



Impact de la gestion de la résistance aux pyrethrinoïdes sur l'évolution spatio-temporelle des principaux lépidoptères carphophages du cotonnier en Côte d'Ivoire.

Germain Ochou OCHOU¹, Marc N'Cho DOFFOU², *Emmanuel Kouadio N'GORAN¹, Philippe Kouassi KOUASSI²

¹ Laboratoire Central de Biotechnologie, CNRA, 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

² Laboratoire de Zoologie, UFR Biosciences, Université de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondance e-mail : ngoran_kouadio@yahoo.fr Téléphone : (225) 03306764

Original submitted in on 5th March 2012. Published online at www.m.elewa.org on May 29th 2012.

RÉSUMÉ

Objectif : Ressortir l'impact du programme vulgarisé PGRI sur les principaux lépidoptères carphophages du cotonnier (*Helicoverpa armigera*, *Diparopsis watersi*, *Earias spp*, et *Pectinophora gossypiella*). Il s'agit de comparer les données des infestations larvaires recueillies sur une période avant et après l'adoption du programme de gestion de la résistance, d'en détecter les éventuelles faiblesses et proposer des voies pour son amélioration.

Méthodologie et résultats : Un Programme de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI) a été adopté contre *Helicoverpa armigera* en culture cotonnière en Côte d'Ivoire depuis 1998. La présente étude s'est appuyée sur une base de données, recueillies pendant quinze campagnes agricoles de 1993 à 2007. Elle fait ressortir les variations annuelles et géographiques survenues au niveau des infestations larvaires de quatre carphophages du cotonnier. Il ressort de l'étude que l'application du PGRI a eu des impacts variables sur l'évolution spatio-temporelle des insectes. Respectivement en zones nord et sud, il est noté un impact positif sur *H. armigera* (0.17 vs 0.07 et 0.28 vs 0.11 chenilles p. 30 plants), un impact négatif sur *D. watersi* (0.01 vs 0.11 et 0.00 vs 0.02 chenilles p. 30 plants), aucun impact significatif sur *Earias spp* (0.06 vs 0.08 et 0.10 vs 0.09 chenilles p. 30 plants) et sur *P. gossypiella* (0.01 vs 0.02 et 0.20 vs 0.16 chenilles p. 30 plants).

Conclusion et application : Dans l'ensemble, le bilan du PGRI semble satisfaisant. Cependant, l'existence de zones de prédilection chez les ravageurs, la résurgence observée chez *D. watersi* et la tendance à la recrudescence chez *H. armigera* ces dernières années, suggèrent une sensibilisation des services d'encadrement des sociétés cotonnières afin que la surveillance parasitaire soit régulièrement assurée et que des mesures de bonnes pratiques phytosanitaires soient respectées par les producteurs.

Mots clés : Insecticides, Insectes nuisibles, Prévention, Surveillance, Cotonnier, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Objective: To show the impact of the popularized program, PGRI on the cotton main Lepidoptera carphophages (*Helicoverpa armigera*, *Diparopsis watersi*, *Earias spp*, et *Pectinophora gossypiella*). This was to compare data collected on larval infestations over a period before and after the adoption of the program of resistance management, to identify possible weaknesses and propose ways to improve it.

Methodology and results: A Program for the Prevention and Management of Insecticide Resistance (PGRI) was adopted since 1998 against *Helicoverpa armigera* in cotton fields in Côte d'Ivoire. This study used a

database collected for fifteen years from 1993 to 2007. It brought out the annual and geographical variations in the larval infestations of four cotton bollworms. It appears from the study that the adoption of PGRI had varying impacts on the spatio-temporal evolutions depending on the insects. Respectively in northern and southern areas, it was noted a positive impact on *H. armigera* (0.17 vs. 0.07 and 0.28 vs. 0.11 larvae per 30 plants), a negative impact on *D. watersi* (0.01 vs. 0.11 and 0.00 vs. 0.02 larvae per 30 plants), no impact on *Earias* spp (0.06 vs. 0.08 and 0.10 vs. 0.09 larvae per 30 plants) and on *P. gossypiella* (0.01 vs. 0.02 and 0.20 vs. 0.16 larvae per 30 plants).

Conclusion and application of findings: Overall, the results of the PGRI seem satisfactory. However, the existence of areas of choice in most pests, the resurgence observed in *D. watersi* and the tendency to the increase in *H. armigera* in recent years, suggest more awareness from cotton extension services so that the cotton pest monitoring be regularly carried out and measures of good plant protection practices be followed by farmers.

Keywords: Insect pests, Insecticides, Prevention, Monitoring, Cotton, Cote d'Ivoire

INTRODUCTION

La maîtrise des arthropodes ravageurs représente une opération importante dans la production cotonnière (Matthews, 1989). En Côte d'Ivoire, depuis le lancement de cette culture, une méthode de lutte chimique a été adoptée pour le contrôle des insectes ravageurs parmi lesquels le complexe des lépidoptères carpophages (*Helicoverpa armigera* (Hübner) : la chenille de la capsaule, *Earias insulana* (Boisduval) : la chenille épineuse du cotonnier, *Diparopsis watersi* (Rotchild) : le ver rouge du cotonnier, *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) : le faux ver rose du cotonnier et *Pectinophora gossypiella* (Saunders) : le ver rose du cotonnier) occupe une place de choix. En absence de protection phytosanitaire, ces ravageurs contribuent à d'importantes pertes de récoltes susceptibles de varier de 24,7% à 88,9% selon les années et les localités (Vaissayre *et al.*, 1984; Cauquil et Vaissayre, 1994). Les dérives importantes dans l'utilisation des produits chimiques, notamment les pyréthrinoides pour contrôler les lépidoptères pendant plus de 20 ans, ont conduit en Côte d'Ivoire à l'instar de nombreux pays dans le monde (Sawicki, 1986) à la sélection d'individus résistants chez *H. armigera*. La résistance aux pyréthrinoides a été détectée et confirmée en laboratoire au cours des années 1990 (Alaux *et al.*, 1997 ; Vassal *et al.*, 1997 ; Martin *et al.*, 1997). Elle a été clairement mise en évidence en milieu paysan en 1998 par les nombreux cas d'échecs des traitements et par

les très fortes infestations larvaires signalées au champ (Ochou *et al.*, 1998; Martin *et al.*, 2000).

Face à ce phénomène qui compromettrait sérieusement les revenus des exploitants, un Programme de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI), inspiré du modèle de programmes fenêtrés australien (Sawicki et Denholm, 1987 ; Forrester et Cahill, 1987), a été proposé en Côte d'Ivoire. Le PGRI a été appliqué, pour la première fois, en 1998 au nord de la zone cotonnière et adopté en 1999 sur l'ensemble des zones cotonnières (Martin *et al.*, 1999). Il s'avère donc essentiel, après plus de dix années d'adoption en milieu paysan par les producteurs, d'évaluer l'efficacité de ce programme vulgarisé sur les principaux ravageurs du cotonnier. L'on est en droit de se demander, hormis l'effet direct sur *H. armigera*, quels pourraient être les effets indirects de ce programme sur les autres principaux ravageurs.

La présente étude a pour objectif de ressortir, l'impact du programme vulgarisé PGRI sur les principaux lépidoptères carpophages du cotonnier (*H. armigera*, *D. watersi*, *Earias* spp, et *P. gossypiella*). Il s'agit de comparer les données des infestations larvaires recueillies sur une période avant et après l'adoption du programme de gestion de la résistance, d'en détecter les éventuelles faiblesses et proposer des voies pour son amélioration.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude : La présente étude a été conduite sur l'ensemble de la zone de production cotonnière qui s'étend sur la région nord et centre de la Côte d'Ivoire, entre 6° et 10°30 de latitude nord, 4° et 8° de longitude ouest (Figure 1). Le site d'étude est subdivisé administrativement en zones cotonnières dont le nombre varie de 32 à 38 selon les années et en fonction des objectifs techniques des sociétés

cotonnières. Pour des raisons agro-climatiques, notamment la pluviométrie, ces zones ont été réparties en deux grandes régions par rapport au 9^{ème} parallèle: 1)- la région nord pour toutes les localités cotonnières au-dessus du 9^{ème} parallèle ; 2)- la région sud pour toutes les localités cotonnières en dessous du 9^{ème} parallèle.

