

EVALUATION DE L'EFFICACITE DE QUATRE FORMULATIONS DE CHLORPYRIPHOS ETHYL CONTRE LA COCHENILLE FARINEUSE DU MANGUIER *Rastrococcus invadens* WILLIAMS (HOMOPTERA : PSEUDOCOCCIDAE) : BILAN DE DIX ANNEES D'EXPERIMENTATION EN CÔTE D'IVOIRE

N. HALA¹, F. COULIBALY¹, A. N'DAADOPO¹, O. R. N'DEPO² et A. Y. N'GORAN³

¹Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 13 BP 989 Abidjan 13, Côte d'Ivoire. E-mail : fnhala@yahoo.fr

²Université Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire.

³Université Gbon Péléforo, Korhogo, Côte d'Ivoire.

RESUME

La cochenille farineuse du manguier, *Rastrococcus invadens* (Homoptera : Pseudococcidae) est l'un des principaux ravageurs du manguier en Côte d'Ivoire, particulièrement dans la région nord qui fournit les mangues exportées. En attendant la mise en place de la lutte biologique envisagée, et devant l'ampleur des dégâts pouvant favoriser des traitements abusifs de la part des producteurs, des expérimentations ont été initiées pour sélectionner des insecticides efficaces en vue de leur homologation. Sur station de recherche, le premier screening a concerné 8 formulations d'insecticides appliquées à doses fortes (2 litres / ha) sur 100 m² de parcelle élémentaire de manguiers. Ensuite, pour chaque formulation retenue, trois doses ont été testées (2 litres / ha, 1 litre / ha et 0,5 litre / ha) sur 200 m². En milieu paysan, la dose optimale a été confirmée sur au moins 20 ha dans des essais couples. Le screening préliminaire a mis en évidence l'efficacité des formulations à base de chlorpyrifos éthyl avec une rémanence de 4 semaines. L'évaluation de 3 doses de ces formulations en station a permis de retenir la dose efficace de 1 litre / ha soit 480 g de chlorpyrifos-éthyl / ha. Les tests réalisés en milieu paysan ont confirmé l'efficacité des 4 formulations de chlorpyrifos-éthyl contre le ravageur : Dursban 4 E, Cyren 480 EC, Pyriforce 480 EC et Pyrical 480 EC. L'exécution raisonnée des traitements permet à la lutte chimique de s'intégrer harmonieusement dans un programme de gestion intégrée de la cochenille farineuse.

Mots clés : *Rastrococcus invadens*, cochenille farineuse du manguier, lutte chimique, chlorpyrifos-éthyl.

ABSTRACT

EVALUATION OF FOUR FORMULATIONS OF CHLORPYRIPHOS ETHYL AGAINST THE MANGO MEALY BUG *Rastrococcus invadens* WILLIAMS (HOMOPTERA : PSEUDOCOCCIDAE) : ASSESSMENT OF TEN YEARS EXPERIMENTATION IN CÔTE D'IVOIRE

The mango mealy bug, *Rastrococcus invadens* (Homoptera, Pseudococcidae) is one of the main pests of mango in Côte d'Ivoire, particularly in the northern region that provides the exported mangoes. Before the using of biological control considered, and faced with the extent of damages that may promote abusive treatment by the producers, experiments were initiated to select effective insecticides for their approval. On research station, the first screening has involved eight formulations of insecticides applied at high doses (2 L / ha) of 100 m² plot of mango trees. Then, for each formulation selected, three doses were tested (2 liters / ha, 1 liter / ha and 0.5 l / ha) on 200 m². On-farm, the optimal dose was confirmed at least 20 ha in trials couples. The preliminary screening has shown the effectiveness of formulations containing chlorpyrifos ethyl with a remanence of 4 weeks. The evaluation of three doses of these formulations on station allowed to retain the effective dose of 1 l / ha or 480 g of chlorpyrifos-ethyl / ha. The on-farm tests have confirmed the effectiveness of four formulations of chlorpyrifos-ethyl against the pest: Dursban 4 E, Cyren 480 EC, Pyriforce 480 EC and Pyrical 480 EC. The rational treatment allows to chemical control to integrate seamlessly into an integrated management program against the mealy bug.

Key words : *Rastrococcus invadens*, mango mealy bug, chemical control, chlorpyrifos ethyl.

INTRODUCTION

Depuis 1981, la mangue est la troisième production de rente du Nord de la Côte d'Ivoire, après le coton et l'anacarde. La production nationale de mangues, estimée à 100 000 T environ dont 30 000 à 40 000 T de mangues greffées, provient essentiellement de la Région des savanes (Korhogo, Ferkessedougou et Boundiali), la principale zone d'origine de la mangue destinée à l'exportation (environ 10 000 T par an depuis 1998). Avec une dynamique de création d'environ 100 à 200 ha de manguiers jusqu'en 2002, le verger a grandi en importance et s'est rajeuni (Hala et Coulibaly, 2007).

Malheureusement cette situation prospère est menacée par les problèmes phytosanitaires notamment, les ravageurs (cochenille farineuse, mouches des fruits, etc.) et les maladies (anthracnose, pourriture des extrémités pédonculaires, etc.) (Hala et Coulibaly, 2007).

Originaire de l'Inde (Williams, 1986), la cochenille farineuse du manguiers *Rastrococus invadens* Williams (Homoptera, Pseudococcidae) a été observée sur 45 espèces végétales appartenant à 22 familles en Afrique de l'ouest (Agoukè et al., 1988). Par la succion de la sève, *R. invadens* provoque une mauvaise croissance de la plante, une réduction de la floraison et de la fructification des arbres (Moore, 1992 ; Bokonon-Ganta, 1996). L'accumulation des sécrétions du ravageur (miellat) sur les feuilles, les fruits, les rameaux et le développement ultérieur des champignons saprophytes (*Dimerosporium mangiferum* Cooke, *Capnodium mangiferum* Cooke, *Meliola mangiferae* Earle et *Capnodium racemosum* Cooke) qui donne un aspect noirâtre aux organes végétaux atteints (la fumagine), provoquent un étouffement de l'arbre, une réduction de la photosynthèse et par conséquent, une réduction de la productivité de la plante.

Ce ravageur a été introduite en Côte d'Ivoire en 1989 à partir du Ghana en même temps que ses parasitoïdes. Confinée en 1992 au Sud-Est, il a envahi en 1996 la région Nord du pays où il est devenu le principal ravageur des organes végétatifs du manguiers avec en moyenne 53 % de pertes de production (Hala et al., 2004 ; Hala et al., 2011).

