

## Contrôle biologique des mouches blanches (genre *Bemisia*) par des extraits aqueux de *Azadirachta indica*, *Ocimum gratissimum* et de *Lippia multiflora*

Mélaine Ella Sessi HOUNDENOUKON<sup>1\*</sup>, Martine ZANDJANAKOU - TACHIN<sup>1</sup>,  
Corneille AHANHANZO<sup>2</sup>, Jérôme Anani HOUNGUE<sup>2</sup>, Fidèle TIENDREBEOGO<sup>3</sup> et Justin PITA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Nationale d'Agriculture (UNA), Laboratoire de Phytopathologie Moléculaire, Ecole d'Horticulture et d'Espace Verts, 01 BP 55 Porto-Novo, Bénin

<sup>2</sup> Université d'Abomey-Calavi (UAC), Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire Central de Biotechnologies Végétales et d'Amélioration des Plantes, 01 BP 526 Abomey-Calavi, Bénin

<sup>3</sup> Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Pole Scientifique et d'Innovation de Bingerville, Central and West African Virus Epidemiology (WAVE), 01BPV 34 Abidjan, Côte d'Ivoire

(Reçu le 15 Janvier 2025 ; Accepté le 20 Février 2025)

\* Correspondance, courriel : [mhondenoukon@gmail.com](mailto:mhondenoukon@gmail.com)

### Résumé

Cette étude vise à évaluer le potentiel biopesticide des extraits aqueux de graines et feuilles de *Azadirachta indica* (neem), de feuilles de *Ocimum gratissimum* (basilic) et de *Lippia multiflora* (thé de Gambie) contre les mouches blanches colonisant les plants de manioc. Des essais en laboratoire sur des feuilles fraîches et au champ sur des plants de manioc ont été réalisés en considérant les mouches blanches adultes. Les résultats révèlent qu'en condition de laboratoire, 100 % de mortalité a été obtenu dès la deuxième heure après l'application des trois doses d'extrait aqueux (50 g/L, 100 g/L et 200 g/L) de graines de neem tandis que les extraits aqueux de feuilles de neem, de basilic et de thé de Gambie ont présenté leur efficacité maximale, environ 90 % de mortalité, dix heures après leur application à forte dose (200 g/L). Les expériences réalisées au champ indiquent que les extraits de graines de neem ont contrôlé les populations de mouches blanches jusqu'au cinquième jour après leur application alors que les extraits aqueux de feuilles ont une durée maximale d'action de trois jours. Les extraits aqueux de graines de neem présentent un mode d'action très rapide et offrent une meilleure protection des plants de manioc que ceux des feuilles de basilic et de thé de Gambie. Les résultats obtenus constituent une solution alternative pour la protection de la culture du manioc dans le cadre d'une gestion intégrée des mouches blanches.

**Mots-clés :** *Bemisia tabaci*, bioinsecticide, *Manihot esculenta*, milieu contrôlé, conditions de champ.

## Abstract

### **Biological control of whitefly (genus *Bemisia*) by aqueous extracts of *Azadirachta indica*, *Ocimum gratissimum* and *Lippia multiflora***

This study aims to evaluate the biopesticidal potential of aqueous extracts of *Azadirachta indica* (neem) seeds and leaves, *Ocimum gratissimum* (basil) leaves and *Lippia multiflora* (Gambian tea) against whiteflies colonizing cassava plants. Laboratory trials on fresh leaves and field trials on cassava plants were carried out using adult whiteflies. The results show that, under laboratory conditions, 100 % mortality was achieved as early as two hours after the application of three doses of aqueous neem seed extract (50 g/L, 100 g/L and 200 g/L), while the aqueous extracts of neem leaves, basil and Gambia tea showed their maximum efficacy, around 90 % mortality, ten hours after their application at high dose (200 g/L). Field experiments indicate that neem seed extracts-controlled whitefly populations until the fifth day after application, whereas aqueous leaf extracts have a maximum duration of action of three days. Aqueous neem seed extracts have a very rapid mode of action, and offer better protection for cassava plants than basil and Gambian tea leaf extracts. The results obtained provide an alternative solution for the protection of cassava crops within the framework of integrated whitefly management.

**Keywords :** *Bemisia tabaci*, bioinsecticide, *Manihot esculenta*, controlled environment, field conditions.

## 1. Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta*) est l'une des plantes hôtes des mouches blanches [1] désignées notamment par le genre *Bemisia* et majoritairement par l'espèce *Bemisia tabaci*. Elles constituent un complexe d'espèces complices des virus de la mosaïque africaine du manioc [2]. En effet, ces insectes par des piqûres et salivation au niveau de jeunes feuilles de manioc, parviennent à transmettre les begomovirus [3, 4] qui engendrent des troubles physiologiques généralement anormales chez des variétés susceptibles dont les symptômes occasionnent un faible rendement. Des luttes ont été engagées contre ces insectes pour remédier au problème. Plusieurs auteurs ont abordé la lutte chimique qui a montré ses limites comme dans le cas de l'utilisation de produits de synthèse [5, 6]. Les produits synthétiques ciblent un grand nombre de ravageurs et assurent donc le maintien d'une productivité suffisante [7]. Cependant, il convient de noter que malgré leur avantage, les produits de synthèses utilisés pour la protection des cultures posent un réel problème de santé humaine, de sécurité alimentaire avec présence de résidus de pesticides retrouvés sur les légumes ou fruits, de pollution environnementale [8, 9]. Par ailleurs l'utilisation non raisonnée de pesticides engendre non seulement de la résistance au niveau des insectes cibles [10] mais élimine également des ennemis naturels [11]. Ainsi, l'usage des pesticides ayant prouvé ses limites, à la recherche d'une solution adéquate en vue d'une lutte efficace contre ces vecteurs, une lutte biologique a été envisagée. Elle a débuté par l'utilisation des parasitoïdes qui paraît efficace mais qui relève exclusivement du ressort des laboratoires et devient donc coûteux pour les paysans. Dans un tel contexte, il s'avère nécessaire de trouver des alternatives de lutte respectueuses de l'environnement pouvant minimiser les dépenses au niveau des producteurs. A cet effet, des travaux de recherche ont montré que les extraits naturels de plantes ont un effet moins toxique sur les ennemis naturels des ravageurs des cultures, sur la santé humaine et sont rapidement dégradables dans l'environnement donc plus sûrs et meilleurs que les insecticides conventionnels [12]. Ainsi, leur utilisation paraît le meilleur substitut aux produits de synthèse et permet de résoudre efficacement les problèmes de résidus générés par ceux-ci [13, 14]. L'utilisation des extraits aqueux de plantes relève un regain d'intérêt pour tous les acteurs en raison de la disponibilité des plantes dans les ressources endogènes, capable de rendre autonomes les paysans face aux invasions. Dans la même dynamique, explorant nos ressources

endogènes facile d'accès et avec connaissance des résultats de travaux antérieurs, il a été envisagé dans cette étude une lutte biologique botanique. Selon [15], nombre de travaux ont montré que les graines de neem (*Azadirachta indica*) contiennent une quantité élevée d'azadirachtine qui est un régulateur de croissance des insectes. De façon générale, les extraits de neem contiennent à différentes concentrations cette substance terpénique qui confère au neem son effet régulateur de populations d'insectes en protection des cultures. De façon spécifique son efficacité a été démontrée sur *Bemisia tabaci* le ravageur indexé des cultures de manioc pour la maladie de la mosaïque africaine du manioc. De même, l'effet bioinsecticide du genre *Ocimum* et celui de *Lippia Multiflora* a été prouvé par nombre d'études [16, 17]. La présente étude s'inscrit dans la recherche d'alternatives à la lutte chimique par l'évaluation de l'efficacité biologique et la dose d'application de quatre extraits aqueux de plantes au laboratoire et au champ sur les mouches blanches afin de préserver l'environnement et de contribuer à réduire les pertes de rendement au niveau de la culture du manioc.

