



ARTICLE OPEN

Typology and Cotton Insect Pests' Distribution in Biological Crop System in Benin

Saturnin AZONKPIN^{1*}, Chèpo Daniel CHOUGOUROU², Cocou Angelo DJIHINTO³, H. Aimé BOKONON-GANTA⁴, Essèhou Léonard AHOTON⁵, Owolabi Camille TANTE², Mansourou Mohamed SOUMANOU⁶

¹Centre de Recherches Agricoles – Coton et Fibres (CRA-CF), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 PB 175 Cotonou,

E-mail : azonsat@yahoo.fr , République du Bénin.

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,

Email : chougouroud@yahoo.de, République du Bénin.

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

E-mail: djihinto@yahoo.fr, République du Bénin

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

Email : aimehbg@yahoo.com, République du Bénin.

⁵Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), *Email : essehahoton@yahoo.fr, République du Bénin.*

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,

Email : msoumanoufr@yahoo.fr, République du Bénin.

Received 26 May 2019;

Accepted 05 June 2019;

Published 10 June 2019

Abstract

Defining effective strategies for combating crops insect pests requires to be well knowledgeable about their ecology and prevalence. This study identified on the one hand the major insect pests of biological cotton crops in the phytosanitary zones of Benin and on the other hand determined their seasonal evolution and evaluated their weight according to the cotton development stage. The density of insect pests and their damages were evaluated in cotton farms. A Correspondence Analysis was used to describe the relationship between insect pests and cotton phytosanitary zones (zone 1, zone 2, zone 3). The seasonal evolution of the identified insect pests was assessed using simple time series trend. Mann-Whitney test was used to compare the density of insect pests between cotton development stages. The results showed that *Helicoverpa armigera* and *Diparopsis watersi* were the major insect pests of the zone 1. Those major in the zone 2 were *Bemisia tabaci*, *Dysdercus volkeri*, *Haritaloides derogata* and *Aphis gossypii* and those major of the zone 3 were *Thaumatotibia leucotreta*, *Pectinophora gossypiella*, *Polyphagotarsonemus latus* and *Earias* spp. Following cotton development stage, the prevalence (% of cotton stalks attacked) of *H. derogata* in the phytosanitary zone 2 varied from $2.70 \pm 0.67\%$ during the vegetative stage to $0.6 \pm 0.06\%$ during the fruitification stage. The prevalence of *H. derogata* decreased significantly during the fruitification stage. The prevalence of *P. gossypiella* varied from 1.90 ± 0.36 during the vegetative stage to 0.40 ± 0.24 during the fruitification stage. The prevalence of *P. latus* varied from $4.33 \pm 0.76\%$ during the vegetative stage to $1.17 \pm 0.52\%$ during the fruitification stage in the cultivation zone 3. The number of *P. gossypiella* and the prevalence of *P. latus* significantly decreased from the vegetative stage to that of fruitification. Our results could be meaningful while developing effective fighting strategies against insect pests.

Keywords: spatial distribution, seasonal evolution, crops pests, development stage, biological cotton

1. Introduction

La culture du cotonnier constitue la principale source de revenu monétaire dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest (Zagbaï et al., 2006). Au Bénin, il est longtemps considéré comme un outil stratégique de lutte contre la pauvreté du fait de sa contribution à l'économie nationale et au développement du monde rural (Gossou et al., 2010). Il constitue la principale culture d'exportation du pays. Il contribue pour 13 % au PIB, représente 24 % des recettes de l'Etat et procure 70 % des recettes d'exportation de notre pays (Katary, 2003).

Malheureusement, le cotonnier est l'une des cultures les plus sujettes aux dommages provoqués par de nombreux ravageurs, responsables des pertes de récoltes parfois importantes pouvant annihiler les efforts considérables fournis par les producteurs (Miranda et al., 2013). Ainsi, les attaques dues aux ravageurs tels que les chenilles défoliatrices, les acariens et les insectes piqueurs-suceurs, limitent fortement le rendement du coton-graine (Vaissayre et Deguine, 1996 ; Vaissayre et Cauquil, 2000). Plus de 1300 espèces d'insectes et d'acariens auxquels s'ajoutent des nématodes et des mammifères, ont été recensés sur cette culture (Traoré, 2008). Au Bénin, le cotonnier *Gossypium hirsutum*, paie un lourd tribut à un important complexe de ravageurs dont les principaux appartiennent aux genres *Helicoverpa*, *Earias*, *Diaparsopsis*, *Pectinophora* et *Thaumatotibia* (Katary, 2003).

Le complexe des ravageurs du cotonnier constitue donc l'un des principaux facteurs limitant la production cotonnière après la fumure (Traoré, 2008). La réussite de cette culture nécessite non seulement un bon itinéraire technique mais aussi et surtout un bon contrôle des insectes ravageurs qui sont susceptibles de causer des pertes de récoltes variant de 50% à 75% selon les pays, les années et les localités (Badiane et al., 2015 ; Sarr et al., 2016). Au Bénin, les pertes de récoltes en absence de protection phytosanitaire se chiffrent à plus de 50% du potentiel de rendement de la culture (Katary, 2003).

En Afrique de l'Ouest, les programmes de protection phytosanitaire contre ces ravageurs, sont essentiellement basés sur l'utilisation d'insecticides chimiques. Or, l'utilisation intensive de produits chimiques conduit au développement du phénomène de résistance et provoque un déséquilibre de l'écosystème parce que ces insecticides chimiques tuent également les organismes utiles et s'accumulent dans le sol, l'air, l'eau et la chaîne alimentaire (Fayalo et al., 2014). Les conséquences immédiates sont une atteinte à la santé humaine (Jager-Mischke, 1993 ; Toe et al., 2004) et une dégradation de l'environnement (Van der Werf, 1997). Pour toutes ces raisons les pays producteurs de coton s'intéressent de plus en plus aux modes de production alternative comme la production de coton biologique et

équitable. Mais, les rendements de la production du coton biologique demeurent encore faibles. Tovignan (2012) a rapporté qu'au cours de la campagne agricole 2010-2011, le rendement du coton-graine biologique a varié de 360 kg/ha dans la zone Alafia au Nord-ouest du Bénin à 540 kg/ha dans la zone encadrée par l'Organisation Béninoise pour la Promotion de l'Agriculture Biologique (OBEPAB). Parmi les contraintes qui limitent le rendement du cotonnier biologique, figurent la faible disponibilité des intrants agricoles, la mauvaise qualité et la faible efficacité de ces intrants (OBEPAB, 2002).

