

Typologie et distribution spatiale des prédateurs en culture de coton biologique au Bénin

[Typology and spatial distribution of predators in organic cotton cultivation in Benin]

Saturnin Azonkpin¹⁻², Chèpo Daniel Chougourou², Cocou Angelo Djihinto³, H. Aimé Bokonon-Ganta⁴, Esseh Léonard Ahoton⁵,
and Mansourou Mohamed Soumanou⁶

¹Institut de Recherche sur le Coton, Antenne Régionale Sud, Laboratoire d'Entomologie de Cana, BP: 143 BOHICON, Benin

²Département de Génie de l'Environnement, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Benin

³Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01BP 884 Cotonou, Benin

⁴Laboratoire d'Entomologie Agricole (LEAg), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

⁵Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

⁶Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Département de Génie de Technologie Alimentaire (DGTA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Benin

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Cotton being one of the plants most attacked by pests in Benin, this crop harbors a diverse range of predators. It is within this framework that this study aims to identify the main predators encountered on cotton plants in the phytosanitary zones of Benin, to determine their seasonal development and to assess their importance according to the stages of cotton development. Thus, the density of predators was assessed on 0.25 hectare of real fields. A factorial analysis of the correspondences was used to make the typology of predators. Their seasonal evolution was described using trend curves and then the Wilcoxon test was used to assess the density of predators according to the stages of cotton development. Thus, three groups of predators were identified according to the zones. We observed a first group consisting of spiders which are mainly distributed in zone 3. The second group is formed by ants, praying mantises and *Phonoctonus spp.* found in zone 2. The third group is composed of lacewings, syrphids and ladybirds found in zone 1. From the vegetative development stage of cotton to the fruiting development stage, the density of Syrphids varied from 1.80 ± 0.23 to 3.18 ± 0.27 , while the density of lacewing varied from 2.37 ± 0.51 (vegetative stage) to 1.01 ± 0.25 (fruiting stage). The density of Syrphids significantly increased during the fruiting stage, unlike that of Chrysopes, which experienced a significant decrease. These results may contribute to a better understanding of the regulatory function of organic cotton predators on its pests and their importance in integrated pest management strategies.

KEYWORDS: Organic cotton, phenophases, predators, seasonal evolution, Spatial distribution.

RESUME: Le cotonnier étant l'une des plantes les plus attaquées par les ravageurs au Bénin, cette culture héberge une gamme variée de prédateurs. C'est dans ce cadre que cette étude vise à identifier les principaux prédateurs rencontrés sur les cotonniers dans les zones phytosanitaires du Bénin, à déterminer leur évolution saisonnière et à évaluer leur importance selon les phases de développement du cotonnier. Ainsi, la densité des prédateurs a été évaluée sur des parcelles paysannes de 0,25 hectare. Une analyse factorielle des correspondances a permis de faire la typologie des prédateurs. Leur évolution saisonnière a été décrite au moyen des courbes tendanciennes puis le test de Wilcoxon a permis d'apprécier la densité des prédateurs selon les phénophases du cotonnier. Ainsi, trois groupes de prédateurs ont été identifiés suivant les zones. On observe un premier groupe constitué des araignées qui sont majoritairement distribuées dans la zone 3. Le deuxième groupe est formé par les Fourmis, les Mantres religieuses et les *Phonoctonus spp.* rencontrés dans la zone 2. Le troisième groupe est composé des Chrysopes, des Syrphes et des Coccinelles retrouvés dans la zone 1. De la phase végétative à celle fructifère, la densité de Syrphes a varié de $1,80 \pm 0,23$ à $3,18 \pm 0,27$, tandis que la densité de Chrysopes a varié de $2,37 \pm 0,51$ (phase végétative) à $1,01 \pm 0,25$ (phase fructifère). La densité des Syrphes a significativement augmenté pendant la phase de fructification contrairement à celle des Chrysopes qui a connu une baisse significative. Ces résultats peuvent contribuer à mieux

comprendre le potentiel régulateur exercé par les prédateurs sur les ravageurs de coton et leurs importances dans des stratégies de gestion intégrée des ravageurs.

MOTS-CLEFS: Coton biologique, évolution saisonnière, phénophases, prédateurs, répartition spatiale.

1 INTRODUCTION

La révolution verte à travers l'intensification des cultures, la sélection variétale, la mécanisation de l'agriculture et l'apport massif en intrants chimiques a largement amélioré la productivité des agro-systèmes [1]. Cependant, cette réussite s'est accompagnée de conséquences alarmantes comme des problèmes de pollution de l'air, de l'eau et des sols [2], [3], [4]. En effet, l'application démesurée des produits chimiques a conduit à un déséquilibre des écosystèmes. La santé des agriculteurs de même que celles des consommateurs des produits issus de cette agriculture s'est altérée [5]. Le développement de stratégies de production qui minimisent le recours aux pesticides est un enjeu majeur pour l'agriculture du XXI^e siècle [6], [7], [8].

Au Bénin, le cotonnier *Gossypium hirsutum*, paie un lourd tribut à un important complexe de ravageurs dont les principaux appartiennent aux genres *Helicoverpa*, *Earias*, *Diaparopsis*, *Pectinophora* et *Thaumatotibia* [9], [10]. Plus de 1300 espèces d'insectes et d'acariens auxquels s'ajoutent des nématodes et des mammifères, ont été recensés sur cette culture [11]. Le complexe des ravageurs du cotonnier constitue donc l'un des principaux facteurs limitant la production cotonnière après la fumure. Au Bénin, les pertes de récoltes en absence de protection phytosanitaire se chiffrent à plus de 50% du potentiel de rendement de la culture [9], [12].

