

CARACTERISTIQUES DE L'ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE *HELICOVERPA ARMIGERA* HÜBNER (LEPIDOPTERA - NOCTUIDAE) DANS LES ZONES DE PRODUCTION COTONNIÈRE DE CÔTE D'IVOIRE : IMPACT DU PROGRAMME DE GESTION DE LA RÉSISTANCE AUX PYRETHRINOÏDES

Germain Elisabeth Cynthia OCHOU¹, Koffi Christophe KOBENAN², Pitou Woklin Euloge KONE², Gouzou Juste Roland DIDI², Acka Emmanuel DICK², Dagnogo MAMADOU², and Ochou Germain OCHOU³

¹Laboratory of Cytology and Biology, Nangui Abrogoua University (UNA), Côte d'Ivoire

²Plant Physiology Laboratory, Felix Houphouët-Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire

³Agricultural Entomology Laboratory, National Center for Agronomic research (CNRA), Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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: In order to update knowledge on the spatio-temporal evolution of *Helicoverpa armigera*, the geographical areas and the seasons of predilection of adult and larval populations have been studied in the last six years from 2012 to 2017. Monitoring of natural adult populations in different locations has established that populations are more abundant in South cotton production areas compared to the north. The most important outbreaks occurred in two phases (August and Mid-October to Mid-November). The monitoring of larval populations carried out on farm scale showed that infestations started on cotton early August and increased in September and October, reflecting a strong relationship between the evolutions of adult populations, larval infestations and cotton phenology. Late sowings D5 and D6 exhibited higher levels of infestation (0.213 to 0.762 larvae/30 plants) as compared to early sowing (0.21-0.31 larvae/30 plants). Annual variations of pest infestation levels increased from years to years, fluctuating from 0.008 to 0.024 larvae/30 plants over the study period. Mapping of the geographic distribution of infestation showed more severe pest pressure in the North East and South East cotton areas particularly in mostly in surrounding areas of Niakara, Ouangolo, Niellé and Bouaké (1.02 ; 0.86 ; 0.83 and 0.74 larvae/30 plants). With regard to the emerging status of *H. armigera* over recent years, the current pyrethroid resistance management strategy deserves to be improved on the basis of the pest geographic and seasonal profiles.

KEYWORDS: *H. armigera*, adult populations, larval infestations, geographic distribution, critical season, coton, Côte d'Ivoire.

RESUME: Dans le but d'actualiser les connaissances sur l'évolution spatio-temporelle de *Helicoverpa armigera*, l'aire géographique et la période de prédilection des populations adultes et larvaires ont été étudiées au cours des six dernières années de 2012 à 2017. Le suivi des papillons a permis de révéler une présence du ravageur plus prononcée dans les zones de production cotonnière sud en comparaison au nord. Les pullulations connaissent deux pics, l'un dans le mois d'août et le deuxième plus important, de la mi-octobre à la mi-novembre. Les infestations larvaires commencent en début août et sont plus importantes en septembre et octobre, traduisant une forte relation entre les évolutions des populations adultes, les infestations larvaires et la phénologie du cotonnier. Les semis tardifs ont présenté des niveaux d'infestation plus importants (0,213 à 0,762 chenille/ 30 plants) contre 0,11-0,14 chenilles/30 plants pour les semis précoces. Les variations annuelles des niveaux moyens d'infestations larvaires ont augmenté d'années en années (0,008 à 0,024 chenille/ 30 plants) mais sont demeurés inférieurs à ceux des années antérieures au programme vulgarisé. La cartographie des infestations larvaires a montré une pression du ravageur plus prononcée dans les zones cotonnières Sud-Est et Nord-Est, particulièrement dans les localités de Niakara, Ouangolo, Niellé et Bouaké (1,02 ; 0,86 ; 0,83 et 0,74 chenille/30 plants). Au regard de toutes ses observations, l'adoption généralisée de la stratégie de prévention et de gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes, en vigueur à travers les « programmes fenêtres » depuis ces vingt dernières années gagnerait à être améliorée.

MOTS-CLEFS: *H. armigera*, populations adultes, infestations larvaires, aire géographique, période critique, cotonnier, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La noctuelle *Helicoverpa armigera* Hübner (1808) est un ravageur très redouté du cotonnier en Afrique et le reste du monde. Les dégâts causés par les larves peuvent occasionner des pertes énormes chez le paysan. Il est un ravageur polyphage. En plus du cotonnier il infeste aussi les parcelles de maïs, sorgho, gombo et les cultures maraîchères comme la tomate, le piment et le haricot vert. C'est un ravageur diapausant facultatif, à grande mobilité, qui peut se déplacer sur des centaines de kilomètres (Feng *et al.*, 2009) (1) ou sur de courtes distances de l'ordre de quelques kilomètres (Tsafack, 2014)(2).

En Afrique sub-saharienne, pour assurer le contrôle des ravageurs, la lutte chimique demeure la méthode la plus utilisée par les producteurs dans la culture cotonnière. Néanmoins l'utilisation massive en Côte d'Ivoire depuis plusieurs années de certains produits insecticides, notamment les pyréthrinoides pour contrôler les lépidoptères du cotonnier s'est traduite par une sélection d'individus résistants chez des ravageurs comme *H. armigera* (Martin *et al.*, 2000 (3) ; Brevault *et al.*, 2008 (4)). La résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoides confirmée en 1997 en Afrique de l'ouest précisément en Côte d'Ivoire a entraîné la mise en place d'une nouvelle stratégie afin de restreindre l'utilisation des pyréthrinoides. Il s'est donc bâti autour de ce ravageur, à partir de 1998, une stratégie de prévention et de gestion de la résistance aux pyréthrinoides à travers les « programmes « fenêtres » (figure 1).

Le programme de Prévention et de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI) adopté en Côte d'Ivoire depuis 1998 a consisté à réduire l'utilisation de produits à base de pyréthrinoides au profit de produits alternatifs (benzoylurées, diamides, organophosphorés, avermectines, etc.) (Ochou et Martin, 2002 (5) ; Doffou *et al.*, 2011(6) ; Djihinto *et al.*, 2016 (7)). Il a eu le succès escompté auprès des paysans en ayant exercé un bon contrôle sur les populations du ravageur cible. Toutefois, des changements importants sont intervenus dans le faciès parasitaire au cours de ces dernières années (émergence de *Jacobiella facialis* (Pitou *et al.*, 2017 (8)), de *Bemisia tabaci* (Didi R *et al.*, 2017 (9) et des deux chenilles endocarpiques *Thaumatotibia leucotreta* et *Pectinophora gossypiella*) (Ochou, 2018 a ; 2018 b) (10) (11), perte de sensibilité observée chez les carpophages endocarpiques *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta* (Doffou *et al.*, 2011 (6)).