Ce faible rendement soulève des questions, sur la sensibilité des ravageurs aux biopesticides utilisés, sur la distribution spatio-temporelle de ces ravageurs ou encore sur les conditions climatiques et environnementales actuelles devenues propices à la pullulation des populations de ces ravageurs. Aujourd'hui, des ravageurs autrefois dit « secondaires » accèdent progressivement au rang de ravageurs dominants (Vaissayre et al., 2006). Selon Kone et al., (2017), depuis ces dernières années, une émergence de certains ravageurs dont le jasside *Jacobiella facialis*, s'observe malgré l'adoption des programmes de protection. La résurgence des ravageurs, est susceptible de remettre en cause la stratégie de protection en vigueur dont l'efficacité repose en grande partie sur une bonne maîtrise de la distribution spatio-temporelle des principaux ravageurs ; d'où l'importance de la surveillance parasitaire.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail qui a pour objectif général d'étudier la typologie et la distribution saisonnière des espèces de ravageurs en culture cotonnière biologique au Bénin. Spécifiquement, il s'agit de déterminer les principaux ravageurs inféodés aux cotonniers dans les zones phytosanitaires ainsi que leur évolution saisonnière et leur importance selon les phases de développement 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 graine biologique au Bénin (Hougni et al., 2012). Le choix de ces Communes est guidé par les critères d'importance du volume produit et de leur ancienneté dans la production du coton graine 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 (CRA-CF, 2017). 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 (CRA-CF, 2017).

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

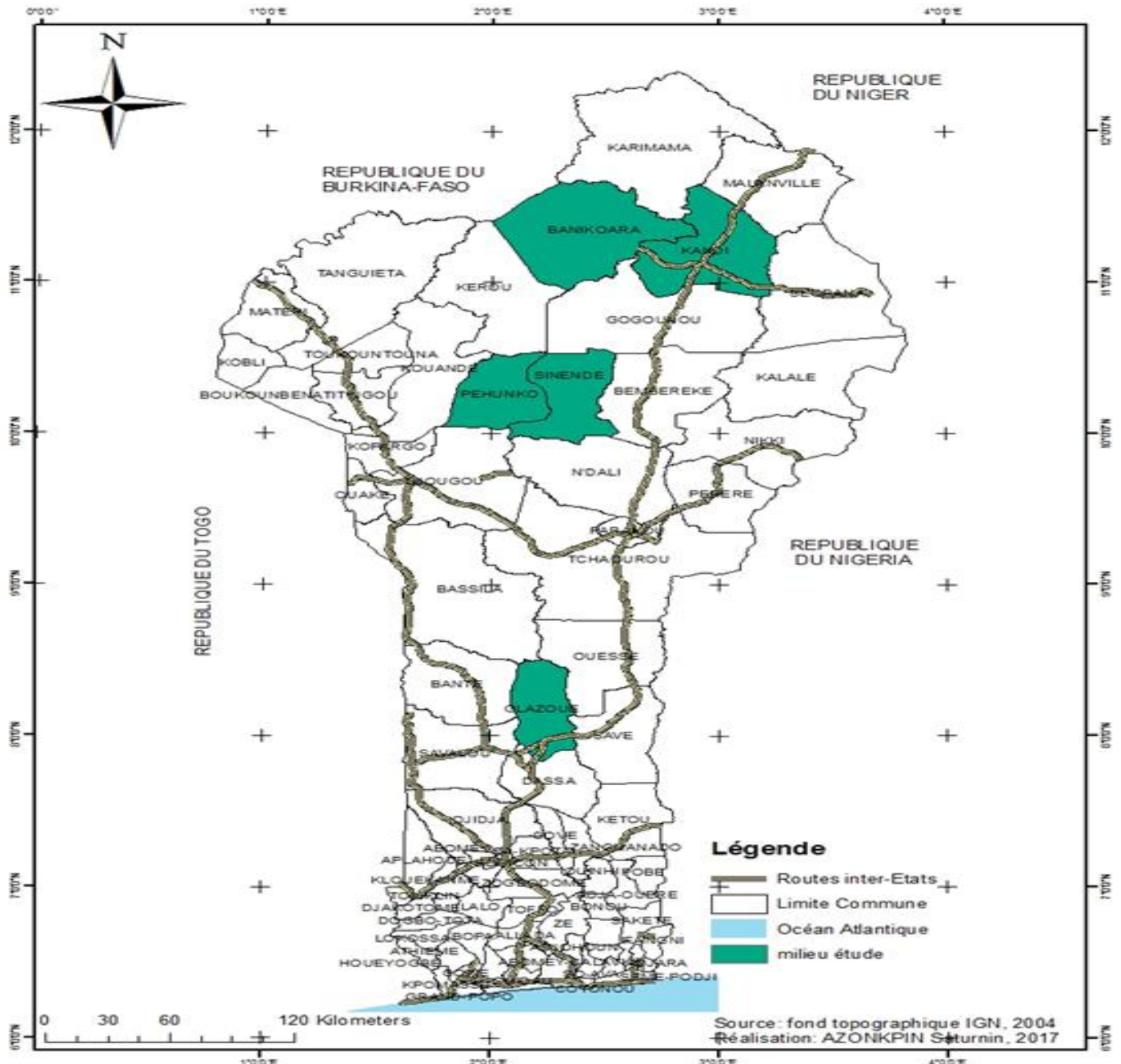


Figure 1 : Carte du Bénin montrant les Communes dans lesquelles le travail a été réalisé.

2.3 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 une partie de la zone phytosanitaire 1 (Alibori et Kérou) tandis que la variété OKP 768 est cultivée dans la zone phytosanitaire 2 et une partie de la zone 1. Ces variétés ont succédé à la variété H279-1 qui était cultivée dans ces zones depuis plusieurs années.

Le matériel animal de référence est composé des chenilles carpophages telles que *Helicoverpa armigera*, *Earias* spp., *Diparopsis watersi*, *Pectinophora gossypiella*, *Thaumetotibia leucotreta*. On y distingue aussi les ravageurs des organes végétatifs tels que les mouches blanches *Bemisia tabaci*, les pucerons *Aphis gossypii*, l'acarien *Polyphagotarsonemus latus*. Les chenilles phyllophages telles que *Haritalodes derogata*, *Anomis flava* et *Spodoptera littoralis* font partie aussi de ce groupe.