D'après les enquêtes réalisées dans la zone de Korhogo, devant la gravité des dégâts, les

méthodes mécaniques ou physiques (abattage et brûlage des arbres ou branches attaquées) et la lutte chimique sont pratiquées sans succès par les producteurs (Hala et al., 2004). En effet, alors qu'elles ne sont pas efficaces, les méthodes physiques sont destructrices du verger (Ivbijaro et al., 1992). Quant aux traitements chimiques, ils ne sont guère maîtrisés en terme de doses et d'efficacité car les producteurs ne disposent pas d'insecticides homologués (Hala et al., 2004). Selon ces auteurs, en plus de l'augmentation des coûts de production et des risques d'intoxication, les conséquences prévisibles de telles pratiques sont :

- la recrudescence des populations de cochenilles observée d'une campagne agricole à l'autre, probablement liée à l'apparition de phénomènes de résistance aux insecticides ;
- la pollution du milieu trophique (eaux, sols) par les produits chimiques utilisés ;
- la destruction des espèces non ciblées notamment la faune auxiliaire (ennemis naturels), les oiseaux et le bétail ;
- la restriction des exportations des mangues suite à l'application par l'Union Européenne de la directive 2000/42/CE du 22 juin 2002, relative aux limites maximales de résidus de pesticides dans les aliments.

Jusqu'à ce jour, seule la lutte biologique classique (introduction de parasitoïdes) a été préconisée contre ce ravageur (Neuenswander, 2010). Devant les difficultés de sa mise en oeuvre en Côte d'Ivoire et pour mettre en place une stratégie de lutte intégrée contre ce ravageur, la lutte chimique raisonnée pourrait occuper une place de choix aux côtés de la lutte biologique. C'est dans ce cadre qu'il a été entrepris la sélection d'insecticides utilisables dans un tel programme de protection. L'évaluation de l'efficacité des insecticides permettra l'homologation par les Services Publics, des produits efficaces.

MATERIEL ET METHODES

Trois types d'expérimentations ont été conduites :

- la sélection préliminaire de produits ou «screening» qui a mis en comparaison différents produits à une dose forte : cet essai a permis d'éliminer les formulations inefficaces ;

- la sélection de la dose d'application : cet essai a permis de retenir une dose optimale ;

- le test de confirmation en milieu paysan de la dose sélectionnée.

Par faute de produit homologué sur cette culture au début des essais, aucun témoin traité n'a été utilisé. Ainsi, à partir de 2009, le Cyren 480 EC a-t-il joué ce rôle.

Localisation : Les essais de sélection préliminaire de produits et la sélection de dose ont été réalisés sur la Station de Korhogo - Lataha située au nord de la Côte d'Ivoire (9°34'N - 5°37'W). Les tests en milieu paysan ont été effectués dans les vergers autour de la station dans un rayon de 50 km.

Matériel végétal : Les expérimentations ont été faites sur les principales variétés de manguiers dont la production est destinée à l'exportation (Kent, Keitt). L'âge des vergers était compris entre 10 et 15 ans.

Plantation et entretien : sur Station, la densité de plantation était de 100 pieds / ha (10 m x 10 m) et l'entretien a été assuré mécaniquement. En milieu paysan, les densités sont variables et l'entretien est en général manuel et parfois mécanique (charrue).

ESSAIS SUR STATION

Dispositif 1 : Sélection préliminaire de produits ou screening sur station

Le dispositif expérimental mis en place est en blocs de Fisher, neuf (9) objets ou traitements x trois (3) répétitions ; la parcelle élémentaire de 100 m² (10 m x 10 m) est constituée par un arbre. Cet essai préliminaire a porté sur 8 formulations dont 3 à base de chlorpyrifos éthyl (Tableau 1). Une seule application a été réalisée à forte dose avec un atomiseur épandant 300 litres de bouillie à l'hectare.

Dispositif 2 : Sélection de doses d'application de Dursban 4 E et Cyren 480 EC sur station

Le dispositif utilisé pour chaque formulation est en blocs de Fisher, 4 objets et 4 répétitions. La parcelle élémentaire est constituée par 2 arbres. Pour chaque produit évalué, 3 doses ont été comparées à un témoin non traité (Tableau 2).

Deux applications espacées de 60 jours ont été réalisées avec un atomiseur épandant 300 litres de bouillie à l'hectare.

Tableau 1 : Traitements comparés en screening préliminaire - Dispositif 1.

Treatments compared in preliminary screening - Trial 1.

Formulation		Matière active		Fournisseur
Nom	Dose (l / ha)	Nom	Dose (g/ ha)	
Témoin non traité	-	-	-	-
Produit 1	-	-	-	-
Produit 2	-	-	-	-
Cyren 480 EC	2	chlorpyrifos éthyl	960	ALM - AO
Produit 4	-	-	-	-
Pyriforce 480 EC	2	chlorpyrifos éthyl	960	STPC
Produit 6	-	-	-	-
Dursban 4 E 480 g/l	2	chlorpyrifos éthyl	960	DowAgroscience
Produit 7	-	-	-	-

Tableau 2 : Doses de Dursban 4 E et Cyren 480 EC testées en station - Dispositif 2.*Dusban 4 E and Cyren 480 EC doses tested on Station - Trial 2.*

Objets	Litres de P.C./ ha	g matière active / ha
Témoin non traité	0	0
Dose 1	0,5	240
Dose 2	1	480
Dose 3	2	960

TESTS DE CONFIRMATION EN MILIEU PAYSAN

Le test de confirmation a été réalisé en milieu paysan. Le dispositif expérimental a consisté en des essais couples d'au moins un ha comprenant 2 objets : Traité (Variante) et Non traité (Témoin).

Dursban 4 E

Le test avec le Dursban 4 E a été conduit chez 6 planteurs constituant les 6 répétitions sur 40 ha de manguiers infestés dont 20 ha traités.

Cyren 480 EC

Au total 20 ha de manguiers attaqués ont été traités chez 10 planteurs.

Pyriforce 480 EC et Pyrical 480 EC

En 2009, face à la pénurie de Dursban 4 E et de Cyren 480 EC sur le marché, deux formulations à base de chlorpyrifos-éthyl ont été testées en milieu paysan afin d'en confirmer l'efficacité par rapport au Cyren 480 EC (chlorpyrifos éthyl 480 g/l) contre la cochenille farineuse du manguiers *R. invadens* en vue de leur homologation. Il s'agit du Pyrical 480 EC (chlorpyrifos-éthyl 480 g/l) et du Pyriforce 480 EC (chlorpyrifos-éthyl 480 g/l)

Le dispositif mis en place est en blocs de Fisher comportant quatre objets ou traitements (Tableau 3) et 7 répétitions (un planteur constituant une répétition). La parcelle élémentaire de 0,25 ha contenait 25 arbres. En plus du témoin non traité, un témoin avec le traitement de référence a été ajouté ; il s'agit du Cyren 480 EC déjà homologué par le Ministère de l'Agriculture.

Pour cette confirmation, deux applications insecticides séparées de 30 jours ont été réalisées avec un atomiseur débitant 300 litres de bouillie / ha. Tous les arbres de chaque parcelle élémentaire ont été traités.

Observations réalisées

En station, sur chaque arbre, 5 feuilles ont été choisies au hasard dans chacun des quatre points cardinaux, soit 20 feuilles / arbre.

En milieu paysan, les observations ont porté sur un échantillon de 5 arbres situés au centre de chaque parcelle élémentaire : sur chaque arbre, 20 feuilles ont été choisies de façon aléatoire, réparties sur les quatre points cardinaux à raison de 5 feuilles dans chaque direction.

Chaque feuille a été observée et l'on a noté :

- le nombre de cochenilles vivantes (larves et adultes) ;
- le nombre de cochenilles mortes ;
- le nombre de cochenilles parasitées.

