

## Effets comparés, en condition de laboratoire, d'insecticides chimiques et biologiques sur les paramètres post-embryonnaires de *Rhynocoris albopilosus* Signoret, 1858 (Hétéroptères : Reduviidae)

Lou Gounan Ghislaine BOTTY\*, Kouadio Dagobert KRA, Koffi Eric KWADJO,  
Dokatiéné Seydou SORO et Mamadou DOUMBIA

Université Nangui Abrogoua, UFR-SN Unité de Recherche en Entomologie Agricole du Pôle de Protection  
Végétale, Laboratoire d'Entomologie Agricole, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

(Reçu le 25 Novembre 2021 ; Accepté le 25 Janvier 2022)

\* Correspondance, courriel : [botloughis85@live.fr](mailto:botloughis85@live.fr)

### Résumé

Cette étude porte sur la biologie de *Rhynocoris albopilosus*, prédateur majeur de nombreuses cultures en Côte d'Ivoire. Le but de ce travail est de connaître l'effet des insecticides sur les paramètres post-embryonnaires de cet insecte au laboratoire pour son utilisation efficace dans un programme de lutte intégrée. Les applications ont été faites sur les cinq stades larvaires de *R. albopilosus* dans des boîtes de Pétri contenant du papier buvard (fond humide) ou en absence (fond sec). Les résultats obtenus montrent que le taux de mortalité est de 100 % chez les individus exposés à l'abamectine et à l'acéphate liquide et varie chez ceux exposés au *B. thuringiensis* et au neem-aïl. De même, la durée du cycle de développement des individus exposés au *B. thuringiensis* et au neem-aïl varie selon les deux types d'applications et le nombre d'adulte obtenu est faible chez les individus exposés au neem-aïl. Les insecticides chimiques, contrairement aux insecticides biologiques, sont très néfastes pour *R. albopilosus*, insecte utile dans la lutte contre les nuisibles des cultures horticoles. Ces biopesticides pourraient être donc conseillés ou utilisés dans des programmes de lutte intégrée comme alternatives des pesticides chimiques.

**Mots-clés :** *Rhynocoris albopilosus*, insecticides chimiques et biologiques, Côte d'Ivoire.

### Abstract

**Comparative effects, under laboratory conditions, of chemical and biological insecticides on post-embryonic parameters of *Rhynocoris albopilosus* Signoret, 1858 (Heteroptera : Reduviidae)**

This study focuses on the biology of *Rhynocoris albopilosus*, a major predator of many crops in Côte d'Ivoire. The aim of this work is to know the effect of insecticides on the post-embryonic parameters of this insect in the laboratory for its effective use in an integrated pest management program. Applications were made on the five larval stages of *R. albopilosus* in Petri dishes containing blotting paper (wet bottom) or in the absence of it (dry bottom). The results obtained show that the mortality rate is 100 % for individuals exposed to abamectin and liquid acephate and varies in those exposed to *B. thuringiensis* and neem-aïl. Similarly, the

length of the development cycle of individuals exposed to *B. thuringiensis* and neem-ail varied between the two types of applications and the number of adults obtained was low in individuals exposed to neem-ail. The chemical insecticides, unlike biological insecticides, are very harmful to *R. albopilosus*, an insect useful in the control of horticultural pests. These biopesticides could therefore be recommended or used in integrated pest management programs as alternatives to chemical pesticides.

**Keywords :** *Rhynocoris albopilosus*, Chemical and biological insecticides, Côte d'Ivoire.

## 1. Introduction

A l'image de la population mondiale qui atteindra environ 9,8 milliards de personnes en 2050 [1, 2], la population ouest africaine connaît aujourd'hui une croissance démographique rapide [1, 3]. Selon l'Institut National d'Etudes Démographiques (INED) en 2008, ce taux de croissance de 24,6 % était l'un des plus élevés observés en Afrique. Cette forte croissance de la population fait augmenter significativement la demande en denrée alimentaire en Afrique notamment en Côte d'Ivoire [3] où les légumes et produits protéagineux occupent une place de choix dans l'alimentation. De ce fait, la production légumière y a progressé de 30 % en une dizaine d'années pour atteindre 700000 tonnes en 2001 [4]. Cependant, ces cultures sont sujettes à de nombreuses attaques, notamment celles des insectes ravageurs qui ont fait l'objet de nombreuses études [5 - 7]. Afin de couvrir les grands marchés urbains ivoiriens et combattre ces ravageurs, les maraîchers utilisent davantage des produits phytosanitaires [4, 8]. Plusieurs de ces pesticides chimiques utilisés dans les agroécosystèmes ciblent aussi bien les insectes nuisibles (ravageurs) que les insectes utiles (auxiliaires et ennemis naturels) [9, 10]. De plus, plusieurs espèces d'insectes nuisibles aux cultures ont développé une résistance aux pesticides chimiques [11, 12]. Ainsi, plus de 500 espèces de ravageurs ont acquis une résistance à un ou plusieurs types de pesticides chimiques [8]. Cette utilisation abusive de produits phytosanitaires qui s'est accentuée ces dernières décennies contamine l'environnement et surtout peut nuire à la santé du travailleur rural [13, 14], car ces utilisateurs ne maîtrisent pas toujours les modes et les conditions d'emploi [15]. En Côte d'Ivoire, 65 % des maladies dont souffrent les maraîchers, les producteurs de coton, les producteurs et les consommateurs de mangues, sont dues aux pesticides selon les estimations du Centre National de Recherche Agronomique d'Abidjan [16]. Alors, suite aux différents problèmes engendrés par les pesticides, des méthodes moins polluantes ont été envisagées. Il s'agit entre autre de la lutte biologique qui permet de contrôler les organismes nuisibles à travers l'utilisation d'organismes vivants [17]. De plus, dans certains cas, un effet synergique a été observé en associant ces organismes vivants avec une utilisation raisonnée des insecticides [18]. Parmi les insectes ennemis naturels, l'intérêt des Hétéroptères (prédateurs), de la famille des Reduviidae, utilisés comme agent de lutte biologique a été mis en évidence par plusieurs auteurs [19 - 21]. Cependant, le manque de données sur l'association des Reduviidae avec les insecticides limite la mise en place de ces ennemis naturels dans les agrosystèmes. Ainsi, ce travail vise à connaître l'effet des insecticides sur les paramètres post-embryonnaires de l'Hétéroptère prédateur *Rhynocoris albopilosus* afin d'être utilisé efficacement dans un programme de lutte intégrée. Le stade larvaire étant le plus vulnérable et sensible, les larves des différents stades de ce prédateur ont été exposées aux différents insecticides.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Matériel

#### 2-1-1. Matériel d'élevage

Le matériel d'élevage était composé de différents bocaux d'élevage. Des bocaux en plastique transparent (L = 16 cm et l = 12 cm) ont été utilisés pour l'élevage de *R. albopilosus* et de *T. castaneum*. Les bocaux dont les couvercles ont été perforés et tapissés de mousseline (bonne aération du milieu) ont servi à l'élevage des couples d'adultes de *R. albopilosus* traités ou non traités avec les différents produits insecticides. Ceux dont les couvercles n'ont pas été perforés ont servi à l'élevage de *T. castaneum*, la proie de substitution. Des piluliers (H = 7 cm, D = 3,4 cm) ont servi à l'élevage des larves de *R. albopilosus*. Des boîtes de Pétri (diamètre = 9 cm) ont également servi à l'élevage des différents stades de développement de *R. albopilosus* traités avec les produits insecticides et ceux non traités utilisés comme Témoin.