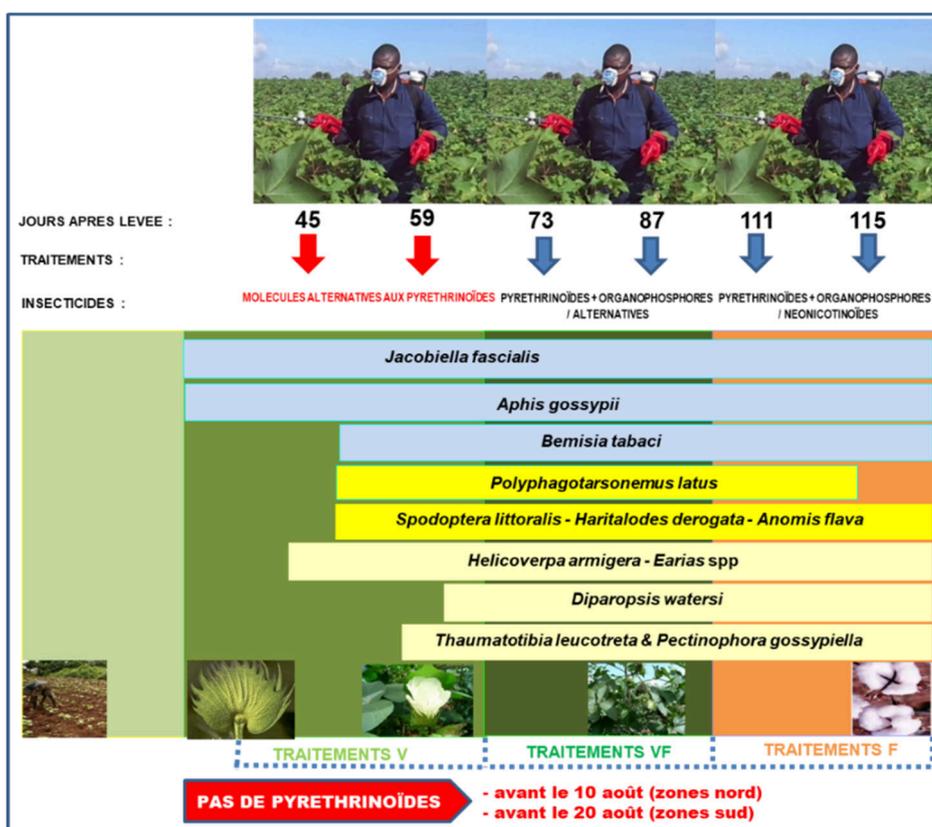


Fig. 1. Programme de gestion de la résistance de *H. armigera* vis-à-vis des pyréthrinoides mis en place en culture cotonnière en Côte d'Ivoire depuis 1998

Tous ces phénomènes nous amènent à remettre en question nos stratégies de gestion qui sont tout d'abord basées sur une bonne connaissance des ravageurs (distribution spatio-temporelle) et le suivi de sensibilité des ravageurs aux insecticides (Alaux 1994 (12)). Le programme ne serait-il plus efficace ? Cette étude basée sur un suivi des populations adultes et larvaires de *H. armigera* a pour objectif de faire un état des lieux de l'évolution spatio-temporelle des niveaux moyens des infestations au cours des six dernières années (2012-2017) en vue d'actualiser dans la mesure du nécessaire le programme de gestion en vigueur.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITES D'ÉTUDE

La zone d'étude, illustrée par la figure 2, a concerné l'ensemble de la zone de culture cotonnière, précisément entre 6°-10°50 de latitude Nord et 4°-8° de longitude Ouest. Cette zone d'étude comprend la station de recherche cotonnière basée à Bouaké et l'ensemble des zones administratives de production cotonnière des sociétés cotonnières. Ces localités sont réparties au regard de la pluviométrie en deux grandes régions par rapport au 9^{ème} parallèle, à savoir : la région Nord pour toutes les localités cotonnières au-dessus du 9^{ème} parallèle, avec une seule saison de pluie ; la région Sud pour toutes les localités cotonnières en dessous du 9^{ème} parallèle, avec deux saisons de pluie.

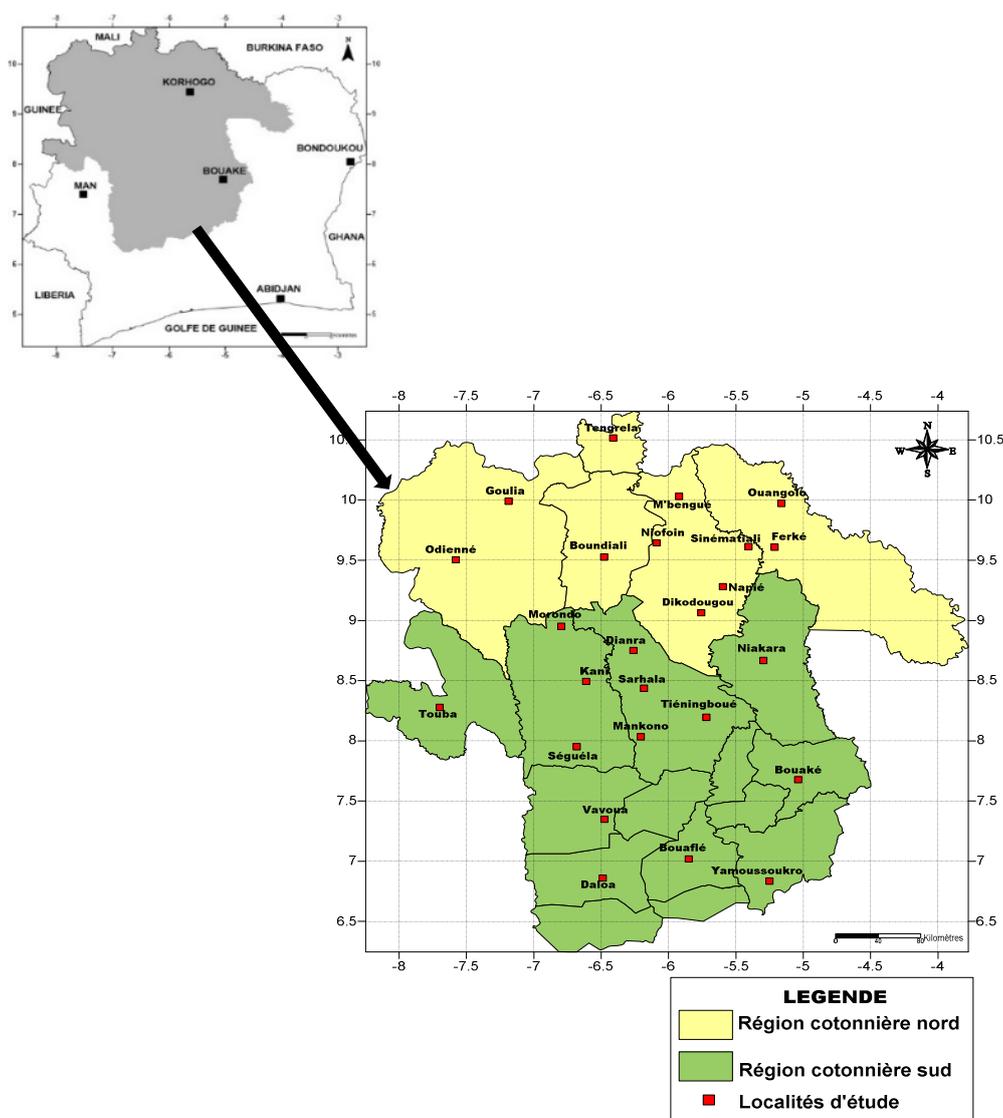


Fig. 2. Zone de production cotonnière de Côte d'Ivoire

2.2 MATÉRIEL ANIMAL

La présente étude a concerné les adultes et les larves du Lépidoptère *H. armigera* de la famille des Noctuidae. Les populations adultes naturelles mâles de l'insecte, volent surtout la nuit. Les papillons sont nocturnes et c'est durant la nuit qu'ont lieu leurs accouplements et les pontes. Leur activité a été suivie à travers leurs captures par les pièges à phéromone installés dans les blocs de culture cotonnière, du début à la fin du cycle du cotonnier. Les populations larvaires principalement carpophages s'attaquent aux boutons floraux, aux fleurs et aux capsules vertes. Elles sont très voraces et préfèrent les organes fructifères, attirées par leur forte teneur en azote (Fitt 1989 (13)). Les populations larvaires ont été aussi suivies à travers des observations directes sur plants durant toute la période de floraison et fructification du cotonnier. *H. armigera* est le ravageur le plus régulier et le plus dangereux de la culture cotonnière en Côte d'Ivoire.