Ces feuilles ont été ensuite incubées au laboratoire pendant 2 semaines. Puis, les principaux parasitoïdes émergés (*Gyranusoidea tebigy* Noyes et *Anagyrus mangicola* Noyes) ont été dénombrés.

En station, les relevés ont eu lieu juste avant le traitement (T-1j), puis tous les 7 jours (T+7j, T+14j, ...). En milieu paysan, les relevés ont été mensuels, le premier ayant eu lieu avant le traitement. En 2009, les relevés ont été effectués 1 jour avant le traitement (T-1j), puis à 10 (T+10j), 20 (T+20j) et 30 jours (T+30j) après le traitement.

Tableau 3 : Formulations de chlorpyrifos éthyl testées en 2009 en milieu paysan.*Chlorpyrifos ethyl formulations tested in 2009 on-farm.*

Produit commercial	Matière active	Dose d'application du produit	Dose matière active	Origine
Non Traité (Témoin)	-	-	-	-
Cyren 480 EC (Référence)	chlorpyrifos éthyl	1 litre/ha	480 g/ha	ALM
Pyrical 480 EC	chlorpyrifos éthyl	1 litre/ha	480 g/ha	Callivoire
Pyriforce 480 EC	chlorpyrifos éthyl	1 litre/ha	480 g/ha	STEP

RESULTATS

SELECTION PRELIMINAIRE DE PRODUITS OU SCREENING

Avant le traitement, les effectifs de cochenilles sont plus ou moins uniformes sur l'ensemble des objets avec plus de 200 cochenilles / 20 feuilles (Tableau 4). Après le traitement, des différences statistiquement significatives ont été obtenues pour le nombre de cochenilles (mortes ou vivantes). En effet, trois jours après le traitement, aucune cochenille vivante n'est présente sur les manguiers traités au Dursban 4 E (Tableau 4). Il en est de même pour les manguiers traités avec le Cyren 480 EC et le

Pyriforce 480 EC qui ont enregistré un faible niveau des populations de cochenilles (3 et 25 cochenilles / 20 feuilles respectivement contre 182 cochenilles / 20 feuilles pour le témoin). Au contraire, ces parcelles présentent plus de cochenilles mortes (plus de 140) par rapport aux autres objets, notamment le témoin non traité (40 cochenilles mortes / 20 feuilles).

Du 7^e au 28^e jour après le traitement (Tableaux 5 et 6), une baisse naturelle des effectifs est notée sur les parcelles témoins qui passent de 128 cochenilles / 20 feuilles (T+7 j) à 39 cochenilles / 20 feuilles (T+28 j). Néanmoins, l'efficacité des produits comme le Dursban 4 E, le Cyren 480 EC et le Pyriforce 480 EC a été mise en évidence avec des effectifs très faibles voire nuls au 28^e jour.

Tableau 4 : Dénombrement des cochenilles avant et 3 jours après traitement (nombre de cochenilles / 20 feuilles) - Dispositif 1.*Mealy bugs count before and 3 days after spray (number of mealy bugs / 20 leaves) - Trial 1.*

Objet	Avant traitement				Après traitement			
	Vivantes			Mortes	Vivantes			Mortes
	Adultes	Larves	Total		Adultes	Larves	Total	
Témoin	124	147	270	154	62 bc	120 b	182 b	40 c
Produit 1	153	128	282	188	10 a	13 a	23 a	128 abc
Produit 2	57	170	228	67	29 ab	30 a	58 a	65 bc
Cyren 480 EC	74	210	285	53	1 a	2 a	3 a	140 abc
Produit 4	79	271	326	62	79 c	63 ab	141 b	95 abc
Pyriforce 480 EC	106	162	268	122	18 b	7 a	25 a	146 abc
Produit 6	82	171	253	71	12 a	14 a	26 a	71 bc
Dursban 4 E	53	138	190	57	0 a	0 a	0 a	203 a
Produit 7	93	108	201	103	23 ab	22 a	45 a	167 ab
Test de F	1,41 ^{NS}	0,92 ^{NS}	0,39 ^{NS}	2,38 ^{NS}	5,96 ^{HS}	2,77 ^{HS}	6,94 ^{HS}	4,88 ^{HS}
Probabilité	0,2634	0,5262	0,9112	0,0662	0,0013	0,0396	0,0006	0,0036

NS : Non significatif au seuil 5 % / *Not significant at 5 %* ; S : Significatif au seuil 5 % / *Significant at 5 %* ; HS : Hautement Significatif au seuil 5 % / *Highly significant at 5 %*.

Tableau 5 : Dénombrement des cochenilles à 7 jours et 14 jours après traitement-Dispositif 1
Mealy bugs count 7 days and 14 days after spray - Trial 1

Objet	7 jours après traitement				14 jours après traitement			
	Vivantes			Mortes	Vivantes			Mortes
	Adultes	Larves	Total		Adultes	Larves	Total	
Témoin	19 a	109 b	128 bc	28 d	10	84 b	97 b	11 b
Produit 1	7 a	21 a	28 ab	108 bcd	6	12 a	18 a	55 a
Produit 2	2 a	4 a	6 a	105 bcd	3	0 a	4 a	47 ab
Cyren 480 EC	0 a	0 a	0 a	166 ab	0	0 a	0 a	65 ab
Produit 4	63 b	77 ab	140 c	66 cd	27	45 ab	73 ab	25 ab
Pyriforce 480 EC	8 a	11 a	20 ab	134 bc	3	2 a	5 a	83 a
Produit 6	17 a	35 a	52 abc	88 bcd	4	4 a	8 a	67 ab
Dursban 4 E	0 a	0 a	0 a	213 a	0	0 a	0 a	63 ab
Produit 7	22 a	28 a	50 abc	55 cd	21	46 ab	67 ab	24 ab
Test de F	6,19 ^{HS}	2,94 ^S	4,33 ^{HS}	8,82 ^{HS}	2,3 ^{NS}	5,81 ^{HS}	5,58 ^{HS}	3,52 ^S
Probabilité	0,0011	0,0317	0,0063	0,0002	0,0738	0,0015	0,0018	0,0156

Tableau 6 : Dénombrement des cochenilles à 21 jours et 28 jours après traitement - Dispositif 1.
Mealy bugs count 21 days and 28 days after spray - Trial 1.

Objet	21 jours après traitement				28 jours après traitement			
	Vivantes			Mortes	Vivantes			Mortes
	Adultes	Larves	Total		Adultes	Larves	Total	
Témoin	16	64 b	80 b	15	16 b	24	39	36
Produit 1	6	20 ab	27 ab	36	6 a	6	12	54
Produit 2	1	0 a	1 a	38	0 a	0	0	76
Cyren 480 EC	0	0 a	0 a	40	0 a	0	0	55
Produit 4	23	36 ab	59 ab	26	16 b	30	46	44
Pyriforce 480 EC	4	0 a	4 a	32	0 a	2	2	64
Produit 6	19	34 ab	53 ab	32	5 a	18	24	79
Dursban 4 E	0	0 a	0 a	30	0 a	0	0	97
Produit 7	13	28 ab	42 ab	20	17 b	56	73	71
Test de F	2,35 ^{NS}	3,54 ^S	3,8 ^S	0,53 ^{NS}	2,79 ^S	2,03 ^{NS}	2,27 ^{NS}	2,07 ^{NS}
Probabilité	0,0691	0,0151	0,0112	0,8206	0,0384	0,1077	0,077	0,1025

SELECTION DE DOSES DE CHLOROPYRIFOS-ETHYL

Dursban 4 E

La figure 1 représente l'effet des trois doses de Dursban 4 E sur les fluctuations des populations de cochenilles.