#### 2-1-2. Matériel d'application des produits phytosanitaires

Le matériel d'application composé d'une micropipette a été utilisé pour prélever les différentes quantités de produits. La micropipette (capacité 1000 µl) surmontée d'un cône a permis de prélever la quantité exacte du produit à utiliser dans chaque boîte de Pétri contenant ou pas des papiers buvard. Ces boîtes de Pétri ont servi aux applications des individus des 5 stades larvaires avec les différents insecticides.

#### 2-1-3. Produits insecticides utilisés pour les applications

Quatre (4) produits phytosanitaires ont été utilisés, 2 insecticides chimiques et 2 insecticides biologiques. Les insecticides chimiques étaient composés de l'acéphate (organophosphoré) et de l'abamectine (avermectine). Les insecticides biologiques étaient : *Bacillus thuringiensis* (insecticide biologique commercialisé sous la forme de bactéries entomopathogènes) et l'association neem-ail (insecticide biologique commercialisé sous la forme d'extrait de plantes).

### 2-2. Méthodes

#### 2-2-1. Elevage de *R. albopilosus*

Des couples d'un mâle et d'une femelle ont été constitués. Après accouplement de ces individus (reproducteurs), des œufs ont été observés dans les bocaux d'élevage. Les larves issues de ces œufs ont été mises individuellement dans des piluliers et nourries chaque jour avec des larves de *T. castaneum*. Une partie de ces larves a été utilisée pour les tests avec des produits insecticides et l'autre pour la suite de l'élevage. Les cinq stades larvaires ont été utilisés.

#### 2-2-2. Méthode d'application des produits insecticides sur *R. albopilosus*

Des insecticides de synthèse et biologiques utilisés par les maraichers en Côte d'Ivoire ont été testés. Il s'agit de l'abamectine, l'acéphate, le *B. thuringiensis* et le neem associé à l'ail. Pour chaque produit utilisé deux tests de contact avec les larves de *R. albopilosus* ont été effectués. Un test de contact sur fond humide (traitement en présence des papiers buvard dans les boîtes de Pétri) et un test de contact sur fond sec (traitement en absence des papiers buvard dans les boîtes de Pétri). La dose utilisée pour chaque application a été la dose normale.

- Test de contact des larves de *R. albopilosus* sur fond humide : les insecticides ont été préalablement

appliqués dans des boîtes de Pétri contenant du papier buvard. Puis, 30 individus de chacun des cinq stades larvaires ont été mis individuellement en contact avec les papiers buvards traités. Ensuite, pour chaque produit et pour chaque stade larvaire, le temps de contact sur le papier buvard était de 5 minutes, 30 minutes et 60 minutes. Au bout de ces différents temps de contact, les larves ont été retirées des boîtes de Pétri contenant les insecticides puis remis dans d'autres boîtes de Pétri ne contenant ni papier buvard, ni produits insecticides. Ces derniers ont été suivis chaque jour afin de noter toute mue (présence d'exuvie) ou toute mortalité ;

- Test de contact des larves de *R. albopilosus* sur fond sec : les insecticides ont été appliqués dans des boîtes de Pétri sans papiers buvard. Ces insecticides ont été appliqués dans des boites de Pétri et séchés pendant 20 minutes à l'ombre. Puis, 10 larves de chaque stade larvaire sont individuellement mises dans ces boites de Pétri, soit 30 individus de chaque stade larvaire. Ces derniers sont également suivis chaque jour afin de noter toute mue (présence d'exuvie) ou toute mortalité ;
- Test témoin : un test témoin a été effectué avec les cinq stades larvaires mis dans les boîtes de Pétri ne contenant ni papier, ni produits insecticides.

Ces larves ont été élevées dans les conditions de laboratoire (température :  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , humidité relative :  $80 \pm 10\%$ ).

### ***2-2-3. Evaluation de la durée de développement des différents stades larvaires de *R. albopilosus* exposés aux produits insecticides***

Ces tests ont été effectués sur des larves nouvellement émergées âgées de 24 heures au plus pour le stade L1 et sur les larves venant d'effectuer leur mue ou âgées de 24 heures maximum pour les stades L2 ; L3 ; L4 et L5. Quatre (4) lots de 30 larves de *R. albopilosus* ont été constitués par stades larvaires. Dans chaque lot, les larves ont été placées individuellement dans des boîtes de Pétri. De ces quatre lots, trois lots ont subi une application sur fond humide (5 minutes, 30 minutes et 60 minutes) et un lot a subi une application sur fond sec. Ainsi, chacun des quatre insecticides a été utilisé dans les deux types d'applications (fond humide et fond sec) pour chaque stade donné de *R. albopilosus*. Après traitement, ces larves ont été suivies quotidiennement jusqu'à la mort de l'individu ou jusqu'à la mue.

### ***2-2-4. Evaluation de la durée du cycle de développement de *R. albopilosus* exposé aux insecticides***

Dès l'émergence des larves, quatre (4) lots de 30 larves de *R. albopilosus* ont été constitués. Dans chaque lot, les larves ont été placées individuellement dans des boites de Pétri. De ces quatre lots, trois lots ont subi une application sur fond humide (5 minutes, 30 minutes et 60 minutes) et un lot a subi une application sur fond sec. Ainsi, chacun des quatre insecticides a été utilisé dans les deux types d'applications (fond humide et fond sec). Chaque larve était quotidiennement examinée afin de noter toute mue (présence d'exuvie) ou toute mortalité.

### ***2-2-5. Analyses statistiques***

Les données obtenues suite à l'élevage ont été analysées au moyen du Logiciel R (version 3.6.3). La normalité a été préalablement testée au moyen du test de Shapiro au seuil de  $\alpha = 0,05$ . Les durées de développement larvaire et du cycle de développement de *R. albopilosus* ont été déterminées à travers les tests non paramétriques de Kruskal-Wallis et U de Mann-Whitney, lorsque les variances n'étaient pas homogènes et à travers les tests paramétriques ANOVA, pour les variances homogènes.

### 3. Résultats

#### 3-1. Durée de développement des différents stades larvaires de *R. albopilosus* après application du stade L1

L'application des individus du stade L1 avec le *B. thuringiensis* et le neem-ail sur fond humide (5 minutes, 30 minutes et 60 minutes de contact) a montré une différence significative entre les différents stades larvaires traités (Kruskal.test,  $p < 0,001$ ). Pour l'application sur fond humide avec le *B. thuringiensis* et le neem-ail, les plus longues durées moyennes de développement s'observent aux stades L1 et L5. Les stades L2 et L3 ne diffèrent pas significativement les uns des autres et présentent les plus courtes durées de développement à chaque application du *B. thuringiensis* et du neem-ail sauf pour le contact de 30 minutes avec le neem-ail où seul le stade L2 présente la plus courte durée de développement avec  $5,12 \pm 0,67$  jours. Ainsi, les plus longues durées moyennes s'observent aux stades L1 et L5 et les plus courtes s'observent aux stades L2 et L3 (**Tableau 1**).