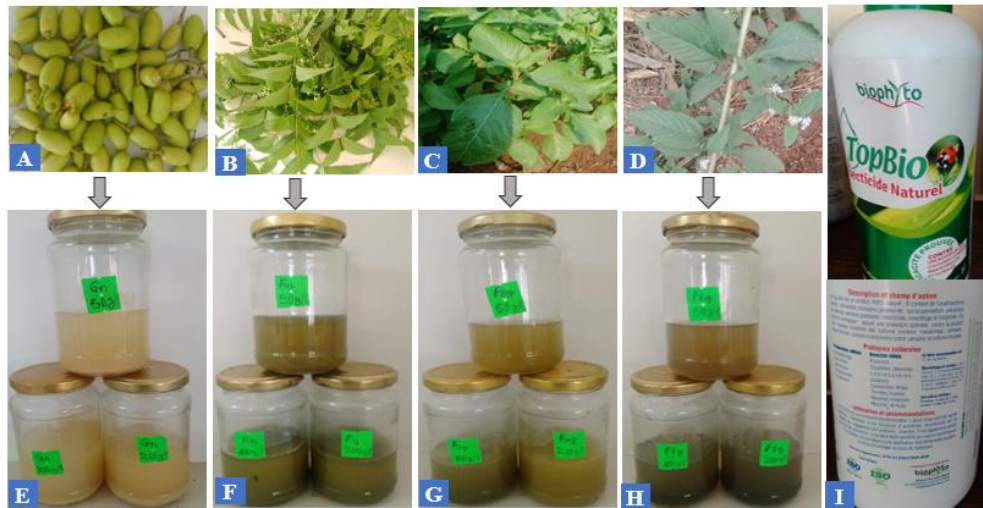
## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Matériels biologiques

Pour le test bioinsecticide, le matériel biologique végétal utilisé pour la formulation des extraits aqueux est constitué d'amandes et de feuilles de *Azadirachta indica*, des feuilles de *Ocimum gratissimum* et de *Lippia multiflora*. En effet, le choix est porté sur ces plantes du fait qu'elles aient une faible toxicité pour l'homme et une toxicité environnementale acceptable [18, 19]. Le matériel biologique animal utilisé pour l'évaluation de l'efficacité des extraits aqueux formulés est composé des adultes de mouches blanches colonisant les plants de manioc. Les mouches blanches adultes ont été capturées vivantes à l'aide d'un aspirateur manuel sur des plants de manioc présentant ou non des symptômes visuels de la mosaïque du manioc (CMD).

### 2-2. Préparation des extraits aqueux

Des fruits mûrs et des feuilles fraîches de neem ainsi que des feuilles de basilic et de thé de Gambie ont été collectés dans le jardin botanique de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi (FSA /UAC). Les fruits mûrs de neem ont été dépulpés pour accéder aux graines. Les amandes obtenues après séchage et décorticage des graines ont été séchées pendant une semaine puis réduites en poudre à l'aide d'un broyeur électrique. Les feuilles de neem, de basilic et de thé de Gambie ont été séchées à la température ambiante du laboratoire ( $28 \pm 2$  °C) à l'abri de la lumière pendant une semaine avant d'être réduites en poudre à l'aide d'un broyeur électrique. Les extraits aqueux de graine de neem, de feuilles de neem, des feuilles de basilic et de thé de Gambie ont été préparés en macérant trois doses (g de poudre d'extrait/ L d'eau), à savoir, 50 g/L, 100 g/L, 200 g/L de chacune des poudres respectivement. Les mélanges ont été homogénéisés et laissés pendant 72 heures, puis les surnageant ont été recueillis par filtrage à l'aide d'un tamis. Un total de quatre extraits aqueux avec trois doses chacun a été formulé. Il s'agit d'extraits aqueux de graines (**Figure 1A et 1E**) et de feuilles de neem (**Figures 1B et 1F**), de feuilles de basilic (**Figures 1C et 1G**), de feuilles du thé de Gambie (**Figures 1D et 1F**). A ces extraits sont ajoutés 5 ml de savon liquide pour leur stabilisation. Pour le bioinsecticide de référence, le dosage est défini en tenant compte des recommandations formulées par le fabriquant (9,37mL dans 1 litre d'eau). Le témoin de référence utilisé dans la présente étude est le bioinsecticide TopBio (**Figure 1I**).



**Figure 1** : Images de graines de *A. indica* et de leur extrait aqueux (A et E), de feuilles de *A. indica* et de leur extrait aqueux (B et F), de feuilles de *O. gratissimum* et de leur extrait aqueux (C et G), de feuilles de *L. multiflora* et de leur extrait aqueux (D et H) et du Biopesticides de référence (I)

### 2-3. Application des extraits aqueux

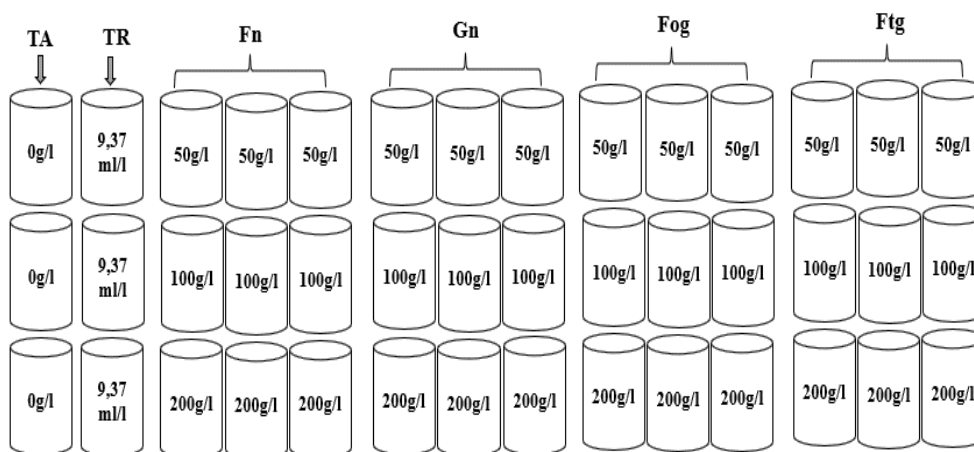
Pour évaluer l'activité insecticide des extraits aqueux, les tests ont été réalisés en milieu confiné dans les conditions de laboratoire et en milieu réel dans le champ expérimental du Laboratoire Central de Biotechnologies Végétales et d'Amélioration des Plantes.

#### 2-3-1. Conditions de laboratoire

Des feuilles fraîches de manioc ont été prélevées, puis rincées à l'eau de robinet, ensuite immergées individuellement dans 10 mL d'extrait aqueux d'insecticide pendant trente secondes et suspendues verticalement pour être séchées à température ambiante pendant 5 min. Chaque feuille imprégnée d'extrait aqueux d'insecticide et dix mouches blanches (genre *Bemisia*) adultes vivantes, ont été placés dans chaque bocal transparent de 250 mL de volume avec un couvercle perforé, recouvert de filet à mailles très fines pour l'aération. Les bocaux (**Figure 2**) ont ensuite été disposés sur une paillasse en laboratoire à une température ambiante de  $28 \pm 2$  °C suivant un dispositif complètement aléatoire (**Figure 3**). Les bocaux ont été préalablement lavés et stérilisés à sec. Tous les essais ont été répétés trois fois pour chaque traitement. Des témoins absolu (sans extraits aqueux) et référentiel ont été réalisés.



**Figure 2** : Dispositif expérimental de l'essai en conditions de laboratoire



**Figure 3 :** Schéma du dispositif expérimental de l'essai en conditions de laboratoire

TA : Témoin absolu ; TR : Témoin de référence ; Fn : feuilles de neem ; Gn : graines de neem ; Fog : feuilles de *Ocimum gratissimum* ; Ftg : feuilles de Thé de Gambie ; g/l : gramme par litre

### 2-3-2. Conditions d'expérimentations en milieu réel

L'expérience a été réalisée dans le champ expérimental du Laboratoire Central de Biotechnologies Végétales et d'Amélioration des Plantes situé à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey-Calavi. Les quatre extraits formulés ont été mis en comparaison avec le bioinsecticide de référence, le TopBio et appliqué à la dose vulgarisée (9,37mL/L). Pour chaque produit, une application foliaire en couverture partielle a été effectuée très tôt le matin sur les cinq premières feuilles des plants de manioc colonisés par un nombre important de mouches blanches. Une toile de couleur jaune a été posée sous les cinq premières feuilles de chaque plant, afin de recueillir celles qui sont mortes après l'application des extraits et d'attirer davantage les mouches blanches (Figure 4). En effet, vingt millilitres (20 mL) de chaque extrait additionné de six (06) gouttes de savon liquide, bien homogénéisé, ont été appliqués sur les cinq premières feuilles de chaque plant de manioc à l'aide d'un pulvérisateur manuel. Des observations suivies du dénombrement de mouches blanches mortes et de celles vivantes sur chaque plant de manioc traité ont été faites trois fois par jour (tôt le matin, entre midi et 14 heures, et à 18 heures) sur sept jours.



**Figure 4 :** Plants de manioc préparés pour recevoir les extraits aqueux testés (A : Gn 100g/L ; B : Gn 200g/L)

#### 2-4. Paramètres évalués

L'efficacité des différents extraits aqueux est évaluée par la mortalité des mouches blanches en conditions de laboratoire. En effet, le nombre d'individus dénombrés morts dans un effectif traité par les formulations n'est pas le nombre réel d'individus tué par ces dernières. Il existe, en fait dans la population des adultes de mouches blanches traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par les bioinsecticides testés [20]. Ainsi, les taux de mortalité ont été corrigés par la **Formule** mathématique (1) [21].

$$MC(\%) = \frac{Mt - M0}{100 - M0} * 100 \quad (1)$$

*MC étant le taux de mortalité corrigée, M0 le taux de mortalité dans le lot témoin et Mt le taux de mortalité dans le lot traité.*

Les coefficients d'efficacité biologiques traduisant l'importance des effets létaux causés par les doses de formulation sur les mouches blanches adultes ont également été déterminés par l'expression mathématique (2) [22].

$$C = \left( \frac{A-B}{A} - \frac{a-b}{a} \right) * 100 \quad (2)$$

*C étant le Coefficient d'efficacité du traitement, A le nombre de mouches blanches adultes vivantes lâchées dans les bocaux avant application des bioinsecticides, B le nombre de mouches blanches adultes vivantes après application des bioinsecticides, a le nombre de mouches blanches adultes vivantes pour le témoin absolu avant l'application des bioinsecticides et b le nombre de mouches blanches adultes vivantes pour le témoin absolu après l'application des bioinsecticides.*

Cette formule est fonction du nombre de mouches blanches adultes vivants avant et après application des bioinsecticides [23, 24]. Le potentiel toxique des quatre extraits aqueux a été aussi déterminé à travers la mesure des doses létales nécessaires pour entraîner un effet sur 50 % (DL<sub>50</sub>), 90 % (DL<sub>90</sub>) et 99 % (DL<sub>99</sub>) des mouches blanches testées à un moment donné après leur application. Dans les conditions d'expérimentations en champ, la durée maximale de l'efficacité des extraits aqueux testés a été mesurée à travers l'abondance des mouches blanches sur les plants de manioc ayant reçu les traitements par simple comptage à chaque observation [25].

