

CROP PROTECTION PROGRAMME

Development of pheromone trapping for monitoring and control of the legume podborer, *Maruca vitrata* (syn. *testulalis*) by small-holder farmers in West Africa

R7441 (ZA0311)

ANNEXES TO THE FINAL TECHNICAL REPORT

1 July 1999 – 31 March 2003

Mark Downham

Natural Resources Institute

This publication is an output from a research project funded by the United Kingdom Department for International Development for the benefit of developing countries. The views expressed are not necessarily those of DFID. (R7441, Crop Protection Programme)

CONTENTS

ANNEXES

ANNEX 1 – Abstract of Rurema (2001) M.Sc. thesis

ANNEX 2 – Downham *et al.* (2002), paper to World Cowpea Research Conference III, 2000

ANNEX 3 – Downham *et al.* (2003), *J. Chem. Ecol.* 24, 989-1011

ANNEX 4 – Rurema *et al.* (in press), paper to Second International Workshop of the African Network of Research on Bruchids, 2001

ANNEX 5 – Downham *et al.* (in press), paper accepted for publication by *Ent. Expl et Appl.*

ANNEX 6 – Adati *et al.* (in press), paper to 15th Conference of the African Association of Insect Scientists, 2003

ANNEX 7 – Adetonah *et al.* (unpub. report)

ANNEX 8 – Hammond *et al.* (2002), selected presentations to the joint PRONAF/Bean-Cowpea CRSP/Project workshop, 2002 (CD-R)

ANNEX 9 – Downham *et al.* (2002), poster to International Society of Chemical Ecology, 19th Annual Meeting, 2002

ANNEX 1 – Abstract of Publication 1

Rurema, D.G. (2001). Dynamique des populations de *Maruca vitrata* (Fabricius) (Syn. *Maruca testulalis* Geyer) (Lepidoptre, Pyralidae) dans les cultures de niébé (*Vigna unguiculata*) (L.) Walp.: relations entre infestations larvaires et les vols des adultes sous l'attrait de pheromones. Diplome d'études supérieures spécialisées en aménagement et gestion des ressources naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin. 68pp.

ABSTRACT

The main objective of the study is to investigate the use of pheromone traps to monitor populations of *Maruca vitrata* (Fabricius) and predict field infestations in cowpea fields. For this purpose, five cowpea fields were established at Dani, in the center of Benin. Two pheromone traps were placed inside each field, while two other traps were placed at around 50 meters distance from each field. Adult populations of *M. vitrata* were monitored from April to June 2001. The first flights were recorded 31 days after planting (DAP), whereas, the first larval infestation in flowers and pods was recorded 10 and 20 days respectively after the first flight. Catches of adult moths in pheromone traps were found to efficiently predict *M. vitrata* infestation in the flowers. However, infestations in the pods could not be related to trap catches. There was no significant difference between the number of adults collected in traps within or outside the fields. Concerning the proportion of the different *M. vitrata* larval stages, the young instar larvae (first and second) were mainly collected on flowers, whereas later instar larvae (fourth, fifth) and pupae were collected on pods. This finding suggested that *M. vitrata* oviposit mainly on flowers. Then larvae migrate to the pods as third instar larvae.

Kew words: *Maruca vitrata*, *Vigna unguiculata*, Pheromone traps, infestation.

ANNEX 2 – Publication 2

Downham, M.C.A., Tamò, M., Hall, D.R., Datinon, B., Dahounto, D. & Adetonah, J (2002). Development of sex pheromone traps for monitoring the legume podborer, *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). In: Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Proceedings of the World Cowpea Conference III held at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 4 – 8 September 2000. Fatokun, C.A., Tarawali, S.A., Singh, B.B., Kormawa, P.M. and Tamò, M. (Eds.) IITA, Ibadan, Nigeria.

ANNEX 3 – Publication 3

Downham, M.C.A., Hall, D.R., Chamberlain, D.J., Cork, A., Farman, D.I., Tamò, M., Dahounto, D., Datinon, B. and Adetonah, S. (2003). Minor components in the sex pheromone of the legume podborer, *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae): development of an attractive blend. Journal of Chemical Ecology 29(4), 989-1011.

ANNEX 4 – Publication 4

Rurema, D.G., Atachi, P., Tamò, M., Downham, M.C. and Datinon, B. Relation entre les infestations larvaires et les vols des adultes de *Maruca vitrata* (Fabricius) (Syn. : *M. testulalis* Geyer) (Lep : Pyralidae) dans les cultures de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sous l'attrait des phéromones. Accepted for inclusion in: Proceedings of the Second International Workshop of the African Network of Research on Bruchids: recent developments in crop pre-and post-harvest pest management practices in Africa. November 12-17, 2001 Cotonou, (BENIN).

ABSTRACT

An experiment to investigate the use of pheromone traps to monitor the population of *M.vitrata* and predict field infestations was carried out at Savé (Dani), in the center of Benin. For this purpose, five cowpea fields were established. Two pheromone traps were placed inside each field, while two other traps were placed at around 50meters distance from each field. Significant relationships were obtained between the catches of adult months and larval infestations ($R^2= 64$, $P= 0.0001$: inside; $R^2= 0.41$, $P= 0.001$:outside). Results suggest catches of adult months in pheromone traps both within and outside the fields were found to efficiently predict *M.vitrata* infestations in the flowers. Pheromone traps would be used to ensure the execution of timely and effective control measures.

Kew words: *Maruca vitrata*, *Vigna unguiculata*, Pheromone traps, infestation.

INTRODUCTION

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, est l'une des principales cultures vivrières des zones écologiques tropicales et équatoriales d'Afrique. En effet, le niébé est une importante source de protéines chez les populations tant rurales qu'urbaines en Afrique (Alghali, 1991). Le rendement potentiel en graines est élevé, 1.5-3.0 t/ha en moyenne. Mais actuellement, le rendement dans les champs des cultivateurs est bas, 0.2-0.3 t/ha en moyenne (Raheja et Hayes, 1975). La contrainte majeure de la production du niébé est la forte pression parasitaire des insectes (ravageurs des fleurs, foreurs et suceurs des gousses) et des maladies (Rachie, 1985; Atachi *et al.*, 1985). Les thrips (*Megalurothrips sjostedti* Trybom), ravageurs floricoles et *Maruca vitrata* (Fabricius), foreur de gousses, sont les plus fréquemment rencontrés et économiquement importants comme déprédateurs du niébé en Afrique tropicale (Jackai et Daoust,1986).

La lutte effective contre ce ravageur a été basée sur l'usage des insecticides (Jackai, 1983; Atachi et Sourokou, 1989). En effet, l'application de Décis (deltaméthrine) les 45^e et 65^e jours après le semis, alternée avec le systoate (diméthoate) au 55^e jour aux doses respectives de 12,45g.m.a/ha et 400 g.m.a/ha, donne des résultats satisfaisants (Atachi et Sourokou, 1989). Mais vu le coût élevé de ces produits chimiques, surtout chez les paysans qui ont de maigres moyens financiers, ainsi que leurs effets au niveau de l'environnement, cette méthode de lutte présente de dangers dans la protection et l'amélioration de la production du niébé. Pour ce faire, une approche de lutte alternative, moins chère, effective, compatible avec la vie des paysans et écologiquement durable doit être une préoccupation de la recherche pour assurer la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté de la population.

Des investigations ont été faites notamment au niveau des insecticides micro biologiques tels que les insecticides biologiques (*Bacillus thuringiensis* Berliner), l'usage des insectes bénéfiques (prédateurs et parasitoïdes) (Tamò *et al.*, 1997), l'application des extraits naturels d'origine botanique (neem) (Bottenberg et Singh, 1996; PEDUNE, 1998) ainsi que l'emploi des hormones sexuelles pour l'attraction des insectes (Downham, communications personnelles). Toutes ces stratégies de lutte demandent une parfaite connaissance de la biologie des insectes ravageurs ainsi que de ses ennemis naturels au sein de leur écosystème (Dent, 1991). Bien que la biologie de *M. vitrata* ait été largement exploitée, on ne dispose pas de données renseignant sur le comportement et l'activité des larves en fonction des vols des adultes dans les cultures. Ce qui a retardé le développement d'une stratégie de lutte contre *M. vitrata* en Afrique (Jackai, 1995) et en Asie (Shanower *et al.*, 1999).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les expérimentations ont été menées dans cinq champs des paysans à Savé (Dani) au centre du Bénin. Les observations des captures d'adultes ont été effectuées chaque jour tandis que celles des infestations larvaires dans les organes ont eu lieu tous les deux jours.

La méthode adoptée est celle d'échantillonnage aléatoire (sondage). Le hasard s'est situé sur quatre niveaux: 1- le choix au hasard des points d'échantillonnage dans chaque champ, 2- le choix au hasard des plants éparpillés de part et d'autre ces points, 3- le prélèvement au hasard des organes à incuber, 4- le tirage au hasard de 30 organes à incuber.

Les boîtes d'incubation.

Il s'agit des boîtes plastiques de 125mm de diamètre sur 90mm de hauteur, au fond desquelles on tapisse le papier torchon lors des prélèvements pour recueillir les larves issues des œufs.

Pièges à phéromone.

Les adultes de *M.vitrata* sont attrapés dans des pièges fabriqués à partir des bidons en plastic de cinq litres, de couleur blanche. Des ouvertures sont pratiquées de part et d'autre du bidon pour permettre l'aération. Le bidon est suspendu, à une hauteur de 120cm au dessus du sol, sur un bâton enfoncé dans le sol. L'eau savonneuse est placée dans le bidon à une profondeur de 5cm. Les *M.vitrata* sont attirés par des phéromones contenues dans les capsules placées à l'intérieur des bidons.

Capsules à phéromones

Ce sont des cylindres translucides en plastic mesurant approximativement 23mm de long x 9mm de diamètre. Les phéromones sont adsorbées sur les parois des capsules. Deux pièges distants de 20m chacun ont été donc installés aux champs. A la périphérie de chaque champ, deux autres pièges ont été placés à une distance de 50m des champs. Les capsules à phéromones ont été renouvelées tous les 15 jours.

Méthodes d'analyses statistiques

Les données de ce travail ont été analysées avec le logiciel SAS (SAS, Institute, 1997). Il s'agit de la détermination des coefficients de corrélation entre les cumuls des captures et les infestations larvaires dans les différents champs. Nous avons appliqué les transformations $\log(x)$ pour normaliser les données. Le test d'efficacité des pièges et de leur position a été fait par SAS et GLM. Toutes les moyennes ont été séparées en utilisant SNK (Student Newmann Keuls) au seuil de 5%.

La conception du modèle de prédiction

C'est sur la base des données de la bioécologie de l'insecte que nous avons conçu le modèle. La durée de développement des différents stades larvaires de *M.vitrata* a guidé dans sa description.

Selon Odebiyi (1981), Ochieng *et al.*, 1981 et Atachi (1998), l'éclosion des œufs varie de 2 à 5 jours et la durée de développement de chaque stade larvaire est de deux jours sauf au stade L5 qui dure 3 jours. Le stade prépupe dure également 2 jours, selon Jackai *et al.*, (1990).

Si on désigne par I_n , le nombre total de larves collectées au jour n , les cumuls de captures des jours allant de $n-i$ à $n-j$ ont été utilisés pour prédire les infestations I_n du jour n (i étant le nombre total de jours qu'il faut pour passer du stade L1 au stade supérieur, et j étant la durée d'éclosion)

Si I_n comporte une pupe, $i=13$ et $j = 3$

Si I_n comporte L5, $i=11$ et $j = 3$

Si I_n comporte L4, $i=8$ et $j = 3$

Si I_n comporte L3, $i=6$ et $j = 3$

Si I_n comporte L2, $i=4$ et $j = 3$

Si I_n comporte L1, $i=2$ et $j = 3$

Les infestations I_n du jour n seront corrélées avec les cumuls de captures d'adultes dont la formule est la suivante:

I_n est corrélée avec $\sum_{n-i}^{n-j} cap$,

celles des jours $n+1$ jusqu'au jour $n+p$ sont corrélées comme suit :

I_{n+1} est corrélée avec $\sum_{n-i-1}^{n-j-1} cap$

I_{n+2} est corrélée avec $\sum_{n-i-2}^{n-j-2} cap$

I_{n+3} est corrélée avec $\sum_{n-i-3}^{n-j-3} cap$

· ·
· ·

I_{n+p} est corrélée avec $\sum_{n-i-p}^{n-j-p} cap$

(p étant une date donnée).

RESULTATS

3.1 Dynamique des populations de *M. vitrata* dans les champs de niébé.

3.1.1 Efficacité des pièges (interne et externe) et évolution des proportions pré-imaginaires de *M.vitrata* dans les champs

Les courbes des captures d'adultes de *M. vitrata* dans les pièges placés tant à l'intérieur des champs qu'à l'extérieur de ces derniers montrent présentent trois grandes parties.

1. Une phase d'installation de la population de *M. vitrata* allant du 29 au 51^e JAS.
2. Une phase d'abondance de la population de *M. vitrata*. Elle se situe entre les 53 et 67^e JAS. Le pic s'est localisé le 55^e et le 65^e JAS (3,6 adultes) pour les pièges du périmètre et le 61^e JAS (3,8 adultes) pour les pièges du champ.
3. Une phase de stabilisation de la population de *M. vitrata* couvrant la période du 73 au 81^e JAS (Fig. 1a).

La courbe d'infestation des fleurs qui a commencé le 39^e JAS (0,66 larve), présente un pic le 43^e JAS (6,7 larves) puis au déclin le 45^e JAS (2,75 larves). Un pallier a été observé au 53^e JAS (6,5 larves en moyenne), puis le déclin est noté le 63^e JAS (2,4 larves) puis la population s'est stabilisée. (**Fig. 1a**).

Les infestations des gousses ont présenté le premier pic et le déclin respectivement au 53^e JAS (11,5 larves) et au 57^e JAS (2,2 larves). Un second pic et déclin ont été notés respectivement le 65^e JAS (8,4 larves) et le 75^e JAS (1,2 larves) (Fig. 1a).

Les résultats ont montré que la période allant du 51^e au 63^e s'est révélée celle d'infestations sévères. En effet tous les pics (gousses) et le pallier (fleurs) d'infestation sont contenus dans cet intervalle de temps.

Les captures d'adultes sont significativement corrélées avec les infestations larvaires dans les fleurs et non dans les gousses d'une part et d'autre part les captures des champs et de la périphérie sont significativement corrélées .