**Tableau 1 :** *Durée de développement des différents stades larvaires de R. albopilosus après application du stade L1 sur fond humide*

Traitement	Stades	Durée de développement des larves $\pm$ écart-type (jours)				
		Fond humide			Témoïn	p
		5 minutes	30 minutes	60 minutes		
<i>B. thuringiensis</i>	L1	$7,18 \pm 1,16cA$	$6,71 \pm 0,76cA$	$6,8 \pm 0,91cA$	$7,07 \pm 1,51bA$	0,063
	L2	$5,22 \pm 0,99aA$	$4,77 \pm 0,76aA$	$5,04 \pm 0,68aA$	$5,52 \pm 0,58aA$	0,063
	L3	$5,57 \pm 1,03aAB$	$4,96 \pm 0,91aA$	$5,17 \pm 0,71abA$	$5,79 \pm 0,59aB$	0,040
	L4	$6,47 \pm 0,51bBC$	$6,14 \pm 0,48bB$	$5,53 \pm 0,70bA$	$6,83 \pm 1,09bC$	0,00
	L5	$8,82 \pm 0,95dAB$	$8,69 \pm 1,62dAB$	$8,12 \pm 1,54dA$	$8,95 \pm 0,82cC$	0,00
	p	0,00	0,00	0,00	0,00	
Neem-ail	L1	$7,72 \pm 0,53cBC$	$7,38 \pm 0,75cAB$	$7,82 \pm 1,05cC$	$7,07 \pm 1,51bA$	0,00
	L2	$5,71 \pm 0,95abB$	$5,12 \pm 0,67aA$	$5,12 \pm 1,26aA$	$5,52 \pm 0,58aB$	0,00
	L3	$5,3 \pm 0,73aA$	$6,17 \pm 1,53bA$	$5,75 \pm 1,60abA$	$5,79 \pm 0,59aA$	0,075
	L4	$6,11 \pm 0,93bA$	$5,8 \pm 1,01bA$	$6,43 \pm 1,51bA$	$6,83 \pm 1,09bA$	0,311
	L5	$8,75 \pm 0,71dB$	$7,37 \pm 0,52cA$	$8,86 \pm 1,21dB$	$8,95 \pm 0,82cB$	0,049
	p	0,00	0,00	0,00	0,00	

*Sur chaque ligne/colonne, les valeurs suivies de la même lettre majuscule/minuscule ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$*

S'agissant de l'application sur fond sec, les analyses statistiques ont montré une différence entre les différents stades larvaires pour le traitement au *B. thuringiensis* (Kruskal.test,  $\chi^2 = 56,478$  ;  $p < 0,001$ ) et au neem-ail (Kruskal.test,  $\chi^2 = 56,868$  ;  $p < 0,001$ ). Les plus longues durée de développement s'observent aux stades L1 et L5 pour les individus traités au neem-ail et au *B. thuringiensis*. Cependant, le stade L5 présente toujours la plus longue durée avec  $10,17 \pm 1,58$  jours pour le neem-ail et  $8,23 \pm 1,31$  jours pour le *B. thuringiensis* (**Tableau 2**). Tous les individus traités à l'acéphate liquide et à l'abamectine sont morts au stade L1 sans avoir effectué de mue, pour chaque application. Ainsi, la durée de développement moyenne est nulle.

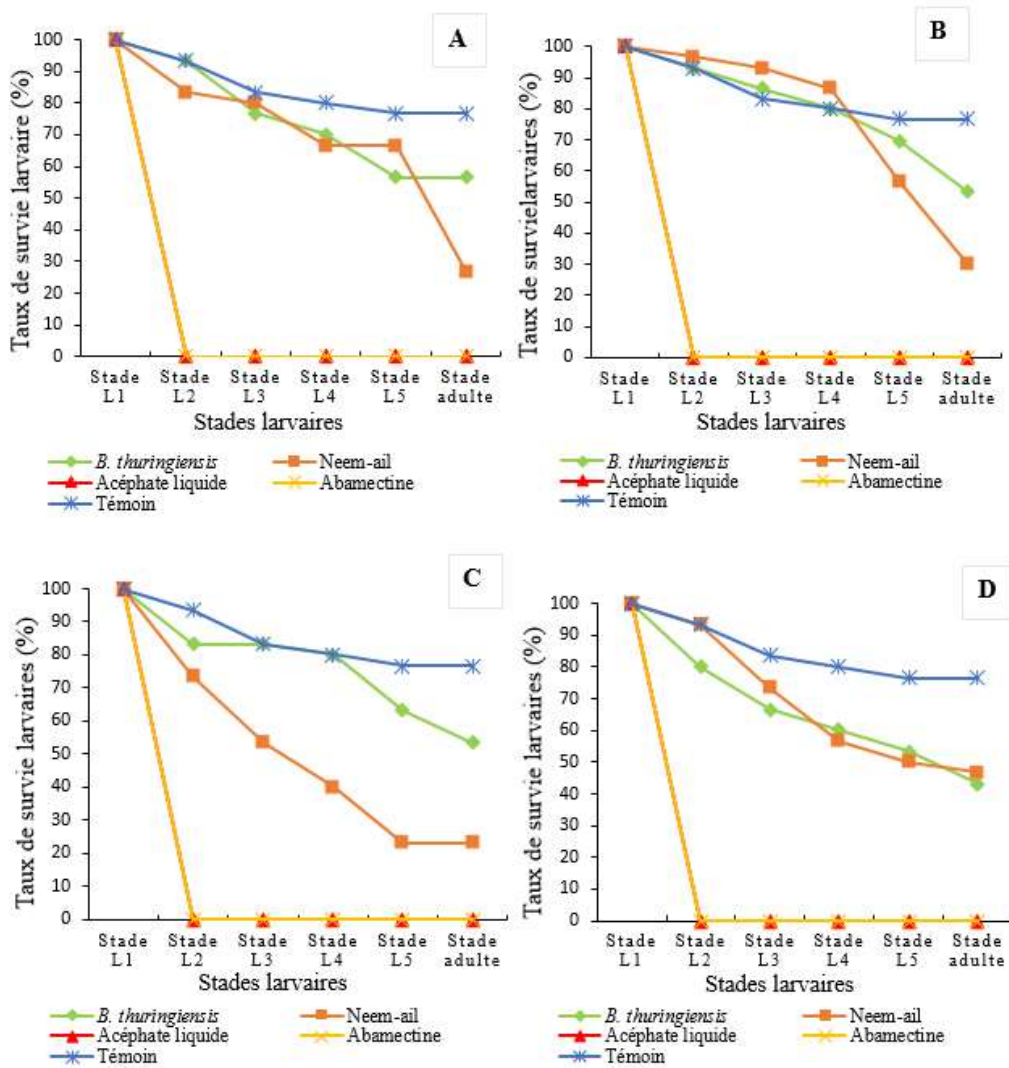
**Tableau 2 : Durée de développement des différents stades larvaires chez *R. albopilosus* après application du stade L1 sur fond sec**