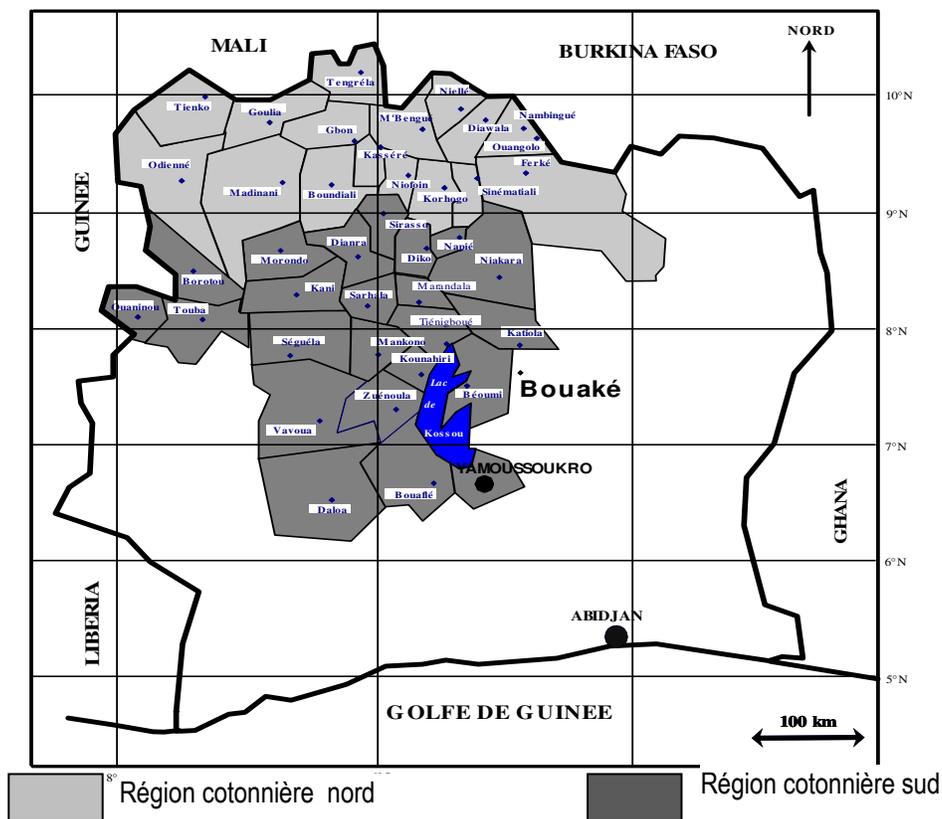


Figure 1 : Zones de culture cotonnière en Côte d'Ivoire

MATERIEL :

Insectes ravageurs cibles : L'étude concerne quatre principaux lépidoptères carphophages du cotonnier en Côte d'Ivoire. Il s'agit d'une chenille carphophage endocarpique *Pectinophora gossypiella* et de trois chenilles carphophages exocarpiques, *Helicoverpa armigera*, *Diparopsis watersi* et *Earias spp.* Les larves de ces quatre lépidoptères sont facilement identifiables sur les organes fructifères des plants (boutons floraux, fleurs, capsules). Il est à noter que l'espèce carphophage *Cryptophlebia leucotreta*, n'a pas été considérée dans la présente étude du fait de son régime majoritairement endocarpique qui rendait difficile son comptage.

METHODES :

Dispositif de suivi parasitaire dans les zones cotonnières : Chaque année, 10 parcelles paysannes ont été sélectionnées par zone, en prenant en compte les cinq décades de semis dans chacune des deux grandes régions ci-dessus citées. Dans la région nord où les semis commencent dès la mi-mai, les parcelles ont été choisies comme suit : (1) une pour la troisième décade de Mai, (3) trois pour la première décade de Juin, (3) trois pour la deuxième décade de Juin, (2) deux pour la troisième décade de Juin et (1) une pour la première décade de Juillet. En ce qui concerne la région sud où les semis commencent en début Juin, les parcelles ont été choisies comme ci-après : (1) une

pour la première décade de Juin, (3) trois pour la deuxième décade de Juin, (3) trois pour la troisième décade de Juin, (2) deux pour la première décade de Juillet et (1) une pour la deuxième décade de Juillet. Le dispositif de suivi parasitaire a donc impliqué un total annuel de 360 à 500 parcelles paysannes selon les années.

Stratégie de protection phytosanitaire : La stratégie de protection en vigueur est basée sur un programme calendaire de 6 traitements insecticides tous 14 jours à partir du 45^{ème} jour jusqu'au 115^{ème} jour après la levée du cotonnier. Les 6 traitements insecticides étaient tous réalisés avec des produits binaires à base de pyréthrinoides en association avec des organophosphorés. Avec la détection de la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoides, la stratégie de protection a été modulée en un Programme de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI), qui a pour particularité l'observation d'une fenêtre dans le programme de traitements. En effet, le PGRI (Figure 2)

recommande une période de restriction pour l'utilisation des pyréthrinoides. Afin de réduire la pression de sélection d'individus résistants chez la première génération de *H. armigera*, les pyréthrinoides sont interdits sur la période de début de campagne agricole jusqu'au 10 Août dans les zones cotonnières nord et jusqu'au 20 Août dans les zones cotonnières sud. Pendant cette période de restriction considérée comme la première fenêtre du programme, seules les alternatives de familles chimiques ou de modes d'action différents des pyréthrinoides (exemple : endosulfan, profénofos, indoxacarb, spinosad,.) sont utilisés pour les traitements. Quant aux traitements au-delà de la date du 10 Août, ils sont réalisés avec des produits binaires à base de pyréthrinoides en association avec des organophosphorés synergisants ou d'autres familles chimiques. Il est admis que tous les planteurs soumettent l'ensemble de leurs champs au programme calendaire de 6 traitements insecticides.