2.3 SUIVI DES POPULATIONS NATURELLES ADULTES

Le dispositif de suivi des populations adultes a impliqué cinq (5) sites : Diawala (zone cotonnière extrême nord), Nambingué (zone cotonnière extrême nord), Korhogo (zone cotonnière nord), Séguéla (zone cotonnière sud-ouest) et Mankono (zone cotonnière sud-ouest). Les pièges ont été implantés sur ces sites, toute la période de la mise en place de la culture cotonnière de juin à décembre en 2015 ; seul le site de Séguéla a reçu le piège sur trois années consécutives de 2015 à 2017. Le piège est de confection locale, représenté par une bouteille d'eau minérale vide avec trois ouvertures latérales de 2 cm x 4 cm sur le tiers supérieur de la bouteille en plastique. La moitié supérieure de la bouteille a été peinte en noir. Le fond de la bouteille a été rempli d'eau jusqu'à la 4^{ème} rainure (environ 10 cm) en prenant soin d'y ajouter un peu de détergent liquide. La charge de phéromone est suspendue par un fil en fer à l'intérieur de la bouteille, à travers le bouchon de la fermeture de façon à la réajuster au niveau des orifices latéraux. Les phéromones utilisées ont été fournies par la société Russell IPM Ltd, sous la forme de capsule en polyéthylène sous le code PH-462-1RR pour *H. armigera*. Le piège à phéromone a été accroché à un pieu en bois, en bordure du bloc de culture ; son emplacement prend en compte la direction du vent. La charge de phéromone suspendue à l'intérieur de la bouteille a été changée toutes les quatre (04) semaines.

Le comptage des individus adultes mâles capturés par le piège de surveillance a été effectué 3 fois par semaine durant la campagne agricole. L'abondance des captures hebdomadaires réalisées a permis d'établir la dynamique saisonnière et géographique des populations adultes mâles.

2.4 SUIVI DES INFESTATIONS LARVAIRES

Le suivi des infestations larvaires a eu lieu en milieu paysan dans les zones cotonnières pendant six campagnes agricoles consécutives de 2012 à 2017. Chaque campagne agricole, 10 parcelles paysannes ont été sélectionnées par zone, réparties de façon proportionnelle sur les différentes décades de semis les plus représentatives de la zone de production ; les parcelles ont été choisies chez des producteurs appliquant le programme de lutte sur calendrier. Le dispositif de suivi parasitaire a donc impliqué des parcelles paysannes de 0,25 ha dont le nombre total a varié selon les années entre 360 et 500 dépendant des organisations administratives et techniques des sociétés cotonnières.

Sur chaque parcelle, il a été effectué une série de 15 relevés parasitaires qui débutent à partir du 30^{ème} jour après levée du cotonnier et se poursuivent à intervalle régulier d'une semaine. Les observations hebdomadaires ont été effectuées plant par plant sur un échantillon de 30 plants pris par groupe de cinq plants consécutifs par ligne, selon la méthode de la diagonale (Vaissayre, 1982 (14)). Les observations ont été faites sur le plant en entier en examinant les feuilles, les boutons floraux, les fleurs et les capsules. Le nombre de chenilles de *H. armigera* est enregistré sur une fiche de relevés tout comme les autres espèces carpophages rencontrées. Les niveaux moyens d'infestations larvaires établis à chaque date d'observation par zone ont permis de déterminer leurs variations saisonnières et géographiques.

2.5 TRAITEMENT ET ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données parasitaires obtenues ont été saisies à l'aide d'Excel version 2013 pour Windows en vue de l'établissement de la dynamique saisonnière des populations adultes, des variations annuelles et saisonnières des infestations larvaires ainsi que les relations entre les populations adultes et larvaires, et les niveaux d'infestations larvaires et les décades de semis. Des barres d'erreur standard ont été matérialisées sur certains graphiques à partir des écart-types calculés. Le logiciel de cartographie Surfer version 11.5.1069 a permis d'établir les cartes de distribution géographique des infestations parasitaires. Le logiciel SPSS version 20 a permis de faire l'analyse de variance. En cas de différence significative (seuil de 0,05), le test de Duncan a permis de dégager les différents groupes ou sous-ensembles homogènes qui sont représentés par des lettres alphabétiques a, b, c, etc. Ainsi les moyennes suivies des mêmes lettres appartiennent au même groupe.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE SAISONNIÈRE DES POPULATIONS NATURELLES DE *H. ARMIGERA*

L'évolution de la population adulte de *H. armigera* au cours de la campagne agricole 2015 a donné des profils quasi identiques dans les différentes localités où été implantés les pièges à phéromone (Diawala, Nambingué, Korhogo, Séguéla, Mankono). Deux périodes de pullulations des adultes ont été observées. Une première de pullulations dans le mois d'août et une deuxième plus importante de mi-octobre à mi-novembre. Les pics de pullulations sont apparus cependant avec quelques jours de retard ou d'avance selon les régions. A Séguéla, le pic le plus important a été observé du 19 au 25 Octobre alors qu'à Nambingué et à Diawala les premiers pics ont été observés dès début août ou à la dernière décade d'août. En dehors de ces périodes de forte activité, les populations adultes ont régulièrement manifesté leur présence avec de très légers pics durant le mois de septembre et par la suite avec une intensité relativement forte sur les mois de novembre et décembre.

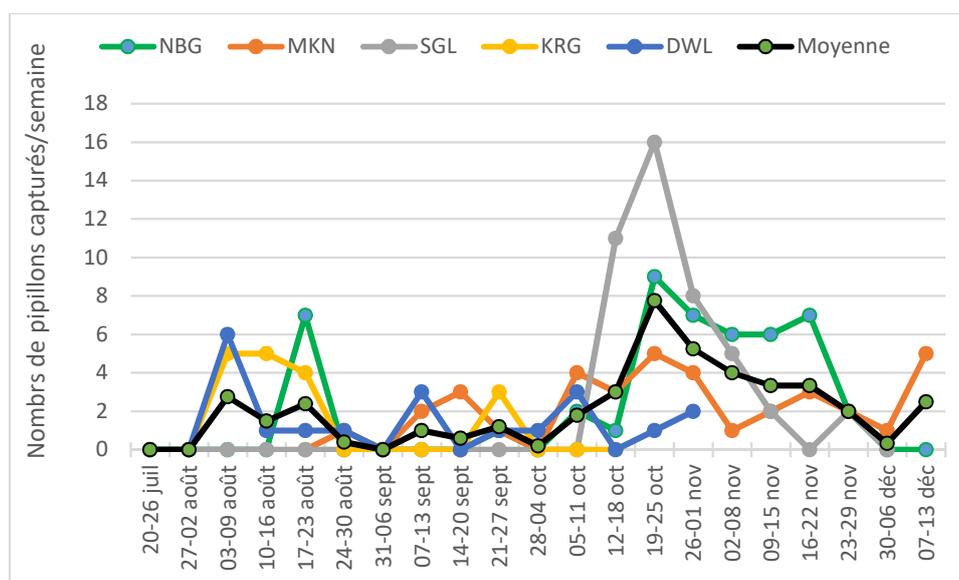


Fig. 3. Variations saisonnières d'abondance des populations adultes de *H. armigera* dans différentes zones cotonnières en 2015

3.2 VARIATIONS GÉOGRAPHIQUES D'ABONDANCE DES POPULATIONS ADULTES DE *H. ARMIGERA* DANS LA ZONE COTONNIÈRE

Les volumes de captures de papillons de *H. armigera* ont été cependant variables en fonction des localités (Figure 3). Les captures de papillons adultes ont été relativement peu nombreuses dans les localités. L'analyse statistique des données n'a révélé aucune différence significative entre les localités ; toutefois les localités de Nambingué, Mankono et Séguéla ont présenté des niveaux moyens hebdomadaires plus élevés que les localités de Korhogo et Diawala (2,2 contre 1,4 papillons capturés/ semaine).