Traitement	Stades	Fond sec	Témoin	p
<i>B. thuringiensis</i>	L1	6,12 ± 0,34bA	7,07 ± 1,51bB	0,00
	L2	4,95 ± 0,82aA	5,52 ± 0,58aB	0,021
	L3	4,72 ± 1,13aA	5,79 ± 0,59aB	0,00
	L4	7 ± 1,26cA	6,83 ± 1,09bA	0,673
	L5	8,23 ± 1,31dA	8,95 ± 0,82cA	0,077
	p	0,00	0,00	
Neem-ail	L1	7,23 ± 0,65cA	7,07 ± 1,51bA	0,066
	L2	5,67 ± 0,91abB	5,52 ± 0,58aA	0,021
	L3	5,37 ± 1,26aA	5,79 ± 0,59aB	0,00
	L4	6,07 ± 0,61bA	6,83 ± 1,09bA	0,65
	L5	10,17 ± 1,58dB	8,95 ± 0,82cA	0,077
	p	0,00	0,00	

Sur chaque ligne/colonne, les valeurs suivies de la même lettre majuscule/minuscule ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$

### 3-2. Evolution du taux de survie des larves du stade L1 traités et suivis jusqu'au stade adulte

Le taux de survie au bout de 5 minutes de contact dépasse les 50 % chez les individus traités au *B. thuringiensis* et chez les individus témoins avec respectivement 56,67 % et 76,67 %. Le taux de survie des individus traités au neem-ail est de 26,67 %. Ce taux est nul chez les individus traités à l'abamectine et à l'acéphate liquide car tous les individus meurent au stade L1 sans avoir fait de mue (**Figure 1A**). Au bout de 30 minutes de contact, les taux de survie des individus témoins et ceux traités au *B. thuringiensis* dépasse les 50 % avec respectivement 76,67 % et 53,33 %. Le taux de survie des individus traités au neem-ail est de 30 %. Tous les individus traités à l'acéphate liquide et l'abamectine meurent au stade L1 sans avoir fait de mue (**Figure 1B**). Au bout de 60 minutes de contact, le taux de survie est supérieur à 50 % chez les individus témoins et les individus traités au *B. thuringiensis* et inférieur à 50 % chez les individus traités au neem-ail. Tous les individus traités à l'acéphate liquide et l'abamectine meurent au stade L1 sans avoir fait de mue (**Figure 1C**). Sur fond sec, le taux de survie dépasse les 50 % chez les individus témoins avec 76,67 % alors que chez ceux traités au neem-ail et au *B. thuringiensis* ce taux est inférieur à 50 % avec respectivement 46,67 % et 43,33 %. Le taux de survie est nul chez les individus traités à l'abamectine et à l'acéphate liquide car tous les individus meurent au stade L1 sans avoir effectué de mue (**Figure 1D**).



**Figure 1 :** Courbes de l'évolution des taux de survie larvaire au bout (A) de 5 minutes, (B) de 30 minutes, (C) de 60 minutes et (D) sur fond se

### 3-3. Durée de développement des différents stades larvaires de *R. albopilosus* après application des produits insecticides

#### 3-3-1. Durée du développement de chaque stade larvaire en fonction du type d'application

Pour les applications sur fond humide, la durée de développement des individus traités au *B. thuringiensis* et au neem-ail en 5 minutes de contact est significativement plus longue au niveau des individus du cinquième stade (Kruskal.test,  $p < 0,001$ ) avec respectivement  $11,09 \pm 0,97$  jours,  $9,9 \pm 0,72$  jours. Elle est aussi significativement plus courte au niveau du deuxième stade (Kruskal.test,  $p < 0,001$ ) chez les larves traitées au *B. thuringiensis* et au neem-ail avec respectivement  $4,81 \pm 0,98$  jours et  $6,4 \pm 1,07$  jours. Tous les individus traités à l'acéphate liquide et à l'abamectine sont morts sans avoir effectué de mue. En 30 minutes de contact, la durée de développement des individus traités au *B. thuringiensis* et au neem-ail est significativement plus longue au niveau des individus du cinquième stade avec respectivement  $9,37 \pm 1,06$  jours et  $9,73 \pm 1,64$  jours. Toutes les larves traitées à l'abamectine et à l'acéphate liquide sont mortes sans avoir effectué de mue. Après un contact de 60 minutes, la durée de développement des individus traités au *B. thuringiensis* et au neem-ail est significativement plus courte au niveau des individus du deuxième stade

larvaire avec respectivement  $5,6 \pm 0,88$  jours et  $6,17 \pm 0,39$  jours et significativement plus longue au niveau des individus du cinquième stade larvaire avec respectivement  $9,27 \pm 0,7$  jours et  $9,55 \pm 0,60$ . Ceux traités à l'abamectine et à l'acéphate liquide sont tous morts sans avoir effectué de mue (**Tableau 3**). Après traitement sur fond sec, les analyses statistiques ont montré une différence significative entre les différents stades larvaires traités au *B. thuringiensis* (Kruskal.test,  $\chi^2 = 89,984$  ;  $p < 0,001$ ) et au neem-ail (Kruskal.test,  $\chi^2 = 88,309$  ;  $p < 0,001$ ). Pour les deux insecticides, la durée de développement est significativement plus longue chez les individus du stade L5 avec respectivement  $9,52 \pm 0,60$  jours et  $10,06 \pm 2,90$  jours. Les stades L3 sont significativement plus courts avec respectivement  $5,36 \pm 0,49$  jours et  $5,52 \pm 0,60$  jours (**Tableau 4**).

**Tableau 3** : Durée de développement de chaque stade larvaire de *Rhynocoris albopilosus* en fonction du type d'application

Traitement	Stades	Fond humide			Témoins	p
		5 minutes	30 minutes	60 minutes		
<i>B. thuringiensis</i>	L1	$7,18 \pm 1,16cA$	$6,71 \pm 0,76cA$	$6,8 \pm 0,91bA$	$7,07 \pm 1,51bA$	0,062
	L2	$4,81 \pm 0,98aA$	$5,21 \pm 0,53aAB$	$5,6 \pm 0,88aBC$	$5,81 \pm 0,8aC$	0,045
	L3	$6,14 \pm 0,70b$	$6,23 \pm 1,21b$	$6,45 \pm 0,87b$	$5,89 \pm 0,75a$	0,305
	L4	$6,94 \pm 1,2cA$	$7,62 \pm 0,71dA$	$8,19 \pm 1,9cB$	$8,81 \pm 1,06cC$	0,00
	L5	$11,09 \pm 0,97dB$	$9,37 \pm 1,06eA$	$9,27 \pm 0,7dA$	$11,06 \pm 0,2dB$	0,00
	p	0,00	0,00	0,00	0,00	
Neem-ail	L1	$7,72 \pm 0,52cBC$	$7,38 \pm 0,75bAB$	$7,82 \pm 1,05cC$	$7,07 \pm 1,51bA$	0,00
	L2	$6,4 \pm 1,07aA$	$6,84 \pm 1,25abA$	$6,17 \pm 0,39aA$	$5,81 \pm 0,8aA$	0,184
	L3	$7,62 \pm 1,96abcB$	$6,9 \pm 0,97aB$	$6,9 \pm 0,3bB$	$5,89 \pm 0,75aA$	0,00
	L4	$7,59 \pm 0,51bA$	$8 \pm 0,55bcA$	$9,42 \pm 0,51dA$	$8,81 \pm 1,06cA$	0,051
	L5	$9,9 \pm 0,72dA$	$9,73 \pm 1,64dA$	$9,55 \pm 0,60dA$	$11,06 \pm 0,2dB$	0,00
	p	0,00	0,00	0,00	0,00	