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 graine biologique mais aussi de la présence dans les villages, d'un agent d'encadrement ou d'un représentant des producteurs de coton graine 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

Zones	Zone 1 (Alibori et Kérou)	Zone 2 (Borgou, Donga et reste Atacora)	Zone 3 (Collines, Zou, Couffo et Plateau)
Périodes de semis			
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 – 10 juillet
Semis tardif	Après 20 juin	Après 5 juillet	Après 10 juillet

2.3.2- Stratégie de protection phytosanitaire

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

2.3.3- Données collectées

Pour évaluer la densité des ravageurs, nous avons collecté le nombre de chenilles carpophages (*Helicoverpa armigera*, *Earias* spp., *Diparopsis watersi*, *Pectinophora gossypiella*, *Thaumatotibia leucotreta*) à chaque semaine, soit au 30, 37, 44, 51, 58, 65, 72, 79, 86, 93, 100, 107, 114, 121, 128, 135, 142 et 149 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 » (Bruno et al., 2000 ; Nibouche et al., 2003) du 30^{ème} au 149^{ème} j.a.l des cotonniers. Les diagonales ont été changées chaque semaine.

Au niveau des ravageurs des organes végétatifs, nous avons collecté le nombre de plants attaqués par les mouches blanches *Bemisia tabaci*, les pucerons *Aphis gossypii*, les acariens *Polyphagotarsonemus latus*, les chenilles phyllophages *Haritalodes derogata*, *Anomis flava* et *Spodoptera littoralis* à chaque semaine, soit au 30, 37, 44, 51, 58, 65, 72, 79, 86, 93, 100, 107, 114, 121, 128, 135, 142 et 149 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 de la diagonale du 30^{ème} au 149^{ème} j.a.l des cotonniers.

Pour les plants attaqués par les mouches blanches, la présence de formes fixes sur la face inférieure des cinq feuilles terminales a été recherchée. Le plant est considéré attaqué si l'une de ces cinq feuilles porte au moins une forme fixe. Au niveau des pucerons, on examine les cinq feuilles terminales. Le plant est considéré attaqué si l'une des cinq feuilles terminales porte des pucerons vivants. Concernant les acariens, on examine également les cinq feuilles terminales. Le plant est considéré attaqué si l'une des cinq feuilles terminales présente des symptômes d'attaques. Quant aux chenilles phyllophages (*Haritalodes derogata*, *Anomis flava* et *Spodoptera littoralis*), les plants attaqués sont ceux présentant les symptômes avec la présence de chenilles vivantes. Au niveau des punaises, les larves et adultes de *Dysdercus* spp. ont été dénombrés sur les plants.

2.3.4- Méthode d'analyse des données

Une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée à l'aide d'un tableau de contingence reliant les ravageurs aux zones d'étude afin d'identifier le lien entre ces ravageurs et 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 par classe d'individus. En effet, l'AFC est souvent utilisée lorsqu'il est évident que les variables de l'étude sont corrélées entre elles (Aldenderfer et Blashfield, 1984). 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 (Kaiser, 1960).

Ensuite, l'évolution saisonnière des ravageurs caractéristiques de chaque zone, a été décrite au moyen des courbes tendanciennes construites avec le logiciel R.3.5.0 (R Core Team, 2018) 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 (Parry, 1982). Ainsi, il a été utilisé le test non paramétrique de Wilcoxon sous R.3.5.0 (R Core Team, 2018) 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 avec R. Les graphes (barres d'erreurs) ont été construits avec Excel (version 2016).

3. Résultats

3.1- Typologie et distribution spatiale des ravageurs du cotonnier

Les deux premiers axes (Dim 1 et Dim 2) obtenus après l'AFC, expliquent plus de la moitié soit 95% de la variabilité totale

contenue dans la base de données. L'axe 1 explique 58,30% de la variance totale et l'axe 2 en explique 36,70% (Figure 2). Ces deux axes ont été donc retenus pour expliquer et décrire la répartition spatiale des ravageurs. L'analyse de la figure 18 a révélé trois groupes sur le plan factoriel. Le premier groupe se démarque des autres par sa forte corrélation avec l'axe 2. Ce premier groupe (G1) est formé par quatre ravageurs à savoir *Thaumatotibia leucotreta*, *Pectinophora gossypiella*, *Polyphagotarsonemus latus* et *Earias* spp. Ces ravageurs sont bien représentés sur l'axe et sont majoritairement distribués dans la zone 3. Respectivement, 95,71%, 74,32%, 62,55% et 58,77% des *Thaumatotibia leucotreta*, *Pectinophora*

gossypiella, *P. latus* et *Earias* sp., appartiennent à ce groupe. Les deux derniers groupes semblent s'opposer sur l'axe 1 avec un groupe (G2) formé par deux ravageurs qui sont *Helicoverpa armigera* et *Diparopsis watersi*, qui appartiennent à ce groupe à respectivement 46,69% et 59,56%. Ils sont majoritairement distribués dans la zone 1. Le troisième groupe (G3) est formé par quatre ravageurs qui sont *Bemisia tabaci*, *Dysdercus volkeri*, *Haritaloides derogata* et *Aphis gossypii* qui appartiennent à ce groupe respectivement à 64,35%, 68,99%, 53,86% et 84,45%. Ces quatre ravageurs sont majoritairement distribués dans la zone phytosanitaire 2.

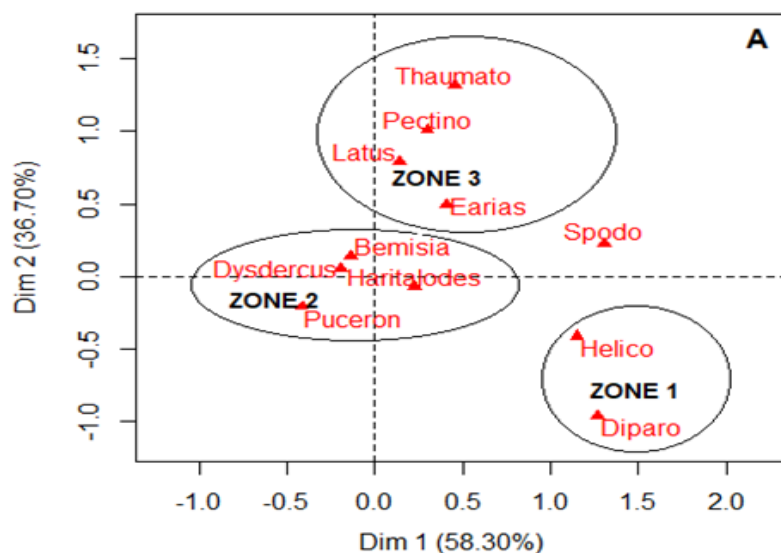


Figure 2 : Projection des variables dans le plan formé par les deux premières dimensions de l'AFC.