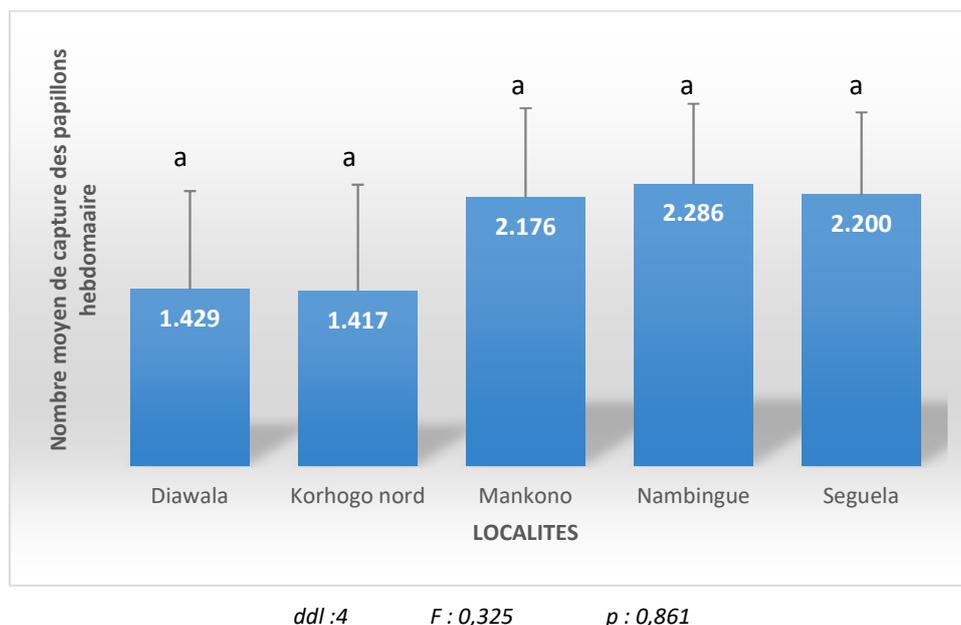


Fig. 4. Niveaux moyens des captures hebdomadaires des adultes de *H. armigera* dans différentes régions au cours de la campagne agricole 2015

3.3 VARIATIONS ANNUELLES D'ABONDANCE DES POPULATIONS ADULTES DE *H. ARMIGERA*

A Séguéla, le pic le plus important a été observé du 19 au 25 Octobre (16 papillons capturés) en 2015. Pour les années 2016 et 2017, deux importants pics ont été observé au même moment. Le premier, du 12 au 18 octobre (11 vs 5 papillons capturés) et le deuxième du 26 au 1 novembre (9 vs 7 papillons capturés)

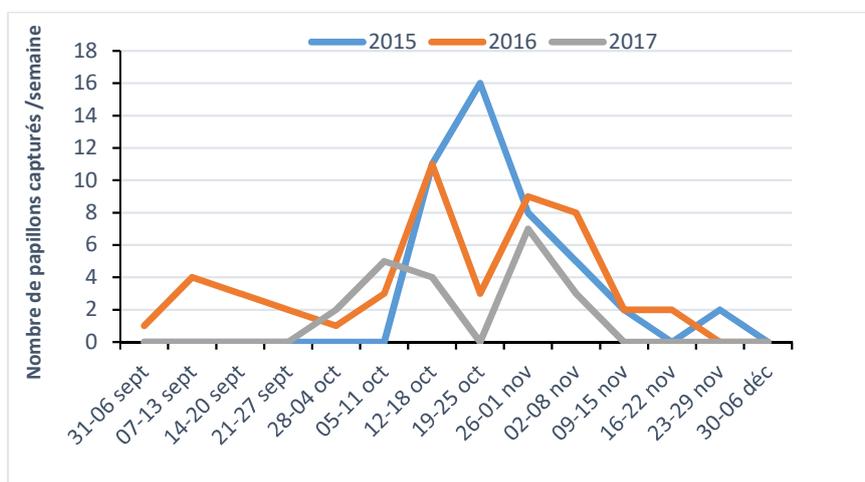


Fig. 5. Evolution de la population adulte de *H. armigera* à Séguéla au cours des campagnes agricoles 2015 à 2017

3.4 VARIATIONS SAISONNIÈRES DES INFESTATIONS LARVAIRES SUR PLANTS

Au niveau de l'évolution saisonnière, les infestations ont été plus importantes au cours des mois de septembre et octobre. Il a été observé une augmentation régulière dès le début du mois de juillet pour atteindre un pic de dans la semaine du 24 au 30 septembre, comme en 2016 (Figure 6). Au cours des différentes campagnes agricoles (2012, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2017), les premières chenilles sont apparues à partir de début juillet puis les populations larvaires ont progressivement évolué jusqu'à atteindre des pics plus importants de la dernière décade de septembre à la première décade d'octobre. En 2013, nous avons observé un pic de 0,29 larves/ 30 plants observés pendant la semaine du 15 au 21 octobre. En 2015 et 2017 les pics les

plus importants ont été observés à la même semaine d’observation qui est du 17 au 23 septembre, avec des niveaux d’infestations larvaires respectifs de 0,38 et 0,53 larves/ 30 plants observés. Pour les années 2016 et 2017 les pics les importants sont apparus à la même date d’observation, le 01 octobre (0,26 vs 0,35 larves/ 30 plants).

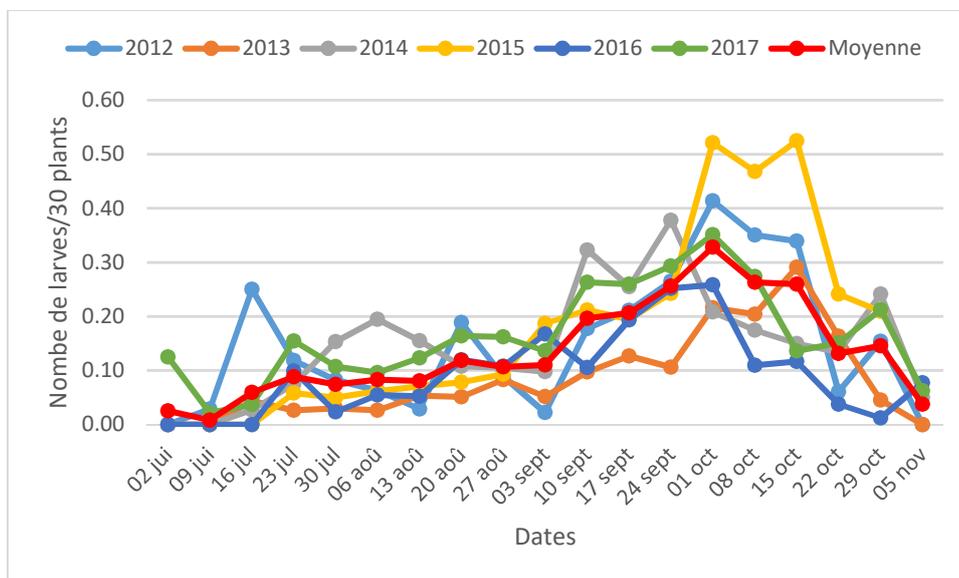


Fig. 6. Evolution saisonnière des infestations larvaires de *H. armigera* sur plants au cours des campagnes agricoles de 2012 à 2017

3.5 EVOLUTION DES INFESTATIONS LARVAIRES SELON LES DÉCADES DE SEMIS

Les résultats obtenus montrent que les dates de semis ont une incidence sur les niveaux d’infestations. L’évolution moyenne des niveaux moyens d’infestations larvaires en fonction des décades de semis est illustrée par la figure 7. De façon générale, des infestations larvaires plus importantes de *H. armigera* ont été notées sur les semis tardifs. Les cotonniers issus des semis du 20 juin au 20 juillet (décade 5 à décade 6) ont hébergé plus de chenilles de *H. armigera*. L’analyse statistique a révélé une différence significative ($ddl = 5$; $F = 12,92$; $p = 0,000$) entre les niveaux d’infestations larvaires observés par décades de semis et deux sous ensemble homogènes ont été observé (Figure 7). Les infestations ont été plus présentes lors des deux (2) dernières décades de semis (d’environ 0,213 chenille/30 plants à 0,768 chenille/30 plants).