Sur chaque ligne/colonne, les valeurs suivies de la même lettre majuscule/minuscule ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$

**Tableau 4** : Durée de développement de chaque stade larvaire chez *Rhynocoris albopilosus*

Traitement	Stades	Fond sec	Témoins	p
<i>B. thuringiensis</i>	L1	$6,12 \pm 0,34bA$	$7,07 \pm 1,51bB$	0,00
	L2	$5,61 \pm 0,89aA$	$5,81 \pm 0,8aA$	0,344
	L3	$5,36 \pm 0,49aA$	$5,89 \pm 0,75aB$	0,00
	L4	$7,1 \pm 0,75cA$	$8,81 \pm 1,06cB$	0,00
	L5	$9,52 \pm 0,60dA$	$11,06 \pm 0,2dA$	0,077
	p	0,00	0,00	
Neem-ail	L1	$7,23 \pm 0,65cA$	$7,07 \pm 1,51bA$	0,051
	L2	$6,41 \pm 0,58bB$	$5,81 \pm 0,8aA$	0,010
	L3	$5,52 \pm 0,60aA$	$5,89 \pm 0,75aA$	0,092
	L4	$7,41 \pm 0,60cA$	$8,81 \pm 1,06cB$	0,00
	L5	$10,06 \pm 2,90dA$	$11,06 \pm 0,2dB$	0,00
	p	0,00	0,00	

Sur chaque ligne/colonne, les valeurs suivies de la même lettre majuscule/minuscule ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$



**3-3-2. Comparaison des durées de développement de chaque stade larvaire**

Au niveau des stades larvaires L1, L2, L3, L4 et L5, tous les individus traités à l'abamectine et à l'acéphate liquide, sur fond humide après 5 minutes, 30 minutes et 60 minutes meurent sans effectuer de mue. Au bout de 5 minutes de contact, la durée de développement la plus longue chez les stades L1, L2 et L3 s'observe au niveau des individus traités par le neem-ail respectivement  $7,72 \pm 0,52$  jours,  $6,4 \pm 1,07$  jours et  $7,62 \pm 1,96$  jours. Par contre, la durée de développement des individus du stade L5 traités par le *B. thuringiensis* ne diffèrent pas significativement du témoin avec  $11,09 \pm 0,97$  et  $11,06 \pm 0,2$  mais, diffèrent des autres traitements. Chez les larves du stade L4, la durée la plus longue s'observe chez le lot témoin. Après 30 minutes de contact, la durée de développement la plus longue aux stades L1, L2 et L3 s'observe au niveau des individus traités au neem-ail respectivement  $7,38 \pm 0,75$  jours,  $6,84 \pm 1,25$  jours et  $6,9 \pm 0,97$  jours, et celle des stades L4 et L5 s'observe chez les témoins respectivement  $8,81 \pm 1,06$  jours et  $11,06 \pm 0,2$  jours. Après 60 minutes de contact, la durée de développement la plus longue aux stades L1, L2, L3 et L4 s'observe au niveau des individus traités au neem-ail respectivement  $7,82 \pm 1,05$  jours,  $6,17 \pm 0,39$  jours,  $6,9 \pm 0,3$  jours et  $9,42 \pm 0,51$  jours. Chez les larves du stade L5, la durée la plus longue s'observe chez le témoin. Les analyses statistiques ont montré une différence significative entre les différents traitements pour chaque stade donné de *R. albopilosus* avec  $p < 0,001$  (Tableau 5). Avec l'application sur fond sec, tous les individus traités à l'acéphate liquide et à l'abamectine sont morts sans avoir pu effectuer de mues. La durée de développement des individus de chaque stade donné du prédateur, traité avec le *B. thuringiensis*, le neem-ail, présente une différence significative (Kruskal.test,  $p < 0,001$ ). Ainsi, la durée de développement des individus des stades L3, L4 et L5 traités au *B. thuringiensis* et au neem-ail ne diffèrent pas significativement les unes des autres (Tableau 6).

**Tableau 5 : Durées de développement des stades larvaires en fonction du traitement sur fond humide**

Temps	Traitement	Durée de développement des stades larvaires (en jours)				
		Stade L1	Stade L2	Stade L3	Stade L4	Stade L5
5 minutes	Témoin	$7,07 \pm 1,51a$	$5,81 \pm 0,8b$	$5,89 \pm 0,75a$	$8,81 \pm 1,06c$	$11,06 \pm 0,2b$
	<i>B. thuringiensis</i>	$7,18 \pm 1,16a$	$4,81 \pm 0,98a$	$6,14 \pm 0,70a$	$6,94 \pm 1,2a$	$11,09 \pm 0,97b$
	Neem-ail	$7,72 \pm 0,52a$	$6,4 \pm 1,07b$	$7,62 \pm 1,96b$	$7,59 \pm 0,51b$	$9,9 \pm 0,72a$
	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30 minutes	Témoin	$7,07 \pm 1,51b$	$5,81 \pm 0,8b$	$5,89 \pm 0,75a$	$8,81 \pm 1,06c$	$11,06 \pm 0,2b$
	<i>B. thuringiensis</i>	$6,71 \pm 0,76a$	$5,21 \pm 0,53a$	$6,23 \pm 1,21a$	$7,62 \pm 0,71a$	$9,37 \pm 1,06a$
	Neem-ail	$7,38 \pm 0,75b$	$6,84 \pm 1,25c$	$6,9 \pm 0,97b$	$8 \pm 0,55b$	$9,73 \pm 1,64a$
	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60 minutes	Témoin	$7,07 \pm 1,51a$	$5,81 \pm 0,8ab$	$5,89 \pm 0,75a$	$8,81 \pm 1,06b$	$11,06 \pm 0,2b$
	<i>B. thuringiensis</i>	$6,8 \pm 0,91a$	$5,6 \pm 0,88a$	$6,45 \pm 0,87b$	$8,19 \pm 1,9a$	$9,27 \pm 0,7a$
	Neem-ail	$7,82 \pm 1,05b$	$6,17 \pm 0,39b$	$6,9 \pm 0,3c$	$9,42 \pm 0,51c$	$9,55 \pm 0,60a$
	p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Les valeurs de la même colonne suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$