La gestion intégrée des ravageurs, en accord avec les objectifs de la nouvelle révolution verte, propose des méthodes alternatives de lutte aux pesticides soucieuses de préserver la qualité de l'environnement. Plusieurs méthodes de lutte biologique tenant compte de l'écologie des ravageurs et du réseau trophique dont ils font partie, ont montré que l'apport de prédateurs et de parasitoïdes (ennemis naturels) dans une parcelle réduisait significativement l'abondance du ravageur ciblé [10], [13], [14]. La lutte biologique par conservation et gestion des habitats propose de préserver ou de mettre en place des habitats favorables aux ennemis naturels qui par rétrocontrôle positif contribueraient à une régulation naturelle des ravageurs. Compte tenu de l'importante valeur économique du coton et des contraintes à la production, liées aux ravageurs, une nouvelle alternative de gestion phytosanitaire s'impose, et elle s'oriente vers la gestion agroécologique des bioagresseurs par la valorisation de la biodiversité végétale au niveau de la flore béninoise.

Par ailleurs, l'engouement pour les produits issus de l'agriculture biologique [15] traduit notamment une attente de plus en plus marquée des consommateurs pour des produits issus d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement [6]. Quant à la protection phytosanitaire, Les agents de lutte biologique participent à la régulation naturelle des populations des ravageurs. Ainsi, la lutte biologique par usage des prédateurs et des parasitoïdes, peut contribuer à réduire les effets négatifs de la pollution [10], [14], [16].

Ainsi, la lutte biologique contre les ravageurs du cotonnier nécessite une connaissance des prédateurs, de leur typologie, de la distribution de leur population et de l'évolution de leur nombre selon les phénophases du cotonnier.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude qui a pour objectif général d'étudier la typologie et la distribution saisonnière des espèces de prédateurs rencontrés en culture cotonnière biologique au Bénin. Spécifiquement, il s'agit d'identifier les principaux prédateurs rencontrés sur les cotonniers dans les zones phytosanitaires, de déterminer leur évolution saisonnière et d'évaluer leur importance selon les phases de développement du cotonnier. Ces connaissances permettront une meilleure utilisation de ces prédateurs dans la gestion intégrée des ravageurs du cotonnier.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La présente étude a été réalisée dans cinq Communes du Bénin. Il s'agit des Communes de Kandi, Banikoara, Sinendé, Ouassa-Péhunco et Glazoué (Figure 1). Ces Communes font partie des grandes zones de production du coton biologique au Bénin [17]. Le choix de ces Communes est guidé par les critères de l'importance du volume produit et l'ancienneté dans la production du coton biologique.

Compte tenu de la variabilité du faciès parasitaire, le Bénin est divisé en trois grandes zones phytosanitaires par le Centre de Recherches Agricoles - Coton et Fibres. La zone 1 regroupe le département de l'Alibori et la Commune de Kérou qui est située dans l'Atacora. La zone phytosanitaire 2 regroupe les départements du Borgou, de la Donga et le reste de l'Atacora (Atacora sauf Kérou). La zone 3 regroupe les départements des Collines, du Zou, du Mono, du Couffo, de l'Ouémé, du Plateau, et de l'Atlantique [18].

Les Communes de Kandi et de Banikoara sont situées dans la zone 1, Celles de Sinendé et de Ouassa-Péhunco sont dans la zone 2 et la zone 3 est représentée par la Commune de Glazoué qui est la seule productrice de coton biologique dans le département des Collines.