Dans la population des larves totales collectées aux champs, les proportions varient de la manière suivante. Dans les fleurs, les larves de stades L1, L2, L3 ont été observées au début des infestations, puis L4, L5 et les pupes au fur et à mesure du temps (**Fig. 1b**). Les infestations dans les gousses ont été exclusivement des larves de stades âgés (L4, L5 et pupes) (Fig. 1c).

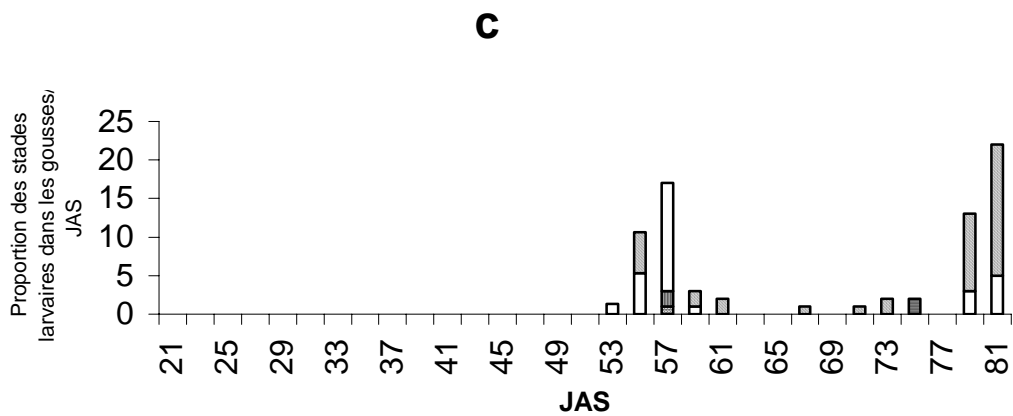
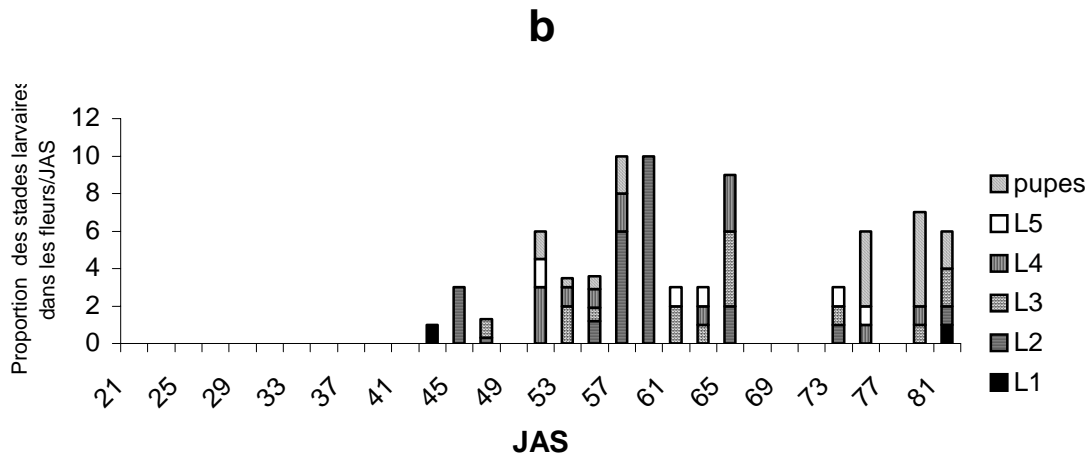
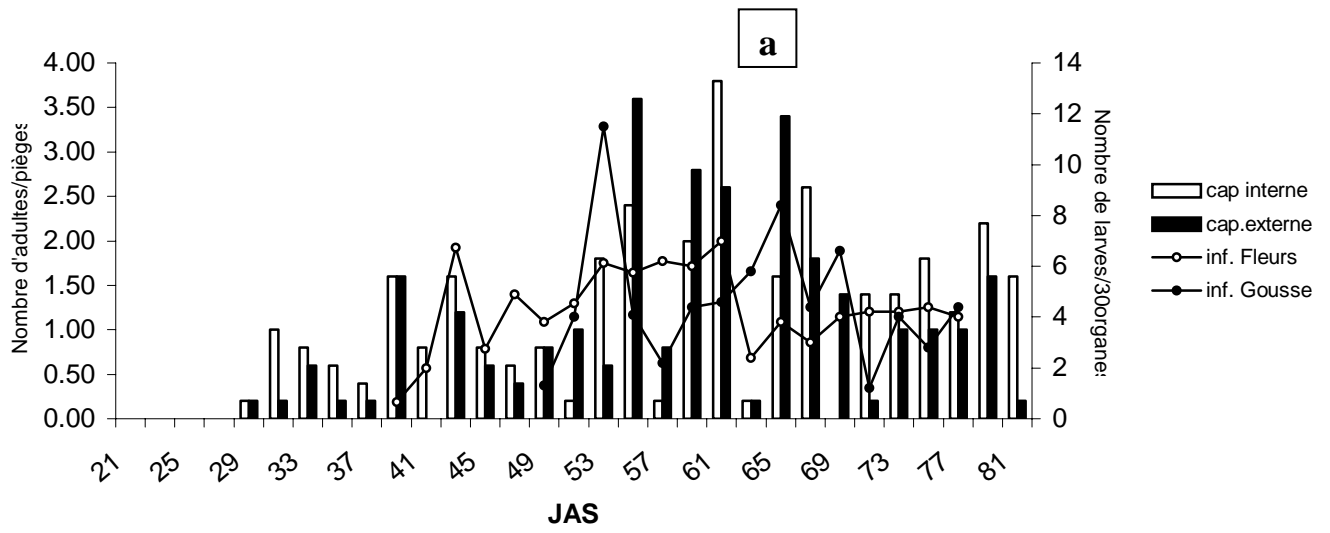


Fig.1. Evolution des populations de *M. vitrata* dans la localité de Dani

Tableau 8: Corrélation entre les cumuls de capture et les infestations sur les différents organes, en relation avec la position des pièges dans les champs.

Position des pièges	Organes	R ²	P
A l'intérieur du champ	Fleurs	0,64	0,0001
	Gousses	0,22	0,12
A la périphérie du champ	Fleurs	0,41	0,001
	Gousses	0,11	0,34

3. 2. Etude comparée de l'efficacité des pièges placés à l'intérieur des champs et ceux placés à la périphérie des champs.

A l'exception du champ 2 et 3, le nombre d'adultes capturé dans les pièges placés à l'intérieur du champ est positivement et significativement corrélé au nombre d'adultes capturé dans les pièges de la périphérie (Tableau 2).

Tableau 2. Coefficients de corrélation entre les captures des pièges à l'intérieur et à la périphérie des champs

Champ	R ²	P
1	0,75	0,007
2	(-) 0,086	0,811
3	0,66	0,07
4	0,86	0,002
5	0,79	0,03
confondus	0,33	0,02

DISCUSSION

4.1. Infestations larvaires.

Au vu des résultats du présent travail, des traits importants sur les infestations larvaires d'une part et sur les captures d'adultes de *M. vitrata* d'autre part ont pu être dégagés.

Les valeurs de pics d'infestation dans les fleurs varient en fonction des champs. Elles se situent entre 7 à 15 larves sur 30 fleurs incubées et de 9 à 17 larves sur 30 gousses. Cette densité larvaire semblerait être faible dans les organes échantillonnés. Cette situation est tout

à fait normal compte tenu de la biologie du ravageur. En effet selon Atachi et Ahohuendo (1989), une seule larve en moyenne par fleur de niébé suffit pour causer des dégâts économiquement importants estimés entre 30-86%. *M. vitrata* est donc un insecte de grande voracité et n'a alors pas besoin d'être abondant dans les champs pour causer des dégâts qui entraînent des pertes de rendements.

Les courbes d'évolution de *M. vitrata* dans les champs ont montré les infestations larvaires dès le début d'observations et ont augmenté rapidement que ce soit au niveau des fleurs ou de gousses. Ceci est expliqué par le fait que cet insecte n'entre jamais en diapause durant les saisons défavorables comme le font d'autres insectes pour échapper à l'atrocité du climat. Ainsi il se maintient dans l'écosystème grâce à la présence d'une gamme importante de plantes hôtes (Akinfenwa, 1975; Taylor, 1978; Jackai et Singh, 1981, 1983; Atachi et Djihou, 1994; Arodokoun, 1996).

Les stades larvaires avancés présents dans les fleurs au fur et à mesure du temps et dans les gousses, sont le résultat de la migration des larves des boutons floraux aux fleurs puis aux gousses. Atachi & Gnanvossou (1989) stipulent que les jeunes larves (1^{er}, 2^e, 3^e stades) endommagent surtout les boutons floraux tandis que les stades avancés (4^e et 5^e stades) concentrent plutôt leurs dégâts sur les fleurs épanouies et les gousses immatures, ce qui est en accord avec nos résultats.

Selon Jackai (1982), les œufs sont préférentiellement pondus sur les boutons floraux, une moindre quantité sur les fleurs et rarement ou exceptionnellement déposés sur les gousses. Nos travaux ont confirmé cette conclusion. Les œufs pondus sur les gros boutons floraux continueront leur développement dans les fleurs. C'est la raison pour laquelle les Fig. **1b** montrent les jeunes stades larvaires au début des infestations dans les fleurs puis un mélange de stades avec le temps. Les œufs pondus dans les fleurs continueront leur développement sur les gousses.

4.2. Captures d'adultes dans les pièges à phéromones.

La dynamique de la population d'adultes étudiés à base des pièges à phéromones a connu des fluctuations dans le temps. Plusieurs raisons seraient à la base de ce phénomène entre autres les conditions climatiques et l'évolution phénologique des organes. A la floraison, les adultes sont stimulés par les fleurs pour venir déposer les œufs dans les champs de niébé (Jackai, 1982). La densité d'adultes serait donc susceptible de fluctuer en fonction de l'apparition des fleurs.

L'analyse statistique a révélé une corrélation positive et significative entre les captures d'adultes dans les pièges à phéromones et les infestations larvaires aux champs. Ceci suggère qu'une augmentation du nombre d'adultes à l'extérieur et à l'intérieur des champs s'accompagne d'une augmentation des infestations des champs. Les larves sont issues des œufs pondus par les adultes qui volent d'où il y a eu une migration de *M. vitrata* de l'extérieur vers les cultures de niébé.

Le modèle que nous avons conçu est en accord avec Jackai (1982), Arodokoun (1996) et Atachi (1998) qui stipulent que les fleurs du niébé jouent un grand rôle dans le processus d'infestation larvaire de *M. vitrata*.

4.3. Efficacité des pièges vis à vis de leur position.

L'analyse statistique a révélé partout dans les champs une corrélation positive et significative entre les vols des pièges des champs et ceux de la périphérie (Tableau 2). Cela suggère qu'une augmentation du nombre des adultes à l'extérieur des champs entraînerait une augmentation du nombre des adultes dans les champs. Ces résultats montrent donc qu'il est probable de prédire la migration de *M. vitrata* des plantes hôtes non cultivées vers le niébé en plaçant les pièges soit à l'intérieur du champ soit à l'extérieur de celui-ci.

CONCLUSION

Les résultats du présent travail apportent une contribution à l'étude de la dynamique quantitative des populations de *M. vitrata* dans un écosystème donné. L'étude a révélé une corrélation significative entre les captures et les infestations larvaires de *M. vitrata* dans les fleurs. Le résultat de ce travail fournit donc un élément d'indicateurs pour la prévision de l'apparition de *M. vitrata* sur la culture du niébé. Le modèle conçu sera basé sur les fleurs et non sur les gousses.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akinfenwa, S., 1975.- Bioecological study of *Maruca testulalis* (Geyer) in the Zaria area of northern Nigeria. *M.Sc.Thesis*, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria, 132pp
- Alghali, A. M, 1991.- Studies on cowpea farming practices in Nigeria with emphasis on insect pest control. *Trop. Pest Management*, **37**, 71-74.
- Arodokoun, D., 1996.- Importance des plantes-hôtes alternatives et des ennemis naturels indigènes dans le contrôle biologique des *Maruca testulalis* (Geyer) (Lepidoptera:

- Pyralidae), ravageur de *Vigna unguiculata*. *Thèse du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D)*, Université Laval, Québec, 167 pp.
- Atachi, P., 1998.- Etude bioécologique de *Maruca testulalis* (Geyer) dans les cultures de *Vigna unguiculata* (L) Walp en République du Bénin. Perspectives de Lutte intégrée. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université de Cocody, Abidjan, 351 pp.
- Atachi, P. & Ahohuendo B. C., 1989.- Comparaison de quelques paramètres caractéristiques de la dynamique des populations entre *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) et *Maruca testulalis* (Geyer) sur une même plante-hôte, le niébé. *Insect Sci Applic.*, **10**, 187-197
- Atachi, P.; Desmidts, M. & Durnez, C., 1985.- Entomologie et protection phytosanitaire du niébé: éléments d'un premier inventaire des insectes ravageurs du niébé, République Populaire du Bénin. Essais de mise au point de moyens de lutte. *Travaux et documents de la Recherche Agronomique au Bénin*, 37 pp
- Atachi, P. & Djihou, Z. C., 1994.- Record of host plants of *Maruca testulalis* (Geyer) (Lepidoptera: Pyralidae) in the Republic of Benin. *Ann. Soc. Ent.*, **30**, 169 -174.
- Atachi, P. & Gnanvossou, D., 1989.- Dynamique quantitative des populations animales: recherches préliminaires à une étude comparée des dynamiques de biomasses, d'effectifs et de productions chez *Maruca testulalis* (Geyer) (Lépidoptère, Pyralidae) en culture de niébé dans un agrosystème du Sud Bénin. *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, **10**, 221-239
- Atachi, P. & Sourokou, B., 1989.- Use of Decis and Systoate for the control of *Maruca testulalis* (Geyer) in cowpea. *Insect Sci. Applic.*, **10**, 373 - 381
- Bottenberg, H. & Singh, B. B., 1996.- Effect of neem leaf extract applied using the 'broom' method, on cowpea pests and yield. *International-Journal-of-Pest Management* **42**: 3, 207-209, 11 ref.
- Dent, D. R., 1991.- Insect pest management *CAB International*, Wallingford, 604pp
- Jackai, L. E. N., 1982.- *Maruca* distribution on the cowpea plant. In: IITA (1982). *Annual Report for 1981*, Ibadan, Nigeria, 51 – 68.
- Jackai, L. E. N., 1983.- Efficacy of insecticide application at different times of day against the legume pod borer *Maruca testulalis* (Geyer) (Lepidoptera: Pyralidae) on cowpea in Nigeria. *Prot. Ecol.*, **5**, 245-251
- Jackai, L. E. N., 1995.- Integrated pest management of borers of cowpea and beans. *Insect Science And its Application*, **16**, 237-250.
- Jackai, L. E. N. & Daoust R. A., 1986.- Insect pests of cowpea. *A. Rev. Entomol.*, **3**, 95 - 119