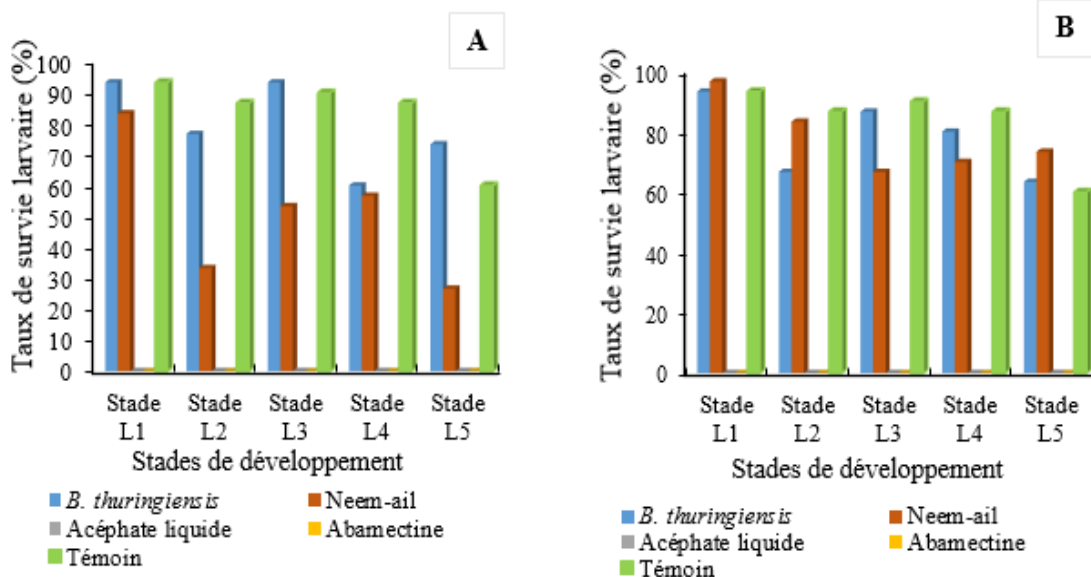
**Tableau 6 : Durées de développement des stades larvaires en fonction du traitement sur fond sec**

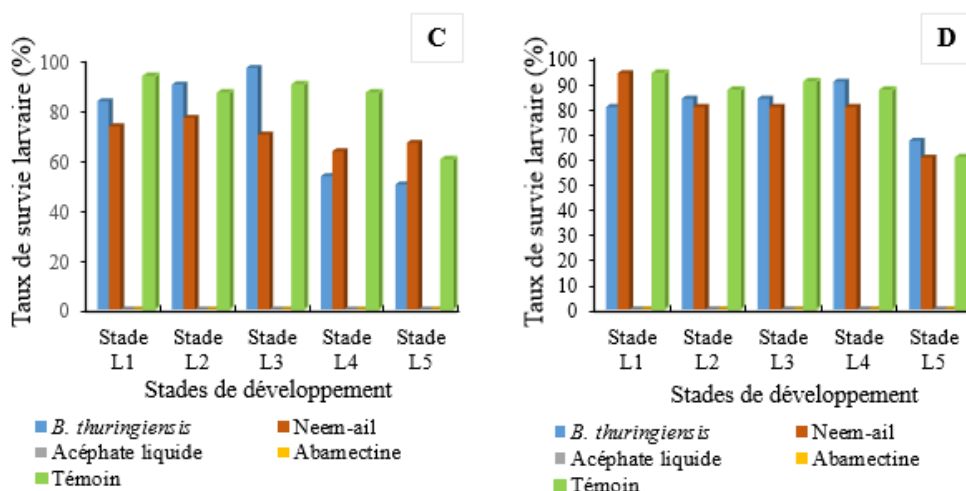
Type d'application	Traitement	Durée de développement des stades larvaires (en jours)				
		Stade L1	Stade L2	Stade L3	Stade L4	Stade L5
Fond sec	Témoin	7,07 ± 1,51b	5,81 ± 0,8a	5,89 ± 0,75b	8,81 ± 1,06b	11,06 ± 0,2b
	<i>B. thuringiensis</i>	6,12 ± 0,34a	5,61 ± 0,89a	5,36 ± 0,49a	7,1 ± 0,75a	9,52 ± 0,60a
	Neem-ail	7,24 ± 0,64b	6,41 ± 0,58b	5,52 ± 0,60ab	7,41 ± 0,60a	10,06 ± 2,90a
	p	0,002	0,00	0,00	0,00	0,00

Les valeurs de la même colonne suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$

### 3-4. Taux de survie de chaque stade larvaire chez *R. albopilosus* traité aux différents insecticides

D'une manière générale, le taux de survie est nul chez tous les individus traités à l'acéphate liquide et à l'abamectine. Il dépasse les 50 % chez les individus traités au *B. thuringiensis* et au neem-ail sur fond humide après 5 minutes, 30 minutes et 60 minutes de contact. Le même constat est fait avec les individus traités sur fond sec (**Figure 2**).





**Figure 2 :** Graphs des taux de survie des différents stades larvaires de *Rhynocoris albopilosus* exposés aux insecticides au bout (A) de 5 minutes, (B) de 30 minutes, (C) de 60 minutes et (D) sur fond sec

### 3-5. Durée du cycle de développement de *R. albopilosus* après application des insecticides

Pour l'application sur fond humide, quelle que soit la durée de l'application (5 minutes, 30 minutes et 60 minutes), les durées du cycle de développement des individus traités à l'abamectine et à l'acéphate liquide ne diffèrent pas significativement les unes des autres. Après 5 minutes de contact, les analyses statistiques ont montré une différence significative entre les différentes durées de développement (Kruskal.test,  $\chi^2 = 6,888$  ;  $p = 0,031$ ). Cependant, la durée de développement du stade L1 à l'adulte chez *R. albopilosus* traité au *B. thuringiensis* ne diffèrent pas significativement du lot témoin (**Tableau 7**). Après 30 minutes de contact, les durées de développement des individus traités au *B. thuringiensis* et au neem-ail ne diffèrent pas significativement les unes des autres mais diffèrent du lot témoin (ANOVA,  $F = 11,04$  ;  $p < 0,001$ ) qui présente la plus longue durée de développement avec  $34,13 \pm 2,16$  jours (**Tableau 7**). Après 60 minutes de contact, les analyses statistiques ont montré une différence significative entre les différentes durées de développement (Kruskal.test,  $\chi^2 = 16,299$  ;  $p < 0,001$ ) (**Tableau 7**). Concernant l'application sur fond sec, le *B. thuringiensis* et au neem-ail ne diffèrent pas l'un de l'autre avec respectivement  $34,13 \pm 2,16$  jours ;  $34,30 \pm 1,93$  jours (**Tableau 8**).

**Tableau 7 : Durée du cycle de développement de *Rhynocoris albopilosus* après application sur fond humide**

Type d'application	Temps de contact (minutes)	Applications	Nombre d'individu		Minimal-Maximal (Jours)	Moyenne $\pm$ E-standard (Jours)
			Initial	Final		
Fond humide	5 min	Témoin	30	23	31 - 38	34,13 $\pm$ 2,16b
		<i>B. thuringiensis</i>	30	17	30 - 37	33,65 $\pm$ 1,73b
		Neem-ail	30	8	31 - 33	32,12 $\pm$ 0,83a
			p			0,031
	30 min	Témoin	30	23	31 - 38	34,13 $\pm$ 2,16b
		<i>B. thuringiensis</i>	30	16	27 - 36	31,31 $\pm$ 2,30a
		Neem-ail	30	8	30 - 33	31,5 $\pm$ 0,93a
			p			0,00
	60 min	Témoin	30	23	31 - 38	34,13 $\pm$ 2,16b
		<i>B. thuringiensis</i>	30	16	28 - 36	30,69 $\pm$ 2,21a
		Neem-ail	30	7	32 - 36	33,57 $\pm$ 1,4b
			p			0,00

Les valeurs de la même colonne suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$