Après le premier traitement, une baisse naturelle des populations a été notée (environ 2/3). Cependant, l'effet du traitement insecticide a été mis en évidence. En effet, une semaine après l'application, les effectifs sont nuls pour toutes les doses de Dursban, alors que sur le témoin, plus de 60 cochenilles/20 feuilles sont observées. Cinq (5) semaines après le

traitement, le pic sur le témoin atteint 275 cochenilles / 20 feuilles alors que sur les objets traités, ce nombre est inférieur ou égal à 50.

Après la deuxième application, toutes les doses donnent la même efficacité après une semaine (aucune cochenille dénombrée). Les populations remontent ensuite pour atteindre un pic 5 semaines après le traitement pour la dose faible (0,5 l / ha) équivalent au témoin non traité. Pour les deux autres doses, les effectifs restent faibles.

Dans l'ensemble, les trois doses de Dursban 4 E ont permis de réduire les populations de cochenilles au delà d'un mois.

Le tableau 7 présente les moyennes des dénombrements de cochenilles vivantes obtenues après chacun des deux traitements pour les trois doses de Dursban 4 E. Des différences statistiquement significatives ont été notées entre les traitements. En effet, quelle que soit la dose appliquée, le traitement au Dursban 4 E a permis une réduction significative des populations (larves et adultes) dès la première application.

Après la deuxième application, le nombre de cochenilles adultes pour la dose de 0,5 l / ha est statistiquement identique à celui du témoin. Les doses 1 l / ha et 2 l / ha ont des effectifs statistiquement équivalents. A cette période,

aucune différence n'a été obtenue au niveau des populations larvaires.

Le tableau 8 présente les effectifs des parasitoïdes (*G. tebigy* et *A. mangicola*) dénombrés après émergence avant et après les traitements au Dursban 4 E. Des différences statistiquement significatives ont été obtenues seulement après la deuxième application. En effet, toutes les doses testées ont plus ou moins un effet négatif sur les parasitoïdes. Avec 0,98 parasitoïdes / 20 feuilles après le 1^{er} traitement et 0,57 parasitoïdes / 20 feuilles après le second traitement, la dose d'un litre / ha permet d'obtenir un nombre intermédiaire de cochenilles parasitées.

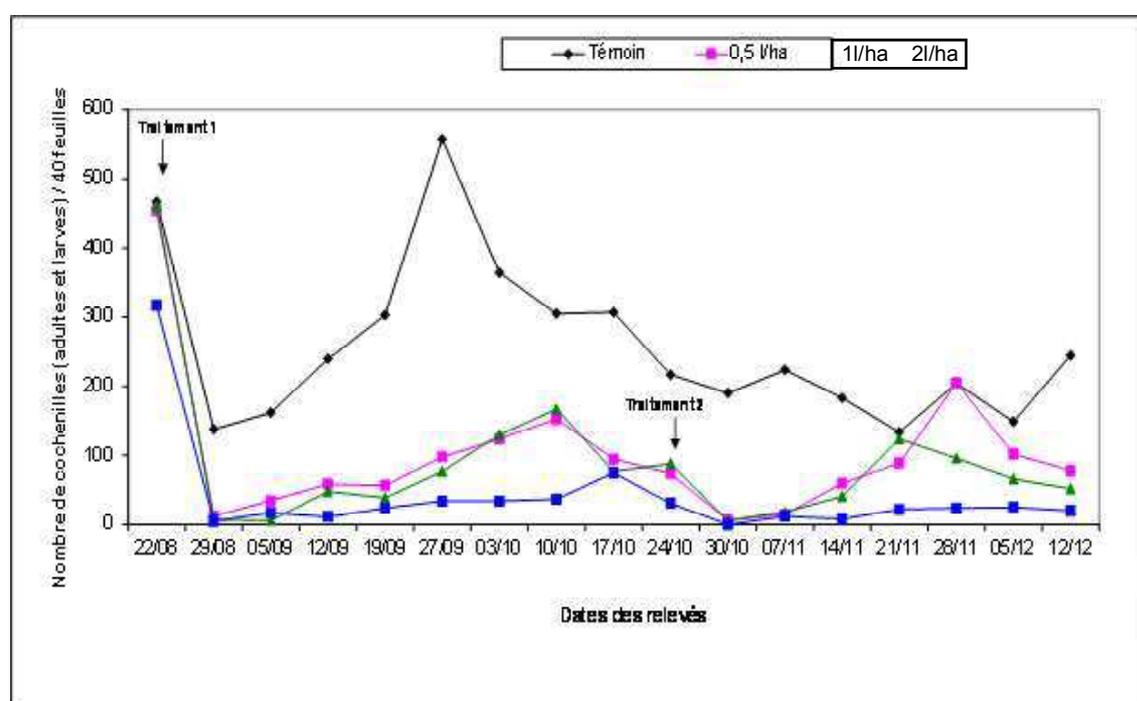


Figure 1 : Fluctuations des populations de cochenilles en fonction du traitement au Dursban 4E.

Fluctuation of mealy bugs populations depending on the treatment Dursban 4E.

Tableau 7 : Effet des différentes doses de Dursban 4 E sur les populations de cochenille (moyenne des relevés après traitement)

Effect of Dursban 4 E doses on mealy bugs populations (mean after spray).

Objet	Nombre de cochenilles / 20 feuilles					
	Adultes		Larves		Adultes et larves	
	Trait 1	Trait 2	Trait 1	Trait 2	Trait 1	Trait 2
Témoin	71 b	28 b	134 b	50	205 b	78
0,5 l / ha	36 a	23 b	71 a	50	109 a	74
1 l / ha	30 a	14 ab	60 a	45	94 a	59
2 l / ha	22 a	8 a	49 a	27	71 a	35
Test de F	8,384 ^{HS}	3,327 ^S	6,851 ^{HS}	1,511 ^{NS}	6,668 ^{HS}	2,085 ^{NS}
Probabilité	0,000	0,022	0,000	0,216	0,000	0,106

Tableau 8 : Effet des doses de Dursban 4 E sur les parasitoïdes.*Effect Dursban 4 E doses on the parasitoids.*

Objet	Nombre de parasitoïdes émergés / 20 feuilles		
	Avant traitement	Après 1 ^{er} traitement	Après 2 ^e traitement
Témoin	2,58	1,16	0,83 a
0,5 l / ha	2,53	1,03	0,79 a
1 l / ha	2,41	0,98	0,57 ab
2 l / ha	2,59	0,94	0,41 b
Test de F	0,166 ^{NS}	2,301 ^{NS}	3,727 ^S
Probabilité	0,917	0,081	0,014

Données transformées : $Y = \log(x+1)$, $x =$ données initiales

Cyren 480 EC

La Figure 2 représente l'effet des trois doses de Cyren 480 EC sur les fluctuations des populations de cochenilles.