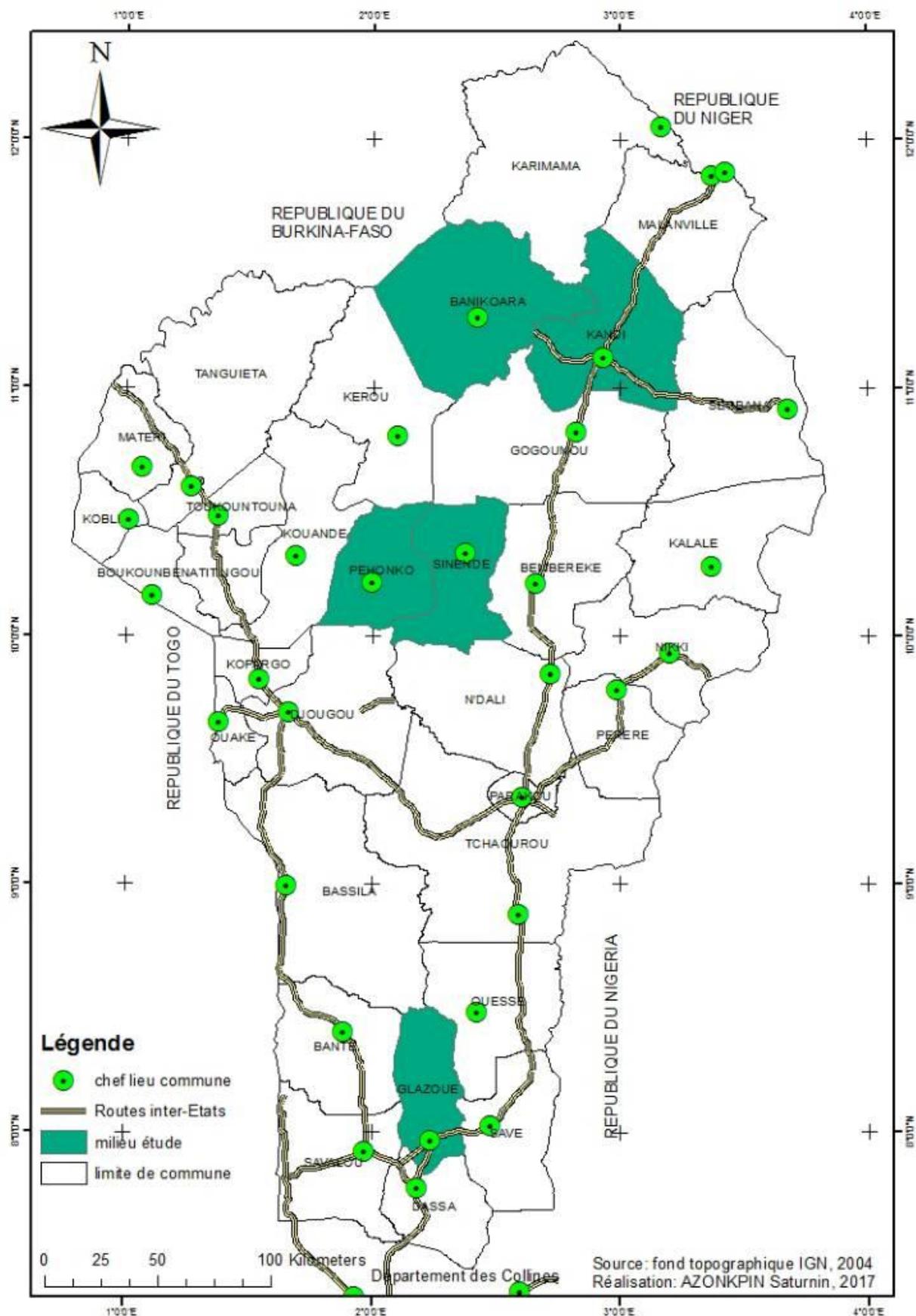


Fig. 1. Carte du Bénin montrant les Communes dans lesquelles le travail a été réalisé dans les départements du centre et du Nord

2.2 MATÉRIEL

Le matériel végétal utilisé est constitué des variétés de cotonnier ANG 956 et OKP 768 créées par le Centre de Recherches Agricoles – Coton et Fibres (CRA-CF). La variété ANG 956 est cultivée dans la zone 1 tandis que la variété OKP 768 est cultivée dans les zones 1 et 2. Ces variétés ont succédé à la variété H279-1 qui était cultivée dans ces zones depuis plusieurs années. Cette étude prend également en compte les prédateurs tels que les Coccinelles, Syrphes, Chrysopes, Apanteles, Araignées, Fourmis, *Phonoctonus*, Forficules et Mantes religieuses qui constituent le matériel animal.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 CHOIX DES PARCELLES PAR ZONE COTONNIÈRE

Trois parcelles de 0,25 ha chacune ont été choisies en milieu producteur dans chaque localité. Elles ont été réparties par période de semis (semis précoce, semis normal et semis tardif). Le choix des localités a été fait de manière raisonnée et a tenu compte non seulement de la représentativité en matière de production de coton biologique mais aussi de la présence dans les villages, d'un agent d'encadrement ou d'un représentant des producteurs de coton biologique reconnu par les structures d'encadrement.

Le tableau 1 présente les périodes de semis en fonction des zones phytosanitaires.

Tableau 1. Périodes de semis en fonction des zones phytosanitaires

Périodes de semis	Zones phytosanitaires		
	Zone 1 (Alibori et Kérou)	Zone 2 (Borgou, Donga et reste Atacora)	Zone 3 (Collines, Zou, Couffo et Plateau)
Semis précoce	Avant 1 ^{er} juin	Avant 10 juin	Avant 25 juin
Semis normal	1 ^{er} juin – 20 juin	10 juin au 5 juillet	25 juin – 15 juillet
Semis tardif	Après 20 juin	Après 5 juillet	Après 15 juillet

2.3.2 STRATÉGIE DE PROTECTION PHYTOSANITAIRE

La stratégie de protection en vigueur en milieu paysan est basée sur un programme sur seuil de traitements à l'aide des bio-insecticides à partir du 31^{ème} jour après levée (JAL) du cotonnier. Les bio-insecticides utilisés sont des formulations à base des extraits de neem. Il s'agit essentiellement des formulations telles qu'Agri-bio-pesticide, de Top bio et des extraits réalisés par les producteurs.

2.3.3 DONNÉES COLLECTÉES

Pour évaluer la densité des prédateurs, nous avons collecté le nombre de Coccinelles (adultes et larves), des Syrphes (Adultes et larves), des *Chrysopes*, des araignées, des fourmis, des forficules, des mantes religieuses, des *Apanteles* et des *Phonoctonus* à chaque semaine, soit au 30, 37, 44, 51, 58, 65, 72, 79, 86, 93, 100, 107, 114 et 121^{ème} jours après levée (j.a.l), sur 30 plants par parcelle élémentaire pris par groupe de 5 plants de façon consécutive sur les lignes centrales, selon la méthode séquentielle dite de « la diagonale » [19], [20], du 30^{ème} au 121^{ème} j.a.l des cotonniers. Les diagonales ont été changées chaque semaine.