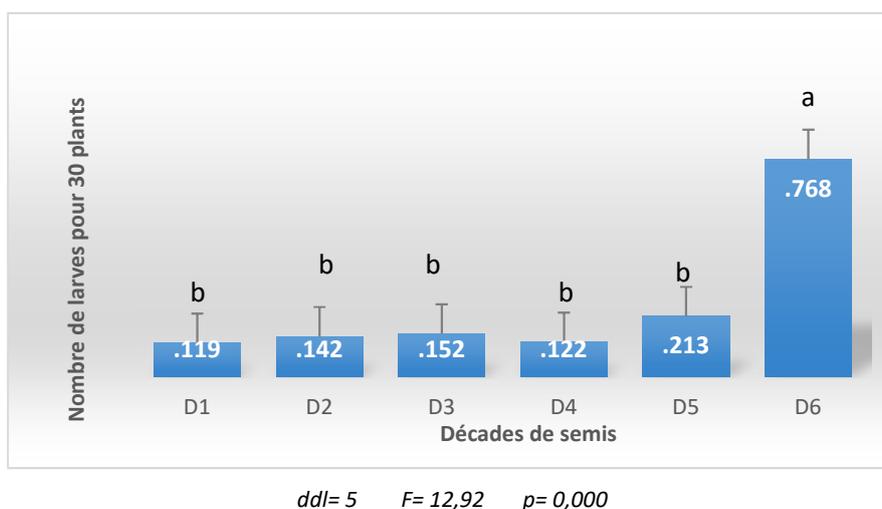


Fig. 7. Variations de niveaux moyens d’infestations larvaires de *H. armigera* en fonction des décades de semis du coton.

3.6 VARIATIONS ANNUELLES DES INFESTATIONS LARVAIRES DE *H. ARMIGERA* SUR PLANTS DANS LES ZONES COTONNIÈRES

Les niveaux moyens des infestations larvaires de *H. armigera* de la zone cotonnière ont varié de 0,08 chenille p.30 plants à 0,24 chenille p. 30 plants. En 2016, le niveau moyen de la zone cotonnière est de 0,13 chenilles p.30 plants. Comme l'illustre la figure 8, ce niveau est en légère baisse par rapport aux années 2015, 2014 et 2017 où il a été obtenu respectivement 0,24 chenilles p.30 plants, 0,22 chenilles p.30 plants et 0,20 chenilles p.30 plants. Il est sensiblement équivalent aux niveaux d'infestations observés de 2012 et 2013 (0,10 à 0,08 chenilles p.30 plants).

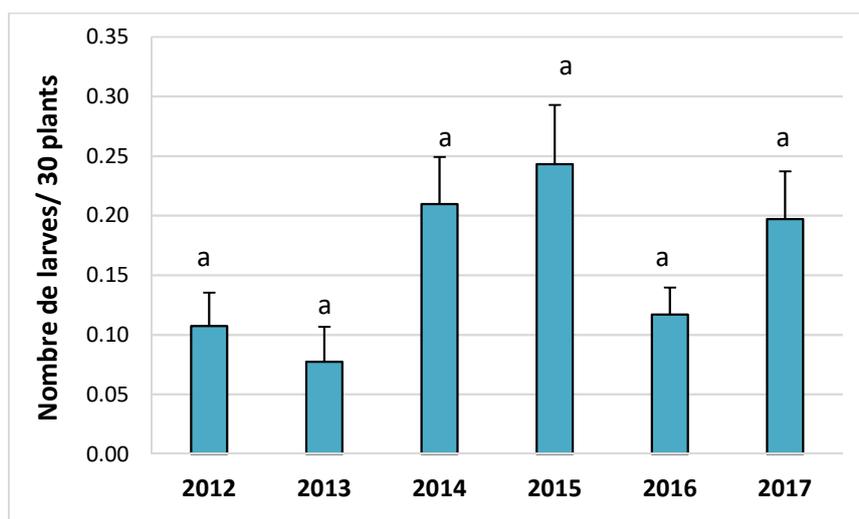


Fig. 8. Evolution annuelle des niveaux d'infestation de *H. armigera* sur plants de cotonnier pendant les campagnes agricoles de 2012 à 2017

3.7 RELATIONS ENTRE LES INFESTATIONS LARVAIRES AU CHAMP ET LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS ADULTES DE *H. ARMIGERA*

La figure 9a met en évidence un décalage d'environ 2 semaines entre les premiers pic de pullulation des adultes et des infestations larvaires de *H. armigera* ; et un décalage d'une semaine entre les seconds pics.

En 2016 et 2017, les captures de ce lépidoptère n'ont pas été abondantes. Les quelques captures réalisées indiquent des pics de pullulation en mi-septembre et en mi-octobre. Le faible niveau de capture ne permet pas de bien établir la relation avec les infestations larvaires pour ce ravageur. Les périodes de pullulations des adultes semblent correspondre aux fortes infestations larvaires. Par ailleurs, l'analyse de régression indique qu'environ 27 % ($R^2 = 0,274$; $F = 7,17$; $Pr > F = 0,015$) de la variabilité des infestations larvaires est expliquée par le nombre d'adultes capturés, avec une erreur de 1,5 %. Le reste de la variabilité est dû à des effets non pris en compte ici (facteurs climatiques, nombre de femelles disponibles, taux d'éclosion, maladies et ennemis naturels, etc.). L'équation du modèle s'écrit : Nombre de larves/30 plants = $0,04 + 0,008 * \text{Nombre d'adultes capturés/piège}$. Cela indique qu'à chaque fois que le nombre de mâles capturés augmente de 1 individu, le niveau moyen d'infestations augmente de 0,008 larves p.30 plants.

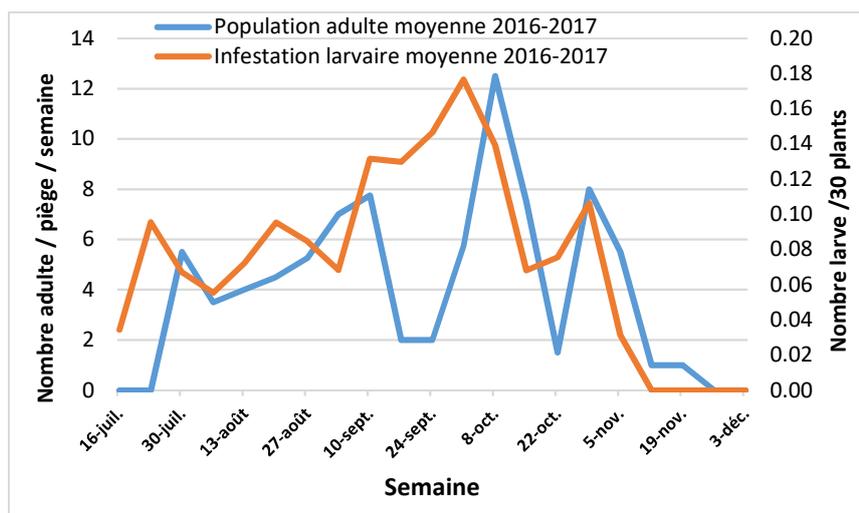


Figure 9a : Relation entre l'évolution saisonnière des adultes mâles capturés et les infestations larvaires de *H. armigera* sur la période 2016-2017