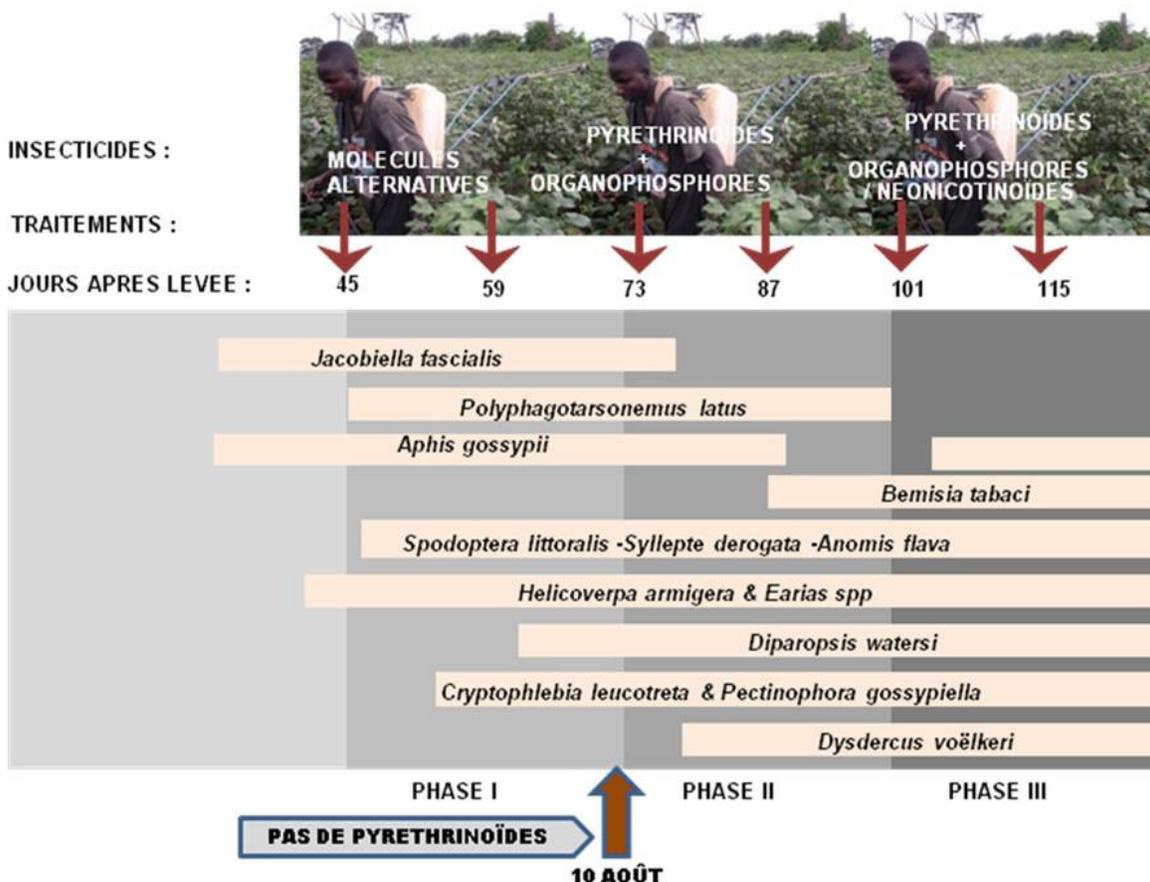


Figure 2 : Schéma du Programme de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI), adopté depuis 1997 contre *Helicoverpa armigera* en culture cotonnière en Côte d'Ivoire

Méthode d'échantillonnage : Des parcelles d'une superficie de 0,25 hectare ont été délimitées. Sur chaque parcelle, il a été effectué une série de 15 relevés hebdomadaires durant toute la campagne cotonnière. Les observations ont débuté à partir du 30^{ème} jour après levée du cotonnier (JAL) et se sont poursuivies à intervalles réguliers d'une semaine. Elles sont faites plant par plant, sur un échantillon de 30 plants pris par groupe de 5 plants consécutifs par ligne, suivant la méthode séquentielle dite de « la diagonale » (Vayssaire, 1982). Les observations parasitaires ont été effectuées par les agents du service Recherche & Développement des sociétés cotonnières, formés à cet effet. Les plants ont été examinés en entier (bouton floral, fleur, capsule, feuille) et le nombre de chenilles de chaque espèce rencontrées sur l'échantillon de 30 plants a été enregistré sur des fiches de relevés parasitaires confectionnées à cet effet par les sociétés cotonnières.

Traitement des données : Les données parasitaires ont été recueillies au cours de 15 années consécutives de 1993 à 2007. Elles ont été saisies et traitées pour chaque espèce d'insecte suivant les objectifs spécifiques de l'étude. Dans un premier temps, pour répondre au souci de connaître les évolutions temporelles des infestations dans la zone cotonnière avant et pendant le développement du programme

PGRI, il a été établi chaque année, les niveaux moyens annuels par paysan, par zone cotonnière, ainsi que le niveau moyen général par région nord ou sud, pour l'ensemble des zones cotonnières et par grande période. Ces données ont permis d'apprécier l'ampleur temporelle de l'impact du programme PGRI en vigueur à partir de 1998 dans les zones nord et à partir de 1999 dans les zones sud cotonnières. Dans un second temps, pour apprécier l'ampleur géographique de l'impact du programme PGRI sur la distribution géographique des infestations, une cartographie a été confectionnée pour chaque ravageur sur les deux périodes distinctes : les périodes avant et pendant la vulgarisation du programme PGRI. Les cartes indiquent la pression parasitaire dans chaque zone par deux couleurs de remplissage. Les zones, dont les niveaux d'infestations périodiques excèdent le niveau moyen général de 1993-1997, sont représentées en noir, indiquant une relative forte pression parasitaire ; et les zones, dont les niveaux d'infestations périodiques sont inférieurs au niveau moyen général de 1993-1997, sont représentées en clair, indiquant une relative faible pression parasitaire. Les calculs des différentes moyennes des infestations et leur écart-type ont été effectués à l'aide du logiciel Microsoft Excel version 5.0 pour Windows. La cartographie a été réalisée à l'aide du logiciel Havard Graphics 2.0 pour Windows.

RESULTATS

Evolutions spatio-temporelles des infestations larvaires de *Helicoverpa armigera* avant et après le PGRI : Les niveaux moyens annuels des infestations larvaires de *H. armigera* dans la zone cotonnière ont considérablement varié au cours des périodes avant et après le PGRI (Figure 3). Dans la période 1993 à 1998, avant l'application du PGRI, les niveaux moyens annuels des infestations larvaires ont augmenté régulièrement jusqu'à atteindre un pic d'infestation de 0.23 chenille p. 30 plants en zones nord et 0.79 chenille p. 30 plants en zones sud. Après l'application du PGRI au cours de la période allant de 1999 à 2007, les niveaux moyens annuels d'infestation ont chuté significativement, avec des pics n'excédant pas 0,12 chenille p. 30 plants en zone nord et 0.19 chenille p. 30 plants en zones sud. Bien que des croissances régulières aient été notées après l'application du PGRI en 1999, les niveaux moyens annuels des infestations sont restés en deçà des niveaux moyens annuels observés de 1993 à 1997 (Tableau 1). Le niveau moyen des infestations larvaires de *H. armigera* au cours de la période de 1993 à 1998 (0, 17 chenille p.

30 plants au nord et 0.28 chenille au sud) est resté au moins 2 fois supérieur à la moyenne enregistrée sur la période du PGRI (0.07 chenille p. 30 plants au nord et 0.11 chenille p. 30 plants au sud). La même tendance a été observée aussi bien pour les zones situées en région nord qu'en région sud. Les niveaux moyens des infestations apparaissent plus élevés dans la région sud que dans la région nord, traduisant ainsi une fréquente et forte pression parasitaire dans les zones sud, excédant la moyenne générale de 0.18 chenille p. 30 plants. La cartographie des niveaux moyens des infestations larvaires de *H. armigera* révèle que la distribution géographique des infestations larvaires dans les zones cotonnières a fortement changé pendant les périodes avant et après le PGRI. Pour la période 1993 à 1997, plus de quinze (15) localités ont présenté des niveaux d'infestations au-dessus de la moyenne générale (Figure 4a) contre seulement cinq (5) localités pour la période 1999 à 2007 (Figure 4b). Toutefois, les localités que sont Boron, Dianra, Sarhala et Tengréla qui sont situées entre les latitudes 8° et 9°

et le long de la longitude 6° ouest, s'avèrent être les zones de prédilection de ce ravageur.

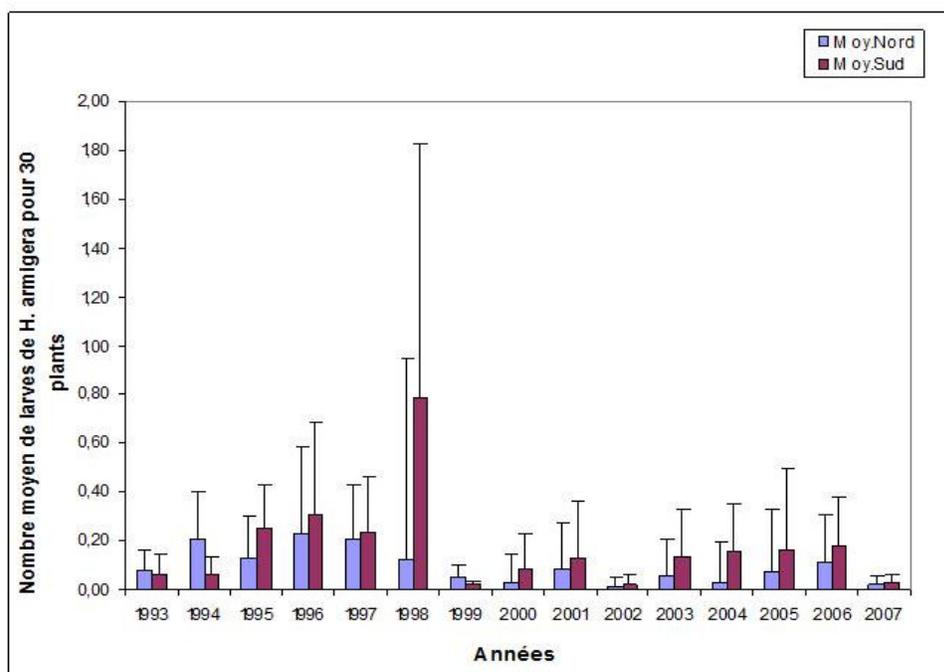


Figure 3 : Evolutions annuelles des infestations larvaires de *Helicoverpa armigera* avant et après l'adoption du programme PGRI dans les zones cotonnières

Tableau 1 : Niveaux moyens des infestations larvaires de carpophages avant et après l'adoption du Programme de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI) dans les zones de production cotonnière en Côte d'Ivoire.