2.3.4 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

Pour déterminer la distribution spatiale des prédateurs, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée sur un tableau de contingence reliant les prédateurs aux zones de l'étude afin de voir le lien entre eux selon leurs proportions pour chaque zone phytosanitaire. L'AFC est une méthode d'analyse statistique multivariée dont l'objectif est de réduire le nombre de variables. Elle permet d'établir une similarité entre les individus, de chercher des groupes d'individus homogènes, et de mettre en évidence une typologie d'individus. En effet, l'AFC est souvent utilisée lorsqu'il est évident que les variables de l'étude sont corrélées entre elles [21]. Cette méthode a été utilisée pour réduire le nombre de variables à utiliser dans le but d'éliminer les effets dus aux différences de moyennes et au choix des unités. Les nouvelles variables obtenues appelées facteurs ou composantes principales ne présentent aucune corrélation entre elles. Le nombre de composantes principales qu'il est possible d'extraire a été déterminé en utilisant le critère de Kaiser [22].

Ensuite, l'évolution saisonnière des prédateurs caractéristiques de chaque zone, a été décrite au moyen des courbes tendanciennes construites dans le logiciel R sur la base de la typologie réalisée.

Enfin, pour apprécier l'importance des ravageurs des zones phytosanitaires selon les phases de développement du cotonnier, les nombres moyens de ravageurs ont été comparés entre phénophases (phase végétative et phase fructifère du cotonnier). La phase

végétative s'étale de la plantule à l'ouverture de la première fleur, soit 60 jours après levée. La phase fructifère couvre de 60 jours après levée jusqu'à la fin du cycle du cotonnier. Elle regroupe donc la phase de floraison et celle de maturation des capsules [23]. Ainsi, il a été utilisé le test non paramétrique de Wilcoxon (Mann-Whitney test) sous R.3.5.0 [24] à l'aide du package "stats". Ce test a été utilisé car les conditions de normalité et d'homogénéité de variance ne sont pas vérifiées. Les moyennes et les erreurs types ont été calculées dans R. Les graphes (barres d'erreurs) ont été construits dans Excel (version 2016).

3 RÉSULTATS

3.1 TYPOLOGIE ET DISTRIBUTION SPATIALE DES PRÉDATEURS EN CULTURE DE COTON BIOLOGIQUE

Les deux premiers axes (Dim 1 et Dim 2) expliquent plus de la moitié soit 90% de la variabilité totale contenue dans la base de données. L'axe 1 explique 60,36% de la variance totale et l'axe 2 en explique 29,64%. Ces deux axes ont été retenus pour décrire la répartition spatiale des prédateurs. Le plan factoriel (Figure 2) indique la présence de trois groupes de prédateurs suivant les zones. On observe un premier groupe (G1) représenté sur l'axe 2 et qui est formé par un seul prédateur (les araignées) majoritairement (54,96%) distribué dans la zone 3. Les deux autres groupes s'opposent bien sur l'axe 1 avec le groupe (G2) formé par trois prédateurs (Fourmis, Mante religieuse et *Phonoctonus* spp.) majoritairement (respectivement 58,66%, 95,91% et 90,15%) distribués dans la zone 2. Le troisième groupe formé par trois prédateurs (Chrysopes, Syrphes et Coccinelles) qui sont majoritairement (respectivement 72,17%, 90,71% et 46,84%) distribués dans la zone 1.

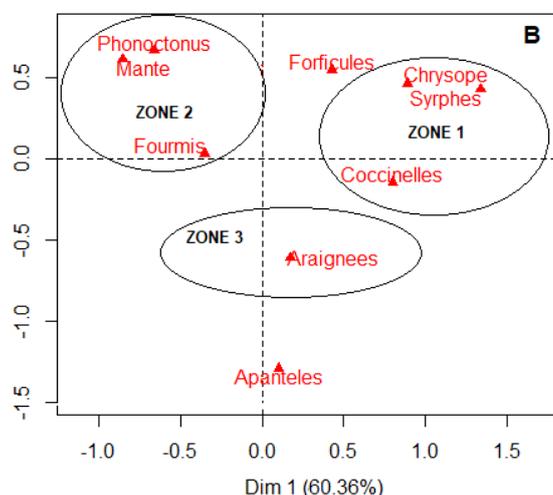


Fig. 2. Projection des variables dans le plan formé par les deux premières dimensions de l'AFC.

3.2 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DES ZONES PHYTOSANITAIRES DURANT LA SAISON

3.2.1 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE 1 DURANT LA SAISON

Dans la zone 1, à l'exception des Chrysopes montrant au début une décroissance prononcée au 30^{ème} et au 37^{ème} Jours Après Levée (j.a.l.), l'évolution du nombre des prédateurs de la zone 1 (Figure 3) est caractérisée par trois phases marquées par des sensibilités marginales:

- Une phase de croissance atteignant son pic au 79^{ème} j.a.l.,
- Une phase de décroissance entre le 79^{ème} et le 128^{ème} j.a.l.,
- Une phase de stabilité marquée par la quasi-absence des prédateurs après 128^{ème} j.a.l.