3.2- Distribution des ravageurs caractéristiques des zones phytosanitaires durant la saison

3.2.1- Distribution des ravageurs typiques de la zone 1 durant la saison

Considérant les ravageurs de la zone 1, l'analyse de la Figure 3 montre que la dynamique des populations de *H. armigera* est marquée par quatre phases : une première phase de croissance du 30ème au 72ème jour après levée où le nombre moyen de chenilles de *H. armigera*, recensées sur 30 plants, a accru de 0,15 à 6,46. Ensuite, une phase de stabilité plus ou moins prononcée marquée par deux pics (au 72ème avec 6,46 chenilles et au 93ème jour après levée avec 6,92 chenilles) a été

enregistrée. Ensuite, il a été observé une phase de déclin du 93ème au 128ème jour après levée où peu de chenilles de *H. armigera* ont été recensées. Enfin la dernière phase a été marquée par la quasi-absence de *H. armigera*. Similairement aux *H. armigera*, la dynamique de *D. watersi* est aussi marquée par quatre phases : une première phase de croissance du 30ème au 65ème jour après levée où le nombre moyen de chenilles de *D. watersi* est passé de 0,17 à 0,92. Ensuite, on observe une phase de stabilité marquée par de légères évolutions en dents de scie entre le 65ème et le 121ème jour après levée où le plus grand nombre (1,67) de chenilles de *D. watersi* a été enregistré. Ensuite, la phase de déclin du 121ème au 128ème jour après levée a été suivie d'une dernière période marquée par la quasi-absence des chenilles de *D. watersi*.

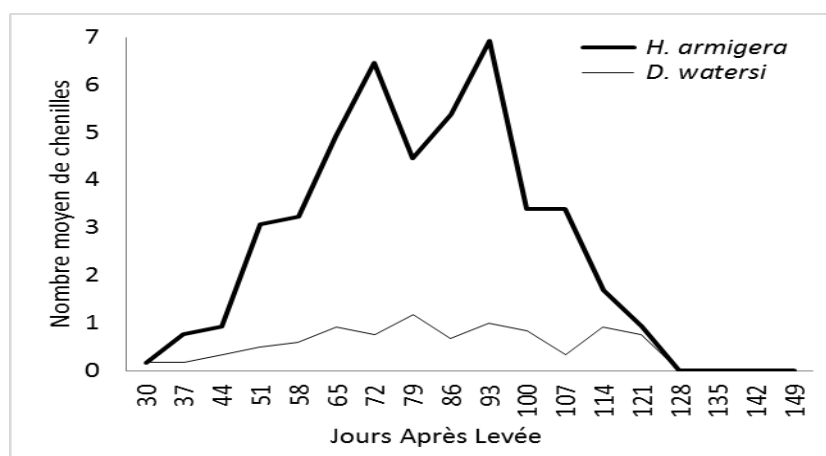


Figure 3 : Evolution saisonnière des ravageurs dominants de la zone 1.

3.2.2- Distribution des ravageurs typiques de la zone 2 durant la saison

Dans la zone 2, l'évolution du nombre des ravageurs ou de leur dégât est marquée par quatre phases avec quelques particularités (Figure 4). On note une phase de croissance du 30ème au 72ème jour après levée où le plus grand nombre de plants attaqués par *A. gossipii* (33,17%), de *B. tabaci* (7,83%) et de *H. derogata* (5,92%), a été recensé. Ensuite, une phase de décroissance a été observée entre le 72ème et le 79ème jour après levée pour *A. gossipii* et *H. derogata*, le 72ème et le 93ème jour après levée pour *D. volkeri* et entre le 72ème et le

86ème jour après levée pour *B. tabaci*. Cette phase est suivie d'une reprise de l'augmentation des insectes jusqu'au 114ème jour après levée pour *A. gossipii*, *B. tabaci* et *D. volkeri* sauf *H. derogata* qui est resté quasiment absent jusqu'en fin de cycle de la plante. Une phase de décroissance a été notée du 114ème au 128ème jour après levée pour ces espèces d'insecte. Enfin, une phase de stabilité marquée par une quasi-absence des ravageurs a été observée à partir du 128ème jour après levée. A l'exception des autres ravageurs, l'évolution du nombre de plants attaqués par les pucerons a connu deux pics enregistrés aux 72ème et 114ème jours après levée.

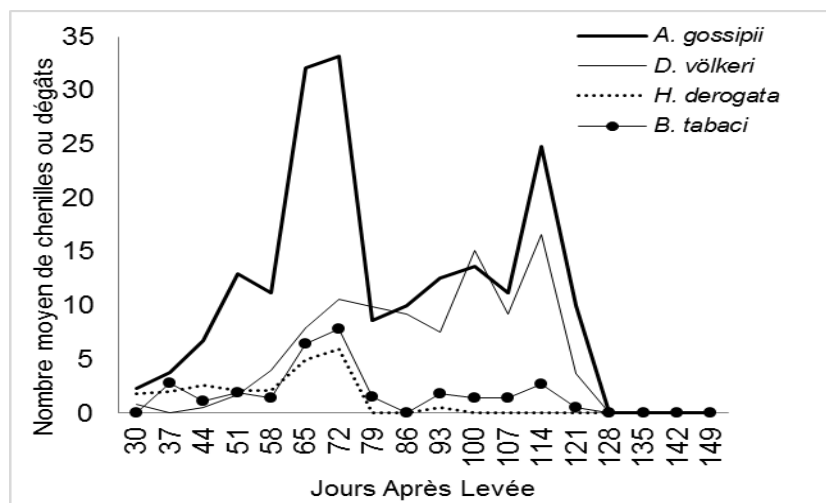


Figure 4 : Evolution saisonnière des ravageurs dominants de la zone 2.

3.2.3- Distribution des ravageurs typiques de la zone 3 durant la saison

Dans la zone 3, l'évolution des ravageurs est marquée par une variabilité importante durant 18 semaines d'étude. L'analyse de la figure 5 montre une augmentation du pourcentage de plants attaqués par *P. latus* (4,83), du nombre de chenilles de *Pectinophora gossypiella* (3,5) et de *Earias* spp. (3,17) tout au début des observations (entre le 30ème et 44ème jours après levée). Ensuite, on observe une tendance à la baisse du nombre de chenilles de *Pectinophora gossypiella* et de *Earias* spp. jusqu'au 114ème jour après levée, suivie d'une reprise de l'augmentation et d'une stabilisation. Le pourcentage de plants attaqués par *P. latus* est marqué par un déclin important enregistré du 30ème au 51ème jour après levée et du 86ème au

128ème jour après levée avant d'être absent en fin de cycle. La période de croissance de plants attaqués par ce ravageur, était observée entre le 51ème et le 79ème jour après levée où le pic a été obtenu (7,33%). Le nombre de chenilles de *Thaumatotibia leucotreta* est marqué par une phase de l'augmentation du nombre d'insectes du 44ème au 58ème jour après levée pour atteindre un premier pic (3 chenilles). Ce nombre de chenilles a baissé entre le 58ème et le 72ème jour après levée, suivi d'une augmentation importante du 72ème au 86ème jour après levée où le second pic a été obtenu (7,33 chenilles). La période couvrant le 86ème au 114ème jour après levée, a été marquée par une baisse importante du nombre de *T. leucotreta*. Ce ravageur a été absent du 114ème au 149ème jour après levée.