Localités	Périodes	Nombre moyen de chenilles ± ET p. 30 plants			
		<i>H. armigera</i>	<i>E. insulana</i>	<i>D. watersi</i>	<i>P. gossypiella</i>
Ensemble zones cotonnières	Moyenne générale : 1993-1997	0.18 ± 0.14	0.06 ± 0.08	0.01 ± 0.01	0.11 ± 0.19
Zones Nord	Avant PGRI : 1993-1997	0.17 ± 0.15	0.06 ± 0.05	0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.03
	Après PGRI : 1998-2007	0.07 ± 0.05	0.08 ± 0.08	0.11 ± 0.12	0.02 ± 0.03
Zones Sud	Avant PGRI : 1993-1998	0.28 ± 0.26	0.10 ± 0.18	0.004 ± 0.01	0.20 ± 0.24
	Après PGRI : 1999-2007	0.11 ± 0.14	0.09 ± 0.08	0.02 ± 0.04	0.16 ± 0.15

Evolution spatio-temporelle des infestations larvaires de *Earias spp.* avant et après le PGRI : Les niveaux moyens annuels des infestations larvaires de *Earias spp* ont présenté de légères fluctuations dans la zone cotonnière de 1993 à 2007 (Figure 5). Dans la période 1993 à 1998, avant l'application du PGRI, les niveaux moyens annuels des infestations larvaires ont oscillé pour atteindre des pics d'infestation de 0.09 et 0,10 chenilles p. 30 plants, respectivement dans les zones nord et sud. Après l'application du PGRI, les niveaux moyens annuels des infestations ont subi de

très légères fluctuations. Ils sont restés presque équivalents à ceux enregistrés pendant la période antérieure, avec des niveaux de pics de l'ordre de 0.11 chenille p. 30 plants au nord et 0.16 chenille p. 30 plants au sud. Dans l'ensemble, les niveaux moyens des infestations n'ont pas considérablement varié d'une période à l'autre (0.06 et 0.10 chenille p. 30 plants avant PGRI contre 0.08 et 0.09 chenille p. 30 plants après PGRI, respectivement au nord et au sud) (Tableau 1). Les deux régions ont présenté la même tendance de stabilité au cours des années

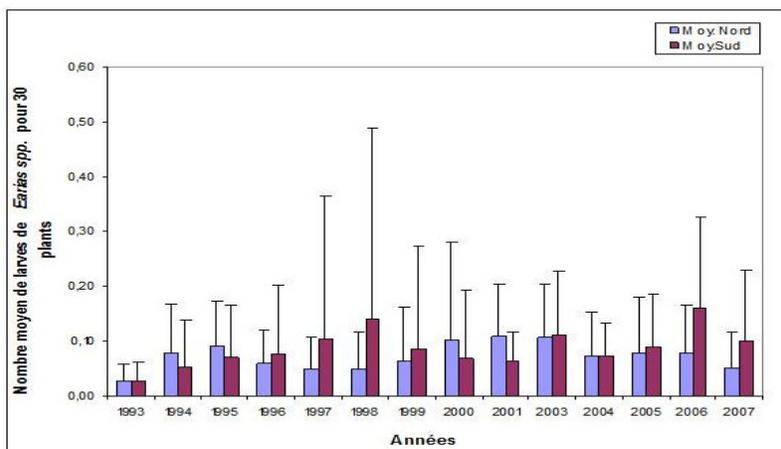


Figure 5 : Evolutions annuelles des infestations larvaires de *Earias spp.* avant et après l'adoption du programme PGRI dans les zones cotonnières

Les niveaux moyens des infestations des différentes régions ont tourné autour de la moyenne générale de 0.06 chenille p. 30 plants, indiquant une pression parasitaire de même intensité dans les zones nord que dans les zones sud. La cartographie des niveaux moyens des infestations larvaires de *Earias spp* révèle que la distribution géographique des infestations larvaires dans les zones cotonnières présente une certaine homogénéité dans la toute la zone cotonnière avec une région nord aussi infestée que la région sud. Pour les périodes de 1993 à 1998 (Figure 6a) et de 1999 à 2007 (Figure 6b), il est apparu que le nombre

de localités présentant des niveaux moyens d'infestations supérieurs à la moyenne générale est resté équivalent avant le PGRI et après l'application du PGRI. Des foyers de fortes infestations ont parsemé l'ensemble de la zone cotonnière avec une légère prédominance dans la région cotonnière nord. L'on note néanmoins, une recrudescence de ce ravageur dans les localités de Gohitafla et de Niofoin (0,33 chenille p. 30 plants). A l'instar de *H. armigera*, les zones de prédilection de ce ravageur, sont situées entre les latitudes 8° et 9° et le long de la longitude 6° ouest.

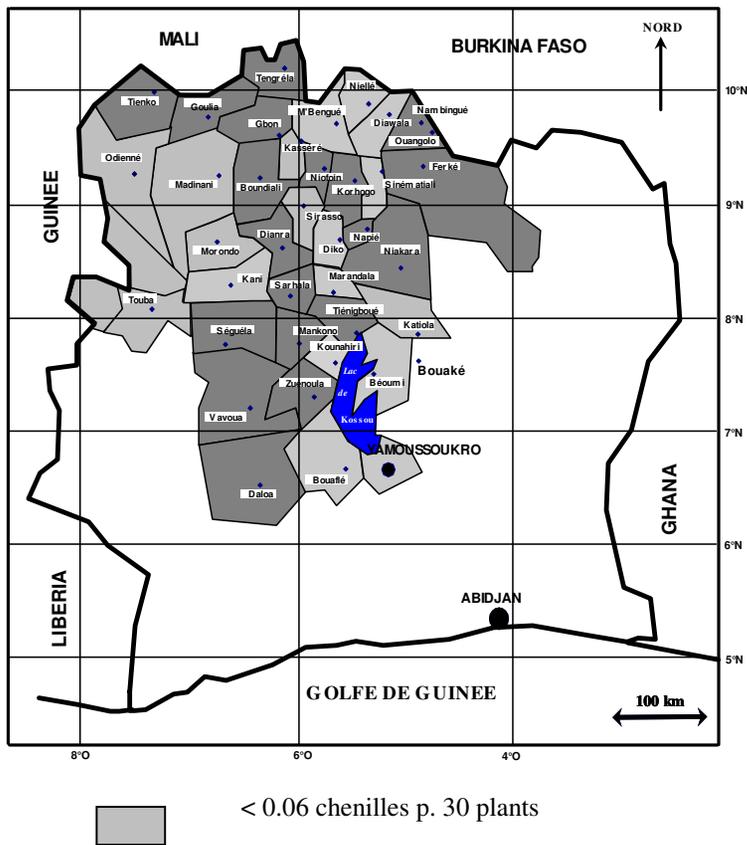


Figure 6.a : Distribution géographique des infestations larvaires de *Earias spp.*, avant le PGRI.