**Tableau 8 : Durée du cycle de développement de *Rhynocoris albopilosus* après application sur fond sec**

Type d'application	Applications	Nombre d'individu		Minimal - Maximal (Jours)	Moyenne $\pm$ E-standard (Jours)
		Initial	Final		
Fond sec	Témoin	30	23	31 - 38	34,13 $\pm$ 2,16b
	<i>B. thuringiensis</i>	30	13	29 - 35	30,53 $\pm$ 1,76a
	Neem-ail	30	13	31 - 36	34,30 $\pm$ 1,93b
			p		

Les valeurs de la même colonne suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement les unes des autres à  $P = 0,05$

## 4. Discussion

### 4-1. Mortalité des stades larvaires

Tous les individus des différents stades larvaires du prédateur *R. albopilosus* exposés à l'abamectine et à l'acéphate liquide sont morts contrairement à ceux exposés au neem-ail et au *B. thuringiensis*. Cette mortalité de 100 % observée et l'obtention d'individus après exposition aux insecticides pourraient s'expliquer par le fait que les insecticides de synthèse sont plus toxiques avec un effet négatif plus marqué que les insecticides biologiques qui agissent plus lentement. En effet, les insecticides synthétiques ont une action rapide par rapport aux extraits de plantes qui ont besoin de plus de temps pour exposer leur efficacité insecticide [22], et sont malheureusement très toxiques pour les insectes prédateurs [7, 23, 24]. Après traitement des parcelles de chou avec un insecticide à base d'Emamectine benzoate, cette observation a été faite sur les populations de coccinelles, de syrphes et d'araignées prédatrices [24]. Chez tous les stades de développement

du prédateur *R. albopilosus*, une mortalité de 100 % est observée au bout de 07 jours lorsqu'ils sont traités à la deltaméthrine [23]. De même, une mortalité de 100 % des individus de *Nesidiocoris tenuis* (Hétéroptères : Miridae) est observée après 72 heures d'exposition à l'Abamectine (18 mg/L) [25]. Aussi, l'application en serre de la dose recommandée du Spinosad, Spinetoram et Emamectine benzoate induit une mortalité (élevée) de plus de 79,9 % de cette espèce [26, 27].

#### 4-2. Durée de développement larvaire

La durée de développement des différents stades larvaires de *R. albopilosus* traités avec le *B. thuringiensis* et le neem-ail évolue dans le même sens que celle du lot témoin et le cinquième stade larvaire présente toujours la plus grande durée de développement. Ce résultat pourrait être dû au fait que ces travaux se sont déroulés à la température de 28°C. La température optimale pour le développement larvaire de *R. albopilosus* est de 28°C [21]. En effet la température joue un rôle important dans le développement post-embryonnaire des insectes. Elle peut influencer différemment selon les espèces. Leur développement est ralenti lorsqu'elle est basse et augmente de manière significative lorsqu'elle est élevée [28]. Chez *R. albopilosus* la durée du développement larvaire est inversement proportionnelle à la variation de la température [21]. Le faible nombre d'adulte obtenu après exposition des larves du stade L1 de *R. albopilosus* au neem-ail pourrait s'expliquer par le fait que la plupart des biopesticides à base d'extrait de plante comme le neem ont des propriétés insecticides, des effets sublétaux et chroniques sur les parasites et agirait donc sur une longue période. Au moins douze modes d'action ont été répertoriés et ses extraits peuvent agir comme répulsif, anti-appétant ou phagodissuasif ou encore comme régulateur de croissance pouvant affecter la ponte chez les femelles ainsi que la mue et la croissance des larves chez certains arthropodes, ovicide, larvicide et affaiblit les insectes [29]. En effet, le neem doit son activité insecticide aux composés limonoïdes, principalement l'azadirachtine, la salanine et la nimbine et leurs analogues qu'il contient.

Les salanines et les nimbines sont des antiappétents, tandis que les azadirachtines sont des inhibiteurs de croissance [30]. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par de nombreux auteurs dans plusieurs pays qui ont montré les effets insecticides et répulsifs de cette plante, au laboratoire comme au champ, sur la noctuelle *Helicoverpa armigera* [31, 32]. Cependant, des auteurs affirment que l'innocuité de l'azadirachtine vis à vis des abeilles est toutefois à relativiser. Des dosages modérés comme ceux des extraits aqueux non enrichis, semblent sans effet délétère sur les insectes adultes. En revanche, ils pourraient être dangereux pour le couvain (œufs et larves d'abeilles et d'autres insectes vivant en société) [29]. L'obtention d'un taux de survie plus ou moins élevé chez chaque stade larvaire de *R. albopilosus* traité par le *B. thuringiensis* et le neem-ail pourrait être dus au fait que le *B. thuringiensis* et le neem-ail sont des biopesticides à base d'organismes vivants. Ainsi, une mortalité de *T. absoluta* de 100 % a été observée après application du *B. thuringiensis* à la dose recommandée avec une probabilité d'échec de moins de 25 % et une certitude d'épargner *N. tenuis* à 67 %. Mais, le *Btk* à la dose de  $2,5 \cdot 10^6$  CFU/ $\mu$ L de miel (dose retrouvé dans l'environnement) est suffisante pour tuer l'hyménoptère trichogramme *Trichogramma chilonis*. Néanmoins, une augmentation de la longévité et une modification du comportement de cet insecte est observée à une dose plus faible ( $10^5$  CFU /ML de miel) [33].

## 5. Conclusion

L'utilisation des pesticides chimiques de synthèse (acéphate liquide) et d'origines animales (abamectine) est très toxique pour *R. albopilosus* à tous ces stades larvaires. En outre, *B. thuringiensis* et le neem-aïl se sont montrés moins toxiques sur la punaise assassine *R. albopilosus* et ils permettent d'obtenir des individus adultes après le traitement des stades larvaires L1. La durée de développement des différents stades larvaires traités évolue dans le même sens que celle du lot témoin et le cinquième stade larvaire présente toujours la plus grande durée de développement. Les biopesticides sont moins néfastes pour *R. albopilosus* contrairement aux insecticides chimiques qui ont causé la mort de tous les individus de *R. albopilosus*. Les biopesticides peuvent donc être utilisés pour une lutte intégrée efficace.