- Jackai L. E. N., Ochieng, R. S. & Raulston, J. R., 1990.- Mating and oviposition behavior of the legume pod borer *Maruca testulalis*. *Entomol. Exp. Appl.*, **59**, 179 - 186
- Jackai, L. E. N. & Singh, S. R., 1981.- Relationship between crop phenology and field infestation by the legume pod borer, *Maruca testulalis*. *Ann. Entomol. soc.*, **74**, 402 - 408
- Jackai, L. E. N. & Singh, S. R., 1983.- Suitability of selected leguminous plants for development of *Maruca testulalis* larvae. *Entomol. Exp. Appl.*, **34**, 174 – 178.
- Ochieng, R. S., Okeyo-Uwuor, J. B. & Dabrowski, Z. T., 1981.- Studies on the legume pod borer *Maruca testulalis* (Geyer) -II. Mass rearing on natural food. *Insect Sci. Applic.*, **1**, 269 – 272.
- Odebiyi, J. A. , 1981.- Studies on the biology of cowpea pod-borer, *Maruca testulalis* (Geyer) in Kenya – I. Determination of the larval instars. *Inset. Sci. Applic.*, **1**, 339 - 341
- PEDUNE, 1998.- Rapport d'activité 1977-1978 IITA/ Copération Suisse de développement. 114p
- Rachie K. O., 1985.- Introduction. In Cowpea Research, Production and Utilisation (Edited by Singh S. R and Rachie K. O), pp 21 – 28. Jonh Wiley and Sons, New york.
- Raheja, A. K & Hayes, H. I. M., 1975.- Sole crop cowpea production by farmer using improving practices. *Trop. Grain Legume Bull.*, **1** - 6.
- SAS Institute Inc., 1997.- SAS/STAT software: Changes and enhancements, through release 6.12, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, 1167pp.
- Shanower, T. G., Romeis J., & Minja, E. M., 1999.- Insect pest of Pigeonpea and their management. *Annual Review of Entomology*, **44**, 77 – 96
- Tamò, M.; Bottenberg, H.; Arodokoun, D. & Adéoti, R., 1997. The feasibility of classical control of two major insect pests. In : Advances in Cowpea Research. Copublication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japon International Research Center for Agriculture Sciences (JIRCAS). Edited by Singh, B. B. Mohan Raj, D. R., Dashiell, K. E. & Jackai, L. E. N. IITA, Ibadan, Nigeria. 259 -270pp
- Taylor T. A., 1978.- *Maruca testulalis* : an important pest of tropical grain legumes. In Singh S. R.; H. V. Van Endem and T.A Taylor (eds) 1978. Pest of grain legumes: *Ecology and control*. London , *Academic Press*, pp. 193 –200.

ANNEX 5 – Publication 5

Downham, M.C.A., Tamò, M., Hall, D.R. , Datinon, B., Adetonah, S. & Farman, D.I.
Developing pheromone traps and lures for *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera:
Pyralidae) in Benin, West Africa. Accepted by Entomologia Experimentalis et
Applicata.

**DEVELOPING PHEROMONE TRAPS AND LURES FOR *MARUCA VITRATA* FABRICIUS
(LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) IN BENIN, WEST AFRICA**

M.C.A. Downham¹, M. Tamò², D.R. Hall¹, B. Datinon², S. Adetonah² and D.I. Farman¹

¹ Natural Resources Institute, University of Greenwich, Central Avenue, Chatham Maritime, Chatham ME4 4TB, United Kingdom

² International Institute of Tropical Agriculture, Biological Control Center for Africa, 08 BP 0932, Tri Postal, Cotonou, Republic of Benin

Abstract

In previous work successful trapping of the legume podborer, *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) was accomplished using a synthetic pheromone blend consisting of (*E,E*)-10,12-hexadecadienal, (*E,E*)-10,12-hexadecadienol and (*E*)-10-hexadecenal in a 100:5:5 ratio. In the present work experiments were conducted in cowpea fields in Benin to compare different trap designs, and other aspects of the lures. A water-trap made from a plastic jerry-can was found to be superior to commercial funnel- and sticky-trap designs and 120 cm was the optimum height for captures. Generally, lures consisted of polyethylene vials containing 0.1 mg of pheromone. Results showed that shielding of lures from the adverse effects of sunlight, by means of aluminium foil, did not increase trap catches of *M. vitrata*. The degree of isomeric purity of the (*E,E*)-10,12-hexadecadienal and (*E,E*)-10,12-hexadecadienol blend components, in the range 73 – 99%, had no significant effect on captures, while lures of 80% isomeric purity showed no loss of effectiveness for up to four weeks. Similar results were observed with lures from a commercial source containing 0.46 mg of pheromone in the blend ratio 100:11:6 and 95% isomeric purity. Residue analysis showed that vial lures exposed for two weeks in the field still

contained 73% of the initial amount of (*E,E*)-10,12-hexadecadienal, in contrast to rubber septa dispensers which only retained 22%. Females comprised 11 – 50% of total catches confirming earlier, unexpected results for synthetic lures. The observations that effective traps can be made from locally available plastic containers and that pheromone blend composition and purity are not critical, should reduce costs and improve the feasibility of traps as practical monitoring tools for *M. vitrata*.

Keywords - trap design, blend purity, monitoring, (*E,E*)-10,12-hexadecadienal, (*E,E*)-10,12-hexadecadienol, (*E*)-10-hexadecenal.

Introduction

Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., is a highly important grain legume crop grown in semi-arid and dry savannah agro-ecological zones of the tropics (Singh & van Emden, 1979). It provides a cheap source of dietary protein for low-income populations (Rachie, 1985) and forms a vital cattle forage crop in many farming systems (Mortimore *et al.*, 1997). Africa produces 75% of world production of which the majority comes from West Africa (Coulibaly & Lowenberg-Deboer, 2002, derived from FAOSTAT, 2000).

Maruca vitrata Fabricius (syn. *M. testulalis*) (Lepidoptera: Pyralidae), the legume podborer, is a key pest of cowpea (Jackai, 1995) as well as other legume crops. The larvae attack flower buds, flowers and young pods (Singh & Jackai, 1988) and on cowpea yield losses due to *M. vitrata* have been reported in the range 20-80% (Singh *et al.*, 1990).

Insecticides can control cowpea insect pests and raise yields several-fold (Afun *et al.*, 1991; Amatobi, 1995; Asante *et al.*, 2001). However in West Africa expense limits insecticide use by many poor farmers (Alghali, 1991; Bottenberg, 1995). Careful timing of application is required because the webs produced by young *M. vitrata* larvae, and their tendency to bore into flowers and pods, help to protect them from insecticides (Lateef & Reed, 1990). Afun *et al.* (1991) demonstrated effective use of action thresholds, based on flower infestation rates, to time insecticide applications. Potentially, catches in pheromone-baited traps for *M. vitrata* could be used by cowpea farmers to determine the most effective time to treat their crops. Such an approach has been developed for pests of other tropical crops such as rice (Kojima *et al.*, 1996) and cotton (Reddy & Manjunatha, 2000).

The use of pheromone traps for monitoring the activity and movements of adult *M. vitrata* could also assist researchers to develop new pest management strategies. Bottenberg *et al.* (1997) provided some data on the population dynamics and migration of *M. vitrata* in West Africa, based on light trap catches. However, pheromone traps could be deployed more easily, cheaply and in greater numbers in order to generate this kind of information. Moreover, pheromone traps are specific to the species of interest.

Okeyo-Owuor & Agwaro (1982) trapped male *M. vitrata* moths in water traps baited with virgin females in Kenya, thus suggesting the production of a sex pheromone by female *M. vitrata*. Later, Adati & Tatsuki (1999) reported (*E,E*)-10,12-hexadecadienal (EE10,12-16:Ald) to be an electroantennogram-active component of the extract from female *M. vitrata* abdominal tips. Synthetic EE10,12-16:Ald was shown to be attractive to male moths in laboratory bioassays although only at high levels of isomeric purity. The corresponding alcohol, (*E,E*)-10,12-hexadecadienol (EE10,12-16:OH), was found to be

present at 3-4% relative to the aldehyde, but not tested. No field testing was carried out. Recently Downham *et al.* (2003) confirmed the presence of EE10,12-16:Ald and EE10,12-16:OH as major and minor blend components, respectively, together with a third component that laboratory and field bioassays suggested was probably (*E*)-10-hexadecenal (E10-16:Ald). In field experiments in Benin, traps baited with a blend of EE10,12-16:Ald, EE10,12-16:OH and E10-16:Ald in a 100:5:5 ratio caught significantly more males than traps baited with the major component alone, either two-component blend or virgin female moths. In an almost unprecedented finding, significant numbers of female *M. vitrata* moths, in variable proportions up to 50% of total catches, were trapped with synthetic blends but not with virgin females. All laboratory and field experiments employed blends in which the isomeric purity of the EE10,12-16:Ald major component was >99%. Downham *et al.* (2003) found no significant differences in catches using polyethylene vials or rubber septa, or between lures containing 0.01 and 0.1 mg of pheromone, but considered 0.1 mg polyethylene vials to be the lures of choice due to their greater expected longevity under field conditions.

This paper reports experiments to develop an effective trap for *M. vitrata* and to explore the effects of lure age and blend purity on catches of both sexes, with a view to the sustainable use of traps by poor farmers in West Africa for optimising control of *M. vitrata*. We also report some analysis of pheromone lures exposed under field conditions.

Materials and Methods

Experimental sites. Experiments were carried out between 1998 and 2001 within cowpea fields planted with the local variety Kpodjiguèguè (Tamò & Baumgaertner, 1993) at the IITA research station near Cotonou, Republic of Benin (6° 25.1' N, 2° 19.7' E, 21 m altitude). At

this location rainfall is bimodal in pattern, with a long rainy season from April to July, and a short one from mid-September to November. Cowpea may be cultivated at any time from May – December. *M. vitrata* may be present at any time during this period, depending on the flowering of its wild hosts (leguminous tree species such as *Lonchocarpus* spp. and *Pterocarpus* spp), but normally appears most strongly during the latter half of the cropping cycle. All the trapping experiments were conducted over 2 – 3 months within the period June – December. Fields of cowpea were grown specifically for the experiments. Traps were set out in fields 20 – 30 days after sowing, *i.e.* before flowering, and were continued until after harvesting. Crops were rain-fed and no pesticides were sprayed in the fields.

General trapping methods. Traps were suspended from wooden sticks using wire; unless otherwise noted this was at a height of approximately 1.0 – 1.2 m. Lures were replaced every two weeks and were shielded from sunlight to minimize isomerization by wrapping aluminium foil around them to leave only the lower-most surface exposed. Trap catches were counted daily and trapped moths discarded at that time.

Each experiment was carried out to a randomised complete-block design with 5 replications. Traps within a replicate block were set out in lines or rectangular formations, the exact layout depending on the number of treatments being compared. Individual traps were positioned 20 m apart. Blocks were at least 50 m apart, and were usually situated in separate fields. With this arrangement it is possible that some interactions between traps occurred as individual pheromone plumes overlapped and moths, initially attracted by the plume of one trap, passed on to the plumes of others nearby. This would have acted to blur treatment differences. However, the random positioning of treatments within blocks and variation in wind direction would have greatly reduced, if not eliminated, any systematic biases.

Trap optimisation experiments. Six trap designs were used during the course of two experiments. The first compared two commercially available designs with a water-pan trap made from a green plastic bowl (5 cm depth × 20 cm diameter) and an up-turned plate (20 cm diameter) held 5 cm apart with steel wire, with the plate uppermost. The commercial traps (Agrisense-BCS, Pontypridd, UK) were white sticky, delta traps (28 cm long × 20 cm floor width × 14 cm sloping side) and green plastic funnel-traps (22 cm high × 15 cm outside diameter). In the delta trap, sticky card inserts that were replaced on a weekly basis served to trap moths; in the funnel trap DDVP insecticide strips inside killed any trapped moths. Delta traps were fixed in such a way as to prevent them turning in the wind. Dilute detergent solution was placed in the water-pan traps to 1 – 2 cm below the trap openings. A little vegetable oil was added to this to reduce evaporation. The detergent solution was topped-up or entirely replaced 2 – 3 times each week as necessary.

The second experiment compared the same delta trap with three more water-trap designs. These included one from a 1.5-litre clear plastic bottle (formerly used as a container for mineral water - 30 x 8 cm) in which two windows (6 × 4 cm) were cut on opposite sides, with the lower edge of the window being 9.5 cm from the bottom of the bottle. The two other water-traps were made from 2-litre yellow and 5-litre white, plastic jerry-cans (formerly used as vegetable oil containers, 26 x 17 x 13 cm) of rectangular cross-section. These designs were very similar to those described by Smit *et al.* (1997). Four windows, one on each side, each positioned with the lower edge 8 cm above the bottom of the trap, were cut in each trap (two each of 8 × 9 cm and 8 × 6 cm for the 5-l trap; four of 4 × 6.5 cm for the 2-l trap). As in the water-pan trap, dilute detergent solution acted as the trapping agent in the bottle and jerry-can traps.

In addition a trap height comparison was carried out using funnel traps suspended so that the trap openings were at 20, 70, 120 and 170 cm above ground.

Previous observations have consistently noted zero catches for un-baited control traps where delta and funnel trap designs were used (Downham *et al.*, 2003). In the case of the water-trap designs occasional control catches have been noted, but these have not exceeded one individual per trap over a cropping season (Adati & Downham unpub. data). In consequence, un-baited control traps were not included in any of the present experiments.