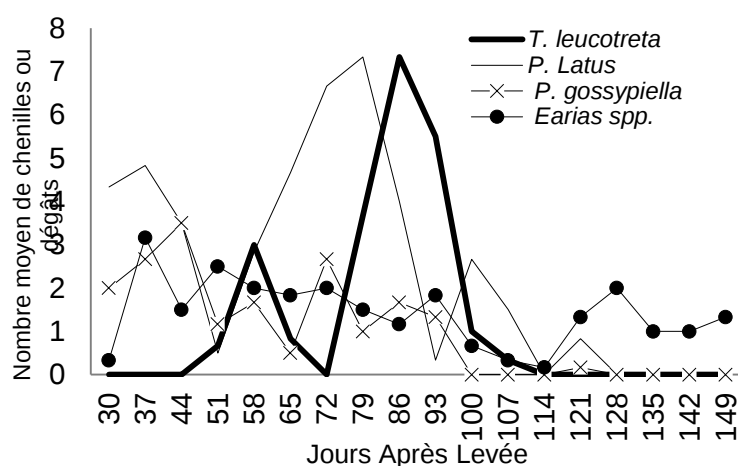


Figure 5 : Evolution saisonnière des ravageurs dominants de la zone 3.

3.3- Distribution des ravageurs dominants des zones phytosanitaires selon les phénophases du cotonnier

Le tableau 2 montre le nombre moyen de ravageurs ou le pourcentage de plants attaqués par les ravageurs selon les phénophases. Le nombre de chenilles de *Thaumatotibia*

leucotreta et le nombre de *Dysdercus völkerei* a augmenté en passant de la phase végétative à celle fructifère. Par contre, ce nombre a baissé en passant de la phase végétative à celle fructifère pour tous les autres ravageurs

Tableau 2 : Nombre de ravageurs selon les phases de développement du cotonnier

Zones	Ravageurs	Phase végétative	Phase fructifère	P	W
1	H. armigera	4,46±0,79	2,71±0,89	0,14	3,97
	D. watersi	1,16±0,12	0,56±0,14	0,14	3,93
2	A. gossipii	13,88±4,28	10,28±2,81	0,13	4,03
	D. völkerei	4,46±1,55	7,69±2,21	0,13	4,05
	H. derogata	2,70±0,67	0,6±0,06	0,00*	11,36
	B. tabaci	2,90±0,98	0,98±0,36	0,07	5,45
3	T. leucotreta	1,02±0,52	1,77±1,04	0,46	1,56
	P. latus	4,33±0,76	1,17±0,52	0,01*	10,18
	P. gossypiella	1,90±0,36	0,40±0,24	0,01*	9,86
	Earias spp.	1,85±0,29	1,06±0,23	0,08	4,98

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 ravageurs dominants de la zone 1 selon les phénophases du cotonnier

Dans la zone 1, le nombre moyen de chenilles de *H. armigera* a varié de 4,46±0,79 (phase végétative) à 2,71±0,89 (phase fructifère) tandis qu'au niveau de *D. watersi*, ce nombre est passé de 1,16±0,12 à 0,56±0,14 respectivement pour la phase

végétative et celle fructifère (Figure 6). Mais il n'existe pas de différence significative entre le nombre de ces ravageurs selon les phénophases. Le nombre de chenilles de *H. armigera* a été plus élevé que celui de *D. watersi* durant ces deux phases de développement du cotonnier

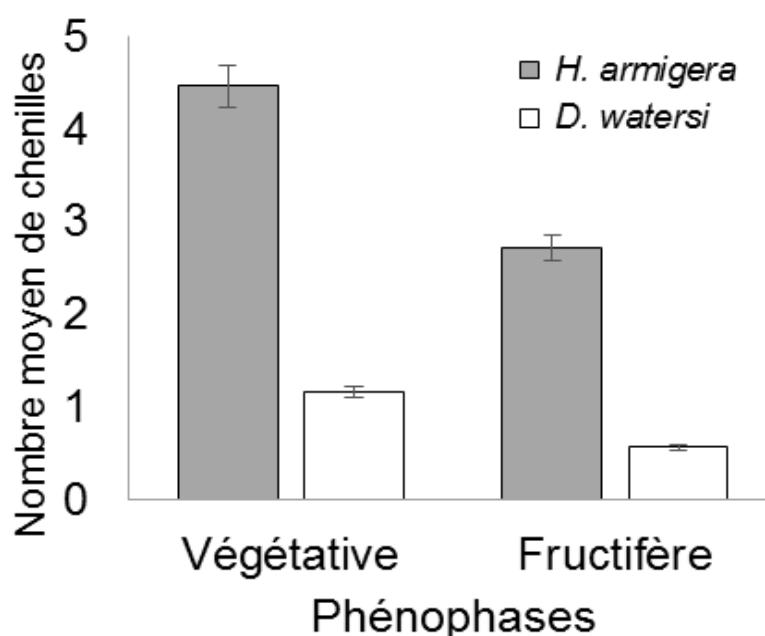


Figure 6 : Importance des ravageurs dominants de la zone 1 selon les phénophases

3.3.2- Distribution des ravageurs dominants de la zone 2 selon les phénophases du cotonnier

Dans la zone 2, le pourcentage de plants attaqués par les ravageurs des organes végétatifs a varié de la phase végétative à celle fructifère, de $13,88 \pm 4,28\%$ à $10,28 \pm 2,81\%$ et de $2,90 \pm 0,98$ à $0,98 \pm 0,36\%$ respectivement pour *A. gossipii*, et *B. tabaci* (Figure 7). De même, le nombre de *D. völkerei* a varié de $4,46 \pm 1,55\%$ à $7,69 \pm 2,21\%$. Mais ces résultats n'ont pas été discriminants. Par contre, les résultats obtenus au niveau de *H.*

derogata, montrent qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les proportions de plants attaqués par ce ravageur entre ces deux phases de croissance et de développement du cotonnier. Il en résulte que ce ravageur a connu une baisse significative de ses dégâts pendant la phase fructifère du cotonnier. Le pourcentage de plants attaqués par *H. derogata* a donc varié de $2,70 \pm 0,67\%$ à $0,6 \pm 0,06\%$ respectivement pour les phases végétative et fructifère.