#### 2-5. Analyse statistique

Les taux moyens de mortalité corrigée et les coefficients d'efficacité biologiques ont été soumis à des analyses de la variance, General Linear Model (ANOVA - GLM). Les moyennes présentant une différence statistiquement significative ont été séparées par le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %. Les doses létales nécessaires pour entraîner un effet sur 50 % (DL<sub>50</sub>), 90 % (DL<sub>90</sub>) et 99 % (DL<sub>99</sub>) des mouches blanches ont été déterminées par la méthode basée sur la régression logistique (modèles Probit) [26]. Un modèle linéaire généralisé avec la famille poisson a été appliqué afin de voir la relation entre les nombres temporels de mouches blanches et les doses des différents extraits aqueux testés. Le tableur Microsoft Excel 2010 a été utilisé pour le dépouillement des données et la réalisation des graphiques. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel statistique XLSTAT.V14.

### 3. Résultats

#### 3-1. Efficacité biologique d'extraits aqueux de graines et de de feuilles de *A. indica*, de feuilles de *O. gratissimum* et de *L. Multiflora* sur les mouches blanches en conditions de laboratoire

##### 3-1-1. Évolution temporelle du taux de mortalité des mouches blanches après application des bioinsecticides

Les résultats montrent que les taux moyens de mortalité des mouches blanches ont varié très significativement d'un extrait aqueux à l'autre dans le temps ( $p < 0,0001$ ) (**Tableau 1**). En effet, avec le témoins absolu (TA), les résultats ont révélé que ce n'est dix heures après que 3,33% de mortalité a été enregistré. Par contre, 100 % de mortalité a été obtenu dès la deuxième heure après l'application des trois doses d'extrait aqueux de graines de neem comme dans le cas du témoins référentiel (TR). Pour les extraits aqueux de feuilles de *O. gratissimum* (Fog) plus la dose est élevée plus le taux de mortalité est plus important. Ainsi, le taux de mortalité a varié entre 0 % et 54,44 % pour la dose de 50 g/l, 43,33 % et 77,38 % pour la dose de 100 g/L puis entre 53,33 % et 93,33 % pour la dose de 200 g/L au bout des heures. En effet, les taux de mortalité supérieurs à 50 % ont été enregistrés déjà au bout 2h pour les extraits de feuilles de *O. gratissimum*. Concernant les extraits aqueux de feuilles de *L. multiflora* (Ftg), les taux de mortalité supérieurs à 50 % ont été obtenus avec la dose de 100g/L à la sixième heure après application et dès la deuxième heure après application pour la dose de 200 g/L. Alors qu'avec la dose de 50 g/L, il n'a été noté que 40 % de mortalité onze heures après application. Par ailleurs, pour toutes les heures d'observation après application des différents extraits aqueux, le coefficient de détermination est très élevé, en moyenne 90 %.

**Tableau 1** : Variation dans le temps de la mortalité des mouches blanches adultes après application des extraits aqueux de *A. indica*, de feuilles de *O. gratissimum* et de *L. multiflora*

Doses	2HAA	4HAA	6HAA	8HAA	10HAA
TA	0 ± 0,05cd	0 ± 0,06c	0 ± 0,05d	0 ± 0,05e	3,33 ± 0,08d
TR	100 ± 0,05a	100 ± 0,06a	100 ± 0,05a	100 ± 0,05a	100 ± 0,08a
Fn 50 g/l	3,33 ± 0,05	26,67 ± 0,06b	36,1 ± 0,05bc	53,33 ± 0,05d	53,6 ± 0,08c
Fn 100 g/l	76,7 ± 0,1ab	80 ± 0,05b	83,8 ± 0,05ab	86,3 ± 0,05a	86,7 ± 0,06a
Fn 200 g/l	83,3 ± 0,1ab	90 ± 0,05b	90,47 ± 0,05a	92,1 ± 0,05ab	93,3 ± 0,06a
Gn 50 g/l	100 ± 0,05a	100 ± 0,06a	100 ± 0,05a	100 ± 0,05a	100 ± 0,08a
Gn 100 g/l	100 ± 0,05a	100 ± 0,06a	100 ± 0,05a	100 ± 0,05a	100 ± 0,08a
Gn 200 g/l	100 ± 0,05a	100 ± 0,06a	100 ± 0,05a	100 ± 0,05a	100 ± 0,08a
Fog 50 g/l	0 ± 0,05cd	3,33 ± 0,06c	12,1 ± 0,05d	39,88 ± 0,05d	54,4 ± 0,08c
Fog 100 g/l	43,3 ± 0,05c	58,9 ± 0,08c	71,3 ± 0,05b	73,33 ± 0,06a	77,4 ± 0,1ab
Fog 200 g/l	53,3 ± 0,05c	87,8 ± 0,08a	91,1 ± 0,05a	92,1 ± 0,05ab	93,3 ± 0,06a
Ftg 50 g/l	18,9 ± 0,08d	20 ± 0,05d	35,1 ± 0,05d	37,03 ± 0,1bc	40 ± 0,06b
Ftg 100 g/l	16,7 ± 0,05d	35,6 ± 0,1bc	50,9 ± 0,05ab	53,3 ± 0,05ab	55,35 ± 0,06a
Ftg 200 g/l	58,89 ± 0,08c	60 ± 0,05ab	77,38 ± 0,05c	79,63 ± 0,06b	83,33 ± 0,05c
R <sup>2</sup> (%)	91,89	90,91	92,2	92,14	81,3
Pr > F	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***

TA : Témoin absolu ; TR : Témoin de référence ; Fn : feuilles de neem ; Gn : graines de neem ; Fog : feuilles de *Ocimum gratissimum* ; Ftg : feuilles de Thé de Gambie ; g/l : gramme par litre ; HAA : heure après application ; R<sup>2</sup> : coefficient de détermination ; Pr : probabilité au seuil de 5% ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1% ; les nombres affectés d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil 5 %.

### 3-1-2. Évolution temporelle des coefficients d'efficacité biologique des doses de bioinsecticide sur les mouches blanches

Les résultats ont révélé que les coefficients d'efficacité ont varié très significativement d'un extrait aqueux à l'autre pour chaque moment d'observation ( $Pr < 0,0001$ ). De l'analyse du **Tableau 2** relatif à la variation des valeurs des coefficients d'efficacité des doses de bioinsecticide sur les mouches blanches en fonction du temps d'exposition, il a été observé que les trois doses d'extraits aqueux de graines de neem testées ont été aussi efficaces que le témoin de référence (TR) contrairement aux extraits de feuilles de neem, de *O. gratissimum* et de *L. multiflora*. En effet, le coefficient moyen d'efficacité est environ à 72 % pour les trois doses des extraits aqueux de graines de neem et le témoin de référence. Pour les extraits aqueux de feuilles de neem, la dose de 200 g/L a présenté le coefficient d'efficacité le plus élevé (66,67 %) tandis que le plus faible (25,56 %) a été noté avec la dose de 50 g/L. Avec les extraits aqueux de feuilles de *O. gratissimum*, la plus forte valeur (60,56 %) a été observée avec la dose de 200 g/L et la plus faible (17,22 %) avec la dose de 50 g/L. Par rapport aux extraits aqueux de feuilles de *L. multiflora*, le coefficient moyen d'efficacité le plus élevé (55 %) a été obtenu avec la dose de 100 g/L et le plus faible (34,44 %) a été observé chez les mouches blanches traitées avec 200 g/L de Ftg. Le coefficient de détermination est très élevé ( $> 80$  %) de la deuxième à la huitième heure après application des extraits aqueux puis inférieur à 50 % dix heures après application (**Tableau 2**).