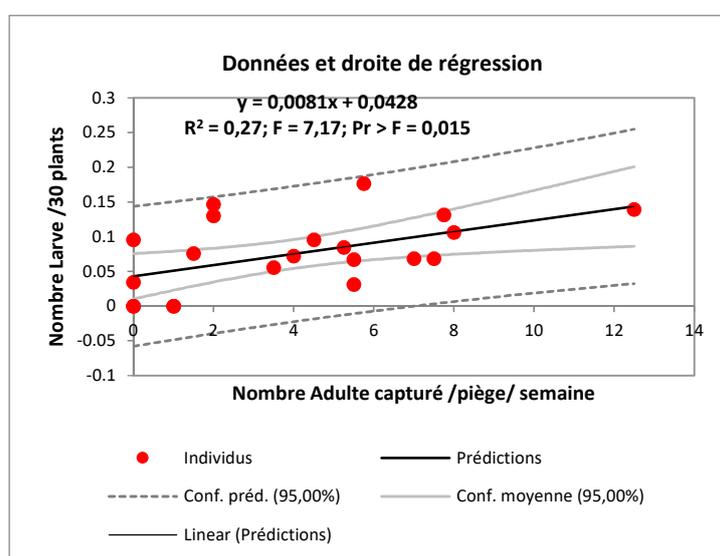


Figure 9b : Régression du nombre de larve de *H. armigera* sur plant en fonction du nombre de mâles capturés par piège par semaine

3.8 DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES INFESTATIONS LARVAIRES DE *H. ARMIGERA*

La distribution géographique des infestations larvaires sur le cotonnier au cours de ces six dernières campagnes agricoles (de 2012 à 2017) présente des profils géographiques similaires. La période récente allant de 2012 à 2017 a présenté un redéploiement du ravageur dans les zones Sud-Est et Nord-Est (Sarhala, Tieningboué, Niakara, Ouangolo et Niellé) (figure 10 a-d). Au cours de l'année 2016, l'insecte a été présent principalement sur le côté Est de la zone cotonnière ; les plus fortes infestations étant observées à Niakara (0,47 chenilles p.30 plants), Ouangolo (0,42 chenilles p.30 plants) et Niellé (0,38 chenilles p.30 plants) (figure 10 c). Au cours de la campagne 2017, l'insecte a été présent principalement sur le côté Est de la zone cotonnière (figure 10 d). Les plus fortes infestations ont été observées à Niakara (1,02 chenilles p.30 plants), Ouangolo (0,86 chenille p.30 plants) et Niellé (0,83 chenille p.30 plants) et Bouaké (0,74 chenille p.30 plants).

CARACTERISTIQUES DE L'ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE HELICOVERPA ARMIGERA HÜBNER (LEPIDOPTERA - NOCTUIDAE) DANS LES ZONES DE PRODUCTION COTONNIÈRE DE CÔTE D'IVOIRE : IMPACT DU PROGRAMME DE GESTION DE LA RÉSISTANCE AUX PYRETHRINOÏDES

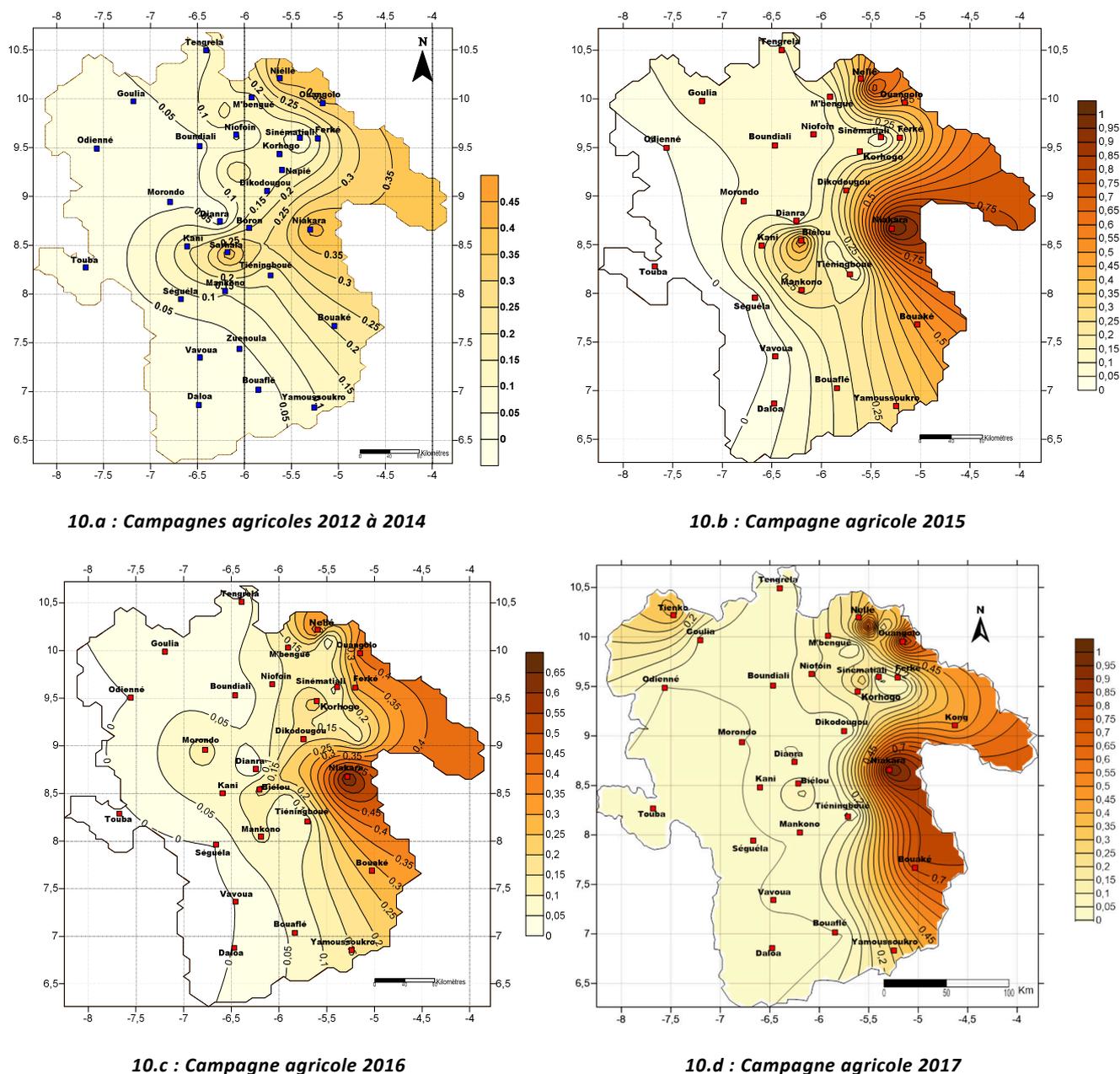


Fig. 10. Distribution géographique des infestations larvaires de *H. armigera* dans la zone cotonnière en Côte d'Ivoire de 2012 à 2015 (nombre moyen de chenilles /30 plants)

4 DISCUSSION

4.1 PRÉVISION DES RISQUES D'INFESTATIONS DE *H. ARMIGERA*

La corrélation observée entre les populations adultes et les infestations larvaires permet d'anticiper et d'appréhender mieux les périodes de fortes pullulations larvaires de *H. armigera*. Les différentes périodes de pullulations qui ont été déterminées chez les populations naturelles de *H. armigera* représentent un bon indicateur des niveaux d'infestations sur les parcelles cotonnières. L'utilisation de pièges à phéromones permet d'étudier la dynamique des populations et ensuite élaborer une prévision des risques (Pintureau, 2009)(15). La surveillance des populations de lépidoptères par piégeage sexuel permet de détecter de manière plus ciblée les premiers vols (Abrol & Shankar, 2012)(16). Il est néanmoins indispensable de comprendre profondément leur dynamique spatio-temporelle en réalisant des observations complémentaires (variétés cultivées et plantes hôtes environnantes, données pluviométriques journalières des postes les plus proches, relevés phénologiques, etc.). La connaissance de ces données parasites permettra d'élaborer une stratégie de gestion optimale

(système d'alerte /avertissement) dans chaque grande zone de production. La prévision des risques d'infestations de ce lépidoptère carpophage du cotonnier est donc possible en Côte d'Ivoire.