Lure optimisation experiments. Lures used in all the trapping experiments consisted of polyethylene vial dispensers (23 mm × 9 mm × 1.5 mm thick; Just Plastics, London E10 7PY, U.K.). White rubber septa (Aldrich Chemical Co. Ltd., Gillingham, Dorset UK; catalogue number Z10,072-2) were additionally used in the quantitative residue experiment. Unless noted otherwise all lures contained 0.1 mg of EE10,12-16:Ald, EE10,12-16:OH and E10-16:Ald in a 100:5:5 ratio. They were produced at the Natural Resources Institute, UK by adding the pheromone, and an equal weight of 2,6-di-*tert*-butyl-4-methylphenol (BHT) as antioxidant, dissolved in 0.1 ml petroleum spirit (b.p. 40 – 60°C) and allowing the solvent to evaporate. The pheromone components were prepared as described by Downham *et al.* (2003). The EE10,12-16:Ald and EE10,12-16:OH were of >99% isomeric purity, unless otherwise noted, and the E10-16:Ald was of >99% stereochemical purity. Lures were suspended within the centre of each trap using a small wire paper-clip.

Rubber septa and polyethylene vial dispensers initially containing EE10,12-16:Ald alone or with one of both of the EE10,12-16:OH and E10-16:Ald minor components were exposed

under field conditions for two weeks in sticky delta traps during August 1998. Duplicate samples of each of the eight blend/dispenser combinations were retrieved, wrapped in aluminium foil and stored in a refrigerator at 4° C prior to determination of the residual amount of EE10,12-16:Ald remaining. Lures were extracted individually overnight at room temperature in hexane (5 ml) containing 0.1 mg of pentadecyl acetate as internal standard. The resultant solutions were analysed by gas chromatography using a fused silica capillary column (30 m x 0.32 mm i.d.) coated with CP Wax52CB (Carbowax equivalent; Chrompack, London, UK). Carrier gas was helium (0.5 kg/cm²) and the oven temperature was programmed at 60°C for 2 min then at 6°C/min to 230°C. Injection was in splitless mode (1 µl; 200°C) and data were captured and processed with EZChrom 6.0 (Aston Scientific, UK) hardware and software. Under these conditions, good separation was obtained for E10-16:Ald and the four isomers each of EE10,12-16:Ald and EE10,12-16:OH, and these were quantified by direct comparison of peak area with that of the internal standard without applying a response factor.

Four trapping experiments were carried out concerned with age and blend purity. In the first, six treatments, *i.e.* the combinations of shielded and unshielded lures with the age ranges 0 – 2, 2 – 4 and 4 – 6 weeks, were compared in delta traps. The older two ranges were produced by pre-ageing lures for 2 or 4 weeks in delta traps situated at least 100 m from the experimental fields. These, together with fresh lures were placed in the respective traps at the start of each two-week lure replacement period. In a second experiment unshielded lures in the age ranges 0 – 1, 1 – 2, 2 – 3 and 3 – 4 weeks were compared in 5-l jerry-can traps. In this case the older lures were produced by pre-ageing for one, two and three weeks, using a similar procedure to that for the age/shielding experiment. In this experiment lures were changed on a weekly basis.

The effect of isomeric purity of the two diene compounds, EE10,12-16:Ald and EE10,12-16:OH was determined in a further experiment using funnel traps. The four purity levels tested were 73%, 80%, 91% and >99%. These levels of purity reflected those typically achieved after zero, one, two and three serial recrystallizations from the equilibrium mixture of *E,E* : *Z,E* : *E,Z* : *Z,Z* isomers during manufacture of the compounds (see Downham *et al.*, 2003).

The combined effects on catches of lure age and pheromone purity, in unshielded lures, were further investigated in 5-l jerry-can traps. Three lure types were compared: two produced at NRI of >99% and 80% isomeric purity with respect to the diene components and a third, commercially produced type (International Pheromone Systems, Ellesmere Port, L65 4EH, UK), hereafter termed IPS lures. In these lures the initial quantity of pheromone was 0.46 mg and the component ratio (EE10,12-16:Ald; EE10,12-16:OH; E10-16:Ald) was 100:11:6, while the isomeric purity of the diene components was 95 – 96%. These three lures were each compared in two age ranges, 0 – 2 and 2 – 4 weeks old (the latter produced by an appropriate pre-ageing procedure as described above) to produce six treatments in all.

Statistical analysis. For statistical analysis of the trapping experiments, total catches by each trap during the respective trapping periods were used. Before statistical analysis, data were transformed to square-root (trap height experiment) or $\log_{10}(x)$ (trap design, lure age, blend purity and age/purity experiments). Analysis of variance was carried out using Genstat 5 for Windows© (release 4.1). Where this indicated statistically significant effects, treatment means were separated using the least significant difference (LSD) at the 5% level.

Results

General observations. Rates of capture of *M. vitrata* moths, males and females combined, were low in absolute terms, ranging from less than 10 to almost 30 individuals per trap throughout an experiment (less than 1 individual trap⁻¹ night⁻¹). The proportion of females caught varied from 11 – 50% of the total.

Trap optimisation experiments. Significant treatment effects were observed in both the trap design experiments ($P < 0.05$, F-ratio, ANOVA). In the first, the delta trap attracted the fewest moths of both sexes (Table 1). The Agrisense-BCS funnel trap captured most males, but the locally-constructed water-pan trap was most effective in capturing females. However, the different capture rates of the water-pan and funnel traps were not significant for either sex ($P > 0.05$, LSD). In the second experiment the 5-l and 2-l jerry-can designs captured significantly more males than both the delta trap and the 1.5-l bottle design ($P < 0.05$, LSD) (Table 2). A similar trend was evident in captures of females; the 5-l jerry-can caught significantly more females than the delta trap and the 1.5-l bottle design, but the difference between 2-l jerry-can and the 1.5-l bottle design was not significant. The overall percentage captures of females in the two experiments were 46% and 35%.

During the trap height experiment more males were captured at 120 cm than the other heights (Table 3). Mean catches of males at this height were significantly greater than at 20 and 170 cm ($P < 0.05$, LSD), though not at 70 cm. Catches of females were relatively low in this experiment (11% of the total) and there were no significant differences in respect of trap height.

Lure optimisation experiments. Results of the quantitative residue experiment were that the amounts of EE10,12-16:Ald remaining in the polyethylene vials averaged 73% of the initial value compared to 22% in the rubber septa. There was some variation in the amount of EE10,12-16:Ald remaining with pheromone blend, particularly in the polyethylene vials but this may reflect the low replication at the level of individual blends. These results were reflected in a two-way analysis of variance showing the effect of dispenser type to be highly statistically significant ($P < 0.001$, ANOVA, 1 d.f.). Pheromone blend was not a significant factor ($P = 0.08$, ANOVA, 3 d.f.), but the interaction of blend and dispenser type was ($P = 0.04$, ANOVA, 3 d.f.).

Results of the age and shielding experiment (Table 4) showed highly significant effects of lure age upon captures of both sexes ($P < 0.01$, ANOVA, 2 d.f.). Four to six week old lures were significantly less attractive to males than 0 – 2 and 2 – 4 week old lures ($P < 0.05$, LSD), but there was no difference in catches for lures of the two lower age ranges. Zero to two week old lures were significantly more attractive to females than both older sets of lures ($P < 0.05$, LSD). Male captures were not influenced by shielding of the lures ($P = 0.75$, ANOVA, 1 d.f.), but this factor did affect captures of females ($P < 0.01$, ANOVA, 1 d.f.), catches being higher with shielded lures. The interaction of age lure and shielding was not significant for males or females ($P > 0.38$, ANOVA, 2 d.f.). Captures of female moths made up 14% of the total in this experiment. In the comparison of unshielded lures up to four weeks old, lure age had no effect on captures of males or females ($P \geq 0.26$, ANOVA, 3 d.f.). Mean captures were in the range 4 – 6 individuals per trap for each age range, for both males and females. Females comprised 50% of captures.

For the experiment on the effect of isomeric purity of the diene components using shielded lures, there was also no effect of treatment for males or females ($P \geq 0.39$, ANOVA, 3 d.f.). Mean captures were in the range 4 – 8 individuals per trap for each purity level, for both males and females. Females made up 47% of total captures in this case.

The experiment on the combined effect of lure age and blend purity (unshielded lures) confirmed the earlier results for these factors individually. Lure age, up to 4 weeks, did not affect catches of males or females ($P \geq 0.64$, ANOVA, 1 d.f.), neither did the type of lure (NRI, high or low blend purity or IPS) ($P \geq 0.85$, ANOVA, 2 d.f.). There was no interaction of the two factors for either sex ($P \geq 0.14$, ANOVA, 2 d.f.). Captures of males and females for each treatment were 21 – 22 and 6 – 7 individuals per trap, respectively. Thus 24% of catches were of females during this experiment.

Discussion

Our results are similar to many previous reports with other species in showing significant effects of trap-design and height on insect captures (*e.g.* Bradshaw *et al.*, 1983; Smit *et al.*, 1997). Earlier work shows that trap design can affect capture rates through its effect on pheromone plume structure (Lewis & Macaulay, 1976) and hence on the approach behaviour of insects (Foster *et al.*, 1991, 1995). Diffuse plumes reduce the number and accuracy of approaches by diminishing the insects' ability to orient upwind. For radially asymmetric designs such as the delta trap a cross-wind orientation tends to reduce approaches and captures at least partly for this reason. Visual cues and physical accessibility of the trap interior are also probably important as well as the ability of the trap to retain insects that have entered (Foster *et al.*, 1991, 1995). Thus we can speculate that the delta trap performed

relatively poorly during our own comparisons (Tables 1 & 2) because it was inappropriately oriented with respect to the wind for much of the time or because approaching *M. vitrata* found it difficult to locate the trap entrances. Although the 1.5-l bottle was cylindrical in cross-section, a similar argument can be made for this, as it only had two entry windows and often these may have been mis-aligned with the wind. In contrast, the 2-l and 5-l jerry-can designs, with four windows each, were similar to the funnel trap in being almost omnidirectional.

In general, an optimal trap height can reflect the preferred natural activity zone of a species, but height may also affect catch in other ways. For example, Gregg & Wilson (1990) reported that traps for *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) should be just above crop height in order to prevent obstruction of the plume. In our experiments (Table 3) the crop canopy would have been well above 20 cm for most of the trapping period, thus plumes from traps at this height would not have carried far. The optimal trap height of 120 cm corresponds roughly to a distance of 60-90 cm above canopy, depending on phenological stage of the plant and season. Traps at 170 cm were presumably too far above the crop for their plumes to be encountered frequently by flying *M. vitrata*.

The lure age and shielding experiment showed male catches were unaffected by shielding of the lures from direct sunlight with aluminium foil or by lure age up to four weeks (Table 4). We considered that the design of the delta trap might have provided some protection of the lures, but similar results in respect of lure age were obtained with unshielded lures in two later experiments which used the 5-l jerry-can trap. In this design lures are more exposed to sunlight due to the larger trap entrances and the translucent nature of the trap's walls. Results in respect of females were somewhat conflicting. In the lure age and shielding experiment

captures were significantly lower with successive lure age groups and were also affected by lure shielding. However, there was no effect of lure age up to four weeks in 5-l jerry-can traps in the other two experiments in which this factor was investigated.

The first purity experiment showed no effect on trap catches of isomeric purity of the diene components, in the range 73% – 99%, for lures up to 2 weeks old. The combined purity and age experiment confirmed this for lures of 80% and 99% purity up to 4 weeks old. These are slightly surprising results as incomplete or 'off' blends typically greatly reduce attraction of moths to sources (*e.g.* Willis & Baker, 1988; Witzgall, 1990). They run contrary to those of Adati & Tatsuki (1999) for *M. vitrata* in which EE10,12-16:Ald of even 92% isomeric purity failed to attract males of Ghanaian origin in laboratory bioassays, in contrast to material of 99% purity. The reported results were obtained with EE10,12-16:Ald alone, although it was noted without supporting data that attraction rates to the pure EE10,12-16:Ald were not improved by the addition of EE10,12-16:OH. Our results can only be reconciled with those of Adati & Tatsuki (1999) if it is supposed that deficiencies in the isomeric purity of the major component can be off-set by the presence of both minor blend components.

Generally, trap-catches decline with age of lure as a result of a falling release-rate or a shift away from the optimal pheromone blend caused by the isomerisation or other reaction of one or more components. It is now possible to say that, within quite wide limits, catches of *M. vitrata* are relatively unaffected by several factors relating to blend quality and lure dose or release-rate. Downham *et al.* (2003) found no effect of varying the proportions of the two minor blend components together over the range 1% – 50% and the present work indicates that wide variation in the isomeric purity of the main component similarly has no effect. Downham *et al.* (2003), observed no differences in catches with lures containing 0.01 or

0.1 mg, at least up to two weeks of age, or between polyethylene vial or rubber septa dispensers (despite the large difference in pheromone longevity within these dispensers shown by the quantitative residue experiment). From the present work we note that catches with IPS lures (containing 0.46 mg pheromone) in the combined purity and lure age experiment were very similar to those with NRI lures (0.1 mg). It may be argued that the IPS lures also differed in the blend ratio (100:11:6) and isomeric purity of the main component (95%) and therefore the comparison is not strictly valid. However, the previous findings with respect to these factors (above) suggest that these would not have affected catches, and thus a comparison can reasonably be made in terms of lure dose. In any event results with the IPS lures indicate that the commercially produced lures were as effective as those produced at NRI.

From the results of the trap and lure optimisation experiments an effective and practical trapping system for *M. vitrata* has now been developed for the first time. The 0.1 mg polyethylene vials showed no loss of attractiveness for up to 4 weeks under field conditions, although the precise dose, blend ratio or isomeric purity of the EE10,12-16:Ald and EE10,12-16:OH components are not critical in achieving catches in the field. The isomeric purity results are significant from the practical view-point because the eventual cost of commercially produced lures would be heavily determined by the extent of purification required. If, as appears possible, a lower level of purity can be used without a marked loss of attractiveness, this will help to ensure the economic viability of pheromone trap monitoring of *M. vitrata* by farmers and extension workers. The best trap height is 120 cm and the most effective traps are those produced from locally available plastic jerry-cans. Not only are these relatively much cheaper than imported, commercial designs (less than US\$1.00 compared to US\$3.00 or more), they are easy to construct and robust in use as Smit *et al.* (1997) also found for traps

for sweetpotato weevils. To utilise traps at a practical level some quantitative or qualitative relation now needs to be established between trap-catches of adults and the incidence of larval attack in cowpea fields. This is the subject of on-going work, initial results of which are positive (Downham unpub. data; Rurema, 2001) and indicate that larval infestations generally commence several days after the first trap captures.