**Tableau 2 :** Valeurs des coefficients d'efficacité biologique des doses de bioinsecticide sur les mouches blanches en fonction du temps d'exposition

Doses	2HAA	4HAA	6HAA	8HAA	10HAA	CM%
TA	0 ± 7,3e	0 ± 6,8c	0 ± 5,8e	0 ± 5,1e	0 ± 8,8b	0 ± 3,6c
TR	100 ± 7,3a	100 ± 6,8a	83,3 ± 5,8a	73,3 ± 5,1a	46,7 ± 8,8a	72,8 ± 3,6a
Fn 50 g/l	3,33 ± 7,3e	26,7 ± 6,8b	30 ± 5,8d	40 ± 5,1cd	27 ± 8,8ab	26 ± 3,6bc
Fn 100 g/l	80 ± 7,3b	86,7 ± 6,8a	70 ± 5,8ab	63,3 ± 5,1a	36,7 ± 8,8a	62 ± 3,6ab
Fn 200 g/l	90 ± 7,3ab	93,3 ± 6,8a	77 ± 5,8ab	66,7 ± 5,1a	40 ± 8,8a	67 ± 3,6ab
Gn 50 g/l	100 ± 7,3a	100 ± 6,8a	83,3 ± 5,8a	73,3 ± 5,1a	46,7 ± 8,8a	72,8 ± 3,6a
Gn 100 g/l	100 ± 7,3a	100 ± 6,8a	83,3 ± 5,8a	73,3 ± 5,1a	46,7 ± 8,8a	72,8 ± 3,6a
Gn 200 g/l	100 ± 7,3a	100 ± 6,8a	83,3 ± 5,8a	73,3 ± 5,1a	46,7 ± 8,8a	72,8 ± 3,6a
Fog 50 g/l	0 ± 7,3e	3,33 ± 6,8c	10 ± 5,8e	30 ± 5,11d	27 ± 8,8ab	17,22 ± 3,6c
Fog 100 g/l	43,3 ± 7,3c	73,3 ± 6,8a	60 ± 5,8bc	56,7 ± 5,1ab	30 ± 8,8a	49,4 ± 3,6b
Fog 200 g/l	53,3 ± 7,3c	93,3 ± 6,8a	77 ± 5,8ab	66,7 ± 5,1a	40 ± 8,8a	61 ± 3,6ab
Ftg 50 g/l	20 ± 7,3de	40 ± 6,8b	30 ± 5,8d	26,7 ± 5,1d	20 ± 8,8ab	29 ± 3,6bc
Ftg 100 g/l	60 ± 7,3bc	83 ± 6,8a	67 ± 5,8ab	57 ± 5,1ab	30 ± 8,8a	55 ± 3,6ab
Ftg 200 g/l	17 ± 7,3e	53 ± 6,8b	43 ± 5,8cd	40 ± 5,1cd	20 ± 8,8ab	34 ± 3,6bc
R <sup>2</sup> (%)	91,89	90,91	89,32	86,86	48,41	83,08
Pr > F	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

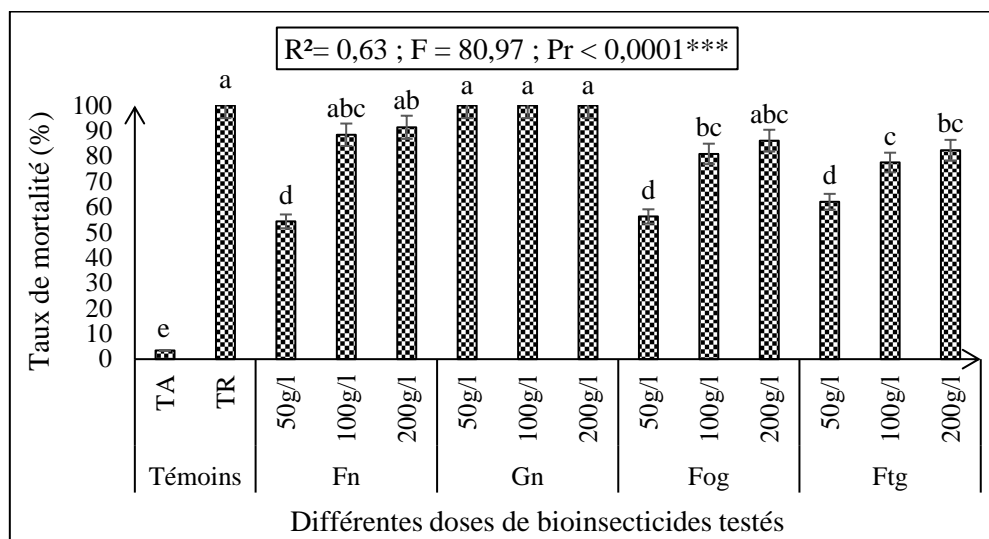
TA : Témoin absolu ; TR : Témoin de référence ; Fn : feuilles de neem ; Gn : graines de neem ; Fog : feuilles de *Ocimum gratissimum* ; Ftg : feuilles de Thé de Gambie ; g/l : gramme par litre ; HAA : heure après application ; R<sup>2</sup> : coefficient de détermination ; Pr : probabilité au seuil de 5 % ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1% ; les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significatives au seuil de 5 %.

### 3-1-3. Effets comparés des différentes doses de bioinsecticides testés sur la mortalité des mouches blanches en laboratoire

Les résultats statistiques ont montré que les différentes doses de bioinsecticides testés ont présenté de différents effets hautement significatifs sur la mortalité des mouches blanches ( $Pr < 0,0001$ ). Ainsi, il a été noté que les extraits aqueux de graines de neem, quelle que soit la dose, ont entraîné un taux de mortalité de 100 % comme dans le cas du témoin référentiel. Avec les extraits aqueux de feuilles (neem, basilic, thé de Gambie), de façon générale, les différentes doses de 50g/L ont engendré un taux de mortalité moyen légèrement au-delà



de 50 %. Par rapport aux doses de 100 g/L et de 200 g/L, les extraits aqueux de feuilles de neem ont provoqué respectivement 88,46 % et 91,31 % de mortalité chez les mouches blanches en condition de laboratoire. Par contre les extraits aqueux de feuilles de basilic et de thé de Gambie ont entraîné un taux moyen de mortalité d'environ 80 % (Figure 5).



**Figure 5 :** Taux de mortalité des mouches blanches en fonction des différentes doses de bioinsecticides testés

TA : Témoin absolu ; TR : Témoin de référence ; Fn : feuilles de neem ; Gn : graines de neem ; Fog : feuilles de *Ocimum gratissimum* ; Ftg : feuilles de Thé de Gambie ; g/l : gramme par litre ; R<sup>2</sup> : coefficient de détermination ; Pr : probabilité au seuil de 5% ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1 % ; les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5 %.

### 3-2. Efficacité biologique d'extraits aqueux de graines et de de feuilles de *A. indica*, de feuilles de *O. graticum* et de *L. Multiflora* sur les mouches blanches en conditions de milieu réel

#### 3-2-1. Effets comparés des différentes doses de bioinsecticides testés sur la mortalité des mouches blanches

Les résultats des tests statistiques révèlent que l'effet des différents traitements sur la mortalité des mouches blanches ainsi que leur interaction avec le temps d'observation après leur application a varié très significativement (Pr < 0,0001) (Tableau 3). Les résultats indiquent aussi que six heures après application (6HAA) aux plants du bioinsecticide de référence, des trois doses d'extraits aqueux de graines et de feuilles de neem, une disparition totale (100 ± 2,27) des populations de mouches blanches a été observée avec des taux de mortalité plus importants chez les extraits de graines de neem à toutes les doses élevées dès la 4HAA. Par ailleurs, les extraits aqueux de feuilles de basilic et de thé de Gambie ont présenté le taux de mortalité le plus élevé (95,56 ± 2,27 % et 95,44 ± 2,27 %) la dixième heure après leur application à de fortes doses (200 g/L).

**Tableau 3 : Variation des taux de mortalité des mouches blanches en fonction des différentes doses de bioinsecticides testés en milieu réel**

Doses	2HAA	4HAA	6HAA	8HAA	10HAA
TR	92,56 ± 2,3ab	98,33 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,3a
Fn 50 g/l	46,67 ± 2,27d	66,11 ± 2,27c	100 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,3a
Fn 100 g/l	56,11 ± 2,27c	87,22 ± 2,2ab	100 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,3a
Fn 200 g/l	79,44 ± 2,2bc	91 ± 2,27ab	100 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,3a
Gn 50 g/l	56,33 ± 2,27c	93,89 ± 2,2ab	100 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,2a
Gn 100 g/l	63,33 ± 2,27c	93,11 ± 2,2ab	100 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,2a
Gn 200 g/l	87,78 ± 2,2ab	99 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,27a	100 ± 2,2a
Fog 50 g/l	36,11 ± 2,3d	58,33 ± 2,27c	63,3 ± 2,3c	63,3 ± 2,3c	84 ± 2,2bc
Fog 100 g/l	49,44 ± 2,3d	74,44 ± 2,2bc	87 ± 2,2ab	87 ± 2,2ab	94 ± 2,2ab
Fog 200 g/l	72,22 ± 2,2bc	81,67 ± 2,2bc	88 ± 2,2ab	88 ± 2,2ab	95,6 ± 2a
Ftg 50 g/l	37,78 ± 2,27d	56,11 ± 2,27c	63,3 ± 2,3c	63 ± 2,27c	81 ± 2,2bc
Ftg 100 g/l	51,11 ± 2,27d	75,6 ± 2,27bc	88 ± 2,3ab	88 ± 2,2ab	94 ± 2,2ab
Ftg 200 g/l	70,6 ± 2,27bc	80,56 ± 2,3bc	89 ± 2,3ab	88 ± 2,3ab	95 ± 2,2ab
R <sup>2</sup> (%)			86,74		
TAA			< 0,0001***		
Doses_Bio			< 0,0001***		
TAA*Doses_Bio			< 0,0001***		

HAA : heure après application ; Fn : feuilles de neem ; Gn : graines de neem ; Fog : feuilles de *Ocimum gratissimum* ; Ftg : feuilles de Thé de Gambie ; g/l : gramme par litre ; R<sup>2</sup> : coefficient de détermination ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1 % ; les nombres affectés d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil 5 %.