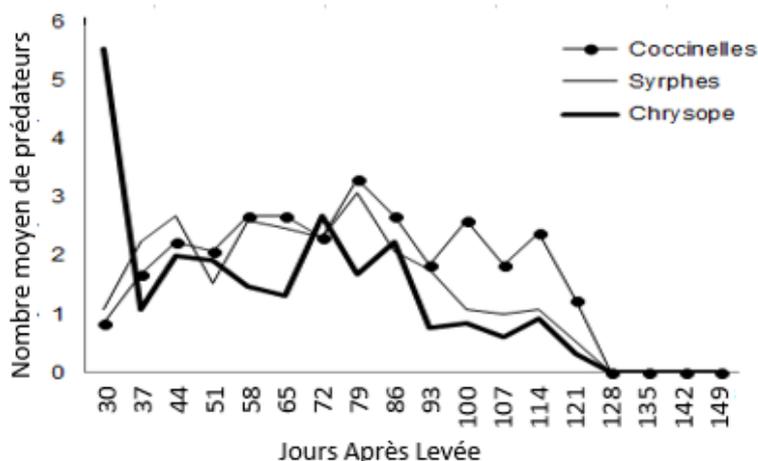


Fig. 3. Evolution saisonnière des prédateurs dominants de la zone 1

3.2.2 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE 2 DURANT LA SAISON

Dans la zone 2, l'évolution de la densité des prédateurs est caractérisée par trois phases à l'exception des mantes religieuses (Figure 4): une phase de croissance du 30^{ème} au 107^{ème} j.a.l., une phase de décroissance entre le 107^{ème} et le 128^{ème} j.a.l suivie d'une stabilité marquée par une quasi-absence des prédateurs du 128^{ème} au 149^{ème} j.a.l. Exceptionnellement, le nombre de mantes religieuses est resté presque stable durant la période de l'essai.

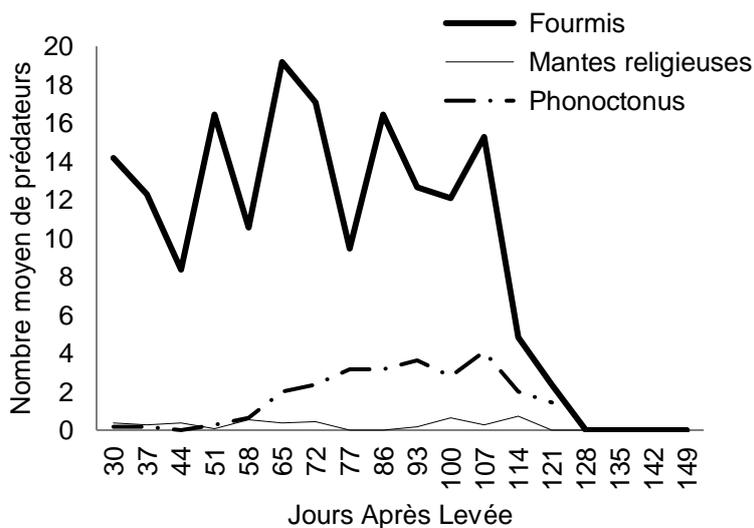


Fig. 4. Evolution saisonnière des prédateurs dominants de la zone 2

3.2.3 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE 3 DURANT LA SAISON

Dans la zone 3, l'évolution de la taille du prédateur (araignées) est caractérisée par trois phases: une phase de légère croissance marquée par une sensibilité importante du 30^{ème} au 86^{ème} J.A.L., une phase de déclin prononcée entre le 86^{ème} et le 107^{ème} J.A.L., suivie d'une reprise de croissance jusqu'au 128^{ème} J.A.L. et une décroissance pour le reste du temps (Figure 5).

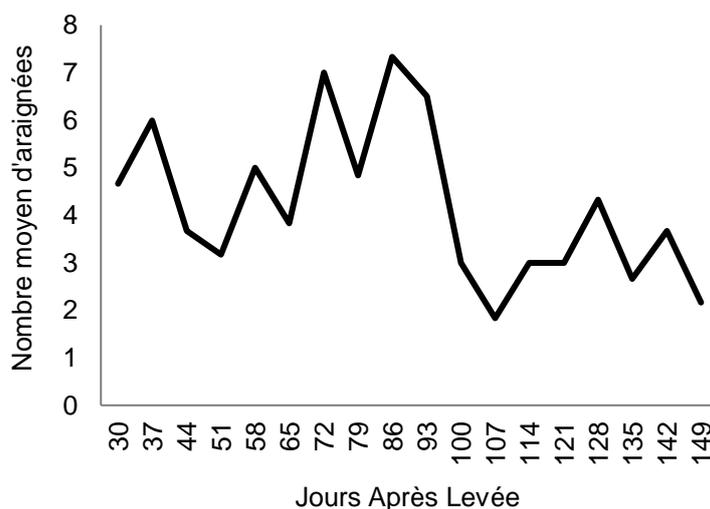


Fig. 5. Evolution saisonnière des prédateurs dominants de la zone 3

3.3 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER DANS LES ZONES PHYTOSANITAIRES

Le tableau 2 montre le nombre de prédateurs selon les phénophases. Ce nombre a augmenté en passant de la phase végétative à celle fructifère pour les coccinelles, les syrphes et les *Phonoctonus*. Par contre ce nombre a baissé en passant de la phase végétative à celle fructifère pour les chrysopes, les fourmis et les mantes religieuses.

Tableau 2. Moyennes comparées du nombre de prédateurs entre phases de développement du cotonnier

Zones	Prédateurs	Phase végétative	Phase fructifère	P	W
1	Coccinelles	1,91±0,26	2,05±0,38	0,07	5,21
	Syrphes	1,80±0,23	3,18±0,27	0,00*	10,90
	Chrysopes	2,37±0,51	1,01±0,25	0,01*	10,37
2	Fourmis	13,44±1,37	7,95±2,39	0,05	6,04
	Mantes religieuses	0,31±1,99	0,23±2,02	0,16	3,68
	<i>Phonoctonus</i>	1,10±1,63	2,86±1,69	0,12	4,23
3	Araignées	5,96±0,45	3,90±0,69	0,15	3,76

P=Probabilité, W=la statistique de Wilcoxon.