The capture of female moths in all of the experiments confirmed our earlier observations of this phenomenon (Downham *et al.*, 2003). Possible explanations include incomplete identification of the natural pheromone and direct attraction of females to the synthetic lures or to previously trapped males. We consider the first of these unlikely, partly because of the extensive identification work done with strains of *M. vitrata* of several different geographical origins (Downham *et al.*, 2003), but particularly because incomplete pheromone blends generally produce lower catches of males, rather than co-attraction of both sexes. The latter two possibilities were tested in the laboratory by Mondhe (2001) and appeared unlikely, although further work would be merited. We now see, from the present results, variability in the proportion of females captured that also needs to be explained.

Acknowledgements

This publication is an output from projects R7441 funded by the Crop Protection Programme of the United Kingdom Department for International Development (DFID) for the benefit of developing countries. The views expressed are not necessarily those of DFID. We are grateful to Dr David Jeffries, University of Greenwich for his help and advice with some of the statistical analyses.

References

- Adati, T., & S. Tatsuki, 1999. Identification of the female sex pheromone of the legume pod borer, *M. vitrata* and antagonistic effects of geometrical isomers. *Journal of Chemical Ecology* 25: 105-115.
- Afun, J.V.K., L.E.N. Jackai & C.J. Hodgson, 1991. Calendar and monitored insecticide application for the control of cowpea pests. *Crop Protection* 10: 363-370.
- Alghali, A.M., 1991. Studies on cowpea farming practices in Nigeria, with emphasis on insect pest control. *International Journal of Pest Management* 37: 71-74.
- Amatobi, C.I., 1995. Insecticide application for economic production of cowpea grains in the Northern Sudan Savanna of Nigeria. *International Journal of Pest Management* 41: 14-18.
- Asante, S.K., M. Tamò, & L.E.N. Jackai, 2001. Integrated management of cowpea insect pests using elite cultivars, date of planting and minimum insecticide application. *African Crop Science Journal* 9: 655-665.
- Bottenberg, H., 1995. Farmers' perceptions of crop pests and pest control practices in rainfed cowpea in Kano, Nigeria. *International Journal of Pest Management* 41: 195-200.
- Bottenberg, H., M. Tamò, D. Arodokoun, L.E.N. Jackai, B.B. Singh & O. Youm, 1997. Population dynamics and migration of cowpea pests in northern Nigeria: implications for integrated pest management. *In*: B.B. Singh, D.R. Mohan Raj, K.E. Dashiell, and L.E.N. Jackai eds.). *Advances in cowpea research*. Copublication of International Institute of Agriculture (IITA) and Japan International Center for Agricultural Sciences (JIRCAS). IITA, Ibadan, Nigeria. pp. 271-284.

- Bradshaw, J.W.S., R. Baker, C. Longhurst, J.C. Edwards & J.C. Lisk, 1983. Optimization of a monitoring system for the pine beauty moth, *Panolis flammea* (Denis & Schiffermüller), using sex attractants. *Crop Protection* 2: 63-73.
- Coulibaly, O. & J. Lowenberg-Deboer (2002). The economics of cowpea in West Africa. *In: Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Proceedings of the World Cowpea Conference III held at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 4 – 8 September 2000.* Fatokun, C.A., Tarawali, S.A., Singh, B.B., Kormawa, P.M. and Tamò, M. (Eds.) IITA, Ibadan, Nigeria. Pp. 351 – 366.
- Downham, M.C.A., D.R. Hall, D.J. Chamberlain, A. Cork, D.I. Farman, M. Tamò, D. Dahounto, B. Datinon, and S. Adetonah. Minor components in the sex pheromone of the legume podborer, *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae): development of an attractive blend. *Journal of Chemical Ecology* 29: 989-1011.
- FAOSTAT 2000. *FAO Production Yearbook, 2000.* FAO (Food and Agriculture Organisation), Rome.
- Foster, S.P., S.J. Muggleston & R.D. Ball, 1991. Behavioral responses of male *Epiphyas postvittana* (Walker) to sex pheromone-baited delta trap in a wind-tunnel. *Journal of Chemical Ecology* 17: 1449-1468.
- Foster, S.P., R.H. Ayers & S.J. Muggleston, 1995. Trapping and sex pheromone-mediated flight and landing behaviour of male *Ctenopseustis obliquana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 74: 125-135.
- Gregg, P.C. & A.G.L. Wilson, 1990. Trapping methods for adults. *In: Zalucki, M.P. (ed.) Heliothis: Research Methods and Prospects.* Springer-Verlag, New York.
- Jackai, L.E.N., 1995. Integrated pest management of borers of cowpea and beans. *Insect Science and its Application* 16: 237-250.

- Kojima, A., C. Yamashiro & M. Arisaka, 1996. Regional control threshold of rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae), indicated by adult catch with sex-pheromone trap. *Applied Entomology and Zoology* 40: 279-286.
- Lateef, S.S. & W. Reed, 1990. Insect pests on pigeon pea. *In: Insect Pests of Tropical Legumes*, ed S.R. Singh. John Wiley & Sons, Chichester. pp. 193-242.
- Lewis, T. & E.D.M. Macaulay, 1976. Design and evaluation of sex-attractant traps for pea moth, *Cydia nigricana* (Steph.) and the effect of plume shape on catches. *Ecological Entomology* 1: 175-187.
- Mondhe, M., 2001. Anomalous Response of Female *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) Moths to Synthetic Sex Pheromone. M.Sc. thesis, University of Greenwich, United Kingdom. 60 pp.
- Mortimore, M.J., B.B. Singh, F. Harris, & S.F. Blade, 1997. Cowpea in traditional cropping systems. *In: B.B. Singh, D.R. Mohan Raj, K.E. Dashiell & L.E.N. Jackai (eds.). Advances in cowpea research. Copublication of International Institute of Agriculture (IITA) and Japan International Center for Agricultural Sciences (JIRCAS). IITA, Ibadan, Nigeria. pp. 99-113*
- Okeyo-Owuor, J.B. & P.O. Agwaro, 1982. Studies on the legume podborer, *Maruca testulalis* Geyer - III. The use of a pheromone trap in population studies. *Insect Science and its Application* 3: 233-235.
- Rachie, K.O., 1985. Introduction. *In: Cowpea Research Production and Utilization*. Singh, S.R. and Rachie, K.O. (eds.). Wiley and Sons, London. Pp. xxi – xxviii.
- Reddy, G.V.P. & M. Munjunatha, 2000. Laboratory and field studies on the integrated pest management of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in cotton, based on pheromone trap catch threshold level. *Journal of Applied Entomology* 124: 213-221.

- Rurema, D.-G., 2001. Dynamique des populations de *Maruca vitrata* (Fabricius) (Syn. *Maruca testulalis* Geyer) (Lepidoptere, Pyralidae) dans les cultures de niébé (*Vigna unguiculata*) (L) Walp.: Relation entre infestations larvaires et les vols des adultes sous l'attrait de pheromones. Diplome d'Etudes Superieures Specialisées en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Université Nationale du Bénin. 68pp.
- Singh, S.R. & L.E.N. Jachai, 1988. The legume pod-borer, *Maruca testulalis* (Geyer): past, present and future research. *Insect Science and its Application* 9: 1-5.
- Singh, S.R., L.E.N. Jackai, J.H.R. Dos Santos & C.B. Adalla. 1990. Insect pests of cowpeas. *In: Insect Pests of Tropical Legumes*, ed S.R. Singh. John Wiley and Sons, Chichester. pp. 43-90.
- Singh, S.R. & H.F.van Emden, 1979. Insect Pests of grain legumes. *Annual Review of Entomology* 24: 255-278.
- Smit, N.E.J.M., M.C.A. Downham, B. Odongo, D.R. Hall & P.O. Laboke, 1997. Development of pheromone traps for control and monitoring sweetpotato weevils, *Cylas puncticollis* (Bohe.) and *C. brunneus* (F.) in Uganda. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85: 95-104.
- Tamò, M., & J. Baumgärtner, 1993. Analysis of the cowpea agro-ecosystem in West Africa: I. A demographic model for carbon acquisition and allocation in cowpea. *Ecological Modelling* 65: 95-121
- Willis, M.A. & T.C. Baker, 1988. Effects of varying sex pheromone component ratios on the zigzagging flight movements of the oriental fruit moth, *Grapholia molesta*. *Journal of Insect Behavior* 1: 357-371.
- Witzgall, P., 1990. Attraction of *Cacoecimorpha pronubana* male moths to synthetic sex pheromone blends in the wind tunnel. *Journal of Chemical Ecology* 16: 1507-1515.

Tables

Table 1. Mean catches/trap of *Maruca vitrata* in the first trap design experiment at IITA, Cotonou, Benin using lures containing 0.1 mg of EE10,12-16:Ald, EE10,12-16:OH and E10-16:Ald in a 100:5:5 ratio (5 replicates; October - December 1998).

Trap design	Males		Females	
	Mean	SE	Mean	SE
Delta	3.0 b	1.6	3.2 b	1.5
Water-pan	7.6 ab	3.4	9.0 a	3.5
Funnel	11.0 a	4.0	6.4 ab	2.7

Means within a column followed by a common letter were not significantly different ($P > 0.05$, LSD following ANOVA).

Table 2. Mean catches/trap of *Maruca vitrata* in the second trap design experiment, at IITA, Cotonou, Benin using lures containing 0.1 mg of EE10,12-16:Ald, EE10,12-16:OH and E10-16:Ald in a 100:5:5 ratio (5 replicates; September - November 1999).

Trap design	Males		Females	
	Mean	SE	Mean	SE
Delta	4.0 b	0.8	1.4 c	0.5
1.5-l bottle	5.0 b	1.1	2.8 bc	0.6
2-l jerry	10.8 a	2.0	6.0 ab	1.7
5-l jerry	13.0 a	1.8	7.4 a	1.3

Means within a column followed by a common letter were not significantly different ($P > 0.05$, LSD following ANOVA).

Table 3. Mean catches/trap of *Maruca vitrata* in funnel traps at different heights above ground, at IITA, Cotonou, Benin using lures containing 0.1 mg of EE10,12-16:Ald, EE10,12-16:OH and E10-16:Ald in a 100:5:5 ratio (5 replicates; July - October 1999).

Height	Males		Females	
	Mean	SE	Mean	SE
20 cm	5.6 bc	1.2	0.2 a	0.2
70 cm	6.8 ab	0.6	1.4 a	0.4
120 cm	10.4 a	1.4	0.6 a	0.4
170 cm	3.4 c	1.3	1.2 a	1.0

Means within a column followed by a common letter were not significantly different ($P > 0.05$, LSD following ANOVA).

Table 4. Mean catches/trap of *Maruca vitrata* in delta traps with lures of different age ranges and shielded or unshielded from sunlight, at IITA, Cotonou, Benin using lures containing 0.1 mg of EE10,12-16:Ald, EE10,12-16:OH and E10-16:Ald in a 100:5:5 ratio (5 replicates; August - November 1999).

Lure Characteristic	Males		Females	
	Mean	SE	Mean	SE
0-2 weeks old	11.9 a	1.0	2.7 a	0.5
2-4 weeks old	10.6 a	1.1	1.2 b	0.4
4-6 weeks old	6.3 b	0.9	0.9 b	0.3
Shielded	9.4 a	1.0	2.2 a	0.4
Unshielded	9.8 a	1.0	1.0 b	0.2

Means within a column followed by a common letter were not significantly different ($P > 0.05$, LSD following ANOVA); means for different age ranges averaged across both shielding classes and *vice versa*.

ANNEX 6 – Publication 6

Adati, T., Tamò, M., Yusuf, S.R., Downham, M.C.A., Singh, B.B. and Hammond, W. Integrated Pest Management for Cowpea-Cereal Cropping Systems in the West African Savannah. In: “Integrated Pest and Vector Management in the Tropics: Perspective and Future Strategies.” Proceedings of the 15th Conference of the African Association of Insect Scientists and the Entomological Society of Kenya, 9-13 June 2003, International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE), Nairobi, Kenya.

INTEGRATED PEST MANAGEMENT FOR COWPEA-CEREAL CROPPING SYSTEMS IN THE WEST AFRICAN SAVANNA

**T. ADATI¹, M. TAMÒ², S. R. YUSUF³, M. C. A. DOWNHAM⁴,
B. B. SINGH¹ AND W. HAMMOND^{2,†}**

¹ International Institute of Tropical Agriculture, Kano Station, Sabo Bakin Zuwo Road, PMB
3112, Kano, Nigeria;

² International Institute of Tropical Agriculture, Benin Reserch Station, 08 BP 0932 Tri
Postal, Cotonou, Bénin;

³ Crop Production Programme, School of Agriculture, Abubakar Tawafa Balewa University,
PMB 0248, Bauchi, Nigeria;

⁴ Natural Resources Institute, University of Greenwich, Central Avenue, Chatham Maritime,
Chatham, ME4 4TB, UK

Running title: IPM for cowpea cropping systems in West African savanna

Corresponding author: TA.

[†] Present address:

Abstract—Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is an important crop as a component in the mixed cropping systems, which conform with the agroecological characteristics of the West African savanna. However, the contribution of cowpea to overall productivity for the systems is small because insect pests are the serious constraints to its production. Compared with the humid zone, the features of insect pests in the savanna region are: 1) a higher concentration of pest incidence during the limited cultivation period, 2) a more advantageous situation for generalist and migratory pests in the scanty and unstable vegetation, and 3) lower parasitism rates of parasitoids in the pest population. Among those pests, the key pests which are currently important in West African savanna are the legume flower thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae), the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae), and the pod sucking bug, *Clavigralla tomentosicollis* Stål (Hemiptera: Coreidae). To control these insects, the pest management practices including resistant cowpea varieties, cropping systems, botanical insecticides, biological control and pest monitoring, have been developed. Nevertheless the knowledge accumulated so far suggests that there is no single component that is effective by itself, but specific combinations could work synergistically. This paper highlights recent progress in integrated pest management (IPM) strategies in cowpea-cereal based systems in the West African savanna.