### 3-2-2. Effet des doses des formulations sur la fluctuation du nombre de mouches blanches adultes

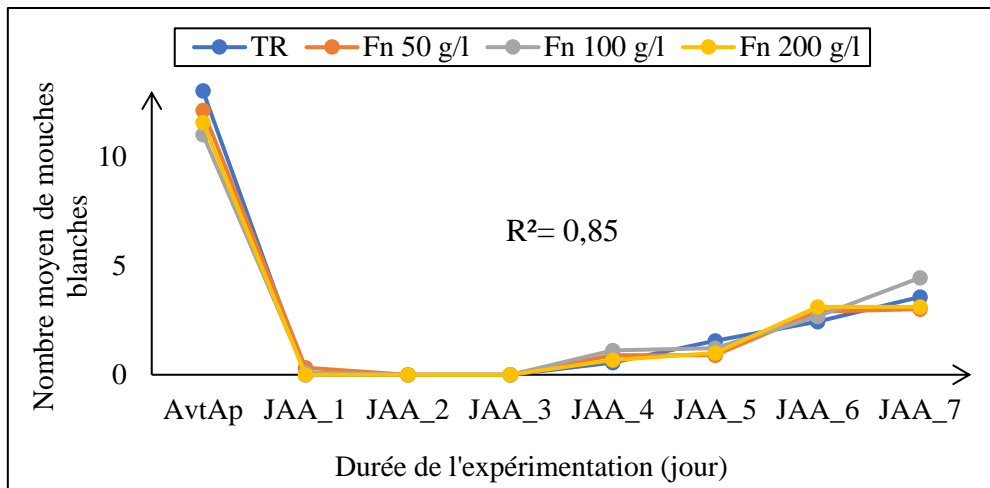
#### 3-2-2-1. Extrait aqueux de feuilles de neem (*Azadirachta indica*)

Les résultats des tests statistiques ont révélé que l'action des extraits aqueux de feuilles de neem et du bioinsecticide de référence sur la fluctuation des mouches blanches a varié très significativement en fonction du nombre de jours après application ( $Pr < 0,0001$ ) tandis qu'aucune différence significative entre l'effet des différents traitements ainsi que leur interaction avec le nombre de jours après application n'a été observée ( $Pr > 0,05$ ) (**Tableau 4**). Ainsi, dès le premier jour après application aux plants des trois doses d'extraits aqueux de feuilles de neem et du bioinsecticide de référence, une disparition complète des populations de mouches blanches est observée. Une nouvelle infestation des plants de manioc a été observée à partir du quatrième jour pour tous les traitements et a connu une évolution progressive jusqu'au 7<sup>ème</sup> JAA. Par ailleurs, l'extrait aqueux de feuilles de neem a offert à 200 g/L un niveau d'infestation plus bas (0,67 à 3,11 mouches blanches / plant) que ceux du bioinsecticide de référence (1,22 à 3,56 mouches blanches / plant) et de la dose de 100 g/L (1,11 à 4,4 mouches blanches / plant) (**Figure 6**). Aussi, a-t-il été noté que le coefficient de détermination est très élevé (> 80 %).

**Tableau 4 : Effet temporel des doses d'extrait aqueux de feuilles de *Azadirachta indica* sur la fluctuation du nombre de mouches blanches en milieu réel**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
JAA	7	4055,441	579,348	221,36	< 0,0001***
Doses	3	1,1493	0,383	0,146	0,9319ns
JAA*Doses	21	36,9896	1,7614	0,673	0,8581ns

DDL : degré de liberté ; JAA : jour après application ; Pr : probabilité au seuil de 5 % ; ns : non significatif au seuil de 5 % ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1 %.



**Figure 6 :** Évolution temporelle du nombre de mouches blanches après traitement des plantes de manioc par l'extrait aqueux de feuilles de *Azadirachta indica*

TR : Témoin de référence ; Fn : feuilles de neem ; g/l : gramme par litre ; R<sup>2</sup> : coefficient de détermination ; AvtAp : avant application ; JAA : jour après application

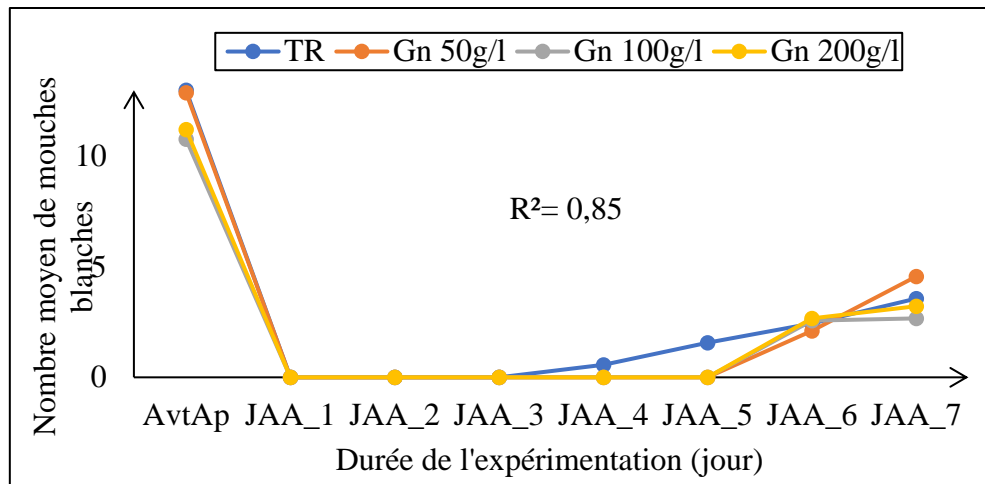
3-2-2-2. Extrait aqueux de graines de neem (*Azadirachta indica*)

Les résultats statistiques indiquent que l'action des extraits aqueux de graines de neem et du bioinsecticide de référence sur la fluctuation des mouches blanches a varié très significativement en fonction du nombre de jours après application ( $Pr < 0,0001$ ) tandis qu'aucune différence significative entre l'effet des différents traitements ainsi que leur interaction avec le nombre de jours après application n'a été observée ( $Pr > 0,05$ ) (**Tableau 5**). Les résultats révèlent une disparition complète des populations de mouches blanches dès le premier jour après application aux plants des trois doses d'extraits aqueux de graines de neem et du bioinsecticide de référence. Une nouvelle infestation des plants de manioc a été notée à partir du quatrième jour pour le bioinsecticide de référence et à partir du sixième pour toutes les trois doses d'extraits aqueux de graines de neem puis a connu une évolution progressive jusqu'au 7<sup>ème</sup> JAA. Par ailleurs, au 7<sup>ème</sup> JAA, l'extrait aqueux de graines de neem a offert à 50 g/L un niveau d'infestation plus élevé (4,56 mouches blanches / plant) que ceux du bioinsecticide de référence (3,56 mouches blanches / plant), de la dose de 100 g/L (mouches blanches / plant) et de la dose de 200 g/L (3,22 mouches blanches / plant) (**Figure 7**).

**Tableau 5 :** Effet temporel des doses d'extrait aqueux de graines de *Azadirachta indica* sur la fluctuation du nombre de mouches blanches en milieu réel

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
JAA	7	4104,111	586,301	199,769	< 0,0001***
Doses	3	8,527	2,842	0,968	0,4081ns
JAA*Doses	21	49,972	2,379	0,810	0,7057ns

DDL : degré de liberté ; JAA : jour après application ; Pr : probabilité au seuil de 5 % ; ns : non significatif au seuil de 5 % ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1 %.