Les valeurs de probabilité accompagnées de * indiquent une différence significative au seuil de 5%

3.3.1 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS DOMINANTS DE LA ZONE 1 SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER

Dans la zone 1, le nombre moyen de coccinelles a varié de 1,91±0,26 (phase végétative) à 2,05±0,38 (phase fructifère). Mais cette différence n'est pas significative (p=0,07). Par contre une différence significative a été observée au niveau des Syrphes (p=0,00) et des Chrysopes (p=0,01) entre les deux phases de développement du cotonnier. La densité des Syrphes a significativement augmenté pendant la phase de fructification contrairement aux Chrysopes qui ont connu une baisse significative de leur nombre. De la phase végétative à celle de fructification, le nombre de Syrphes a varié de 1,80±0,23 à 3,18±0,27. De même la densité de Chrysopes a varié de 2,37±0,51 (phase végétative) à 1,01±0,25 (phase fructifère) (Figure 6).

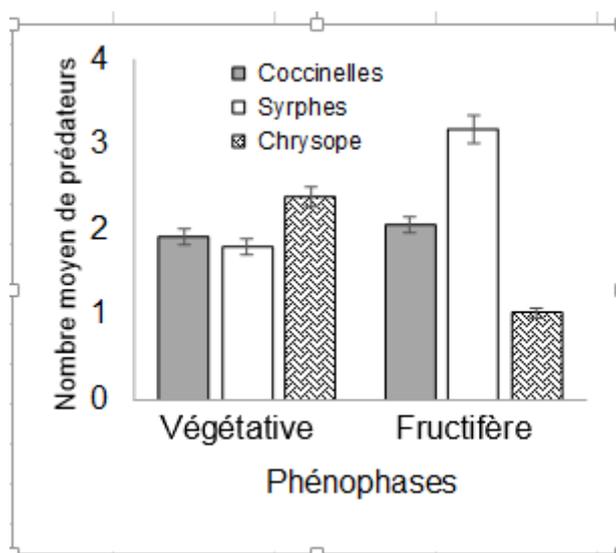


Fig. 6. Importance des prédateurs dominants de la zone 1 selon les phénophases

3.3.2 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS DOMINANTS DE LA ZONE 2 SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER

Le nombre de fourmis a varié de la phase végétative à celle fructifère de $13,44 \pm 1,37$ à $7,95 \pm 2,39$. Il en est de même pour les mantes religieuses qui ont oscillé entre $0,31 \pm 1,99$ et $0,23 \pm 2,02$. La densité de *Phonoctonus* spp. a varié de $1,10 \pm 1,63$ à $2,86 \pm 1,69$ selon les phases de développement du cotonnier. Mais ces différences n’ont pas été significatives au niveau de ces prédateurs entre la phase végétative et la phase fructifère (Figure 7).

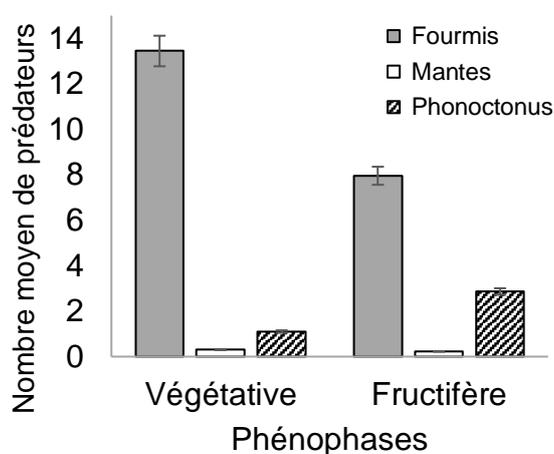


Fig. 7. Importance des prédateurs dominants de la zone 2 selon les phénophases

3.3.3 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS DOMINANTS DE LA ZONE 3 SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER

L’araignée a été le seul prédateur caractéristique et prédominant dans la zone 3. Le nombre d’araignée a varié de $5,96 \pm 0,45$ à $3,90 \pm 0,69$. Mais cette différence n’a pas été significative ($p=0,15$) (Figure 8).

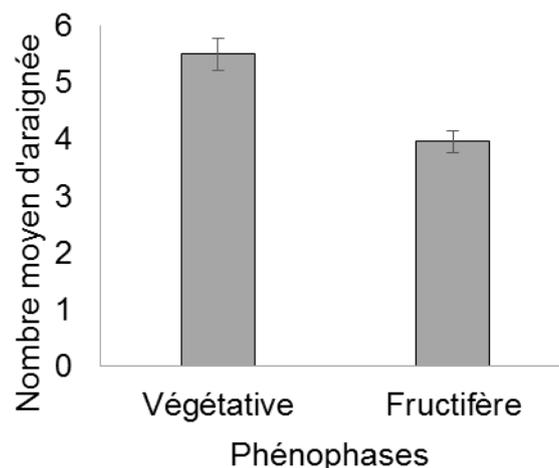


Fig. 8. Importance des prédateurs dominants de la zone 3 selon les phénophases

4 DISCUSSION

Les résultats de cette étude indiquent la présence de trois groupes de prédateurs suivant les zones. On observe un premier groupe (G1) qui est formé par un seul prédateur (les araignées) majoritairement (54,96%) distribué dans la zone 3. Le deuxième groupe (G2) est formé par trois prédateurs (Fourmis, Mante religieuse et *Phonoctonus*) majoritairement distribués dans la zone 2 et un troisième groupe est également formé par trois prédateurs (Chrysopes, Syrphes et Coccinelles) majoritairement distribués dans la zone 1. Ces différences observées dans le statut des prédateurs pourraient s'expliquer par une différence des conditions agro-écologiques. Ces résultats sont similaires à ceux de [25] qui ont montré que les parasitoïdes larvaires de *H. armigera* peuvent être influencés par l'espace. Ce phénomène pourrait aussi être dû au contexte du paysage, par exemple les habitats semi-naturels qui favoriseraient la lutte biologique par des ennemis naturels [26], [27], [28]. La diversification des cultures dans ces zones pourrait expliquer en partie ce phénomène, car les paysages diversifiés détiennent plus de potentiel pour la conservation de la biodiversité et le maintien de la fonction de contrôle des ravageurs [29], [30], [31].