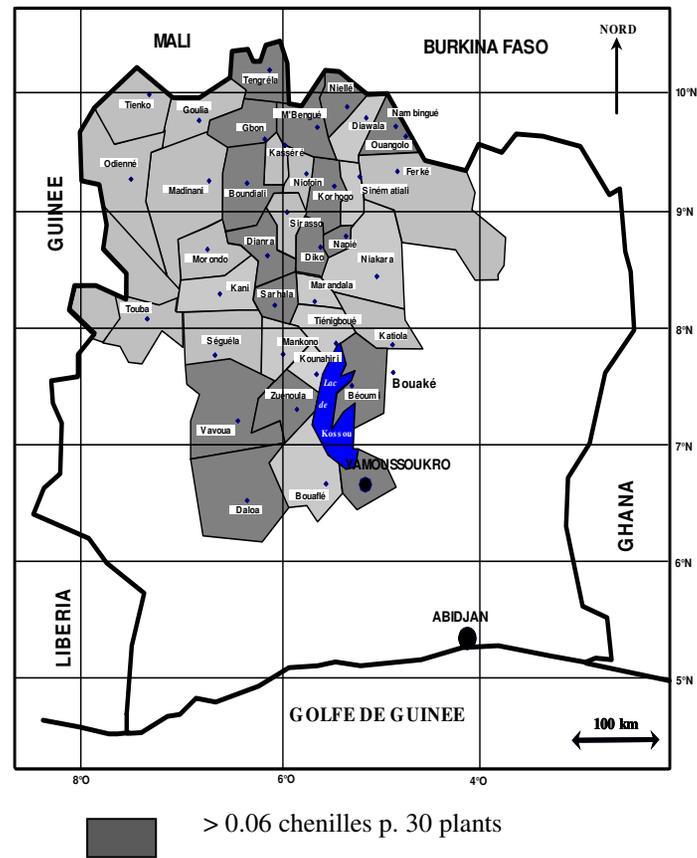


Figure 6.b : Distribution géographique des infestations larvaires de *Earias spp.*, après le PGRI.

Evolutions spatio-temporelles des infestations larvaires de *Diparopsis watersi* avant et après le PGRI

Les niveaux moyens annuels des infestations larvaires de *D. watersi* dans la zone cotonnière ont considérablement évolué au cours des périodes avant et après le PGRI (Figure 7). Avant l'application du PGRI, période de 1993 à 1998, les niveaux moyens des infestations larvaires ont été stables et relativement très faibles, n'excédant pas le pic de 0,02 chenille p. 30 plants. De 1997 à 1998, ce niveau a amorcé une croissance en passant de 0,02 à 0,04 chenille p. 30

plants. Après l'application du PGRI sur la période de 1999-2007, les niveaux moyens des infestations n'ont cessé de croître. Le niveau moyen des infestations résultant de la période (0.11 chenille p. 30 plants au nord et 0.02 chenille p. 30 plants au sud) s'est révélé au moins dix (10) fois supérieur à celui observé sur la période avant le PGRI de 1993 à 1998 (0.01 chenille p. 30 plants au nord et 0.00 chenille p. 30 plants au sud) (Tableau 1). La tendance évolutive est beaucoup plus accentuée dans les zones cotonnières nord qui semblent être les zones de prédilection de ce ravageur.

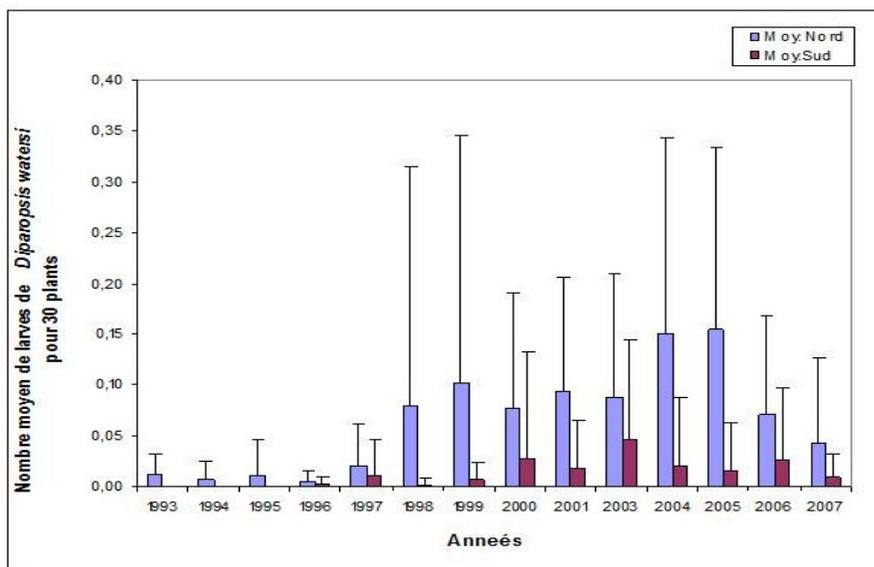


Figure 7 : Evolutions annuelles des infestations larvaires de *Diparopsis watersi* avant et après l'adoption du programme PGRI dans les zones cotonnières

Les niveaux moyens annuels des infestations dans les zones nord sont en général plus élevés que la moyenne générale de 0.01 chenille p 30 plants. Les infestations en zones sud n'ont excédé la moyenne générale qu'après l'application du PGRI. La cartographie des niveaux moyens des infestations larvaires de *D. watersi* montre un important changement entre les périodes 1993–1998 (Figure 8a) et 1999–2004 (Figure 8b). D'une douzaine de localités au nord de la Côte d'Ivoire pour la période 1993–1998, l'on est passé au cours de la période 1999–2007, à vingt-cinq localités avec des niveaux moyens

d'infestations larvaires supérieurs à la moyenne générale d'infestations (0,01 chenille p. 30 plants). Cette nouvelle distribution géographique des infestations indique une recrudescence subite du ravageur après l'adoption du programme PGRI. Les infestations les plus fortes ont été observées dans la région cotonnière nord avec une plus forte pression dans la majorité des localités au nord-est de la région cotonnière nord. L'on note cependant, une avancée progressive du ravageur vers les zones cotonnières au sud de la latitude 9°N.

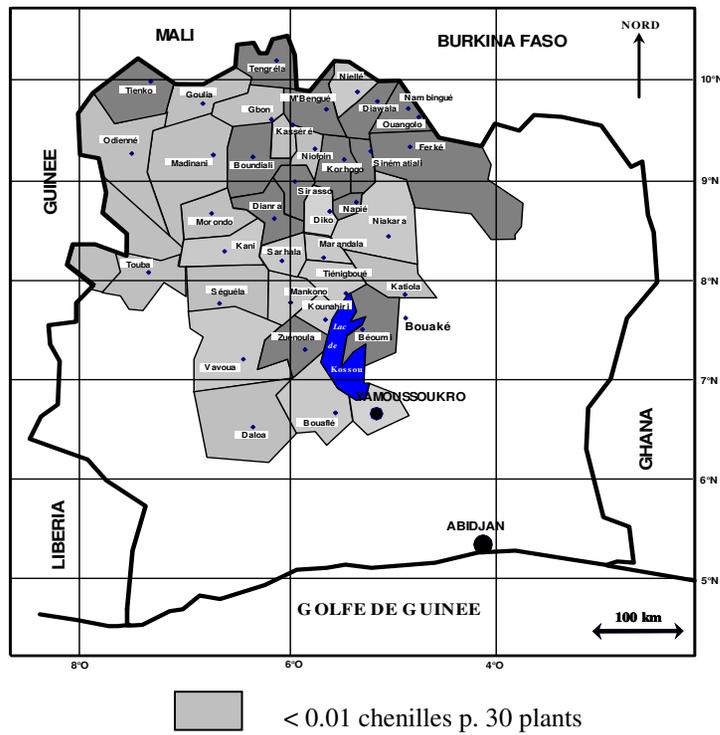


Figure 8.a : Distribution géographique des infestations larvaires de *Diparopsis watersii*, avant le PGRI.