**Figure 7** : Évolution temporelle du nombre de mouches blanches après traitement des plantes de manioc par l'extrait aqueux de graines de *Azadirachta indica*

TR : Témoin de référence ; Gn : graines de neem ; g/l : gramme par litre ;  $R^2$  : coefficient de détermination ; AvtAp : avant application ; JAA : jour après application

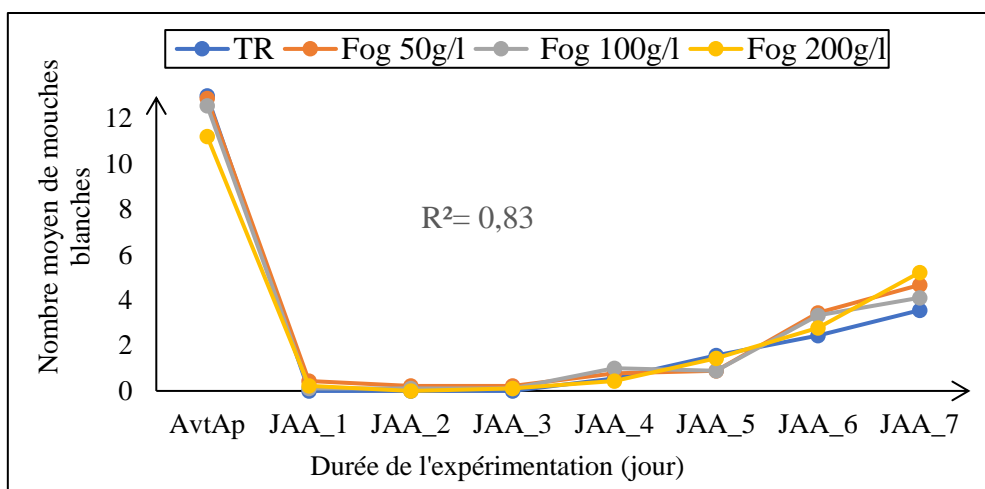
### 3-2-2-3. Extrait aqueux de feuilles de basilic (*Ocimum gratissimum*)

Les résultats montrent que l'action des extraits aqueux de feuilles de basilic et du bioinsecticide de référence sur la fluctuation des mouches blanches a varié très significativement en fonction du nombre de jours après application ( $Pr < 0,0001$ ) tandis qu'aucune différence significative entre l'effet des différents traitements ainsi que leur interaction avec le nombre de jours après application n'a été notée ( $Pr > 0,05$ ) (**Tableau 6**). Une disparition complète des populations de mouches blanches a été observée du premier au troisième jour après application du bioinsecticide de référence aux plants. Une nouvelle infestation des plants de manioc a été observée à partir du quatrième jour pour le bioinsecticide de référence et a connu une évolution progressive jusqu'au 7<sup>ème</sup> JAA. Concernant les trois doses d'extraits aqueux de feuilles de basilic appliquées, le nombre moyen de mouches a baissé et est passé à 0,11 par plant, puis a augmenté progressivement du 3<sup>ème</sup> au 7<sup>ème</sup> JAA. Le bioinsecticide de référence a offert un niveau d'infestation plus bas (0 à 3,56 mouches blanches / plant) que ceux des trois doses de feuilles de basilic avec (0,11 à 4,67 mouches blanches / plant) pour la dose de 50 g/L, (0,11 à 4,11 mouches blanches / plant) pour 100 g/L puis (0,11 à 5,22 mouches blanches / plant) pour 200 g/L (**Figure 8**). Par ailleurs, il a été noté que le coefficient de détermination est très élevé ( $> 80\%$ ).

**Tableau 6** : Effet temporel des doses d'extrait aqueux de feuilles de *Ocimum gratissimum* sur la fluctuation du nombre de mouches blanches en milieu réel

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
JAA	7	4439,441	634,205	206,619	< 0,0001***
Doses	3	2,4271	0,809	0,263	0,8516ns
JAA*Doses	21	46,8229	2,229	0,726	0,8044ns

DDL : degré de liberté ; JAA : jour après application ; Pr : probabilité au seuil de 5 % ; ns : non significatif au seuil de 5 % ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1 %.



**Figure 8 :** Évolution temporelle du nombre de mouches blanches après traitement des plantes de manioc par l'extrait aqueux des feuilles de *Ocimum gratissimum*

TR : Témoin de référence ; Fog : feuilles de *Ocimum gratissimum* ; g/l : gramme par litre ; R<sup>2</sup> : coefficient de détermination ; AvtAp : avant application ; JAA : jour après application

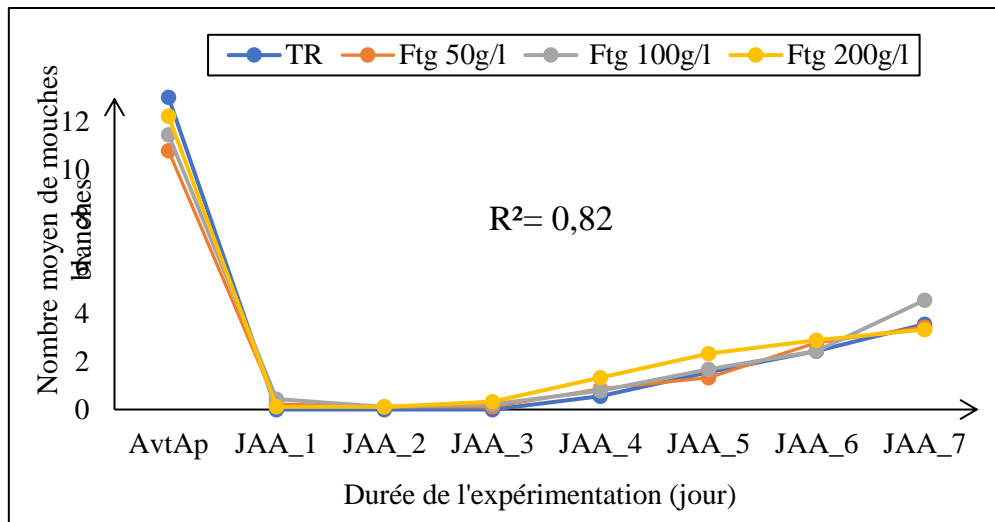
### 3-2-2-4. Extrait aqueux de feuilles de thé de Gambie (*Lippia multiflora*)

Les résultats révèlent que l'action des extraits aqueux de feuilles de thé de Gambie et du bioinsecticide de référence sur la fluctuation des mouches blanches a varié très significativement en fonction du nombre de jours après application ( $Pr < 0,0001$ ) tandis qu'aucune différence significative entre l'effet des différents traitements ainsi que leur interaction avec le nombre de jours après application n'a été notée ( $Pr > 0,05$ ) (**Tableau 7**). Une disparition complète des populations de mouches blanches a été observée du premier au troisième jour après application du bioinsecticide de référence aux plants de manioc (**Figure 9**). Une nouvelle infestation des plants de manioc a été observée à partir du quatrième jour pour le bioinsecticide de référence et a connu une évolution progressive jusqu'au 7<sup>ème</sup> JAA. Par rapport aux trois doses de feuilles de thé de Gambie appliquées le nombre moyen de mouches a baissé et est passé à 0,11 par plant, puis a augmenté progressivement du 3<sup>ème</sup> au 7<sup>ème</sup> JAA. L'extrait aqueux de de feuilles de thé de Gambie a offert à 50 g/l un niveau d'infestation plus élevé (0,11 à 4,56 mouches blanches / plant) que ceux du bioinsecticide de référence (0,78 à 3,33 mouches blanches / plant), des doses de 100 g/l et de 200 g/l (0,11 à 3,33 mouches blanches / plant). Par ailleurs, il a été noté que le coefficient de détermination est très élevé ( $> 80\%$ ).

**Tableau 7 :** Effet temporel des doses d'extrait aqueux de feuilles de *Lippia multiflora* sur la fluctuation du nombre de mouches blanches en milieu réel

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
JAA	7	3914,6528	559,2361	186,574	< 0,0001***
Doses	3	6,0694	2,0231	0,675	0,5681ns
JAA*Doses	21	38,5972	1,8380	0,6132	0,9078ns

DDL : degré de liberté ; JAA : jour après application ; Pr : probabilité au seuil de 5% ; ns : non significatif au seuil de 5% ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1%



**Figure 9 :** Évolution temporelle du nombre de mouches blanches après traitement des plantes de manioc par l'extrait aqueux de feuilles de *Lippia multiflora*

TR : Témoin de référence ;  $R^2$  : coefficient de détermination ; AvtAp : avant application ; JAA : jour après application ; Ftg : feuilles de Thé de Gambie ; g/l : gramme par litre

### 3-3. Potentiel toxique à court terme des différentes formulations (DL 50, DL 90 et DL99) sur les mouches blanches

L'analyse statistique montre une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les doses létales pour les extraits aqueux de feuilles de *L. multiflora* (Ftg) mais une différence hautement significative entre les doses létales a été notée pour les extraits aqueux de *A. indica*, de feuilles de *O. gratissimum* ( $p < 0,0001$ ) pendant la période d'exposition des mouches blanches. De l'analyse du tableau 8, il ressort que les doses d'extrait aqueux de graines de neem pour tuer 50 %, 90 % et 99 % de mouches blanches en condition de laboratoire sont respectivement 2,368 g/L, 49,09 g/L et 168,93 g/L. Pour les extraits aqueux de feuilles de neem, il faut respectivement 39,45 g/L, 146,30 g/L et 425,85 g/L. Les doses létales pour tuer 50 %, 90 % et 99 % de mouches blanches exposées aux extraits aqueux de feuilles de *Ocimum gratissimum* sont respectivement 14,12 g/L, 620,22 g/L et 13547,38 g/L tandis que celles extraits aqueux de feuilles de *L. multiflora* sont respectivement 35,35 g/L, 225,29 g/L et 1019,68 g/L (**Tableau 8**). Par ailleurs, les coefficients de détermination sont très faibles.