Au niveau de l'évolution saisonnière des prédateurs, la plupart de ces derniers ont connu une évolution marquée par trois phases: une phase de croissance, une phase de décroissance et une phase de stabilité caractérisée par une quasi-absence des prédateurs. Mais les périodes de croissance et de décroissance ont varié selon les prédateurs. A partir du 128^{ème} jour après levée, tous les prédateurs ont été absents sauf les araignées qui continuaient d'être retrouvés sur les plants dans la zone phytosanitaire 3. Ces différences dans le statut des prédateurs, pourraient s'expliquer par une différence des conditions agro-écologiques et la sensibilité des prédateurs aux biopesticides utilisés.

Concernant l'importance des prédateurs selon les phases de développement des cotonniers, nos résultats ont montré que la densité des Syrphes a significativement augmenté pendant la phase de fructification. De la phase végétative à celle de fructification, le nombre de Syrphes a varié de $1,80 \pm 0,23$ à $3,18 \pm 0,27$. Beaucoup d'études ont montré que les prédateurs, tout comme les parasitoïdes sont population-dépendante, dont les réponses comportementales sont induites par les odeurs émises par les chenilles et les substances volatiles des plantes suite aux dégâts mécaniques provoqués par ces chenilles [32], [33]. Une augmentation des populations des parasitoïdes était alors attendu durant les périodes de floraison-fructification. Nos résultats corroborent partiellement avec ceux de [25] qui ont montré que les parasitoïdes de *H. armigera* sont plus diversifiés au stade végétatif (avant 20 jours après repiquage) et en fin de floraison-début fructification (41-60 jours après repiquage).

Quant aux Chrysopes, ils ont connu une baisse significative de leur nombre. La densité de Chrysopes a varié de $2,37 \pm 0,51$ (phase végétative) à $1,01 \pm 0,25$ (phase fructifère). Ces résultats sont similaires à ceux de [25] qui ont montré que la richesse spécifique des parasitoïdes est plus importante durant les premiers stades de développement de la tomate.

Par contre, les résultats de cette étude ont montré que le stade phénologique du cotonnier n'a pas influencé la densité de la plupart des prédateurs tels que les coccinelles, les fourmis, les mantes religieuses, les *Phonoctonus* et les araignées. Ces résultats sont similaires à ceux de [25] qui ont montré que le stade phénologique de la tomate n'influe pas sur le parasitisme des différentes espèces de parasitoïde de *H. armigera*.

Ces résultats prouvent que le service rendu par les parasitoïdes peut être exploité à tout moment du cycle de la culture. Ceci permettrait de promouvoir la lutte biologique en faveur des autres méthodes de lutte [26], [27], [28].

Nos résultats ont montré que les périodes de semis n'ont pas influencé l'abondance des prédateurs dans les parcelles. Ces résultats sont conformes à ceux de [25] qui ont révélé que la période de culture n'a aucun effet sur le parasitisme des différentes espèces de parasitoïde de *H. armigera*.

5 CONCLUSION

La présente étude a mis en évidence, l'ampleur de la densité des prédateurs dans les champs des producteurs au cours de ces dernières années et leur relation avec la phénologie des cotonniers en culture biologique. De plus, leur présence durant tout le cycle du cotonnier, ainsi que les différences considérables dans l'aire de distribution, ont été également identifiées. On retient des résultats obtenus, que les prédateurs sont inégalement répartis dans les zones phytosanitaires du Bénin. Les prédateurs recensés ont été plus importants et plus diversifiés dans les zones 1 et 2. Certains ont été plus importants pendant la phase végétative du cotonnier. Ces espèces de prédateurs recensés seraient alors des candidats essentiels dans la mise en place d'une stratégie de régulation naturelle des ravageurs selon les zones phytosanitaires du Bénin.