Une semaine après la première application, les effectifs de cochenilles sont nuls pour toutes les doses de Cyren 480 EC, alors que sur le témoin, plus de 100 cochenilles / 20 feuilles sont observées. Jusqu'à la 5^{ème} semaine après le traitement, la dose 1 litre / ha est identique à la dose 2 litres / ha ; ces deux doses sont plus efficaces que la dose 0,5 litre / ha.

En moyenne, les populations de cochenilles sur 20 feuilles du témoin non traité sont comprises entre 100 et 250 alors qu'elles restent inférieures à 100 sur les parcelles traitées jusqu'à la 9^e semaine après le traitement.

Après la deuxième application, toutes les doses donnent la même efficacité après une semaine (aucune cochenille dénombrée). Les populations remontent ensuite pour atteindre un pic 5 semaines après le traitement ; les effectifs restent élevés pour la dose 0,5 litre / ha (150 cochenilles / 20 feuilles) et faibles pour les autres doses (moins de 50 cochenilles / 20 feuilles).

Le Tableau 9 présente les moyennes des dénombrements de cochenilles vivantes obtenues après les deux traitements pour les trois doses de Cyren 480 EC. Des différences statistiquement significatives ont été notées

entre les différents objets. En effet, quelle que soit la dose appliquée, le traitement au Cyren 480 EC a permis une réduction significative des populations (larves et adultes) jusqu'à 4 semaines après l'application.

Au-delà d'un mois après traitement, bien que les différences ne soient pas significatives, les parcelles traitées ont enregistré très peu de cochenilles.

L'efficacité de la dose 2 litres / ha est statistiquement identique à celle de 1 litre / ha (Tableau 9). Avec des effectifs compris entre 12 et 47 cochenilles / 20 feuilles, la dose 0,5 litre / ha est statistiquement équivalente aux doses fortes dont les effectifs sont compris entre 2 et 43 cochenilles / 20 feuilles après le traitement.

Le Tableau 10 présente les effectifs des parasitoïdes (*G. tebigy* et *A. mangicola*) dénombrés après émergence avant et après les traitements au Cyren 480 EC. Les différences statistiquement significatives ont été obtenues après les deux applications. Avec 1,87 et 1,32 parasitoïdes / 20 feuilles respectivement, les doses 0,5 litre / ha et 1 litre / ha permettent d'obtenir un nombre de parasitoïdes statistiquement équivalent au témoin non traité (2,99 parasitoïdes / 20 feuilles). Quant à la dose 2 litres / ha, son effet nocif est très marqué sur les parasitoïdes (0,91 parasitoïdes / 20 feuilles).

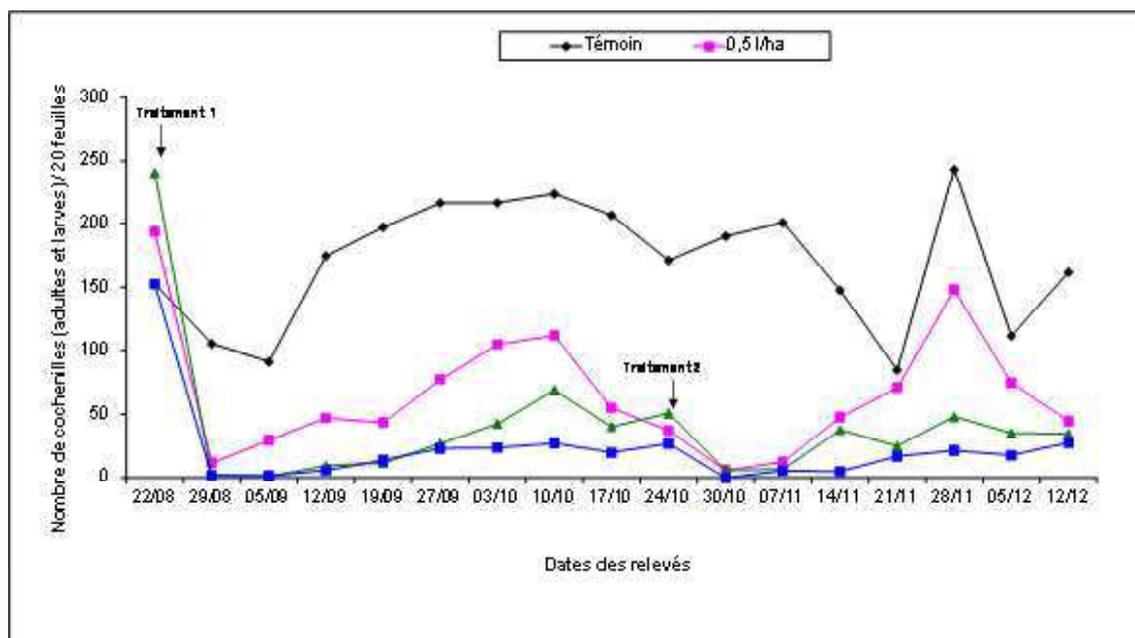


Figure 2 : Fluctuations des populations de cochenilles en fonction du traitement au Cyren 480 EC.

Fluctuation of mealy bugs populations depending on the treatment Cyren 480 EC.

Tableau 9 : Effet des différentes doses de Cyren 480 EC sur les populations de cochenille (moyenne des relevés après les deux traitements).

Effect of Cyren 480 EC doses on mealy bugs populations (Mean after 2 sprays).

Objets	Nombre de cochenilles vivantes (larves + adultes) / 20 feuilles						
	Av. T	T+7 J	T+14 J	T+21 J	T+28 J	T+45 J	T+60 J
Témoïn	151	101 b	146 b	161	141 b	165	166
0,5 l / ha	194	12 a	21 a	48	57 ab	90	41
1 l / ha	241	2 a	4 a	24	19 a	39	43
2 l / ha	153	2 a	4 a	6	16 a	21	28
Test de F	0,56 ^{NS}	18,34 ^{HS}	4,53 ^S	3,34 ^{NS}	4,30 ^S	2,20 ^{NS}	2,31 ^{NS}
Probabilité	0,65	0,0004	0,0156	0,0697	0,0386	0,1575	0,1442

Tableau 10 : Effet des doses de Cyren 480 EC sur les parasitoïdes.

Effect of Cyren 480 EC doses on the parasitoids.

Objets	Nombre de parasitoïdes émergés / 20 feuilles	
	Avant traitement	Après les deux traitements
Témoïn	3,40	2,99 a
0,5 l / ha	2,98	1,87 ab
1 l / ha	3,43	1,32 ab
2 l / ha	2,89	0,91 b
Test de F	0,247 ^{NS}	3,842 ^S
Probabilité	0,838	0,018

Données transformées : $Y = \log(x+1)$, $x =$ données initiales

TEST DE CONFIRMATION EN MILIEU PAYSAN (MILIEU REEL)

Dursban 480 EC

La figure 3 présente les effectifs de cochenilles vivantes (larves et adultes) avant et après le traitement au Dursban 4 E à la dose de 1 litre / ha en milieu paysan.