**Tableau 8 :** Doses létales des extraits aqueux de *A. indica*, de feuilles de *O. gratissimum* et de *L. multiflora*

DL (%)	Fn (g/l)	Gn (g/l)	Fog (g/l)	Ftg(g/l)
1	3,655	0,013	0,015	1,226
5	7,338	0,059	0,110	3,282
10	10,640	0,134	0,321	5,548
20	16,685	0,359	1,177	10,477
30	23,079	0,731	3,003	16,570
40	30,450	1,342	6,683	24,515
50	39,455	2,368	14,117	35,354
60	51,123	4,178	29,819	50,984
70	67,452	12,689	66,368	75,431
80	93,299	25,350	169,278	119,300
90	146,304	49,090	620,216	225,291
95	212,130	77,726	1812,407	380,850
99	425,854	168,939	13547,384	1019,681
$R^2$ (McFadden)	13,27	9,63	7	1,77
$\text{Khi}^2$ (Wald)	20,72	10,59	23,862	6,099
Pr > Wald	< 0,0001***	0,0011**	< 0,0001***	0,0135*

Fn : feuilles de neem ; Gn : graines de neem ; Fog : feuilles de *Ocimum gratissimum* ; Ftg : feuilles de Thé de Gambie ; g/l : gramme par litre ;  $R^2$  : coefficient de détermination ; Pr : probabilité au seuil de 5% ; \*\*\* : significativité au seuil de 0,1 %.

## 4. Discussion

Le présent travail a pour but d'évaluer l'efficacité des extraits aqueux de graines et de de feuilles de *Azadirachta indica*, de feuilles de *Occimum gratificimum* et de *Lippia Multiflora* vis-à-vis des mouches blanches colonisant le manioc afin de limiter le traitement chimique dans la culture du manioc et de préserver l'environnement. Les essais ont été réalisés en condition de laboratoire (milieu contrôlé) et en milieu réel (champ expérimental).

### 4-1. Efficacité biologique d'extraits aqueux de graines et de de feuilles de *A. indica*, de feuilles de *O. gratificimum* et de *L. Multiflora* sur les mouches blanches en conditions de laboratoire

Les résultats révèlent que l'extrait aqueux de graines de neem a montré une action insecticide totale en seulement deux heures, avec les trois concentrations (50 g/L, 100 g/L et 200 g/L) appliquées. Cette efficacité est comparable au bioinsecticide de référence, ce qui souligne l'intérêt du neem comme alternative naturelle aux pesticides chimiques. Les extraits aqueux de feuilles de *A. indica*, de *O. gratissimum* et de *L. multiflora* sont moins actifs. Leur action est plus lente (efficacité maximale en 10 heures) et nécessite une concentration plus élevée (200 g/L) pour atteindre environ 90 % de mortalité. Cette différence pourrait s'expliquer par une concentration plus faible en composés bioactifs dans les feuilles par rapport aux graines. Cela suggère donc que l'extrait aqueux de graines de neem doit son efficacité à la forte concentration en composé actif, probablement en azadirachtine, un tetranortriterpénoïde qui confère le plus au neem ses activités insectifuge et insecticide [26, 27]. Ces résultats confirment alors que la concentration de l'azadirachtine varie en fonction des différentes parties de la plante [28, 29]. Les résultats de l'étude intitulée efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du chou (*Brassica oleracea*) et du gombo (*Abelmoschus esculentus*), ont indiqué que l'extrait de graines de neem présentait une efficacité notable contre les mouches blanches et contrôlait nettement les populations de ces insectes [30]. Cette efficacité des formulations dont le principe actif est l'azadirachtine a été justifiée par plusieurs études qui ont attesté que les extraits de neem sont composés de plus de cent molécules responsables de la mortalité des insectes comme les limonoïdes [31, 32] dans une équivalence de 8800ppm d'azadirachtine [33]. Ces résultats sont en phase avec plusieurs travaux précédents qui ont prouvé l'efficacité des extraits de neem sur les ravageurs de cultures notamment *Bemisia tabaci* [34]. Les graines de neem apparaissent comme une solution plus efficace et rapide pour lutter contre les mouches blanches. Toutefois, l'utilisation des extraits de feuilles pourrait être envisagée si la rapidité d'action n'est pas un critère essentiel, ou pour une application plus durable et progressive. Il est important de rappeler que le milieu contrôlé demeurant un milieu artificiel, n'offrant toujours pas aux ravageurs les conditions optimales de vie, et même parfois stressant pour ces derniers, les résultats pourraient être confirmés en milieu réel pour optimiser les conclusions de cette étude.

### 4-2. Efficacité biologique d'extraits aqueux de graines et de de feuilles de *A. indica*, de feuilles de *O. gratificimum* et de *L. Multiflora* sur les mouches blanches en conditions de milieu réel

Il a été observé de façon générale que les extraits de graines de neem ont mieux contrôlé, à toutes les doses appliquées (50 g/L, 100 g/L et 200 g/L), les populations de mouches blanches jusqu'au cinquième jour après leur application comparé aux autres extraits y compris le témoin référentiel (TopBio) qui contrôle la population de mouches blanches jusqu'au troisième jour. La dose de 50 g/L a été moins efficace pour les extraits aqueux de feuilles de *A. indica*, de *O. gratissimum* et de *L. multiflora*, seuls les doses 100 g/L et 200 g/L ont permis de contrôler les populations de mouches blanches pendant trois jours. La persistance des effets des extraits aqueux de graines de neem jusqu'au cinquième jour suggère une meilleure rémanence comparée aux autres traitements, qui ne durent que trois jours au maximum. Cette différence s'explique bien par le mode d'action

de l'azadirachtine fortement concentrée dans les amandes de graines de neem qui consiste à perturber la croissance des insectes par inhibition de la libération de neurohormones impliquées dans le développement chez les insectes [35, 36]. Toutefois, ces résultats sont contrariés à ceux qui ont révélé un potentiel plus répulsif des extraits de feuilles de neem comparé à celui des amandes sur *Cylas puncticollis* [37]. Cela suggère que les insectes n'auraient donc pas les mêmes réactions face aux traitements. Néanmoins, l'activité biologique insecticide des différents extraits sur les populations de mouches blanches dans la présente étude se révèle être de courte durée, trois à cinq jours au maximum, montre donc que la plupart des pesticides botaniques se dégradent généralement en quelques heures à quelques jours et parfois en quelques semaines [38, 39]. Par ailleurs, l'effet dose-dépendant observé, notamment pour les extraits aqueux de feuilles de *A. indica*, *O. gratissimum* et *L. multiflora*, où seule une concentration de 100 g/L ou 200 g/L est efficace, suggère que des doses plus faibles peuvent être insuffisantes pour un contrôle durable des mouches blanches. Certains auteurs dans leur étude ont mis en avant le potentiel insecticide de *O. gratissimum*, mais avec une efficacité variable en fonction des concentrations appliquées [40].

## 5. Conclusion

L'extrait aqueux de graines de *A. indica* a montré une action insecticide totale en seulement deux heures, quelle que soit la concentration contrairement aux extraits aqueux de feuilles de *A. indica*, de *O. gratissimum* et de *L. multiflora* qui ont une action plus lente, efficacité maximale en 10 heures, et nécessite une concentration plus élevée (200 g/L) pour atteindre environ 90 % de mortalité. De plus, les extraits aqueux de graines de *A. indica* ont présenté un potentiel répulsif plus fort et durable vis-à-vis des mouches blanches par rapport aux extraits de feuilles.