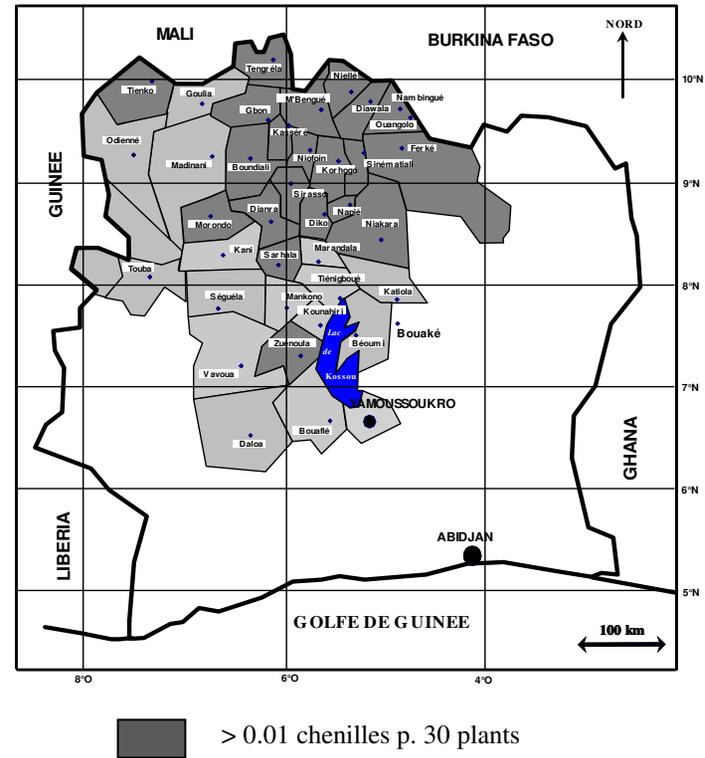


Figure 8.b : Distribution géographique des infestations larvaires de *Diparopsis watersii*, après le PGRI.

Evolutions spatio-temporelles des infestations larvaires de *Pectinophora gossypiella* avant et après le PGRI :

Les niveaux moyens annuels des infestations larvaires de *P. gossypiella* ne fluctuent pas considérablement dans la zone cotonnière entre 1993 et 2007 (Figure 9). Les niveaux moyens d'infestations relativement faibles en 1993 (0,04 chenille p. 30 plants) ont très peu fluctué entre 1995 (0,18 chenille p. 30 plants) et 1998 (0,11 chenille pour 30 plants). Suite à l'application du PGRI en 1998, les niveaux moyens des infestations ont augmenté pour atteindre 0,20 chenille

p. 30 plants en 2003. Les niveaux moyens des infestations après une chute en 2004 (0,01 chenille p. 30 plants) ont amorcé une remontée en 2006 et 2007, avec respectivement 0,17 et 0,15 chenille p. 30 plants. Contrairement à *D. watersi*, les niveaux moyens des infestations de *P. gossypiella* sont plus élevés dans les zones cotonnières sud comparativement à la région cotonnière nord. Cette observation indique que la zone cotonnière sud semble être la zone de prédilection de ce ravageur carpophage endocarpique.

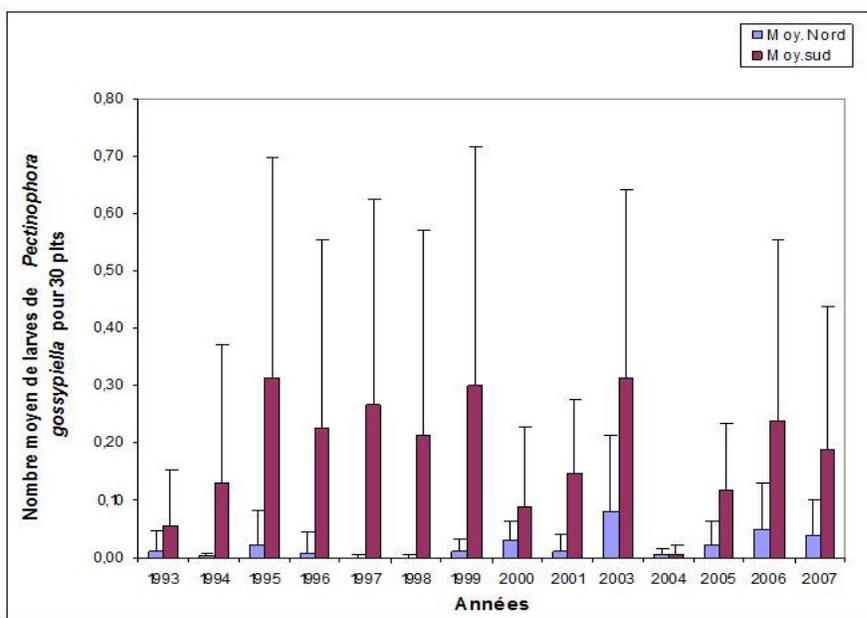
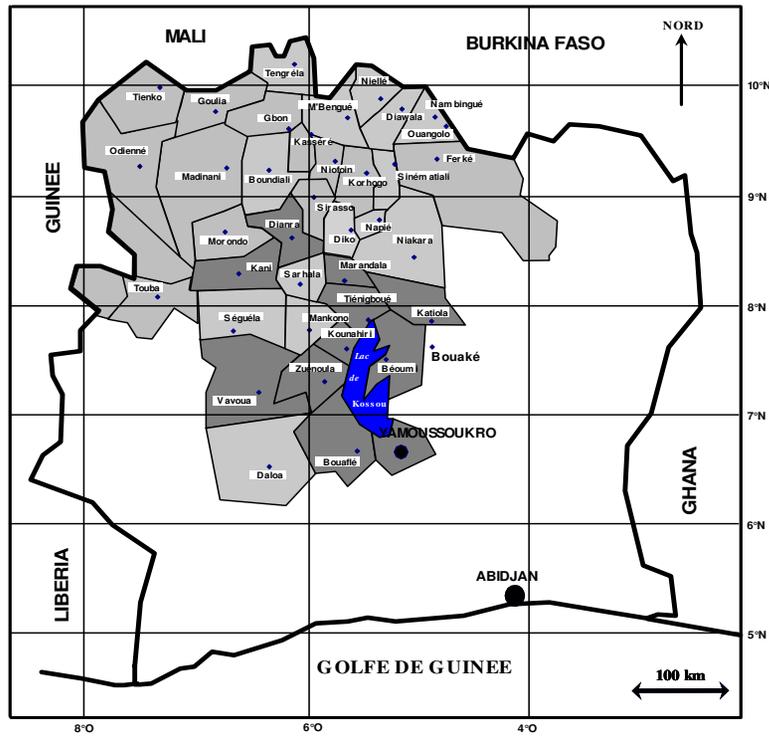


Figure 9 : Evolutions annuelles des infestations larvaires de *Pectinophora gossypiella* avant et après l'adoption du programme PGRI dans les zones cotonnières

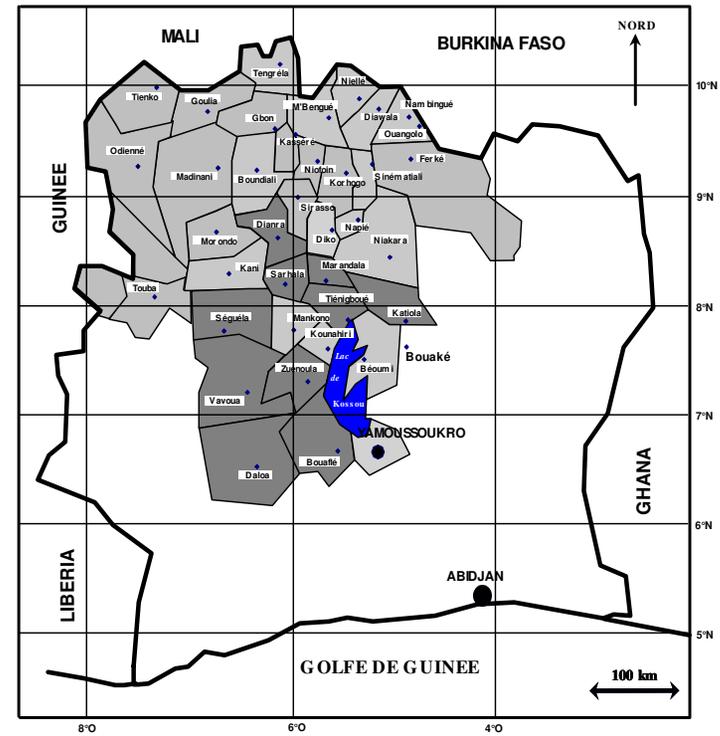
La cartographie des niveaux moyens des infestations larvaires de *P. gossypiella* révèle que la distribution géographique des infestations n'a pas beaucoup évolué au cours des périodes 1993 – 1998 (Figure 10a) et 1999 – 2007 (Figure 10b). Pour les deux périodes, seules des localités au sud ont présenté des niveaux d'infestation supérieurs à la moyenne générale d'infestations, traduisant une relative forte pression

parasitaire dans la région nord. Les zones cotonnières de Daloa, Gohitafla, Katiola, Séguéla et Zuénoula apparaissent être les zones de prédilection du ravageur. Il est à noter tout de même que quelques localités de la région nord cotonnière présentent des niveaux d'infestations larvaires aussi importants que ceux observés dans la zone sud cotonnière.