REFERENCES

- [1] Kafadaroff, G. 2008. Agriculture durable et nouvelle révolution verte. Le publieur, 292p.
- [2] Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677.
- [3] Kibblewhite MG, Ritz K, Swif J. 2008. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 363: 685–701.
- [4] Azonkpin S., Chougourou C. D., Agbangba C. E., Santos J. C. C., Soumanou M. M., Vodouhe D. S. 2018c. Typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin; *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12 (4): 1688-1704.
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. Plan d'action du Sommet mondial de l'alimentation. <http://www.fao.org/docrep/003/w3548f/w3548f00.htm>.
- [6] Ricci B. 2009. Dynamique spatiale et dégâts de carpocapse dans la basse vallée de la Durance. Thèse de doctorat, Ecole doctorale SIBAGHE, Université d'Avignon. 224p.
- [7] Azonkpin S., Chougourou C. D., Bokonon-Ganta H. A., Dossou J., Ahoton E. L., Soumanou M. M., Vodouhe D. S. 2018b. Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Nord du Bénin. *European Scientific Journal* 14 (24): 464-489.
- [8] Azonkpin S., Akpo A. A., Kpoviessi A. D., Santos C. C. J., Djihinto C. A., Chougourou C. D. 2019a. Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Centre du Bénin. *Les Cahiers du CBRST « Agriculture, Environnement et Sciences de l'Ingénieur »* N° 15; ISSN: 1840-703X, Dépôt légal n° 11535, *Bibliothèque Nationale du Bénin*. 24-46.
- [9] Katary A. 2003. Etude spatio-temporelle de la gestion de la résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) aux pyrèthrinoides en culture cotonnière au Bénin. Thèse de Doctorat d'Etat ès-sciences Naturelles, option entomologie agricole. Université de Cocody, Abidjan. 250 p.
- [10] Azonkpin S., Djihinto C. A., Bonni G., Fayalo D. G., Houndété A.T., Chougourou C. D., 2020a. Effets de l'huile de Thevetia et de Top bio sur les prédateurs en culture cotonnière biologique à Gobé au Centre du Bénin. *European Scientific Journal*, 16 (33), 284-302, DOI: 10.19044/esj.2020.v16n33p284.
- [11] Traoré O., (2008). Les succès de la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. 67^{ème} réunion plénière de l'ICAC, Ouagadougou (Burkina Faso), 16-21 novembre 2008, INERA.
- [12] Azonkpin S., Djihinto C. A., Chougourou C. D., Aouco A., Akpo A. A., Soumanou M. M. 2020b. Efficacité du Top Bio et de L'huile de Thevetia Contre les Chenilles Carpophages du Cotonnier au Centre du Benin. *European Journal of Scientific Research*, 158 (2), 77-93, <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>
- [13] Tscharrntke T. 2000. Parasitoid populations in the agricultural landscape. *Parasitoid Population Biology*, In: Hochberg ME, Ives AR, editors. *Parasitoid population biology*. Princeton University Press pp 235-254.
- [14] Azonkpin S., Chougourou C. D., Djihinto C. A., Bokonon-Ganta H. A., Ahoton E. L., Dossou J., Soumanou M. M., 2018a. Effets du baume de cajou sur les pucerons et leurs prédateurs en culture cotonnière biologique au Centre du Bénin. *European Journal of Scientific Research*, 150 (4), 405-419.
- [15] Agence Bio. 2008. L'agriculture Biologique française: chiffres 2007, 168pp.
- [16] Louissaint M. A. 2012. Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*). Mémoire de Master, SupAgro, Montpellier. 40p.
- [17] Hougni A., Kpadé P. C., Djihinto A. C., 2012. Culture biologique du cotonnier et commerce équitable du coton: Deux approches de niche. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*. Numéro spécial Coton. 60-74.
- [18] CRA-CF, 2017. Point de la recherche cotonnière en 2015. CRA-CF/INRAB/MAEP/Bénin. 188p.
- [19] Bruno M., Togola M., Téréta I., Traoré N. N., 2000. La lutte contre les ravageurs du cotonnier au Mali: problématique et évolution récente. *Cahiers Agricultures* 9: 109-115.

- [20] Nibouche, S., Beyo, J., Gozé, E., 2003. Mise au point d'une méthode d'échantillonnage rapide des chenilles de la capsule du cotonnier. In *Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque, Garoua, Cameroun (pp. 5-p). Cirad- Prasac.
- [21] Aldenderfer M. S., Blashfield R. K., 1984. *Cluster Analysis*, Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Science, series no. 07-044. Newbury Park, California: Sage Publications.
- [22] Kaiser H. F., 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- [23] Parry G., 1982. *Le cotonnier et ses produits*. Technique agricole et productions tropicales G - P. Maisonneuve & Larose, Paris, France, 502p.
- [24] R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [25] Diatte M., Brévault T., Sall-Sy D., Diarra K., 2018. Dynamique des parasitoïdes larvaires de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) dans la zone des Niayes au Sénégal, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12 (1): 392-401.
- [26] Landis DA, Wratten SD, Gurr GM. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.*, 45 (1): 175-201. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>
- [27] Maalouly M, Franck P, Bouvier J-C, Toubon J-F, Lavigne C. 2013. Codling moth parasitism is affected by semi-natural habitats and agricultural practices at orchard and landscape levels. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 169: 33-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.008>
- [28] Morandin LA, Long RF, Kremen C. 2014. Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 189: 164-170. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.030>
- [29] Bianchi F. J. J. A., Booij C. J. H., Tscharntke T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B* (2006) 273, 1715–1727. doi: 10.1098/rspb.2006.3530.
- [30] Chaplin-Kramer R, O'Rourke ME, Blitzer EJ, Kremen C. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecol. Lett.*, 14 (9): 922-932. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01642.x>.
- [31] Chaplin-Kramer R., de Valpine P., Mills N. J., Kremen C., 2013. Detecting pest control services across spatial and temporal scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181 (2013) 206– 212.
- [32] Yan Z. G., Wang C. Z. 2006. Similar attractiveness of maize volatiles induced by *Helicoverpa armigera* and *Pseudaletia separata* to the generalist parasitoid *Campoletis chloridae*. *Entomol. Exp. Appl.*, 118 (2): 87-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00368.x>.
- [33] Azonkpin S., Chougourou C. D., Djihinto C. A., Bokonon-Ganta H. A., Ahoton E. L., Tante O. C., Soumanou M. M. 2019b. «Typology and Cotton Insect Pests' Distribution in Biological Crop System in Benin, » *International Journal of Science and Engineering Invention*, 5 (6), 103-114.