## Remerciements

*La concrétisation de ce travail a été rendue possible grâce à l'appui du programme Central and West African Virus Epidemiology (WAVE) financé par la Fondation Bill et Melinda Gates. Notre gratitude va à l'équipe WAVE qui a recueilli des données de haute qualité et informatives, contribuant ainsi à l'ensemble des connaissances existantes.*

## Références

- [1] - A. H. GREATHEAD, "Host plants. In : *Bemisia tabaci* - a literature survey". Ed. M. J. W. Cock. FAO and CAB, Ascot, U.K., (1986) 17 - 25
- [2] - C. FAUQUET et J. C THOUVENEL, "Maladies virales des plantes en Côte d'Ivoire" Orstom, N° 46 (1987)
- [3] - V. BRAULT, M. UZEST, B. MONSION, E. JACQUOT et S. BLANC, "Aphids as transport devices for plant viruses. Comptes rendus biologies", 333 (6-7) (2010) 524 - 538
- [4] - M. GHANIM, "A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of Tomato yellow leaf curl virus (Geminiviridae; Begomovirus) by its whitefly vector". *Virus research*, 186 (2014) 47 - 54
- [5] - T. A. HOUNDETE, G. K. KETOH, O. S. HEMA, T. BREVAULT, I. A. GLITHO et T. MARTIN, "Insecticide resistance in field populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in West Africa. Pest management science", 66 (11) (2010) 1181 - 1185



- [6] - O. GNANKINE, I. H. BASSOLE, F. CHANDRE, I. GLITHO, M. AKOGBETO, R. K. DABIRE et T. MARTIN, "Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) and *Anopheles gambiae* Giles (Diptera : Culicidae) could compromise the sustainability of malaria vector control strategies in West Africa". *Acta Tropica*, 128 (1) (2013) 7 - 17
- [7] - A. D. MONDEDJI, W. S. NYAMADOR, K. AMEVOIN, G. K. KETOH, P. GIORDANENGO et I. A. GLITHO, "Treatment and post-treatment effects of neem leaves extracts on *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae)". *African journal of agricultural research*, 10 (6) (2015) 472 - 476
- [8] - N. O. KONAN et G. MERGEAI, "Possibilités d'amélioration de la principale espèce cultivée de cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) pour la résistance au nématode réniforme (*Rotylenchulus reniformis* Linford et Oliveira)". *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 11 (2) (2007) 159 - 171
- [9] - K. S. RAJMOHAN, R. CHANDRASEKARAN et S. VARJANI, " A review on occurrence of pesticides in environment and current technologies for their remediation and management". *Indian journal of microbiology*, 60 (2) (2020) 125 - 138
- [10] - Z. HUANG, S. ALI, S. X. REN et J. H. WU, "Effect of *Isaria fumosoroseus* on mortality and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Plutella xylostella*". *Insect Science*, 17 (2) (2010) 140 - 148
- [11] - I. MINISTA, A. NGAKOU, L. YOUNOUSSA et E. N. NUKENINE, "Insecticidal efficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) products against the sweet potato (*Ipomea batatas* L.) weevil (*Cylas puncticollis* Boh.) in storage". *J. Entomol. Zool. Stud.*, 5 (2017) 1130 - 1133
- [12] - R. A. CLOYD, "Natural Instincts Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides? ". *American Nurseryman*, 200 (2004) 38 - 41
- [13] - B. D. RIPLEY, G. M. RITCEY, C. R. HARRIS, M. A. DENOMME et P. D. BROWN, "Pyrethroid insecticide residues on vegetable crops. Pest Management Science : formerly Pesticide Science", 57 (8) (2001) 683 - 687
- [14] - B. F. TANO, K. ABO, A. DEMBELE et L. FONDIO, "Systèmes de production et pratiques à risque en agriculture urbaine: cas du maraîchage dans la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (6) (2011) 2317 - 2329
- [15] - M. WONDAFRASH, E. GETU et G. TEREFE, "Neem, *Azadirachta indica* (A. Juss) Extracts Negatively Influenced Growth and Development of African Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera : Noctuidae)". *Academic Journal of Entomology*, 5 (1) (2012) 22 - 27
- [16] - F. JOHNSON, B. SERI-KOUASSI, L. R. ABOUA et K. FOUA-BI, "Utilisation de poudres et d'extraits totaux issus de plantes locales des genres *Ocimum* sp. et *Mentha* sp. comme biopesticides dans la lutte contre *Callosobruchus maculatus* FAB". *Agronomie africaine*, 18 (3) (2006) 221 - 233
- [17] - M. F. KASSI, F. Z. TONZIBO, Z. SALAH, J. O. BADOU, A. B. B. BOLOU, B. CAMARA et D. KONE, "Potentiel antifongique de l'huile essentielle de *Ocimum gratissimum* dans la lutte biologique contre la maladie des raies noires du bananier causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Mycosphaerellaceae)". *Agronomie Africaine*, 26 (2) (2014) 127 - 136
- [18] - M. B. ISMAN, "Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world". *Annu. Rev. Entomol.*, 51 (2006) 45 - 66
- [19] - J. DOUGOUD, S. TOEPFER, M. BATEMAN et W. H. JENNER, "Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review". *Agronomy for Sustainable Development*, 39 (37) (2019) 22 p.
- [20] - F. A. SOTONDDJI, O. D. KPINDOUI, A. C. DJHINTO, E. A. DANNON, G. ZODOME, R. SAGBO et M. M. SOUMANOU, "Efficacité du baume de cajou et des huiles végétales pour la lutte contre les populations de *Plutella xylostella* L. 1758 (Lepidoptera : Plutellidae)". *African Crop Science Journal*, 28 (2) (2020) 151 - 168
- [21] - B. L. LOOLI, J. C. MONZENZA et F. MALAISSE, "Essai d'utilisation de quelques bioinsecticides 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) (2021b) 95 - 102
- [22] - A. I. AFANASSEVA, G. C. GRUZDIEV, L. B. DMITRIEV, V. A. ZINCHENKO, V.A. KALININ et R. I. SLOTSEV, "Practical guide to plant protection chemistry. Kolos", Moscow., 272 (1983) p.

- [23] - B. SANE, D. BADIANE, M. T. GUEYE et O. FAYE, "Évaluation de l'efficacité biologique d'extrait de neem (*Azadirachta indica* Juss.) comme alternatif aux pyréthrinoides pour le contrôle des principaux ravageurs du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Sénégal". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (1) (2018) 157 - 167
- [24] - L. A. J. MORDUE, E. D. MORGAN et A. J. NISBET, "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 (2005) 117 - 135
- [25] - B. B. YAROU, P. SILVIE, F. ASSOGBA KOMLAN, A. MENSAH, T. ALABI, F. VERHEGGEN et F. FRANCIS, "Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest." *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 21 (4) (2017)
- [26] - E. D. MORGAN, "Azadirachtin, a scientific gold mine". *Bioorg Med Chem.*, 17 (12) (2009) 4096 - 4105
- [27] - N. ARIBI, B. DENIS, S. KILANI-MORAKCHI et D. JOLY, "L'azadirachtine, un pesticide naturel aux effets multiples". *médecine/sciences*, 36 (2020) 44 - 49
- [28] - M. J. GAUVIN, A. BELANGER, R. NEBIE et G. BOIVIN, "Azadirachta indica : l'azadirachtine est-elle le seul ingrédient actif?". *Phytoprotection*, 84 (2) (2003) 115 - 119
- [29] - A. R. V. KUMAR, H. C. JAYADEVI, H. J. ASHOKA et K. CHANDRASHEKARA, "Azadirachtin use efficiency in commercial neem formulations". *Current science*, (2003) 1459 - 1464
- [30] - J. A. GNAGO, M. DANHO, T. A. AGNEROH, I. K. FOFANA et A. G. KOHOU, "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) (2010) 953 - 966
- [31] - I. MINISTA, A. NGAKOU, L. YOUNOUSSA et E. NCHIWAN, "Insecticidal efficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) products against the sweet potato (*Ipomea batatas* L.) weevil (*Cylas puncticollis* Boh.) in storage". *J Entomol Zool Stud*, 5 (5) (2017) 1130 - 1137
- [32] - M. I. ADDEA, "The uses of the neem (*Azadirachta indica*), In: Ghana and their relations of the chemical constituents and Biological activities. In: Seminar of the potentials of the neem trees, Dodowa, Ghana", (1998) 11 - 26
- [33] - H. SCHMUTTERER, "Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*". *Annual review of entomology*, 35 (1) (1990) 271 - 297
- [34] - G. BONNI, M. ADEGNIKA et A. PARAÏSO, "Ravageurs du cotonnier au Bénin". *Tropicultura*, 36 (4) (2018) 762 - 772
- [35] - A. J. MORDUE, E. D. MORGAN, A. J. NISBET, L. I. GILBERT et S. S. GILL, "Azadirachtin, a natural product in insect control". *Insect control: biological and synthetic agents*, (2010) 185 - 197
- [36] - S. KILANI-MORAKCHI, H. MORAKCHI-GOUDJIL et K. SIFI, "Azadirachtin-based insecticide: Overview, risk assessments, and future directions". *Frontiers in agronomy*, 3 (2021) 676208
- [37] - B. G. DOUAN, S. SILUE, T. COULIBALY, A. S. D. DANON, A. T. COULIBALY et M. DOUMBIA, "Evaluation de l'effet répulsif d'extraits De neem (*Azadirachta indica* A. Juss., 1830) sur le charançon de la patate douce (*Cylas Puncticollis* Boheman, 1833) en condition de Laboratoire à Korhogo, Nord de la Côte d'Ivoire." *Agronomie Africaine*, 34 (3) (2022) 419 - 428
- [38] - S. GULERIA et A. K. TIKU, "Botanicals in Pest Management: Current Status and Future Perspectives". *Integrated Pest Management*, ISBN. 978-1-4020-8991-6t, Vol. 1, (2009) 317 - 329
- [39] - H. KLEEBERG et B. RUCH, "Standardization of neem-extracts". In *Proceedings of International Neem Conference (2006)* 1 - 11 p.
- [40] - S. M. KEITA, C. VINCENT, J. SCHMITA, J. T. ARNASON et A. BELANGER, "Pesticides based on plant essential oils: From traditional practice to commercialization." *Journal of Stored Products Research*, 37 (2001) 339 - 349