□ < 0.11 chenilles p. 30 plants

Figure 10.a : Distribution géographique des infestations larvaires de *Pectinophora gossypiella*, avant le PGRI.



■ > 0.11 chenilles p. 30 plants

Figure 10.b : Distribution géographique des infestations larvaires de *Pectinophora gossypiella*, après le PGRI.

DISCUSSION

Impacts parasitaires du programme PGRI: Le programme de prévention et de gestion de la résistance de *H. armigera* aux insecticides (PGRI) adopté en Côte d'Ivoire depuis 1999, a eu des impacts variables selon les espèces de chenille carphophage en présence. Il est noté un impact positif sur l'évolution des infestations chez *H. armigera*, un impact négatif chez *D. watersi* et aucun impact sur les chenilles de *Earias* spp et de *P. gossypiella*. S'agissant de *H. armigera*, le suivi des niveaux annuels des infestations a montré une baisse régulière de la pression parasitaire durant la période d'exécution du PGRI. La différence significative entre la moyenne d'avant (0,23 larves p. 30 plants observés) et pendant la période du PGRI (0,08 larves p. 30 plants observés) traduit l'efficacité de l'utilisation de l'endosulfan en « fenêtre 1 » sur la première génération de *H. armigera* (Martin *et al.*, 1999, Ochou et Martin, 2002). L'efficacité de l'endosulfan peut s'expliquer par le fait qu'aucun cas de résistance croisée n'a été démontré entre les cyclodiènes et les pyréthrinoides (Martin *et al.*, 2003). Bien que le PGRI ait été efficace sur l'ensemble des localités de la zone cotonnière, l'on observe une légère tendance à la hausse après six années d'application. L'on constate, par ailleurs, des localités (Tengréla, Dianra et Sarhala) où la pression des populations larvaires est restée au-dessus de la moyenne générale (0,23 larves p.30 plants observés). Un suivi rigoureux dans la pratique paysanne s'impose dans les dites localités ; il est important qu'en plus du suivi de la sensibilité du ravageur au laboratoire, un autre suivi puisse être réalisé au champ afin de mieux cerner la situation dans ces localités. Chez *Earias* spp., l'application du PGRI sur les dix années ne présente pas de différence significative avec la période d'avant sa mise en place. Le niveau moyen des infestations larvaires est resté inchangé (0,08 larves p. 30 plants observés). Néanmoins, figurant parmi les ravageurs principaux dans l'extrême Nord de la zone cotonnière, ce déprédateur est, grâce aux conditions agro-écologiques favorables (Reed, 1974), aujourd'hui quasi présent dans toute la zone cotonnière. Il présente une recrudescence dans de nombreuses localités, tant de la région Nord que de la région Sud cotonnière, traduisant une efficacité comparable entre les premiers produits vulgarisés et leur alternative telle que l'endosulfan utilisé en « fenêtre 1 » (Ochou et Martin, 2003). Cette même situation s'observe chez la chenille endocarpique *P. gossypiella*, pour laquelle les niveaux des infestations larvaires obtenus entre les deux

périodes (1993 – 1998) et (1999-2007) ne sont pas significativement différents. Cela montre un très faible impact du PGRI sur ce ravageur. En effet, l'endosulfan utilisé comme matière active alternative en « fenêtre 1 » dans le programme de gestion n'est pas aussi efficace que les produits pyréthrinoides considérés comme des produits de référence sur les chenilles endocarpiques (Ochou et Martin, 2002). D'ailleurs, le comportement alimentaire des ces chenilles, qui se développent et achèvent leur cycle larvaire à l'intérieur des capsules, met ce ravageur à l'abri des applications insecticides. La région sud cotonnière représente la zone de prédilection de *P. gossypiella*, car les conditions agro-écologiques et le régime pluviométrique bimodal de la zone se révèlent très favorables au développement de ce ravageur. En effet, il a été montré chez *P. gossypiella*, espèce diapausante et monophage inféodée au genre *gossypium*, que la diapause serait induite par la température et la photophase et qu'il existerait une corrélation positive entre la diapause et le degré hygrométrique du milieu (Squire, 1973 ; Metwarly et Hosny, 1974 ; Butler *et al.*, 1978 ; Michel et Gomez, 1992). Aussi, cette diapause s'effectue-t-elle dans les graines de coton des plants non arrachés pendant l'intercampagne et permet ultérieurement l'installation et la multiplication de la première génération importante d'adultes sur les cultures cotonnières, suite aux premières pluies. Chez *D. Watersi* l'application du PGRI a eu un impact négatif significatif sur l'évolution des infestations larvaires. Contrairement aux autres carphophages sur lesquelles le programme a eu un effet positif ou neutre, il ressort pour *D. watersi* une plus forte pression des populations larvaires suite à la mise en place du PGRI. En effet, la pression parasitaire due aux populations larvaires de *D. Watersi* s'est accrue non seulement dans la majorité de la région cotonnière nord, mais aussi, elle s'est progressivement étendue vers la région sud cotonnière où le ravageur était quasi-absent. Cette tendance à la résurgence de *D. Watersi* peut trouver son explication dans le fait que l'endosulfan se révèle inefficace contre ce ravageur contrairement aux produits pyréthrinoides (Ochou et Martin, 2002). Par ailleurs, il est possible que *H. armigera* et *D. watersi* partagent la même niche écologique et que par conséquent le vide laissé par le premier du fait de l'efficacité du PGRI a été vite comblé par la réapparition du dernier. *D. Watersi* disposerait par ailleurs d'une excellente aptitude à vivre dans les milieux les plus secs (Proctor, 1962). L'usage de l'indoxacarb ou du

spinosad qui ont montré une efficacité d'action sur *D. Watersi* (Ochou et Martin, 2003), représente une voie qui mérite d'être explorée si l'on veut un tant soit peu maîtriser le niveau d'infestation de ce ravageur en Côte d'Ivoire. Cette matière active, qui a un bon profil pour le respect de l'environnement (Holloway et Forrester, 1998), présente un nouveau mode d'action sur un nouveau site du système nerveux. Il agit efficacement sur les larves à faibles doses et est très sélectif.

La légère remontée des niveaux moyens annuels des infestations larvaires observée chez certains ravageurs comme *H. armigera* et *E. insulana* pourrait découler de la longue crise socio-politique intervenue en Côte d'Ivoire depuis septembre 2002. Elle aurait eu pour conséquence le relâchement de l'encadrement assuré par les sociétés cotonnières et qui aurait pour corollaire d'une part, la baisse de la qualité des traitements insecticides effectués par les producteurs et d'autre part, l'absence de suivi rigoureux du programme par les agents d'encadrement des sociétés cotonnières pour cause de peur et d'angoisse.

Implications agronomiques : Le programme de prévention et de gestion de la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoides en vigueur depuis 1998 a donné des résultats satisfaisants sur l'évolution des

infestations de ce ravageur (Martin *et al.*, 2003). Le succès de la stratégie s'est traduit de façon concrète sur le terrain par l'absence d'infestations non contrôlées à tel point qu'il est devenu difficile de collecter suffisamment de chenilles pour réaliser des bioessais de résistance. Un autre indicateur du succès de la stratégie de gestion réside dans le respect des pratiques culturales recommandées aux agriculteurs (semis direct, période de restriction des pyréthrinoides, dates de semis précoces.), de sorte à ne pas être victimes des fortes infestations de *H. armigera* en fin de campagne. Les bons rendements agricoles obtenus en milieu paysan jusqu'en 2002, avant la survenue de la crise socio-politique en Côte d'Ivoire, en est aussi une bonne illustration. En effet, d'environ 1000 kg/ha avant 1999, les rendements coton graine ont atteint et même excédé le niveau de 1300 kg/ha après l'adoption du PGRI jusqu'en 2002. Les faibles rendements obtenus ces dernières années sont du fait d'une filière totalement en panne consécutive à des facteurs à la fois endogènes et exogènes (crise survenue en Côte d'Ivoire en septembre 2002, faibles prix d'achat du coton aux producteurs, difficultés financières des sociétés cotonnières).