Quatorze jours après le traitement, une baisse naturelle des populations a été notée sur le témoin dont les populations passent de 171 à 113 cochenilles / 20 feuilles.

Jusqu'à 5 mois après l'application, les effectifs sont presque nuls sur les parcelles traitées.

En milieu paysan, la remontée du niveau des populations de *R. invadens* est faible et lente sur les parcelles traitées (de 0 à T + 14 j à 2 cochenilles / 20 feuilles 5 mois après traitement).

Cyren 480 EC

Le traitement au Cyren 480 EC à la dose 1 litre / ha a permis une réduction significative

des populations de cochenilles (Figure 4). Jusqu'à 3 mois après le traitement, les effectifs sont presque nuls sur les parcelles traitées contrairement aux parcelles non traitées pour lesquelles plus de 80 cochenilles sont dénombrées sur 20 feuilles.

Pyriforce 480 EC et Pyrical 480 EC

Effet sur les populations de cochenilles adultes

Le niveau d'infestation de cochenilles adultes avant la première application insecticide a été élevé et homogène avec un effectif compris entre 106 et 129 cochenilles / 20 feuilles (Tableau 11). Après chacune des applications insecticides, des différences statistiquement significatives ont été obtenues entre les traitements. En effet, pendant que sur l'objet témoin non traité les effectifs sont compris entre 17 et 73 cochenilles / 20 feuilles, sur les objets traités, la densité de cochenilles est comprise entre 0 et 5 cochenilles / 20 feuilles. Les parcelles traitées avec le Pyrical 480 EC et Pyriforce 480 EC ont enregistré des densités équivalentes à celles traitées avec le produit témoin, le Cyren 480 EC.

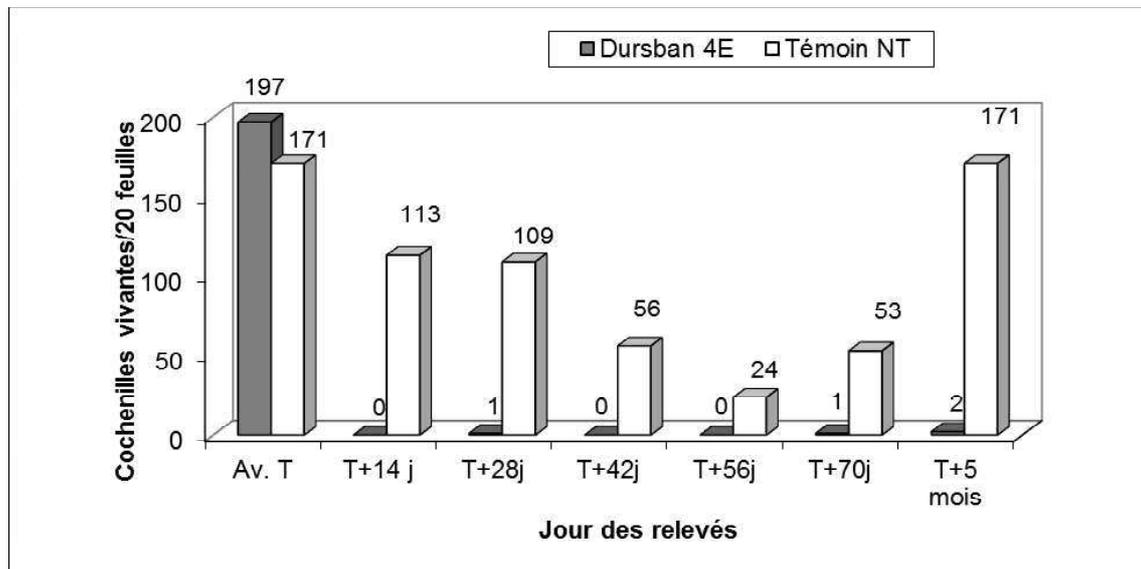


Figure 3 : Dénombrement des cochenilles avant et après le traitement au Durban 4E.

Mealy bugs populations before and after treatment Dursban 4EC (1 l/ha).

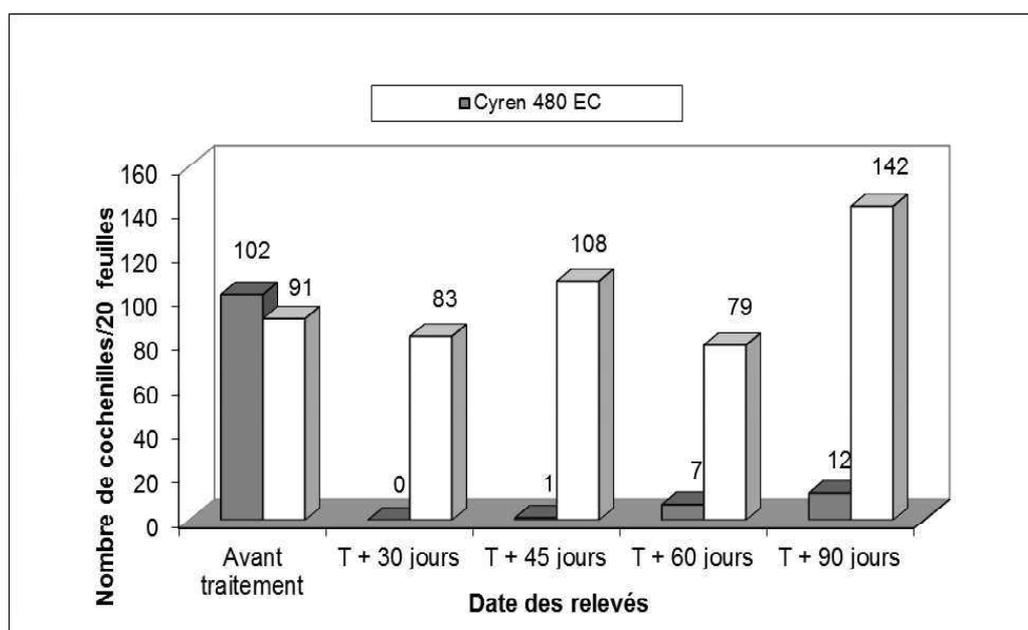


Figure 4 : Dénombrement des cochenilles avant et après le traitement au Cyren 480 EC.
Mealy bugs populations before and after treatment Cyren 480 EC.

Tableau 11 : Dénombrement des cochenilles sur 20 feuilles avant et après traitement.
Mealy bugs count on 20 leaves before and after spray.