4.2 AIRE GÉOGRAPHIQUE DE PRÉDILECTION DES POPULATIONS DE *H. ARMIGERA*

Les infestations larvaires ont été présentes sur l'ensemble de la zone cotonnière mais plus fortes dans quelques localités situées pour la majorité dans les zones Sud Est et Nord-Est cotonnières. La distribution géographique du ravageur observée au cours la présente étude ne concorde pas suffisamment avec les profils décrits pour les périodes antérieures à 2010 où les fortes infestations étaient localisées dans certaines localités de l'axe Dianra, Sarhala, Boron et Tengréla, autour du 6° Longitude Ouest (Ochou, 2011(17)), voir même avant 1998, plus dans la zone sud de la zone cotonnière (Dianra, Mankono, Tieningboué, Sarhala et Marandalla) (Ochou 2011 (17)., Doffou *et al.*,2011(6)). La cartographie de la distribution géographique des infestations larvaires de *H. armigera* a montré que les localités à l'Est de La zone cotonnière subissent beaucoup plus la pression parasitaire du ravageur et se révèlent être plus favorables au développement de ce dernier. Les conditions climatiques et la disponibilité de plantes hôtes sauvages ou cultivées, constitueraient ainsi l'attractivité de cette zone pour ces ravageurs.

4.3 PÉRIODE CRITIQUE DE PULLULATIONS DES POPULATIONS ADULTES ET LARVAIRES DE *H. ARMIGERA*

Les périodes critiques de pullulation sont restées les même et se situent entre juillet-août et septembre-octobre (Ochou, 2015 (18)). En Afrique de l'ouest, Nibouche (1994(19)) a montré que le cotonnier était la plante hôte privilégiée d'*H. armigera*. Nous avons alors supposé que dans un environnement composé d'une forte densité de cotonniers, adultes ou larves d'*H. armigera* seront plus abondants. Il existe aussi l'hypothèse de l'hôte alternatif où nous stipulons que la présence d'autres plantes hôtes d'*H. armigera* dans un environnement paysager pourrait diluer l'abondance d'*H. armigera* dans la parcelle de cotonnier étudiée. Les plantes hôtes d'*H. armigera* alternatives au cotonnier, présentes dans la zone d'étude telles que les maraîchers et le maïs. Nous avons supposé que si ces plantes hôtes étaient présentes dans l'environnement paysager d'une parcelle de cotonnier, alors elles pourraient servir de refuge en dehors de la période d'attractivité du cotonnier. De plus, les paysages diversifiés détiennent plus de potentiel pour la conservation de la biodiversité et le maintien de la fonction de contrôle des ravageurs (Chaplin-Kramer *et al.*, 2011) (20). Par ailleurs, les différentes périodes de pics de forte activité des papillons adultes pourraient être en rapport avec le stade phénologique des cotonniers. En juillet/août l'apparition des premiers boutons floraux entre les 35-45^{ème} jours après la levée des cotonniers, coïncide avec la première génération de larves. Dans un environnement propice à la multiplication des générations successives de *H. armigera* dont les premiers pics coïncident avec la phase de formation des organes fructifères des cotonniers (Attick *et al.*, 2004 (21)).

4.4 DÉCADES DE SEMIS FAVORABLES AU DÉVELOPPEMENT DES INFESTATIONS LARVAIRES DE *H. ARMIGERA*

L'analyse des résultats montre clairement que les dates de semis ont une incidence sur les niveaux d'infestations. Il a été observé de manière générale un niveau moyen d'infestation plus prononcée pour les dernières décades de semis. En effet cette observation corrobore celle d'Ochou (2011)(17) qui a pu montrer que les semis tardifs faisaient partie des conditions favorables aux périodes critiques de pullulations du ravageur. Les dernières décades sont celles qui présentent des fortes infestations ce constat est visible avec une forte infestation à la sixième et septième décade (0,756 et 0,246 chenilles/30 plants) alors que les semis précoces de la première décade et de la deuxième décade présentent des faibles niveaux d'infestations larvaires. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que pour ces dates de semis, les phases de formation des boutons floraux et les fleurs débutent bien avant la période critique des infestations de *H. armigera*. Par contre les semis tardifs stimulés par les pluies tardives présentent une meilleure attraction alimentaire pendant cette phase critique. Nibouche (1994) (19) souligne que l'oviposition de ce ravageur dépend beaucoup de l'attraction des plantes hôtes et celui-ci atteint un niveau maximal pendant la floraison sur le coton. La date de semis est un facteur très important pour les agriculteurs et sont généralement fonction des conditions climatiques de chaque région ; elles définissent de ce fait le calendrier cultural d'une région. Mais les semis tardifs ne sont pas dans tous les cas liés à des infestations larvaires importantes. Dossdall *et al.*; 1996 (22) ont montré qu'un semis tardif (fin mai) de colza avait un effet négatif sur l'infestation par les mouches crucifères *Delia* spp contrairement à notre étude. Ils ont en effet observé une différence significative entre le nombre d'œufs de *D. radicum* et *D. floralis* entre les parcelles semées tôt (début et mi- mai) et celles semées tard (fin-mai). L'endommagement racinaire était plus prononcé dans les parcelles semées tôt par rapport à celles semées tardivement. Ils ne préconisent cependant pas des semis tardifs parce qu'ils ont remarqué que même si la parcelle était moins infestée, les rendements étaient néanmoins plus faibles.

4.5 IMPACT DU PROGRAMME DE « PROTECTION FÉNÊTRE » SUR *H. ARMIGERA* AU CHAMP

En Côte d'Ivoire, depuis que la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoides a été confirmée sur plusieurs souches (Martin *et al.*, 2000) (3), une stratégie inspirée des programmes fenêtres australiens (Forrester et Cahill , 1987) (23) a été proposée

pour restreindre l'utilisation des pyréthriinoïdes et contrôler efficacement les populations de *H. armigera*. Des faibles niveaux d'infestations larvaires ont pu être observés sur la période allant de 1999 à 2007, dénotant ainsi du succès de l'adoption du programme. Sur la période de la présente étude, les populations larvaires de *H. armigera* ont présenté selon les années des niveaux d'infestations très variables, allant de 0,018 à 0,476 chenilles / 30 plants. Il est à noter que cette période a été similaire à celle de 1999 à 2007 comme l'a montré Ochou *et al.*, (2012) (24). En effet, tout comme celle de 1999 à 2007, elle s'est démarquée de la période antérieure partant de 1993 à 1998, année depuis laquelle, la stratégie de gestion et de prévention de la résistance de *H. armigera* aux pyréthriinoïdes a été mise en place à travers les programmes fenêtres (Ochou *et al.*, 2012)(24). Les niveaux moyens d'infestations des périodes, partant premièrement de 1993 à 1998, ensuite de 1999 à 2007 et enfin de 2012-2017, ont été respectivement de 0,22, 0,08 et 0,16 chenilles/ 30 plants. Malgré une légère hausse par rapport à la phase précédente, cette situation de la présente étude dénote de l'impact positif que continue de procurer l'adoption généralisée des programmes fenêtres sur les infestations larvaires de *H. armigera* depuis presque 20 ans, Néanmoins, une attention particulière doit être portée sur la zone de prédilection actuelle du ravageur. En outre, la grande variabilité notée dans les niveaux d'infestations larvaires indique un certain relâchement dans l'application des recommandations. Par ailleurs, il s'avère de plus en plus crucial de continuer la recherche de nouvelles molécules insecticides, alternatives aux pyréthriinoïdes, qui soient hautement efficaces contre *H. armigera*.