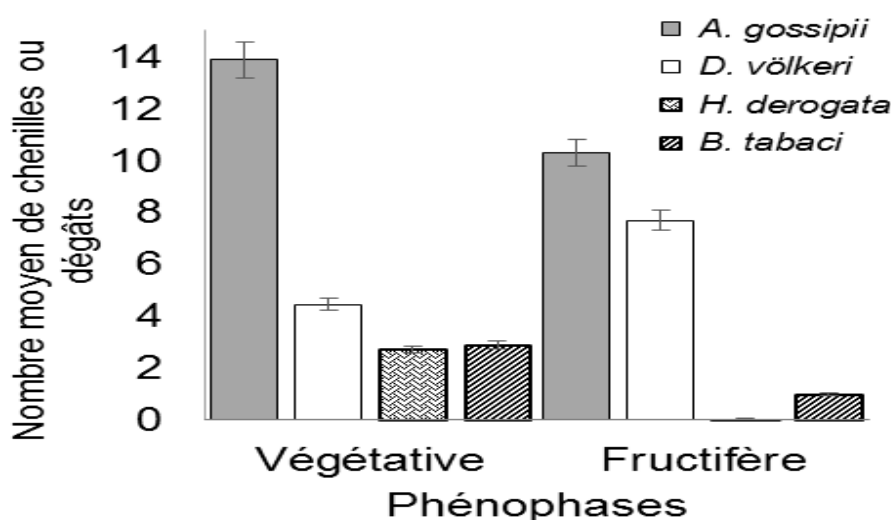


Figure 7 : Importance des ravageurs dominants de la zone 2 selon les phénophases

3.3.3- Distribution des ravageurs dominants de la zone 3 selon les phénophases du cotonnier

Dans la zone 3, le nombre de chenilles a varié de la phase végétative à celle fructifère de $1,02 \pm 0,52\%$ à $1,77 \pm 1,04\%$ et de $1,85 \pm 0,29\%$ à $1,06 \pm 0,23\%$ respectivement pour *T. leucotreta* et *Earias* spp. Mais, il n'existe pas de différence significative entre le nombre de ces ravageurs. Par contre, une différence

significative a été observée au seuil de 5% au niveau du nombre de *P. gossypiella* qui a varié de $1,90 \pm 0,36$ à $0,40 \pm 0,24$ respectivement pour les phases végétative et fructifère. De même, le pourcentage de plants attaqués par l'acarien *P. latus* a été discriminant pour ces deux phases. Ce pourcentage a varié de $4,33 \pm 0,76\%$ à $1,17 \pm 0,52\%$ respectivement pour les phases végétative et fructifère (tableau 1). On retient que le nombre de

chenilles de *P. gossypiella* et la proportion de dégât de *P. latus* ont connu une baisse significative pendant la phase de la

fructification du cotonnier (Figure 8)

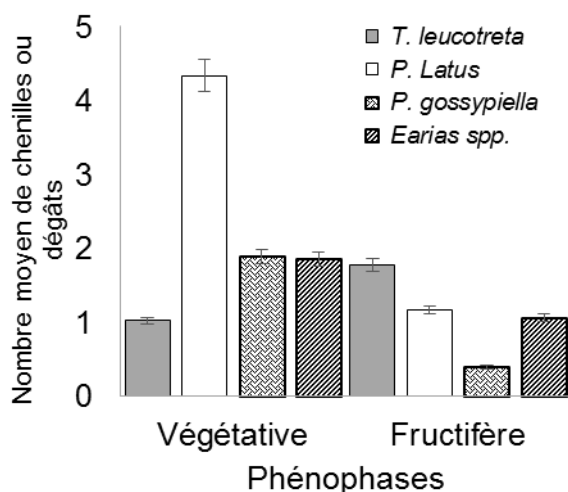


Figure 8 : Importance des ravageurs dominants de la zone 3 selon les phénophases

4. Discussion

Les résultats de cette étude ont mis en évidence trois groupes de ravageurs typiques aux zones phytosanitaires du Bénin. Le premier groupe (G1) est formé par quatre ravageurs *Thaumetobia leucotreta*, *Pectinophora gossypiella*, *Polyphagotarsonemus latus* et *Earias spp.* qui sont majoritairement distribués dans la zone 3. Le deuxième groupes (G2) est formé par deux ravageurs (*Helicoverpa armigera* et *Diparopsis watersi*) majoritairement distribués dans la zone 1 et le troisième groupe (G3) est formé par quatre ravageurs (*Bemisia tabaci*, *Dysdercus volkeri*, *Haritaloïdes derogata* et *Aphis gossypii*) qui sont majoritairement distribués dans la zone 2. Ces résultats sont similaires à ceux de Diatte et al. (2018) qui ont montré au Sénégal que le parasitisme global de *H. armigera* a varié en fonction de la zone. Pour ces auteurs, le taux global du parasitisme est plus important dans les zones Centre et Sud. De plus, ces résultats sont similaires à ceux de Labou et al. (2017) sur le parasitisme de *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae). En effet, ces auteurs stipulent que le parasitisme de la teigne du chou est plus important dans la zone Sud par rapport à la zone Centre et Nord.

Concernant l'évolution saisonnière des ravageurs par zone, on retient que leurs densités et leurs dégâts ont varié en fonction des espèces. Dans la zone 1, *H. armigera* a connu une succession de croissance et de décroissance marquée par deux pics (au 72ème jour après levée avec 6,46 chenilles et au 93ème jour après levée avec 6,92 chenilles). Ces deux pics ont été obtenus pendant la phase fructifère. Ces résultats corroborent ceux de Jallow et al. (2001) puis Diatte et al. (2018) qui ont révélé que les larves de *H. armigera* sur la tomate se nourrissent préférentiellement sur les fleurs et les fruits après leur éclosion.