Objets	Avant traitement (T1-1j)	1 ^{ère} application			2 ^e application		
		T1+10j	T1+20j	T1+30j	T2+10j	T2+20j	T2+30j
Non traité	117,57	72,42 b	59,71 b	41,71 b	46,00 b	34,00 b	17,29 b
Cyren	120,86	1,57 a	0,29 a	4,43 a	0,14 a	0,29 a	0,57 a
Pyrical	128,28	0,86 a	0,00 a	2,00 a	0,00 a	0,00 a	0,43 a
Pyriforce	106,14	1,57 a	1,29 a	3,71 a	0,00 a	0,00 a	0,29 a
Test de F	0,13 ^{NS}	11,88 ^{HS}	14,92 ^{HS}	17,20 ^{HS}	12,23 ^{HS}	22,84 ^{HS}	8,56 ^{HS}
Probabilité	0,941	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004

Effet sur les populations larvaires de cochenilles

Avant la première application insecticide (T1-1j), le niveau d'infestation des larves de cochenilles a été élevé avec un effectif compris entre 356 et 458 cochenilles / 20 feuilles (Tableau 12). Comme pour les cochenilles adultes, après chacune des applications insecticides, des différences statistiquement significatives ont été

obtenues entre les traitements. Ainsi, pendant que sur l'objet témoin non traité les effectifs sont compris entre 15 et 157 cochenilles / 20 feuilles, sur les objets traités, la densité de cochenilles est comprise entre 0 et 13 cochenilles / 20 feuilles. Les parcelles traitées avec le Pyrical 480 EC et Pyriforce 480 EC ont enregistré des densités équivalentes à celles traitées avec le produit témoin, le Cyren 480 EC.

Tableau 12 : Dénombrement des larves de cochenille sur 20 feuilles avant et après traitement.*Mealy bug larvae count on 20 leaves before and after spray.*

Objets	Avant traitement (T1-1j)	1 ^{ère} application			2 ^e application		
		T1+10j	T1+20j	T1+30j	T2+10j	T2+20j	T2+30j
Non traité	427,14	156,71 b	105,71 b	100,29 b	84,57 b	55,43 b	15,29 b
Cyren	356,57	8,00 a	3,29 a	13,57 a	0,00 a	0,00 a	0,29 a
Pyrical	451,14	6,00 a	0,00 a	2,57 a	0,00 a	0,00 a	0,14 a
Pyriforce	457,14	0,57 a	4,00 a	6,29 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Test de F	0,09 ^{NS}	7,78 ^{HS}	12,32 ^{HS}	15,39 ^{HS}	12,83 ^{HS}	14,59 ^{HS}	3,1 ^S
Probabilité	0,9616	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,049

DISCUSSION

Dans le dispositif 1 sur station (screening), de fortes baisses ont été notées sur les manguiers traités avec les formulations à base de chlorpyrifos éthyl (Dursban 4 E, Cyren 480 EC et Pyriforce 480 EC). Ces produits ont manifesté un effet de choc dès le 3^e jour après le traitement. De même jusqu'à 4 semaines après le traitement, les cochenilles vivantes étaient rares sur ces parcelles. Ces produits ont donc manifesté une assez bonne rémanence (au moins 4 semaines). La matière active contenue dans ces formulations d'origine différentes est le chlorpyrifos-éthyl. C'est un organophosphoré qui agit par contact, ingestion et vapeur mais non systémique (Charles et Barrie, 1987).

Selon Loussert (1989), les matières actives les plus fréquemment utilisées contre les cochenilles appartiennent au groupe des organophosphorés. Le chlorpyrifos-éthyl a montré une bonne efficacité comparativement aux pyrèthrinoides tels que la bifenthrine et la lamdacyhalothrine (Dembélé, 2001).

Toutes les formulations à base de chlorpyrifos-éthyl (Dursban 4 E, Cyren 480 EC et Pyriforce 480) ont montré une bonne efficacité et une rémanence appréciable (au moins 4 semaines). C'est pourquoi, ces produits ont été retenus pour les essais de sélection de dose.

Sur station, lors de la sélection de doses d'application, quoique réduites, les populations de cochenilles sont restées présentes sur les parcelles traitées au chlorpyrifos-éthyl. Cela est dû à la proximité des arbres non traités qui favorise une ré-infestation extérieure.

La dose de 2 l / ha paraît assez élevée et non justifiée dans la mesure où son efficacité est statistiquement identique à 1 l / ha). La dose de 0,5 l / ha semble être la limite inférieure ; elle ne produit son meilleur effet que lorsque l'on augmente la quantité de bouillie.

Toutes les doses testées ont plus ou moins un effet négatif sur les parasitoïdes. Mais les doses de 0,5 l / ha et 1 litre / ha ont un effet moins nocif. La sensibilité des parasitoïdes Encyrtidae aux différents produits est sans doute due à leur habitude de comportement (se promener sur la face supérieure des feuilles) et à leur mode de respiration au stade larvaire. En effet, selon Panis (1980), aux stades larvaires, les Encyrtidae respirent par un tube affleurant à la face externe du corps de la cochenille-hôte. Ce mode respiratoire les rend plus sensibles aux insecticides.

Compte tenu de leur efficacité sur la cochenille farineuse et de leur moindre effet nocif sur les principaux parasitoïdes à la dose d'un litre à l'hectare, les formulations Dursban 4 E et Cyren 480 EC ont été retenues pour les tests de confirmation en milieu paysan à la dose de 1 litre / ha soit 480 g m.a./ha.

En milieu paysan (tests de confirmation), comme le Dursban 4 E et le Cyren 480 EC, l'efficacité du Pyrical 480 EC et du Pyriforce 480 EC contre la cochenille farineuse du manguier (*R. invadens*) a été confirmée à la dose de 1 litre PC / ha soit 480 g de chlorpyrifos-éthyl/ha. Grâce à son mode d'action, le chlorpyrifos-éthyl contrôle parfaitement les populations de cochenille farineuse ; la quantité de bouillie doit être cependant suffisante pour couvrir toutes les parties aériennes du manguier

(feuilles, tiges, branches et fruits). Pour éviter la contamination des mangues, les traitements devront se faire après la période des récoltes, c'est-à-dire à partir de juin. Toutefois, ces traitements devront intervenir avant la floraison (novembre - décembre). Ces premiers résultats ont permis l'homologation du Dursban 4 E (Anonymes, 2003) puis le Cyren 480 EC contre la cochenille farineuse du manguier en Côte d'Ivoire.

La remontée du niveau des populations de cochenilles après les traitements a été faible et lente en milieu paysan. En effet, contrairement aux essais réalisés en Station, dans lesquels les parcelles témoins non traitées étaient contiguës aux parcelles traitées, en milieu paysan, les témoins sont bien séparés des parcelles traitées empêchant ainsi une réinfestation extérieure à la parcelle traitée.

De façon générale, *R. invadens* étant très prolifique, les produits utilisés devront réduire au maximum le niveau initial des populations. En effet, une femelle adulte fécondée peut donner naissance à 160 voire 190 larves pendant 75 jours (Moore, 1992). C'est pourquoi, une seconde application de chlorpyrifos-éthyl un mois après la 1^{ère} application pourrait être nécessaire.

De même, comme les premières infestations au champ sont localisées en foyers d'un ou de quelques arbres (Hala *et al.*, 2004), la surveillance du champ peut permettre de circonscrire les attaques et donc les traitements chimiques. Cela réduit d'une part les coûts de production et permet à la lutte chimique de s'insérer dans un programme de lutte intégrée par utilisation des ennemis naturels à côté d'une lutte chimique raisonnée d'autre part (Hala *et al.*, 2011).