La stratégie de gestion de la résistance aux pyréthriinoïdes mise en place en culture cotonnière de Côte d'Ivoire, doit renforcer plus que jamais la lutte contre *H. armigera*, surtout dans les zones de prédilection en recommandant à la première fenêtre non seulement des molécules alternatives aux pyréthriinoïdes mais aussi efficaces contre *H. armigera*.

5 CONCLUSION

Depuis la mise en place du programme de gestion, les infestations ont baissé mais depuis 2010 elles présentent une légère hausse. *H. armigera* est présent dans toute la zone cotonnière (Sud-Est et Nord-Est) mais a une préférence pour la zone cotonnière sud. Il atteint une infestation maximale durant les mois de septembre et octobre et les semis tardifs favorisent par ailleurs les infestations du ravageur qu'il soit en zone nord où sud. Il s'avère que les facteurs affectant le ravageur sont sa biologie, ses plantes hôtes, le climat et surtout ses facultés à s'adapter et à survivre pendant les mauvaises périodes. Il serait important de poursuivre cette étude en tenant compte de tous les paramètres (paramètres climatique et écologique) pouvant influencer sur le développement du ravageur *H. armigera*.

REFERENCES

- [1] H-Q Feng, X Wu, B Wu, K Wu. 2009. Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea. *Journal of Economic Entomology*, 102:95-104.
- [2] N.M Tsafack., 2014. Abondance et origine trophique de la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*) dans les paysages ruraux de production cotonnière au nord Bénin. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 195 p.
- [3] T Martin., O.G. Ochou., F. Hala-N'Klo, J-M. Vassal & M. Vaissayre, 2000. Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in West Africa. *Pest. Manag. Sci.* 56 : 549-554
- [4] T Brevault, J Achaleke, SP Sougnabe, M Vaissayre. 2008. Tracking pyrethroid resistance in the polyphagous bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), in the shifting landscape of a cotton-growing area: *Bulletin of Entomological Research*, 98:565-573.
- [5] O.G Ochou & T. Martin, 2002. Pyrethroid Resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner): Recent Developments and Prospects for its Management in Côte d'Ivoire West Africa. *Resist. Pest. Manag.* 12 (1):10-16
- [6] N M Doffou, O G Ochou, P Kouassi. 2011. Susceptibility of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Cryptophlebia leucotreta* (Lepidoptera: Tortricidae) to Insecticides Used on Cotton Crops in Côte d'Ivoire, West Africa. Implications in Insecticide Resistance Pest Management Strategies. *Resistant Pest Management Newsletter*, 20(2): 10-15.
- [7] C.A. Djihinto., A Affokpon., E Dannon. & G Bonni. (2016). Le profenofos, un alternatif à l'endosulfan en culture cotonnière au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10(1): 175-183. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.12>
- [8] P W E Kone, G EC Ochou, G J R Didi, S C Dekoula, M Kouakou, K K NBini, D Mamadou et O Gn Ochou. (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. *International Journal of Biological and Chemical Sciences - Vol 11, No 3 (2017)* Vol 11, No 3 (2017) DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.21>

- [9] G J R Didi, P W E Kone, G E C Ochou, SC Dekoula, M Kouakou , K K N Bini , M D S Yao , D Mamadou et O G Ochou (2018) Évolution spatio-temporelle des infestations de la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) associées à la culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 2018. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v12i1.10>
- [10] G E C Ochou, K C Kobenan, P W E Kone, R Didi, M Kouakou, K K N Bini, D Mamadou, A E Dick et O G Ochou (2018). Caractéristiques de l'évolution spatio-temporelle de *Pectinophora gossypiella* saunders (Lepidoptera : gelechiidae) dans les zones de production cotonnière de Côte d'Ivoire : implications pour une stratégie de gestion optimale de la résistance aux pyréthrinoïdes. *European Scientific Journal* July 2018 edition Vol.14, No.21 I.Doi: 10.19044/esj.2018.v14n21p217
- [11] G E C Ochou, K C Kobenan, SC Dekoula, P W E Kone, R Didi, M Kouakou, K K N Bini, D Mamadou, A E Dick et O G Ochou (2018). Caractéristiques de l'évolution spatio-temporelle de *Thaumatotibia leucotreta* meyrick (Lepidoptera : tortricidae) dans les zones de production cotonnière de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*. *European Scientific Journal* July 2018 edition Vol.14, No.21 I Doi: 10.19044/esj.2018.v14n21p261
- [12] T Alaux., 1994. Prévention de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1908) (Lepidoptera : Noctuidae) en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, institut National Polytechnique, Toulouse, France. 133p.
- [13] G. P.Fitt. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystem Article (PDF Available) in *Annual Review of Entomology* 34(1):17-53 · November 2003 DOI: 10.1146/annurev.en.34.010189.000313
- [14] M. Vaissayre .,1982. Méthodes d'échantillonnage des populations d'insectes dans les cultures cotonnières d'Afrique. *Entomophaga*, special issue, 25-29.
- [15] B Pintureau.(2009). La lutte biologique. Application aux arthropodes ravageurs et aux adventices. Ed. Ellipses, Paris, 189pp. ISBN 978-2-7298-4147-8
- [16] D. P Abrol &U. Shankar (2012). *Integrated Pest Management: Principles and Practice*. Division of Entomology, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences & Technology of Jammu: CAB International, Nosworthy Way, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK 2012 ISBN:978 1 84593 808 6
- [17] O.G Ochou., 2011. Guide pour les traitements sur seuil du cotonnier en Côte d'Ivoire. 1^{ère} édition, 35 p.
- [18] O.G Ochou., M Kouakou et K.K.N Bini., 2015. Reconnaissance des principaux ravageurs et maladies du cotonnier et leurs ennemis naturels. Edition 2015, 67 p.
- [19] S Nibouche. 1994. Cycle évolutif de *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) dans l'Ouest du Burkina Faso : biologie, écologie et variabilité géographique des populations. PhD Thesis, Ecole Nationale supérieure Agronomique, Montpellier, France
- [20] R. Chaplin-Kramer, M.E O'Rourke, EJ Blitzer, C Kremen. 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>
- [21] M.R Attique., Z Ahmad., A.I. Mohyuddin & M.M. Ahmad (2004). Oviposition site preference of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera : Gelechiidae) on cotton and its effects on boll development. *Crop Protection* 23 (4): 287-292.
- [22] LM Dossdall, MJ Herbut, NT Cowle, TM Micklich. 1996. The effect of seeding date and plant density on infestations of root maggots, *Detia* spp. (Lepidoptera: Anthomyiidae), in canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 76:169-177
- [23] N.W Forrester., M Cahill., 1987. Management of insecticide resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) I Australia. In Ford M., Holloman D. W., khambay B. P. S., Sawicki R. M (Eds), *Combatting resistance in xenobiotics: Biological and chemicals Approaches*: 127- 137. Ellis Horwood: UK
- [24] G.O Ochou., M.N Doffou., E.K. N'goran et P.K Kouassi., 2012. Impact de la gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes sur l'évolution spatio temporelle des principaux lépidoptères carphophages du cotonnier en Côte d'Ivoire. *Journal of applied biosciences*. Vol 53, pp 3831-3847.