Key Words: cowpea, IPM, West Africa, *Megalurothrips sjostedti*, *Maruca vitrata*, *Clavigralla tomentosicollis*, resistant variety, botanical insecticide, biological control, pest monitoring

Résumé—Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), composante dans le système de culture associée conforme aux caractéristique agroécologique de la savanne Ouest Africaine, est une plante importante. Cependant, la contribution du niébé à la productivité du système dans son

ensemble n'est pas significative à cause de l'influence des ravageurs, contrainte sérieuse à cette productivité. Comparer à la zone humide, les caractéristiques des ravageurs dans cette région de la savanne sont: 1) une grande concentration de l'incidence des ravageurs pendant la période très limitée de culture, 2) une situation plus avantageuse et généralisée pour les ravageurs migratoires au sein de la végétation mince et instable, et 3) le taux bas du parasitisme des parasitoïdes au sein de la population. Parmi les ravageurs, les plus courants en Afrique de l'Ouest sont les thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae), les pineuses, *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae), et les suceuses, *Clavigralla tomentosicollis* Stål (Hemiptera: Coreidae). Concernant le contrôle, la gestion des ravageurs y compris la sélection des variétés résistantes, le système de culture, les insecticides botaniques, le contrôle biologique, et la supervision des ravageurs ont été développés. Néanmoins, malgré les connaissances acquises, il n'y a pas de pratique qui marche seule. Cependant, des combinaisons de pratiques marchent en synergie de manière effective. Ce papier met en lumière les stratégies de la lutte intégrée des ravageurs (IPM) dans le système basé sur l'association mil-niébé en Afrique de l'Ouest.

Mots Clés: niébé, IPM, Afrique de l'Ouest, *Megalurothrips sjostedti*, *Maruca vitrata*, *Clavigralla tomentosicollis*, variété résistante, insecticide botanique, contrôle biologique, supervision des ravageurs

INTRODUCTION

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is an important legume of the tropics and subtropics with various uses. Grains are used for main meal dishes and snacks, while fresh leaves, pods and peas are used as vegetables. The haulm is also a great source of livestock feed. Since all edible parts of the plant are nutritious, providing protein, vitamins and minerals, cowpea is of

great value to human and livestock health. Cowpea is grown throughout West Africa from moist to dry savanna zones in a variety of crop mixtures. Due to its drought tolerance and unique ability to fix nitrogen, the importance of cowpea as a component crop is greater towards the northern areas, where rainfall is less and soils are poor. It is also shade-tolerant and, therefore, suitable for the mixed cropping systems with cereals and root crops. Subsistence farmers in West African savanna usually intercrop their cowpea with maize, sorghum, millet, and cassava.

Although cowpea is an important component in the cereal-based cropping systems, the contribution of cowpea to overall productivity is small (Mortimore et al., 1997). This yield gap is principally due to both abiotic (e.g. drought, poor soil fertility) and biotic (e.g. arthropod pests, diseases, birds and rodents) factors. In most of West Africa, insect pests are reported to be the single most important constraint to cowpea production (Singh et al., 1990). Since the late 1970s, extensive studies on insect pests of cowpea in West African savanna have been lead by the entomologists from International Institute of Tropical Agriculture (IITA) (Singh and Taylor, 1978; Jackai et al., 1985; Bottenberg et al., 1997; Tamò et al., 2002). This stream of studies have hailed the global trend of integrated pest management (IPM), which intended to reduce harmful influences on the environment. However in West Africa, apart from environmental and human health concerns, there are also socio-economic implications that make the use of synthetic insecticides problematic. Among these are low level of farmers' education, lack of capital, high prices of insecticides, lack of input market and access to recommended insecticides (Coulibaly et al., 2002, in press). As advocated by Jackai and Adalla (1997), pest control practices in cowpea should rely on IPM, where synthetic insecticides are used when all other measures fail to keep pests below acceptable levels.

This paper firstly summarizes the features of insect pests in savanna regions and some key pests in the cowpea-cereal cropping systems, and then highlights recent progress of IPM strategies for some key pests in the West African savanna.

FEATURES OF INSECT PESTS IN WEST AFRICAN SAVANNA

Compared with the humid zone, the features of insect pests in the savanna region are: 1) a higher concentration of pest incidence during the limited cultivation period, 2) a more advantageous situation for generalist and migratory pests in the scanty and unstable vegetation, and 3) lower parasitism rates of parasitoids in the pest population.

In the moist savanna, the rainfall pattern is bimodal and cowpea can produce two crops, the first rainy season lasts from April to July, and the second from mid-September to November. Meanwhile in the dry savanna, the beginning and length of monomodal rainy season depend on the latitude. As shown in Fig. 1, high pest incidence is observed throughout only one rainy season without interruption in Kano located in the dry savanna, while the pest occurrence is relatively low and sporadic during two rainy seasons in Cotonou in the moist savanna.

Apart from their target crop as a main host, some insect pests have alternative hosts, depending on the host range of the pests. In the dry savanna, however, it is not rare that host plants entirely disappears in the periods other than the cropping season. To such a harsh environment, some insects have adapted with some specific traits such as broader host range and the ability to diapause and/or migrate seasonally. In savanna and sahelian regions of West Africa, the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) and the Senegalese grasshopper, *Oedaleus senegalensis* Krauss (Orthoptera: Acrididae) are known as

the species which conduct seasonal migration (Launois and Launois-Luong, 1989; Bottenberg, et al., 1997).

In terms of natural enemies, their abundance seems to depend on vegetation of the region rather than the host insect population. Arodokoun (1996) reported that the parasitism level in *M. vitrata* collected from cowpea was lower than those in the pest collected from other alternative hosts. This fact suggests that the parasitism rates in the pests would be low in the dry savanna where the vegetation including host plants of the pests is poor and unstable. In fact, the overall parasitism rate in Kano fluctuated between 4 and 9 % year by year (Bottenberg et al., 1997; Adati et al., unpublished data).

KEY PESTS OF COWPEA

The polyphagous and/or migratory pest species, which are adaptable to the difficult condition in the savanna, as mentioned in the previous section, can be the key pests in this region.

Among a large number of cowpea pest species, the common key pests which distribute in the West African savanna are: the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae), the legume flower thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae), the legume pod borer, *M. vitrata* and the brown pod sucking bug, *Clavigralla tomentosicollis* Stål (Hemiptera, Coreidae), and the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae). Of these, considerable attention has been devoted to *M. sjostedti*, *M. vitrata*, and *C. tomentosicollis* as the target pests in the cowpea-cereal cropping systems in West African savanna.

COMPONENTS OF IPM STRATEGIES

There are a large number of conceptual definitions of IPM. The historical change of the definitions of IPM was summarized by Bajwa and Kogan (2002). According to them, nowadays IPM is commonly referred to as a “crop protection/pest management system” with implication for both methodological and disciplinary integration in the socioeconomic context of farming systems.

Based on the above definition, as components of the strategies for cowpea-cereal cropping systems in the West African savanna, this section contains resistant cowpea varieties, cropping systems, botanical insecticides, biological control, and pest monitoring.

Resistant cowpea varieties

Cowpea varieties which have resistance to insect pests have been developed after evaluating hundreds of germplasm accessions from the gene bank at IITA. A number of varieties which combine resistance to aphid, thrips and bruchid have been developed (Singh et al., 1996; 2002). Among the new varieties, IT97K-207-15, IT95K-398-14, and IT98K-506-1 have a high level of bruchid resistance (Singh, 1999). Nkansah and Hodgeson (1995) confirmed resistance of TVu 801 and Tvu 3000 to a Nigerian strain of aphid. However, only low levels of resistance have been observed for *M. vitrata* and pod sucking bugs, which cause severe damage and grain yield reduction in cowpea. Several studies have suggested mechanisms of varietal resistance to *M. vitrata*. Veeranna and Hussain (1997) found TVx 7 to be resistant and it has a high density of trichomes. Veerappa (1998) reported that the tolerant lines screened out of 45 breeding lines had higher phenol and tannin contents compared to susceptible lines. Singh et al. (2002) suggested that cowpea varieties with pigmented calyx, petioles, pods and pod tips suffer less damage due to *M. vitrata*.

Genes conferring resistance to *M. vitrata* and pod sucking bugs were found to exist in the genomes of some wild *Vigna* species such as *V. vexillata* and *V. oblongifolia*, but the

efforts to transfer these genes from the wild *Vigna* spp. to cowpea have not been successful (Fatokun, 2002). Recently, Koono et al. (2002) reported antibiotic effects of the wild cowpea subspecies, *V. unguiculata dekinditiana* to *C. tomentosicollis*.

Laboratory screening techniques for resistant varieties have been developed. Jackai (1991) used dual-choice arena test, provided a choice of the pods from two cowpea varieties to the *M. vitrata* larva for 72 h. In this test, two wild cowpea relatives TVNu 72 and TVNu 73 were identified with high levels of resistance.

Field screening is often difficult due to low or unknown level or different timing of insect infestation. Adati et al. (unpublished data) demonstrated that the larval incidence of *M. vitrata* differed with maturing period of cowpea varieties although the stage-specific mortalities throughout the larval stages were not significantly different between the varieties. This suggests that the temporal relationship between the oviposition and the cowpea phenology greatly influenced the pest incidence.

To avoid the effect of crop phenology and timing of pest immigration on the pest incidence, 121 breeding lines were classified into five groups by maturing period and the lines in each group were planted at the same time in Kano, northern Nigeria (Yusuf, et al., unpublished data). Within each of the groups, the breeding lines were compared for *M. vitrata* resistance. As a result, significant difference in the pod borer incidence was seen among the varieties in the groups I (extra early maturing) and II (early maturing). The least incidence of *M. vitrata* was observed in extra-early maturing IT93K-452-1 (1.2 larvae/flower) and early maturing IT86D-719 (48% pod damage).

Cropping systems

The traditional farming practice in Africa is that crops are often cultivated in mixtures, such as various patterns of mixed cropping or intercropping. This was with a view to ensure food

security, optimal use of soil and space, maintenance of soil fertility, erosion control, reduction of the need for weeding, and the possible reduction in the incidence of insect pests and diseases. But given the susceptible nature of cowpea to disease and insect attack, several studies have been conducted to determine the best option in a cowpea-cereal based systems. Singh and Emechebe (1998) screened ten cowpea varieties under sole cropping and intercropping with millet with and without insecticide application. They reported that the grain yield of intercropped cowpea was generally higher than that from the sole crop when no insecticide was applied, indicating less insect damage under intercropping. Mensah (1997) reported lower incidence of *M. vitrata* and pod sucking bugs, but higher incidence of *M. sjostedti* in a cropping system with one row of sorghum alternated with two rows of cowpea. However, several trials have demonstrated that there was insufficient evidence to suggest intercropping reduces infestations on cowpea by *M. vitrata* in a consistent and predictable manner (Ezueh and Taylor, 1984; Lawson and Jackai, 1987; Oghiakhe et al., 1991). It has been suggested that certain crop arrangement probably predisposes crops in a mixture to a higher infestation by certain insect pest. Such contradictory reports on the effects of intercropping on pest attack could probably be attributed to the difficulty of teasing out the ecological factors that can affect insect plant relations. Andow (1991) analyzed 209 studies involving 287 pest species. Compared with monocultures, the population of insect pests in intercrops was lower in 52 % of the studies (149 species) and higher in 15 % (44 species). Of the 149 pest species with lower populations in intercrops, 59 % were monophagous and 28 % polyphagous.

To make a further elucidation on the implication of pest incidence to cowpea yield in cowpea-cereal based systems, the effect of cropping system, cowpea variety and insecticide application on pest incidence and grain yield was investigated in Kano (Yusuf et al., unpublished data). As shown in Table 2, the grain yield was significantly higher in sole

cropping among others with and without insecticide application than that in intercropping (a row of sorghum and a row of cowpea alternately planted) and strip cropping (two rows of sorghum and four rows of cowpea alternately planted). No significant difference was observed in the incidence of *M. vitrata* and thrips between the cropping systems. However, the resistance of the cowpea varieties to the legume pod borer differed within the cropping systems. For example, significantly higher incidence of *M. vitrata* occurred on IT90K-277-2 than other varieties under sole cropping with insecticide application, while no significant difference was observed between the varieties under strip cropping and intercropping (Table 2).

Although there have been more cases that mixed cropping reduce pest population rather than sole cropping, its effect seems to depend on combination of crops or varieties in the cropping system, host range of the pest insects, and fauna of natural enemies, as well as the schedule of insecticide application. The present result suggests that grain productivity from intercropping and strip cropping could be further enhanced by two applications of insecticide on the cowpea crop (Table 2). Further studies are needed to clarify the best options combined with cropping system, cowpea varieties, and insecticide application, according to regional circumstances.

Botanical insecticides

In these days when it is well understood that the misuse of synthetic insecticides causes costly environmental pollution and disruption of the balance of nature, development of environment-friendly insecticides is to be desired. Since old times it has been known that several plants have insecticidal and repellent effects. Among them, neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) was introduced from India to West Africa in 1920s, and subsequently neem has been studied for its inhibitory effects on insect pests. Even during the golden days of synthetic

insecticides in other parts of the world, inaccessibility to the products in Africa spurred the studies on botanical insecticides. Jackai (1993) reviewed extensive studies on the use of neem in controlling cowpea pests. In the late 1990s, IITA and national agricultural research and extension systems (NARES) initiated a collaborative research and technology dissemination project for cowpea production in several West African countries. In this project, the effects of botanical insecticides, the leaf extracts of neem, papaya, *Carica papaya* L. (Caricaceae) and the African mint, *Hyptis suaveolens* Poit. (Lamiaceae) have been evaluated.

In 2002, at Sekou in the southern moist savanna zone of Benin, leaf extracts of neem, papaya and *Hyptis* were tested with applications at 5-day intervals on the cowpea variety, KVx61-1 till pod maturity (Hammond et al., unpublished data). As shown in Table 3, significantly higher grain yield was obtained when *Hyptis* extract was applied. This application simultaneously reduced the population of thrips. Although neem and papaya applications gave 170–610 kg/ha of gains in grain yield, no statistically significant effects were observed in the pest incidence and yield. Meanwhile at Kano in the dry savanna, neem leaf extract was tested with 13 applications in total at 7-day intervals on the cowpea variety, IT90K-277-2 (Adati et al., unpublished data). The grain yield for the plots with neem application was significantly higher than that for no application plots, but it was not significantly different from the yield for plots with the soap solution, which was added as a sticker in the neem extract preparation (Table 4). Therefore, no clear effect of neem leaf extract on the pest incidence and grain yield was confirmed in this experiment. In both of the above cases, neem leaves were collected from the nearby fields. Thus, regional variation in quality of the extracts should be considered. In respect of neem, apart from leaf extract, the aqueous seed (kernel) extract and kernel oil were reported to be effective for the control of crop and vegetable pests in northern Nigeria (Anaso and Lale, 2001a; 2001b). Generally, the use of botanical insecticides is more labour intensive than synthetic insecticides, as the

number of applications shown in the above experiment. Further studies on the labour cost for the practice are necessary.