D'autres alternatives pourraient être explorées comme les biopesticides. En effet, les extraits de neem (*Azadirachta indica*) ont été testés contre la cochenille du manioc (Mourier, 1997). Selon cet auteur, le traitement des plants de manioc avec un extrait aqueux de graines de neem dont la concentration est comprise entre 1 et 25 % a donné une bonne efficacité. Les méthodes culturales simples comme le labour / binage permettant l'exposition des œufs, le brûlage des œufs ou leur destruction physiques ont été plus efficaces que la lutte chimique traditionnelle avec le HCH ou BHC (Ishaq *et al.*, 2004). L'efficacité de ces méthodes culturales peut être améliorée par l'utilisation de barrières

physiques comme les bandes adhésives autour du tronc (Karar *et al.*, 2009). Une fois que la cochenille atteint le feuillage, l'injection d'insecticides systémiques à travers le tronc pourrait être envisagée (Sindhu *et al.*, 1983 ; Khan, 1985 ; Ishaq *et al.*, 2004).

CONCLUSION

Les trois types d'expérimentations effectuées de 1999 à 2009 (screening et sélection de doses en Station, puis test de confirmation en milieu paysan) ont montré la très bonne efficacité de 4 formulations à base de chlorpyrifos-éthyl (Dursban 4 E, Cyren 480 EC, Pyriforce 480 EC et Pyrical 480 EC) sur la cochenille farineuse du manguier (*R. invadens*). Ces produits peuvent être recommandés à la dose de 1 litre P.C./ha (480 g de chlorpyrifos éthyl/ha). Après l'homologation des 2 dernières formulations, les coûts de ces produits ainsi que leur disponibilité sur le marché seront à l'avantage des producteurs du fait de la diversité des fournisseurs. C'est pourquoi, les services chargés de la protection des végétaux devront veiller à la qualité de ces formulations.

L'efficacité du traitement peut être améliorée en augmentant la quantité de bouillie (au moins 300 l/ha) afin de couvrir tous les organes épigés de l'arbre. Cela s'avère nécessaire lorsque les arbres sont de grande taille.

Ces formulations pourront bien s'insérer dans un programme de gestion intégrée de la cochenille farineuse du manguier. Des travaux complémentaires permettront de définir un programme d'intervention (périodes de lâchers des parasitoïdes, date des traitements chimiques additionnels, etc.)

REMERCIEMENTS

Nous remercions la profession phytosanitaire de Côte d'Ivoire représentée par CropsLife (ex UNIPHYTO) et le Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles (FIRCA) pour le financement des expérimentations.

REFERENCES

Anonyme. 2003. Catalogue phytosanitaire de Côte d'Ivoire. Ministère d'Etat, Ministère de l'Agriculture - Direction Générale des

- Productions Végétales - Direction de la Protection des Végétaux, République de Côte d'Ivoire, 44 p.
- Agoukéné D., Agricola U. and A. H. Bokonon Ganta. 1988. *Rastrococcus invadens* Williams (Homoptera : Pseudococcidae), a serious exotic pest of fruit trees and other plants in West Africa. Bulletin of Entomological Research 78 : 695 - 702.
- Bokonon-Ganta A. H. 1996. Behavioural ecology and impact assessment of parasitoids of the mango mealy bug *Rastrococcus invadens*. 121 p.
- Charles R. and W. S. Barrie. 1987. The pesticide manual. A world compendium. 8th Ed. The British Crop Protection Council, 1081 p.
- Dembélé B. 2001. Dynamique des populations (adultes et larves) de *Rastrococcus invadens* Williams (Homoptera : Pseudococcidae). Sensibilité de *R. invadens* et de ses principaux parasitoïdes (*Gyranusoidea tebygi* et *Anagyrus mangicola*) vis-à-vis de trois matières actives usuelles en milieu paysan. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Agronomie Approfondie (option : Défense des cultures). ESA/INP-HB.
- Hala N. et F. Coulibaly. 2007. Etude diagnostique de l'état sanitaire du verger manguier et acquis de la recherche agronomique sur la lutte intégrée contre les mouches des fruits et la cochenille farineuse du manguier en Côte d'Ivoire. Rapport Final, Convention CNRA / FIRCA Mangue. 68 p.
- Hala N., Kéhé M. et K. Allou. 2004. Incidence de la cochenille farineuse du manguier (*Rastrococcus invadens* Williams, 1986 ; Homoptera, Pseudococcidae) en Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine 16 (3) : 29 - 36.
- Hala N., Dembélé B., N'da Adopo A., Coulibaly F., Kéhé M., N'goran Y. A. and M. Doumbia. 2011. Population dynamics of the mango mealybug, *Rastrococcus invadens* Williams (Homoptera : Pseudococcidae) in northern Côte d'Ivoire. Journal of Animal and Plant Sciences 12(1) : 1481 - 1492.
- Ishaq M., Usman M., Asif M. and I. A. Khan. 2004. Integrated Pest Management of mango against mealy bug and fruit fly. International Journal of Agriculture & Biology 6 (3) : 452 - 454.
- Ivbidjaro M. F., Udensis N., Ukwela U. M. and F. V. Anno-Nyako. 1992. Geographical distribution and host range in Nigeria of the mango mealy bug, *Rastrococcus invadens* Williams, a serious exotic pest of horticulture and other crops. Insect Science and its Application 13 : 411 - 416.
- Karar H., M. J. Arif, H. A. Sayyed, S. Saeed, G. Abbas and M. Arshad. 2009. Integrated pest management of mango mealy bug (*Drosicha mangiferae*) in mango orchards. Int. J. Agric. Biol., 11(1) : 81 - 84.
- Khan S. M. 1985. Chemical control of insect pests of mango and its malformation by injection method. M.Sc. Thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- Loussert R. 1989. Les agrumes. Productions Techniques Agricoles Méditerranéennes. ESU : pp 90 - 102.
- Moore D. 1992. Lutte biologique contre la cochenille farineuse du manguier. Manuel de lutte biologique, tome 2. PNUD/ FAO : pp 95 - 125.
- Mourier M. 1997. Effects of neem (*Azadirachta indica*) kernel water extracts on cassava mealy bug, *Phenacoccus manihoti* (Homoptera, Pseudococcidae). Journal of Applied Entomology, 121(4) : 231 - 236.
- Neuenschwander P. 2010. Importance of biological control for tropical Africa. Journal für Kulturpflanzen 62(3) : 97 - 101.
- Panis A. 1980. Dégâts de Coccidae et Pseudococcidae (Homoptera, Coccidae), des citrus en France et effets particuliers de quelques pesticides sur l'entomocénose du verger. Fruits 35 (12) : 779 - 782.
- Sindhu G. S., Sohi A. H., Batra R. C. and J. S. Bhalla. 1983. Stem injection for control of mango pests with particular reference to mango mealy bug *Drosicha mangifera* (Gr.) (Margarodidae : Hemiptera). Gujrat Agri., Univ. Res. J., 9 : 14 - 8.
- Williams D. J. 1986. *Rastrococcus invadens* sp. n. (Homoptera : Pseudococcidae) introduced from the oriental region to West Africa and causing damage to mango, citrus and other trees. Bulletin of Entomological Research 76 : 695 - 699