## Références

- [1] - FAO, La situation des marchés des produits agricoles, Commerce agricole, changement climatique et sécurité alimentaire, Rome, Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO, (2018)
- [2] - H. LERIDON, Population mondiale : vers une explosion ou une implosion ? Institut national d'études démographiques « Population & Sociétés » ISSN 0184-7783N° 573, (2020) 1 - 4
- [3] - J. VERON, Population et Société. Bulletin mensuel d'information de l'Institut National d'Etudes Démographiques (INED), 435 (2004) 4
- [4] - CNRA, Programmes de recherche de première génération 1999-2003 : Principaux résultats. Abidjan, (2004) 61
- [5] - P. MOYAL and M. TRAN, Cob borer *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera : Pyralidae) of maize in Ivory Coast : II-Ecological data, Insect Science and its Application, 12 (1990) 215 - 223
- [6] - A. POLLET, Les insectes ravageurs du riz en Côte d'Ivoire, II. La faune rencontrée sur riz irrigué en Côte d'Ivoire Centrale (Kotieissou), Cah. ORSTOM, Série Biologique, 12 (1) (1977) 3 - 23
- [7] - B. B. YAROU, P. SILVIE, F. A. KOMLAN, A. MENSAH, T. ALABI, F. VERHEGGEN et F. FRANCIS, Plantes pesticides et protection des cultures maraîchères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique) Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement., 21 (4) (2017) 288 - 304
- [8] - CORAF, " Des extraits végétaux à la place des insecticides de synthèse. Lettre d'information pour la recherche et le développement agricoles en Afrique de l'ouest et du centre ", N° 56, (2010)
- [9] - B. A. CROFT and A. W. A. BROWN, Responses of arthropod natural enemies to insecticides. *Annual Review of Entomology*, 20 (1975) 285 - 335
- [10] - J. STANLEY and G. PREETHA, Pesticide Toxicity to Non-target Organisms, *African Journal of Biotechnology*, 9 (2016), <http://doi.org/10.1007/978-94-017-7752-0>
- [11] - FAO, Directives concernant l'élaboration de politiques en matière de gestion des ravageurs et des pesticides. *Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides*, E-ISBN 978-92-5-206827-3, (2010)
- [12] - R. BOMMARCO, F. MIRANDA, H. BYLUND and C. BJÖRKMAN, Insecticides Suppress Natural Enemies and Increase Pest Damage in Cabbage, *Journal of Economic Entomology*, DOI: 10.1603/EC10444, 104 (3) (2011) 782 - 791
- [13] - J. E. MIRANDA, M. M. R. SANDRA, P. de A. RAUL, A. D. da S. CARLOS, T. MAMOUTOU, A. O. H. SACAMBA, H. S. NINAON, B. GUSTAVE, A. N. D. MOÏSE et Le D. BEDINGAM, Reconnaissance de ravageurs et ennemis naturels pour les pays C-4 Brasília, DF, Brésil : Embrapa : ill. color. ; 16 cm x 22 cm — (Échange d'expériences sur le cotonnier), (2013) 70p.

- [14] - C. CILAS, F. R. GOEBEL et R. A. J. BABIN, Bioagresseurs des cultures tropicales face au changement climatique : quelques exemples. In : Torquebiau Emmanuel (ed.). *Changement climatique et agricultures du monde*. (Agricultures et défis du monde), Versailles : Ed. Quae, (2015) 75 - 83
- [15] - FAO, Nouvelle mise en garde FAO/OMS contre les pesticides de mauvaise qualité dans les pays en voie de développement. Rome/ Genève, (2001)
- [16] - N. HALA, M. KEHE et K. ALLOU, Incidence De La Cochenille Farineuse Du Manguier *Rastrococcus invadens* Williams, 1986 (Homoptera : Pseudococcidae) En Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, 16 (3) (2004) 29 - 36
- [17] - J. C. VAN LENTEREN, Internet Book of Biological Control, (2008)
- [18] - B. D. BODEREAU, Récepteur nicotiniques neuronaux d'insectes et insecticide : caractérisation de facte dans la modulation de l'efficacité des néonicotinoïdes. Neurosciences [q-bio.NC], Université d'Angers.
- [19] - P. GRUNDY and D. MAELZER, Assessment of *Pristhesancus plagipennis* (Walker) (Hemiptera : Reduviidae) as an augmented biological control in cotton and soybean crops. *Australian Journal of Entomology* 39: 305-309. (Heteroptera : Reduviidae), *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologisches Museum und Institut für Spezielle Zoologie (Berlin)*, 67 (2) (2002) 339 - 349
- [20] - K. SAHAYARAJ, J. C. R. DELMA and P. MARTIN, Biological control potential of aphidophagous reduviids predator *Rhynocoris marginatus*, *International Arachis Newsletter*, 23 (2003) 29 - 30
- [21] - K. E. KWADJO, "Systématique, biologie et éthologie d'un auxiliaire de cultures maraîchères en Côte d'Ivoire, *Rhynocoris albopilosus* Signoret, 1858 (Hétéroptères : Reduviidae)", Thèse unique, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (2012) 167 p.
- [22] - M. M. McKENNA, E. M. ABOU-FAKHR HAMDAD and M. T. FARRAN, Effect of *Melia azedarach* (Sapindales : Meliaceae) fruit extracts on citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera : Gracillariidae). *SpringerPlus*, 2 (2013) 144
- [23] - L. G. G. BOTTY, M. DOUMBIA, K. E. KWADJO, D. S. SORO et K. D. KRA, Effets de trois insecticides sur la longévité, la durée de développement et le comportement de *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Hétéroptères : Reduviidae). *Journal of Applied Biosciences*, 159 (2021) 16420 - 16428
- [24] - B. W. AMOABENG, G. M. GURR, C. W. GITAU, H. I. NICOL, L. MUNYAKAZI and P. C. STEVENSON, Tri-trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pests. *PloS one*, 8 (10) (2013) 78651
- [25] - M. del M. FERNÁNDEZ, F. AMOR, P. BENGOCHEA, E. VELÁZQUEZ, P. MEDINA, A. FERERES and E. VINUELA, Effects of the insecticides methoxyfenozide and abamectin to adults of the whitefly natural enemies *Eretmocerus mundus* (Mercet) (Hymenoptera : Aphelinidae), *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera : Anthocoridae) and *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera : Miridae) under laboratory conditions, *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC-WPRS Bulletin*, 82 (2012) 1 - 7
- [26] - J. G. KIM, W. H. LEE, Y. M. YU, C. YASUNAGA and S. H. JUNG, Lifecycle, Biology, and Descriptions of Greenhouse Biological Control Agent, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895) (Hemiptera : Miridae), *Journal of the Faculty Agriculture*, Kyushu University, (2018)
- [27] - B. DADER, I. COLOMER, A. ADAN, P. MEDINA and E. VINUELA, Compatibility of early natural enemy introductions in commercial pepper and tomato greenhouses with repeated pesticide applications, *Insect Science*, (2019) 1 - 14
- [28] - A. KARIMI-MALATI, Y. FATHIPOUR and A. A. TALEBI, Development response of *Spodoptera exigua* to eight constant temperatures : Linear and nonlinear modeling. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17 (3) (2014) 349 - 354
- [29] - A. BELANGER et T. MUSABYIMANA, Le Neem contre les insectes et les maladies Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et développement en horticulture, 430 Boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 3E6, (2005)

- [30] - C. REGNAULT-ROGER, B. J. R. PHILOGENE et C. VINCENT, "Biopesticides d'origine végétale" 2eme édition, Lavoisier, Paris, (2008) 576 p.
- [31] - A. D. MONDEDJI, B. D. KASSENEY, W. S. NYAMADOR, G. A. ABBEY, K. AMEVOIN, G.K. KETOH et I. A. GLITHO, Effets d'extrait hydroéthanolique de feuilles de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sur *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae) et *Lipaphis erysimi* (Hemiptera : Aphididae) dans la production du chou au Sud du Togo, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (4) (2016a) 1666 - 1677
- [32] - B. SANE, "Efficacité biologique des extraits d'*Azadirachta indica* A. Juss, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit et *Anacardium occidentale* Linn. dans la lutte contre *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) ravageur du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Sénégal", Thèse unique, Université Cheikh Anta Diop, Dakar (2021) 166p.
- [33] - M. AMICHOT and E. WAJNBERG, Side effects of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on the hymenopterous parasitic wasp *Trichogramma chilonis*. *Environmental Science and Pollution Research International*, (2016) 3097 - 3103