Dans la zone 2, l'évolution du nombre de ravageurs des organes végétatif du cotonnier ou leurs dégâts est marquée par une phase de croissance du 30ème au 72ème jour après levée où le plus grand nombre de plants attaqués par *A. gossypii* (33,17%), *B. tabaci* (7,83%) et *H. derogata* (5,92%), a été recensé. Ces

ravageurs ont été abondants durant la phase végétative. Après une décroissance, une reprise de l'augmentation a été observée jusqu'au 114ème jour après levée pour *A. gossypii*, *B. tabaci* et *D. volkeri*. L'évolution du nombre de plants attaqués par les pucerons a connu deux pics enregistrés à la 7ème et la 13ème semaine. Ces résultats corroborent ceux de Didi et al. (2018) qui ont montré à travers l'étude de l'évolution saisonnière des Niveaux Moyens d'Infestation, la présence de plus en plus précoce de *B. tabaci* sur les jeunes cotonniers. Ces auteurs ont aussi précisé que les fortes pullulations qui interviennent dans le mois d'octobre coïncident avec la période de floraison et de formation des capsules. Mais ces résultats sont contraires à ceux de Ochou et al. (2005) qui ont rapporté une présence de l'insecte généralement en fin de campagne. Cette situation montre une autre modification profonde du comportement de *B. tabaci*. Ce fait conforte un peu plus l'hypothèse de l'émergence de plusieurs espèces du complexe *B. tabaci*. Ces résultats sont proches de ceux de Gnankiné et al. (2007) qui ont fait des observations similaires sur le cotonnier au Burkina Faso, ainsi que Van Helden et al. (1986) et N'zi et al. (2010), respectivement sur le manioc et la tomate. Selon ces auteurs, lors de la fructification des plantes, la quantité d'acides aminés essentiels est importante dans les feuilles offrant ainsi, une meilleure qualité nutritionnelle aux insectes. Le climat plus ou moins sec et chaud lors de la fructification serait également favorable à la prolifération des mouches blanches (Selvaraj et al., 2012). La chute du niveau d'infestation vers la fin du cycle des cotonniers selon ces auteurs, serait donc due au vieillissement progressif des plantes qui provoquerait l'émigration des mouches blanches vers d'autres plantes-hôtes.

Dans la zone 3, l'évolution des ravageurs est marquée par une augmentation du pourcentage de plants attaqués par *P. latus* (4,83%), du nombre de chenilles de *Pectinophora gossypiella* (3,5) et de *Earias spp.* (3,17) tout au début des observations (entre le 30ème et 44ème jour après levée). Puis on observe une tendance à la baisse suivie d'une augmentation et d'une stabilisation. L'évolution du nombre de chenilles de *Thaumetobia leucotreta* est marquée par une phase de

croissance du 44ème au 58ème jour après levée pour atteindre un premier pic. Le second pic est obtenu après une baisse suivie d'une augmentation importante du 72ème au 86ème jour après levée. Les différences observées dans le statut des ravageurs, pourraient s'expliquer par une variation des conditions agro-écologiques, l'inefficacité des biopesticides utilisés, la résistance des ravageurs aux biopesticides utilisés et la disparition des ennemis naturels. Ces résultats sont similaires à ceux de Didi et al. (2018) qui ont indiqué qu'une variation significative des Niveaux Moyens d'Infestation (NMI) a été observée au cours de la période de ces relevés. De 2003 à 2008, *B. tabaci* a été présent à partir de mi-juillet, en moyenne à partir du 25ème jour après levée des semis (j.a.l) avec de faibles effectifs (environ 1 ia/30p). De plus, Kone et al. (2017) ont révélé qu'au cours des dernières années, la présence de *J. facialis* a été notée tout au long du cycle biologique du cotonnier avec une augmentation au fil du temps du nombre moyen de plants attaqués. Cet état de fait traduit, d'une part, une faiblesse du programme de protection actuellement en vigueur pour le contrôle du ravageur.

Au niveau de l'importance des ravageurs dominants selon les phénophases, les résultats ont montré que le nombre de chenille de *P. gossypiella* et la proportion de dégâts de *H. derogata* et de *P. latus* ont connu une baisse significative pendant la phase de la fructification du cotonnier. Ces résultats sont conformes à ceux de Kone et al. (2017) qui ont montré que la présence de certains ravageurs est liée en partie à la phénologie de la plante.

Nos résultats ont montré que les périodes de semis n'ont pas influencé l'abondance des ravageurs et prédateurs dans les parcelles. Ces résultats sont contraires à ceux de (Hala et al., 2006 ; Hermann et al., 2015) qui ont confirmé l'influence des dates de semis sur les populations de ravageurs. De même, Kone et al. (2017) ont révélé que la présence de certains ravageurs est beaucoup plus dépendants des facteurs saisonniers. De même, les variations révélées entre les décades de semis permettent de noter une influence de la date de semis sur les niveaux d'attaques de jassides. L'influence des dates de semis sur les populations de ravageurs a été mise en évidence par certains auteurs (Hala et al., 2006 ; Hermann et al., 2015). En effet, la présence de certains ravageurs est liée en partie à la phénologie de la plante. D'autres sont beaucoup plus dépendants des facteurs saisonniers. Il existe une forte pression parasitaire des jassides sur l'ensemble des décades de semis de 2015 par rapport à la période antérieure (Kone et al., 2017).

5. Conclusion

Cette étude a permis de montrer la distribution spatio-temporelle des différentes espèces de ravageurs recensés dans trois zones phytosanitaires du Bénin et leur relation avec la phénologie des cotonniers en culture biologique. Elle a mis en évidence, l'ampleur des infestations des ravageurs dans les champs des producteurs au cours de ces dernières années. De plus, leur présence durant tout le cycle du cotonnier, ainsi que les différences considérables dans l'aire de distribution des infestations, ont été également identifiées. Ces différences dans le statut des ravageurs, pourraient s'expliquer par une variation

des conditions agro-écologiques, l'inefficacité des biopesticides utilisés, et la répartition des ennemis naturels. Cette situation parasitaire demande une adéquation du programme de protection en vigueur, afin de mieux prendre en compte le nouveau faciès parasitaire des ravageurs. Il s'avère aussi nécessaire de rechercher des méthodes de lutte alternatives et efficaces contre ces ravageurs.

Remerciements

Nous remercions les techniciens et les producteurs de coton graine biologique pour leur franche collaboration.