Biological control

During the 1980s and early 1990s, researches on biological control against cowpea pests had mainly focused on exploiting the naturally occurring interactions between pests and their locally available antagonist (Jackai and Daoust, 1986; Tamò et al., 1993a). In most of these cases, however, the overall level of pest control exerted by the indigenous antagonist was observed to be inadequate for controlling the intended pest population. Presently, research at the IITA and other centres like the International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE) is continuing to develop longer lasting solutions to the cowpea pest problem, of which biological control is one of the pillars.

In West Africa, *Ceranisus menes* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) was known to be a larval endoparasitoid for the legume flower thrips, *M. sjostedti* (Tamò et al., 1993b). But subsequent studies revealed poor field parasitism rate on cowpea (Table 5), averaging below 1 % (Tamò et al., 1997) and physiological incompatibility in parasitizing *M. sjostedti* (Diop, 2000). In 1998, *C. femoratus* Gahan collected from flowers of *Centrosema pubescens* Benth. and *Millettia* sp. (Fabaceae) in southern Cameroon was identified as a parasitoid for *M. sjostedti*. This newly discovered parasitoid was then introduced in to the IITA Benin Research Station and experimental releases were carried out in the coastal savanna in Benin and Ghana. In Benin, during the first 1.5 years following release, the monthly average of parasitism by *C. femoratus* remained substantial (Tamò et al., 2003). The parasitism was, however, subjected to seasonal variation, largely influenced by the flowering phenology of the available host plant. Furthermore, several studies suggested that some of the released parasitoids eventually

became established, but their potential impact might still be masked by the continuous and inappropriate use of insecticides.

Natural enemies of the legume pod borer, *M. vitrata* in Africa were summarized by Tamò et al. (1997). From West Africa, the larval parasitoids such as *Phanerotoma leucobasis* Kriechbaumer (Hymenoptera: Braconidae) and *Braunsia kriegeri* Enderlein (Hymenoptera: Braconidae) and the egg parasitoids, *Trichogrammatoidea ?eldanae* Viggiani (Hymenoptera: Trichogrammatidae) have been reported (Arodokoun, 1996; Tamò et al., 1997; Zenz, 1999). However, the available quantitative data indicate that overall parasitism rates on cowpea are low. In Kano, for instance, the annual parasitism rate fluctuated in the low level as shown in Table 1 (Bottenberg et al., 1997; Adati et al., unpublished data).

In 1998, a cypovirus (CPV) was found in southern Benin infecting larvae of *M. vitrata* on wild leguminous plants (Tamò et al., 2003). Disruption of the midgut of the host insect by CPV infection leads to nutritional deficiencies and a reduction in feeding, and CPV-infected pupae and adults are malformed, thus reducing survival and longevity as well as their mating ability and fecundity. Furthermore, as CPV is usually transmitted vertically to the next generation, the viability of offspring may be compromised (Belloncik, 1996). In laboratory studies at IITA, at least some of these characteristics have already been demonstrated in *M. vitrata* larvae infected with indigenous CPV (Tamò et al., 2003).

The pod sucking bug, *C. tomentosicollis* has become the target of investigations into the potential of entomopathogenic fungi as a pest management option. Isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) and *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) from Nigeria with good activity against eggs, nymphs and adult *C. tomentosicollis* were identified by Ekesi (1999) and Ekesi et al. (2002). More recently, *M. anisopliae* isolate ICIPE 69 has been found to be active against adult *C. tomentosicollis* in Benin (Tamò et al., 2003). Egg parasitoids such as *Gryon fulviventris* Crawford (Hymenoptera: Scelionidae) are very common and have been

observed inflicting high mortality to *C. tomentosicollis* egg batches (Asante et al., 2000). However, in most of the cases, they cannot prevent feeding damage by *C. tomentosicollis* in the field, which is caused by migrating adults before oviposition.

Pest monitoring

A recent interesting development in the area of pest monitoring concerns pheromone traps for *M. vitrata*. Laboratory studies by Adati and Tatsuki (1999) indicated that (*E,E*)-10,12-hexadecadienal (EE10,12-16:Ald) and (*E,E*)-10,12-hexadecadienol (EE10,12-16:OH), were major and minor components, respectively, of the *M. vitrata* sex pheromone. But they also reported the antagonistic effect of isomeric impurities in the synthetic pheromone on its attraction. Downham et al. (2003) extended this work by demonstrating that in field experiments in Benin, traps baited with polythene vials containing 0.1 mg of a blend of EE10,12-16:Ald, EE10,12-16:OH and E10-16:Ald in a 100:5:5 ratio caught significantly more males than traps baited with the major component alone, either two-component blend or virgin female moths. Furthermore, the precise dose, blend ratio or isomeric purity of the EE10,12-16:Ald and EE10,12-16:OH components have been found not to be critical in achieving catches in the field (Downham et al., unpublished data). These lures remain attractive for at least four weeks under field conditions, and the most effective design for traps is one produced from 5-litre plastic jerry-cans as shown in Fig. 2 (Downham et al., 2002). These are also easy to construct and robust in use. The cost of fabrication, installation and maintenance of one such trap over a season, including lures and manpower, is approximately US\$ 4.00 (O. Coulibaly, pers. comm.).

In contrast to southern Benin, the pheromone traps were ineffective in the northern region of West Africa. The efficacy of the pheromone traps was compared between different locations in Benin, Niger and Nigeria (Adati et al., unpublished data). Subsequently, at all the

locations to the south of latitude 9° N, the maximum daily catches in the pheromone traps were 2.0–5.0 moths per trap. However, at the most of locations to the north of the same latitude, the maximum daily catches were very few (0–0.4 moths per trap) although there were large number of catches in the light trap at some locations in the same region. A marked exception was observed in Malanville (11° 52' N) on the Niger River, where the maximum daily catch was 20 moths per trap. A likely explanation appears to be a lowered responsiveness to the lures due to altered physiological or behavioural characteristics in the different geographical regions, including the migrating pattern, mated status, and host plant vegetation. Continuing investigations should resolve the issue and may indicate some ways in which traps can be made more effective in the dry savanna.

Of greatest practical significance was the finding that pheromone trap-catches occur up to 12 days before larval infestations in flowers and a week or more in advance of flowering within cowpea fields (Rurema, 2001; Downham, unpublished data). Thus, trap catches can signal impending infestations and provide an earlier warning than the appearance of flowers. Follow-up research in Benin and Ghana, led by Natural Resources Institute and IITA, is presently focussing on the development of a trap-based threshold. Afun et al. (1991) has shown previously that action thresholds based on larval-flower infestation rates could be used to improve the effectiveness of insecticide applications in cowpea. Preliminary trials of the trap-threshold concept in conjunction with botanical insecticides have provided evidence of its effectiveness, in terms of infestation rates and yield, compared to spraying based on crop stage. Results indicate superiority for spraying based on the trap threshold compared to that based on crop stage. A 3-day delay between attainment of the threshold and the commencement of spraying appears to be better than a 6-day delay, while a threshold of 2 moths per trap is better than 5 moths per trap (Fig. 3).

PROSPECTS OF IPM IN WEST AFRICAN SAVANNA

The above sections summarized the recent progress in pest control strategies, giving a number of examples for various components. Nevertheless, the knowledge accumulated so far suggests that there is no single component that is effective by itself. For instance, the choice of a resistant cowpea variety or a cropping system alone will not be able to control insect pest populations in a vast expanse of the West African savanna. However, if combined with applications of botanical and/or synthetic insecticides, of which appropriate dose and timing based on pest monitoring, it will definitely contribute to a sustainable solution for insect pest problem in the cowpea-cereal cropping systems.

As mentioned in the above section about resistant varieties, we have been getting some promising resistant breeding lines for the key pests. Constant efforts to screen the new varieties should be necessary. A problem if the use of resistant varieties is widespread would be the possible development of insect biotypes. Biotypes are insect populations that have undergone genetic changes which allow them to survive on a host plant that was previously resistant to them. A possible solution to this problem is to reduce selection pressure on the pest population. To avoid monoculture in large area and to introduce mosaic or rotation farming with a mixture of resistant and susceptible varieties would be effective. Recently, transgenic crops which are resistant to insect pests have been developed, and this technology can be applied to cowpea as well. But we should take notice that insect pests can develop their resistance to the toxin produced by the transgenic crops, as they can develop it against synthetic insecticides and conventional resistant varieties.

Compared to resistant varieties and cropping systems, biological control has been behind in research and development particularly in the dry savanna of West Africa. However, recent progress in the use of egg parasitoids and entomopathogenic viruses promises well for

the future. To utilize these control agents effectively, it is particularly important that all other pest interventions remain compatible with biological control. Although never to use synthetic insecticides would not be realistic in the dry savanna, where the incidence of specific insect pests is very high, yet it would be possible to keep the amount of insecticide application at minimum levels by applying the practice of pest monitoring.

Large scale pest monitoring, using light traps, organized by national or regional agricultural research and extension systems would contribute to establish a regional pest management program. Meanwhile, small scale monitoring with pheromone traps or visual scouting for pest population in the field would be very helpful in decision making for farmers to time the application of control measures. In this respect, implementation of pest monitoring provides a potential for farmers to understand the concept and strategies of IPM.

REFERENCES

- Adati T. and Tatsuki S. (1999) Identification of the female sex pheromone of the legume pod borer, *Maruca vitrata* and antagonistic effects of geometrical isomers. *J. Chem. Ecol.* 25: 105–115.
- Afun J. V. K., Jackai L.E.N. and Hodgson C. J. (1991) Calendar and monitored insecticide application for the control of cowpea pests. *Crop Prot.* 10: 363–370.
- Anaso C. E. and Lale N. E. S. (2001a) Efficacy of neem kernel oil on *Podagrica* spp., *Sylepta derogata* (F.) and *Helicoverpa armigera* (Hb.) on okra in Sudan savanna of Nigeria. *J. Arid Agric.* 11: 55–63.
- Anaso C. E. and Lale N. E. S. (2001b) Evaluation of aqueous neem kernel extract for the control of major insect pests of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *J. Arid Agric.* 11: 65–72.

- Andow D. A. (1991) Vegetational diversity and arthropod population response. *Ann. Rev. Entomol* 36: 561–586.
- Arodokoun D. (1996) Importance des plantes-hôtes alternatives et des ennemis naturels indigènes dans le contrôle biologique de *Maruca testulalis* Geyer (Lepidoptera: Pyralidae), ravageur de *Vigna unguiculata* Walp. PhD thesis, University of Laval, Québec. 181 pp.
- Asante S. K., Jackai L. E. N. and Tamò M. (2000) Efficiency of *Gryon fulviventris* (Hymenoptera: Scelionidae) as an egg parasitoid of *Clavigralla tomentosicollis* Stål. (Hemiptera: Coreidae) in Northern Nigeria. *Environ. Entomol.* 29: 815–821.
- Bajwa W. I. and Kogan M. (2002) *Compendium of IPM Definitions (CID): What Is IPM and How Is It Defined in the Worldwide Literature?* IPPC Publication No. 998, Integrated Plant Protection Center (IPPC), Oregon State University, Corvallis. 15 pp.
- Belloncik S. (1996) Interactions of cytoplasmic polyhedrosis viruses with insects. *Adv. Insect Physiol.* 26: 233–296.
- Bottenberg H., Tamò M., Arodokoun D., Jackai L. E. N. Singh B.B. and Youm O. (1997) Population dynamics and migration of cowpea pests in northern Nigeria: implications for integrated pest management, pp. 271–284. In *Advances in Cowpea Research* (Edited by B. B. Singh, D. R. Mohan Raj, K. E. Dashiell, and L. E. N. Jackai). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Coulibaly O., Nkamleu B. and Tamò M. (2002) Technical efficiency of cowpea production in western Cameroon: an application of stochastic frontier analysis. *Storage Prod. Res.* (In press).
- Diop K. (2000) The biology of *Ceranisus menes* (Walker) (Hym., Europhidae), a parasitoid of the bean flower thrips *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thys., Thripidae): a

- comparison between African and Asian populations. PhD thesis, University of Ghana, Legon.
- Downham M. C. A., Tamò M., Hall D. R., Datinon B., Dahounto D. and Adetonah J. (2002) Development of sex pheromone traps for monitoring the legume podborer, *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae), pp. 124–135. In *Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production* (Edited by C. A. Fatokun, S. A. Tarawali, B. B. Singh, P. M. Kormawa and M. Tamò). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Downham M. C. A., Hall, D. R., Chamberlain D. J., Cork A., Farman D.I., Tamò M., Dahounto D., Datinon B. and Adetonah S. (2003) Minor components in the sex pheromone of the legume podborer, *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae): development of an attractive blend. *J. Chem. Ecol.* 29: 989–1011.
- Ekesi S. (1999) Selection of virulent isolates of entomopathogenic hyphomycetes against *Clavigralla tomentosicollis* Stål. and evaluation in cage experiment using three cowpea varieties. *Mycopathologia* 148: 131–139.
- Ekesi S., Adamu R. S. and Maniania N. K. (2002) Ovicidal activity of entomopathogenic hyphomycetes to the legume pod borer, *Maruca vitrata* and the pod sucking bug, *Clavigralla tomentosicollis*. *Crop Prot.* 21: 589–595.
- Ezueh M. I. and Taylor T. A. (1984) Effects of time of intercropping with maize on cowpea susceptibility to three major pests. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 61: 82–86.
- Fatokun C. A. (2002) Breeding cowpea for resistance to insect pests: attempted crosses between cowpea and *Vigna vexillata*, pp. 52–61. In *Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production* (Edited by C. A. Fatokun, S. A. Tarawali, B. B. Singh, P. M. Kormawa and M. Tamò). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.

