisse, F. & Monzenga, J. C. (2021a). Incidence de la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) et niveau de connaissance de ce ravageur par les agriculteurs de Kisangani et ses environs, R.D. Congo. *Geo-Eco-Trop* 45(1), 103-111.
- Looli, B. L., Monzenga, J. C. & Malaisse, F. (2021b). Essai d'utilisation de quelques bio-insecticides contre la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) dans des conditions de laboratoire à Kisangani, R.D. Congo. *Geo-Eco-Trop* 45(1), 95-102.
- Mordue, L. A. J. & Blackwell, A. (1993). Azadirachtin: an update. *Journ. Insect Physiol.* 39(11): 903- 924.
- Mordue, L. A. J., Morgan, E. D. & Nisbet, A. J. (2005). Azadirachtin, a natural product in insect control. In Gilbert L.I., Iatrou K. & Gill S.S. (Eds). *Comprehensive Molecular Insect Science*. Elsevier, Oxford, UK., 6: 117–135.

- Morgan, E. D. (2009). Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorg Med Chem.* 17(12): 4096-4105.
- Prasanna, B. M, Huesing, J. E., Eddy, R. & Peschke, V. M. (2018). La chenille légionnaire d'automne en Afrique : Un guide pour la lutte intégrée contre le ravageur, Première édition. Mexico, CDMX : CIMMYT. 124 pp.
- Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Rev Entomol.*,35: 271-297.
- Senthil-Nathan, S., Chung, P. G. & Murugan, K. (2004). Effect of botanical and bacterial toxin on the gut enzyme of *Cnaphlocrocis medinalis*. *Phytoparasitica*, 32(5):433-443.
- Lin, S.; Li, S.; Liu, Z.; Zhang, L.; Wu, H.; Cheng, D.; Zhang, Z. ( 2021) Using Azadirachtin to Transform *Spodoptera frugiperda* from Pest to Natural Enemy. *Toxins*, 13, 541. <https://doi.org/10.3390/toxins13080541>
- Gnago, J.A, Danho, M., Agneroh, T. A, Fofana, I. K. & Kohou, A. G. (2010). Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(4): 953-966. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v4i4.63035>
- Gauvin, M. J, Bélanger, A., Nébié, R., & Boivin, G. (2003). *Azadirachta indica*: l'azadirachtine est-elle le seul ingrédient actif? *Phytoprotection*, 84(2): 115-119. DOI: 10.7202/007814ar