6. Références

- [1] 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.
- [2] Badiane D, Gueye M. T., Coly E. V., Faye O., 2015. Gestion intégrée des principaux ravageurs du cotonnier au Sénégal et en Afrique occidentale. Int. J. Biol. Chem. Sci., 9(5): 2654-2667. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.36>.
- [3] 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.
- [4] CRA-CF, 2017. Point de la recherche cotonnière en 2015. CRA-CF/INRAB/MAEP/Bénin. 188p.
- [5] 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.
- [6] Didi G. J. R., Kone P. W. E., Ochoy G. E. C., Dekoula S. C., Kouakou M., Bini K. K. N., Yao M. D. S., Mamadou D., Ochoy O. G., 2018. Évolution spatio-temporelle des infestations de la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) associées à la culture cotonnière en Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 121: 12202-12210.
- [7] Fayalo D. G., Sokenou D. F. H., Aboudou M. et Alavo C. B. T., 2014. Effet de l'huile de colza sur les populations du puceron *Aphis gossypii* pour la protection du cotonnier. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(6): 2508-2515. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.13>.
- [8] Gnankiné O., Traoré D., Sanon A., Traoré N., S., Ouedraogo A., P., 2007. Traitements insecticides et dynamique des populations de *Bemisia tabaci* Gennadius en culture cotonnière au Burkina Faso. Cahiers Agricultures 16(2) :101-109.
- [9] Gossou S. D., Mikpé A., Lawin G., 2010. Evaluation ex-ante de la mise en œuvre des stratégies du pôle de relance de la filière coton-textile au Bénin. MEF/DGAE/DPC.86p.
- [10] Hala N, Ochoy G. O., Foua Bi K., Allou K., Ouraga Y., Kouassi P., 2006. Dynamique spatio-temporelle des populations d'altises, *Podagrica* spp (Coleoptera :

- Chrysomelidae): implications agronomiques en zones cotonnières de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 18(1): 41-57. <http://dx.doi.org/10.4314/aga.v18i1.1678>.
- [11] Herman M. B., Moumouni I., Sbjto M., 2015. Contribution à l'amélioration des pratiques paysannes de production durable de coton (*Gossypium hirsutum*) au Bénin : cas de la commune de Banikoara. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(5):2401-2413.
- [12] DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.12>.
- [13] 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.
- [14] Jager-Mischke I., 1993. Danger de l'emploi des pesticides pour l'homme et la nature. In *Pesticides et Agriculture Tropicale, Dangers et alternatives*, Dümmler C (ed). PAN & CTA : Ede (Pays-Bas) & Hamburg (RFA) ; 23-64. Jallow et al., 2001.
- [15] Jallow M. F. A., Matsumura M., Suzuki Y., 2001. Oviposition preference and reproductive performance of Japanese *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Applied Entomology and Zoology* 36(4):419-426.
- [16] Kaiser H. F., 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.s
- [17] Katary A., 2003. Etude spatio-temporelle de la gestion de la résistance de
- [18] *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) aux pyrèthrinoides en culture cotonnière au
- [19] Bénin. Thèse de Doctorat d'Etat ès-sciences Naturelles, option entomologie
- [20] agricole. Université de Cocody, Abidjan. 250 p.
- [21] Kone P. W. E., Ocho G. E. C., Didi G. J. R., Dekoula S. C., Kouakou M., Bini K. K. N., Mamadou D., Ocho O. G., 2017. Evolution spatiale et temporelle des dégâts du jasside *Jacobiella facialis* Jacobi, 1912 (Cicadellidae) en comparaison avec la distribution de la pluviométrie au cours des vingt dernières années dans les zones de culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(3): 1190-1201, 2017.
- [22] Labou B., Bordat D., Brevault T., Diarra K., 2017. Spatiotemporal distribution and impact of diamondback moth parasitoids in the Dakar Niayes in Senegal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(3): 1288-1298. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.28>
- [23] Miranda J. E., Rodrigues S. M. M., de Almeida R. P., da Silva C. A. D., Togola M., Hema S. A. O., Somé N. H., Bonni G., Adegnik M. O., Doyam A. N., Diambo B. L., 2013. Reconnaissance de ravageurs et ennemis naturels pour les pays C-4. Embrapa Information Technologique. 74p.
- [24] 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- Prasad.
- [25] N' zi J. C., Kouamé C., N'guetta A. S. P., Fondio L., Djidj A. H., Sangare A., 2010. Évolution des populations de *Bemisia tabaci* Genn. selon les variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) au Centre de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*. 7(1) :31-40.
- [26] OBEPAB, 2002. Le Coton au Bénin: rapport de consultation sur le coton conventionnel et le coton biologique au Bénin, 36p.
- [27] Ocho O. G., Koto E., N'guessan E., Ouraga Y., Tehia K. E., Kouadio N. N., 2005. Rapport d'activité 2004-2005, Programme coton, Centre National de Recherche Agronomique (non publié, 144p).
- [28] Parry G., 1982. Le cotonnier et ses produits. *Technique agricole et productions tropicales*. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 502 p.
- [29] 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/>.
- [30] Selvaraj S., Ramesh V., 2012. Seasonal abundance of whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius and their relation to weather parameters in cotton. *International journal of food, agriculture and veterinary sciences* 2012. 2 (3) : 57-63.
- [31] Sarr M., Badiane D., Sane B., 2016. Evaluation de l'efficacité de nouveaux programmes de protection phytosanitaire contre les principaux ravageurs du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10(5): 2163-2174. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.18>.
- [32] Traore O., 2008. Les succès de la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. 67ème réunion plénière de l'ICAC, Ouagadougou (Burkina Faso), 16-21 novembre 2008, INERA.
- [33] Toe A. M., Kinane M. L., Kone S., Sanfo-Boyarm E., 2004. Le non-respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticides en culture cotonnière au Burkina Faso: quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement. *Revue Africaine de Santé et de Production Animales*, 2: 275-278.
- [34] Tovignan S., 2012. Production de fibre de coton biologique et bio-équitable : Rapport pour l'Afrique 2010-2011. *Textile Exchange*. 7 p.
- [35] Vaissayre M., Ocho O. G., Omer S. A. H., Togola M., 2006. Quelles stratégies pour une gestion durable des ravageurs du cotonnier en Afrique subsaharienne ? *Cahiers Agricultures*. 15(1) : 80-84.
- [36] Vaissayre M., Cauquil J., 2000. *Main Pests and Diseases of Cotton in Sub-Saharan Africa*. CIRAD Service des Éditions :Montpellier, France, 60 p.
- [37] Vaissayre M., Deguine J. P., 1996. Cotton protection programmes in francophone Africa. *Phytoma* 489 : 26 – 29.
- [38] Van der Werf H., 1997. Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. *CE*, 31: 5-22.
- [39] Van Helden M., Van Halder L., Fauquet C., 1986. Mouvements et comportement de *Bemisia tabaci*

(gennadius) vecteur de la mosaïque africaine du manioc. Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en coopération. Abidjan (Côte d'Ivoire), laboratoire de phytovirologie, 91p.

[40] Zagbaï H. S., Berti F., Lebailly P., 2006. Impact de la dynamique cotonnière sur le développement rural. Étude de cas de la région de Korhogo, au Nord et au Centre de la Côte d'Ivoire. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (4), 325-334