CONCLUSION

Au regard de l'évolution spatiale et temporelle des infestations des différentes espèces carpophages, le programme PGRI vulgarisé en Côte-d'Ivoire présente à la fois des atouts et des faiblesses qui méritent d'être exploités. Le programme PGRI n'a eu un impact significativement positif que sur *H. armigera*. Ce bilan, semble très réconfortant car le ravageur clé de la culture cotonnière qu'est *H. armigera* paraît maîtrisé. Contrairement à *H. armigera*, la pression parasitaire a subi une forte recrudescence chez un autre carpophage *D. watersi*. Toutefois, l'effet du programme PGRI est moins ressenti chez *Earias spp* et *P. gossypiella*. Il ressort par ailleurs de l'étude que des localités représentent des zones de prédilection pour certains carpophages, certainement du fait de leur agro-écologie et/ou des pratiques paysannes y afférentes. *D. watersi* semble être circonscrit au nord au-dessus de la latitude 8° Nord, *H. armigera* et *Earias* le long de la longitude 6° Ouest, et *P. gossypiella* au sud en dessous de la latitude 9° Nord. Dans l'ensemble, la région Sud cotonnière présente beaucoup plus de localités avec une forte pression parasitaire que la région Nord cotonnière. Les localités de Dianra et de Sarhala étant les plus infestées. Face

aux fluctuations des infestations larvaires, il est devenu impératif de sensibiliser les services de développement et d'encadrement des sociétés cotonnières afin que la surveillance parasitaire soit régulièrement assurée et que des mesures de bonnes pratiques phytosanitaires soient respectées.

Il convient alors de demeurer vigilants dans les pratiques culturales afin d'une part, de maintenir le niveau de résistance en l'état chez *H. armigera*, et d'autre part, de prévenir d'éventuels cas de résistance chez d'autres espèces carpophages. Il s'avère nécessaire de conduire la même étude de l'impact du PGRI sur les ravageurs piqueurs suceurs (le puceron *A. gossypii*, l'acarien *P. latus* et le jasside *J. fascialis*). En effet, l'élaboration d'une stratégie de surveillance et de prévention de la résistance devrait s'étendre à tous les ravageurs majeurs ou émergents pour un système de production cotonnière durable. De plus, il s'avère urgent d'introduire dans le programme de gestion de la résistance d'autres nouvelles molécules alternatives aux pyréthrinoides en remplacement du principal insecticide utilisé par les producteurs, l'endosulfan, qui a été retiré du marché national en 2009. Celles-ci devront être efficaces non seulement sur *H. armigera*,

mais aussi sur les autres chenilles carpophages, tant

exocarpiques qu'endocarpiques.

REFERENCES

- Alaux T, Vassal JM, Vaissayre M, 1997. Suivi de la sensibilité aux pyréthrinoides chez *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) en Côte d'Ivoire. *J. Afr. Zool.* 111 (1), 63-69.
- Butler GD, Hamilton AG, Gutierrez AP, 1978. Diapause induction in relation to temperature and photophase. *Annals of the entomological society of America.* 71 (2), 202-204.
- Cauquil J, Vaissayre M, 1994. Nouvelle politique de protection et choix des pesticides. *Agriculture et développement.* 3, 13-23.
- Forrester NW, Cahill M, 1987. Management of insecticide resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) in Australia. In Ford M., Holloman D. W., Khambay B.P.S., Sawicki R. M. (Eds). *Combatting Resistance in Xenobiotics: Biological and Chemical Approaches:* 127-137. Ellis Horwood: UK.
- Martin T., Ochou OG, Hala NF, Vassal JM, Vaissayre M, 1997. Perte de sensibilité aux pyréthrinoides chez *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Actes de la réunion phytosanitaire de l'Afrique de l'Ouest et du Centre*, 27-31 janvier 1997, Cotonou, Bénin, pp. 173-179. Réseau Coton - CIRAD - INRAB, Cotonou, Bénin.
- Martin T, Ochou OG, Hala NF, Niéré K, 1999. Une stratégie pour gérer la résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner) aux pyréthrinoides en Côte d'Ivoire : L'endosulfan en phase végétative. *Actes Première Réunion Bilan du Projet Régional PR-PRAO*, Bobodioulasso (BF), 16-18 mars 1999, 5 p.
- Martin T, Ochou GO, Hala NF, Vassal JM, Vaissayre M, 2000. Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in West Africa. *Pest Management Science*, 56, 549-554.
- Martin T., Ochou G.O., Vaissayre M., Fournier D, 2003. Monitoring insecticide resistance in the bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) from 1998 to 2002 in Côte d'Ivoire, West Africa. In: Swanepoel A. (ed.). *Proceedings of the world cotton research conferences - 3. Cotton production for the new millennium.* 9-13 March 2003, Cape Town, South Africa. [CD-ROM]. Rustenburg: ARC-IIC, p. 1017-1023.
- Matthews GA, 1989. Cotton insect pests and their management. *Longian Scientific and Technical*, New York (USA), 199 p.
- Metwarly AG, Hosny MM, 1974. Factors affecting the resting stage duration of the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* Saunders. *Agricultural Research Review*, Caire, 50, 21-24.
- Michel B, Gomez E, 1992. La diapause de *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera : Gelechiidae) au Paraguay. *Coton et Fibres Tropicales*, 47 (2) : 95-100.
- Ochou OG, Martin T, Hala NF, 1998. Cotton insect pest problems and management strategies in Côte d'Ivoire, West Africa. In: Gillham Fred M. (ed.). *New frontiers in cotton research: Proceedings of the world cotton research conference - 2, Athens, Greece, September 6-12, 1998.* In *World Cotton Research Conference N°2 September 6-12, 1998 Athens, Greece*, 833-837.
- Ochou OG, Martin T, 2002. Pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner): Recent developments and prospects for its management in Côte d'Ivoire, West Africa. *Resistance Management Newsletter*, 12 (1), 10-16.
- Ochou OG, Martin T, 2003. Activity spectrum of spinosad and indoxcarb: Rationale for an innovative pyrethroid resistance management strategy in West Africa. In: Swanepoel A. (ed.). *Proceedings of the world cotton research conference - 3. Cotton production for the new millennium.* 9-13 March 2003, Cape Town, South Africa. [CD-ROM]. Rustenburg: ARC-IIC, p. 1077-1086.
- Proctor JH, 1962. Biology and control of the Sudan Bollworm, *Diparopsis watersi* Roths in Abyan delta, West Aden Protectorate. *Bulletin of Entomological Research*, 53, 311-335.
- Reed W, 1974. Populations and host-plant preferences of *Earias spp.* (Lepidoptera: Noctuidae) in East Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 64, 33-44.
- Sawicki RM, 1986. Rapport général sur « les insectes et la résistance aux insecticides. Solutions actuelles et perspectives ». *IV e Congrès sur la protection de la santé humaine et des*

- cultures en milieu tropical*, Marseille, 2-4 juillet 1986, 206-214.
- Sawiki RM, Denholm I, 1987. Management of resistance to pesticides in cotton pests. *Tropical Pest Management* 33 (4), 262-272.
- Squire FA, 1973. A theory of diapause in *Platyedra gossypiella* Saunders. *Tropical Agriculture*, 14: 299-301.
- Vassal JM, Vaissayre M, Martin T, 1997. Decrease in the susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to pyrethroid insecticides in Côte d'Ivoire. *Resist. Pestic. Manag.*, 9 (2), 14-15.
- Vayssaire M, 1982. Méthodes d'échantillonnage des populations d'insectes dans les cultures cotonnières d'Afrique. *Entomophaga*, special issue, 25-29.
- Vaissayre M, Sement G, Trijau JP, 1984: Aspects phytosanitaires de la culture cotonnière en Côte d'Ivoire, d'après le réseau d'essais à trois niveaux de protection. *Cot. Fib. Trop.*, 39(2):1-7.