- Jackai L. E. N. (1991) Laboratory and screenhouse assays for evaluating cowpea resistance to legume pod borer. *Crop Prot.* 10: 48–52.
- Jackai L. E. N. (1993) The use of neem in controlling cowpea pests. *IITA Res.* 7: 5–11.
- Jackai L. E. N. and Adalla C. B. (1997) Pest management practices in cowpea : a review, pp. 240–258. In *Advances in Cowpea Research* (Edited by B. B. Singh, D. R. Mohan Raj, K. E. Dashiell, and L. E. N. Jackai). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Jackai L. E. N and Daoust R. A. (1986) Insect pests of cowpea. *Ann. Rev. Entomol.* 31: 95–119.
- Jackai L. E. N., Singh S. R., Raheja A. K. and Wiedijk F. (1985) Recent trends in the control of cowpea (*Vigna unguiculata*) pests in Africa, pp. 233–243. In *Cowpea Research, Production and Utilization* (Edited by S. R. Singh and K. O. Rachie). John Wiley and Sons, Chichester.
- Koona P., Osisanya E. O., Jackai L. E. N., Tamo M. and Markham R. H. (2002) Resistance in accessions of cowpea to coreid pod-bug *Clavigralla tomentosicollis* (Hemiptera: Coreidae). *J. Econ. Entomol.* 95: 1281–1288.
- Lawson T. L. and Jackai L. E. N. (1987) Microclimate and insect pest populations in mono- and intercropped cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), pp. 231–244. In *Agrometeorology and Crop Protection in the Lowland Humid and Sub-Humid Tropics* (Edited by D. Rijks and G. Mathys). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan and World Meteorological Organization, Geneva.
- Launois M. and Launois-Luong M. H. (1989) *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877) *Sauteriau Ravageur du Sahel*. Département de Formation en Protection des Végétaux, Niamey. 72 pp.

- Mensah G. W. K. (1997) Integrated pest management in cowpea through intercropping and minimal insecticide application. *Ann. Pl. Prot. Sci.* 5: 1–14.
- Mortimore M. J., Singh B. B., Harris F. and Blade S. F. (1997) Cowpea in traditional cropping systems, pp. 99–113. In *Advances in Cowpea Research* (Edited by B. B. Singh, D. R. Mohan Raj, K. E. Dashiell, and L. E. N. Jackai). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Nkansah P. K. and Hodgeson C. J. (1995) Interaction between aphid resistant cowpea cultivars and three clones of cowpea aphid and the effect of two light intensity regimes in this interaction. *Int. J. Pest Manage.* 41: 161–165.
- Oghiakhe S., Jackai L. E. N. and Makanjoula W. A. (1991) Cowpea plant architecture in relation to infestation and damage by legume pod borer, *Maruca vitrata* Geyer (Lepidoptera: Pyralidae): effect of canopy structure and pod position. *Insect Sci. Applic.* 12: 193–199.
- Rurema D. -G. (2001) Dynamique des populations de *Maruca vitrata* (Fabricius) (Syn. *Maruca testulalis* Geyer) (Lepidoptere, Pyralidae) dans les cultures de niébé (*Vigna unguiculata*) (L) Walp.: Relation entre infestations larvaires et les vols des adultes sous l'attrait de pheromones. Diplome d'Etudes Superieures Specialisées en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Université Nationale du Bénin. 68pp.
- Singh B. B. (1999) Improved breeding lines with resistant to bruchid, pp. 29–31. In *Annual Report 1999: Project 11: Cowpea-Cereals Systems Improvement in the Savannas*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Singh B. B. and Emechebe A. M. (1998) Increasing productivity of millet-cowpea intercropping systems, pp. 68–75. In *Pearl Millet in Nigerian Agriculture: Production*

- Utilisation and Research Priorities* (Edited by A. M. Emechebe, M. C. Ikwelle, O. Ajayi, M. Aminu-Kano and A. B. Anaso). Lake Chad Research Institute, Maiduguri.
- Singh B. B., Asante S. K., Jackai L. E. N. and Hughes J. (1996) Screening for resistance to parasitic plants, virus, aphid and bruchid, p. 24. In *Annual Report 1996: Project 11: Cowpea-Cereals Systems Improvement in the Dry Savannas*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Singh B. B., Ehlers J. D., Sharma, B. and Freire Filho F. R. (2002) Recent progress in cowpea breeding, pp. 22–40. In *Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production* (Edited by C. A. Fatokun, S. A. Tarawali, B. B. Singh, P. M. Kormawa and M. Tamò). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Singh S. R. and Taylor T. A. (1978) Pests of grain legumes and their control in Nigeria, pp. 99–111. In *Pests of Grain Legumes: Ecology and Control* (Edited by S. R. Singh, H. F. van Emden and T. A. Taylor). Academic Press, London and New York.
- Singh S. R., Jackai L. E. N., Dos Santos J. H. R. and Adalla C. B. (1990) Insect pests of cowpea, pp. 43–89. In *Insect Pests of Tropical Food Legumes* (Edited by S. R. Singh). John Wiley and Sons, Chichester.
- Tamò M., Baumgärtner J. and Gutierrez, A. P. (1993a) Analysis of the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) agroecosystem in West Africa: II. Modelling the interactions between cowpea and the bean flower thrips *Megalurothrips sjostedti* (Trybom). *Ecol. Modelling* 70: 89–113.
- Tamò M., Baumgärtner J., Delucchi V., and Herren H. R. (1993b) Assessment of key factors responsible for the pest status of the bean flower thrips *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae). *Bull. Entomol. Res.* 83: 251–258.
- Tamò M., Bottenberg H., Arodokoun D. and Adeoti R. (1997) The feasibility of classical biological control of two major cowpea insect pests, pp. 259–270. In *Advances in*

- Cowpea Research* (Edited by B. B. Singh, D. R. Mohan Raj, K. E. Dashiell, and L. E. N. Jackai). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Tamò M., Ekesi S., Maniania N. K. and Cherry A. (2003) Biological control, a non-obvious component of IPM for cowpea, pp. 295–309. In *Biological Control in IPM Systems in Africa* (Edited by P. Neuenschwander, C. Borgemeister and J. Langewald). CAB International.
- Tamò M., Arodokoun D. Y., Zenz N., Tindo M., Agboton C. and Adeoti R. (2002) The importance of alternative host plants for the biological control of two key cowpea insect pests, the pod borer *Maruca vitrata* (Fabricius) and the flower thrips *Megalurothrips sjostedti* (Trybom), pp. 81–93. In *Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production* (Edited by C. A. Fatokun, S. A. Tarawali, B. B. Singh, P. M. Kormawa and M. Tamò). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan.
- Veeranna R. and Hussain M. A. (1997) Trichomes as physical barriers for cowpea pod borer *Maruca testulalis* (Geyer) (Lepidoptera: Pyralidae). *Insect Environ.* 3: 15.
- Veerappa R. (1998) Phenol and tannin reduce the damage of cowpea pod borer *Maruca testulalis*. *Insect Environ.* 4: 5–6.
- Zenz N. (1999) Effect of mulch application in combination with NPK fertilizer in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.; Leguminosae) on two key pests, *Maruca vitrata* F. (Lepidoptera: Pyralidae) and *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptera: Thripidae), and their respective parasitoids. PhD thesis, University of Hohenheim.

Table 1. Annual parasitism rate (%) of parasitoids in *Maruca vitrata* collected from cowpea field in Kano, Nigeria^a

Parasitoid	1992	1993	1994	2001	2002
<i>Phanerotoma leucobasis</i>	0.6	1.2	0.3	2.0	6.4
<i>Braunsia kriegeri</i>	7.7	3.3	0.0	2.4	1.7
Tachinidae	0.0	1.8	5.8	0.0	1.2
Total	8.2	6.3	6.1	4.3	9.3

^aSource for 1992–1994: Bottenberg et al. (1997); 2001–2002: Adati et al., unpublished data.

Table 2. Insect pest incidence on four cowpea varieties under three cropping systems with and without insecticide application (Yusuf et al., unpublished data)^{a, b}

Treatment	Thrips/20 flower buds		<i>M. vitrata</i> /20 flower buds		Pod damage (%)		Grain yield (kg/ha)	
	NA	AP	NA	AP	NA	AP	NA	AP
Sole cropping								
IT90K-277-2	16.2	6.4	3.6 a	1.1 a	22.5 a	5.3 a	236 bc	2281 b
IT93K-452-1	17.1	3.2	1.3 b	0.3 b	16.0 a	5.5 a	1242 ab	1801 b
IT97K-499-38	19.9	2.1	3.7 a	0.5 b	20.8 a	3.8 ab	1560 a	3337 a
Dan Ila	8.4	6.7	0.7 b	0.2 b	2.2 b	0.3 b	0 c	0 c
FLSD ($p < 0.05$)	<i>ns</i>	<i>ns</i>	1.4	0.6	9.9	3.7	1161	703
Strip cropping								
IT90K-277-2	20.6 a	5.1	3.7 a	1.1	23.7 a	8.8 a	196 c	1290 b
IT93K-452-1	21.2 a	1.8	2.0 b	0.3	15.0 b	4.3 ab	676 b	1127 b
IT97K-499-38	29.3 a	2.7	4.0 a	1.1	18.5 ab	6.8 a	1165 a	1776 a
Dan Ila	2.6 b	2.1	0.4 b	0.8	2.8 c	0.3 b	0 c	0 c
FLSD ($p < 0.05$)	14.7	<i>ns</i>	1.6	<i>ns</i>	8.6	4.5	241	444
Intercropping								
IT90K-277-2	12.6 a	3.0	3.4 ab	0.9	27.6 a	10.2 a	184 c	866 b
IT93K-452-1	23.2 a	1.6	2.5 b	0.4	18.9 a	7.3 ab	403 b	690 b
IT97K-499-38	30.1 a	2.7	5.0 ab	0.7	23.1 a	5.0 bc	595 a	1447 a
Dan Ila	2.1 b	0.9	0.5 c	0.5	2.8 b	0.9 c	0 d	0 c
FLSD ($p < 0.05$)	15.8	<i>ns</i>	1.9	<i>ns</i>	10.9	5.2	140	326
Cropping systems								
Solecropping	15.4	3.9	2.3	0.5	15.4	3.7	760 a	1855 a
Stripcropping	18.4	2.9	2.5	0.8	15.0	5.1	509 ab	1048 b
Intercropping	19.3	2.0	2.8	0.6	18.1	5.9	295 b	751 c
FLSD ($p < 0.05$)	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	321	240
Varieties								
IT90K-277-2	19.5 a	4.8 a	3.6 a	1.1 a	24.6 a	8.1 a	206 b	1479 b
IT93K-452-1	20.5 a	2.2 b	1.9 b	0.4 c	16.6 b	5.7 ab	774 a	1206 b
IT97K-499-38	26.4 a	2.5 b	4.2 a	0.8 ab	20.8 ab	5.2 b	1107 a	2187 a
Dan Ila	4.4 b	2.2 b	0.5 c	0.5 bc	2.6 c	0.5 c	0 b	0 c
FLSD ($p < 0.05$)	7.5	1.9	1.0	0.4	5.6	2.6	371	277

^aFor every sub-set of the data within the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$) by Fisher's protected LSD following ANOVA ($p < 0.05$, *ns* : not significant). Before analysis, data for insect numbers and pod damage proportion were square root and arcsine transformed, respectively.

^bNA: no insecticide application; AP: insecticide applications at flowering and podding time.

Table 3. Field trial of neem, papaya, and *Hyptis* leaf extract on pest incidence and grain yield in Sekou, Benin in 2002 (Hammond, et al., unpublished data)^a

Treatment	No. of thrips (/flower)	No. of <i>M. vitrata</i> larvae (/10 flowers)	No. of pod sucking bugs observed (/plot)	Grain yield (kg/ha)
Neem	5.1 b	1.7 ab	3.1 <i>ns</i>	1133 b
Papaya	5.2 b	1.5 ab	2.8	1572 ab
<i>Hyptis</i>	4.7 b	1.6 ab	2.0	2102 a
Synthetic insecticide	4.0 b	1.0 b	2.3	1867 a
No application	7.3 a	3.0 a	4.6	960 b

^a Figures in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$) by Tukey's test following ANOVA ($p < 0.05$, *ns* : not significant).

Table 4. Field trial of neem leaf extract on pest incidence and grain yield in Kano, Nigeria in 2002 (Adati et al., unpublished data)^a

Treatment	Aphid incidence (rating scale) ^b	No. of thrips (/flower bud)	No. of <i>M. vitrata</i> larvae (/10 flower buds)	No. of pod sucking bugs (/10 hills)	Pod damage (%)	Grain yield (kg/ha)
Neem	5.2 a	2.1 ab	4.8 a	5.0 ab	26.7 bc	510 c
Soap (control) ^c	4.8 ab	2.3 a	5.4 a	4.7 ab	35.0 ab	361 c
2 SI applications ^d	1.7 c	1.6 ab	3.7 ab	4.5 ab	20.2 c	516 b
3 SI applications ^d	(1 application only)	0.2 b	1.0 b	2.8 b	7.1 d	1352 a
No application	3.5 b	2.9 a	5.1 a	8.1 a	40.6 a	2430 c

^a Figures in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$) by Tukey-Kramer's test (except for aphid number grouped by Tukey's test) following ANOVA ($p < 0.05$). Before analysis, data for pod damage proportion were arcsine transformed.

^b Rating scale: 0: no aphid/plant; 1: 1–4 aphids/plant; 3: 5–20 aphids/plant; 5: 21–100 aphids/plant; 7: 101–500 aphids/plant; 9: more than 500 aphids/plant.

^c 0.1 % soap solution, which was added to neem extract as a sticker, was applied alone as control.

^d SI (synthetic insecticide) was applied at 14-day intervals.

Table 5. Assessment of parasitism inflicted by *Ceranisus menes* on larvae of *Megalurothrips sjostedti* collected from different host plants in Benin (adapted from Tamò et al., 2002)

Host plant	Viable <i>M. sjostedti</i> collected	Larvae parasitized	Parasitism (%)
<i>Cajanus cajan</i> (pigeonpea)	694	3	0.4
<i>Cochlospermum planchoni</i>	235	45	19.1
<i>Centrosema pubescens</i>	2694	36	1.3
<i>Dolichos africanus</i>	374	30	8.0
<i>Erythrina senegalensis</i>	558	81	14.5
<i>Lonchocarpus cyanescens</i>	5670	217	3.8
<i>Lonchocarpus sericeus</i>	8357	95	1.1
<i>Pterocarpus santalinoides</i>	7590	30	0.4
<i>Tephrosia bracteolata</i>	1750	102	5.8
<i>Tephrosia candida</i>	8220	361	4.4
<i>Tephrosia platycarpa</i>	1142	52	4.6
<i>Vigna unguiculata</i> (cowpea)	3822	5	0.1

Fig. 1. Adati et al.

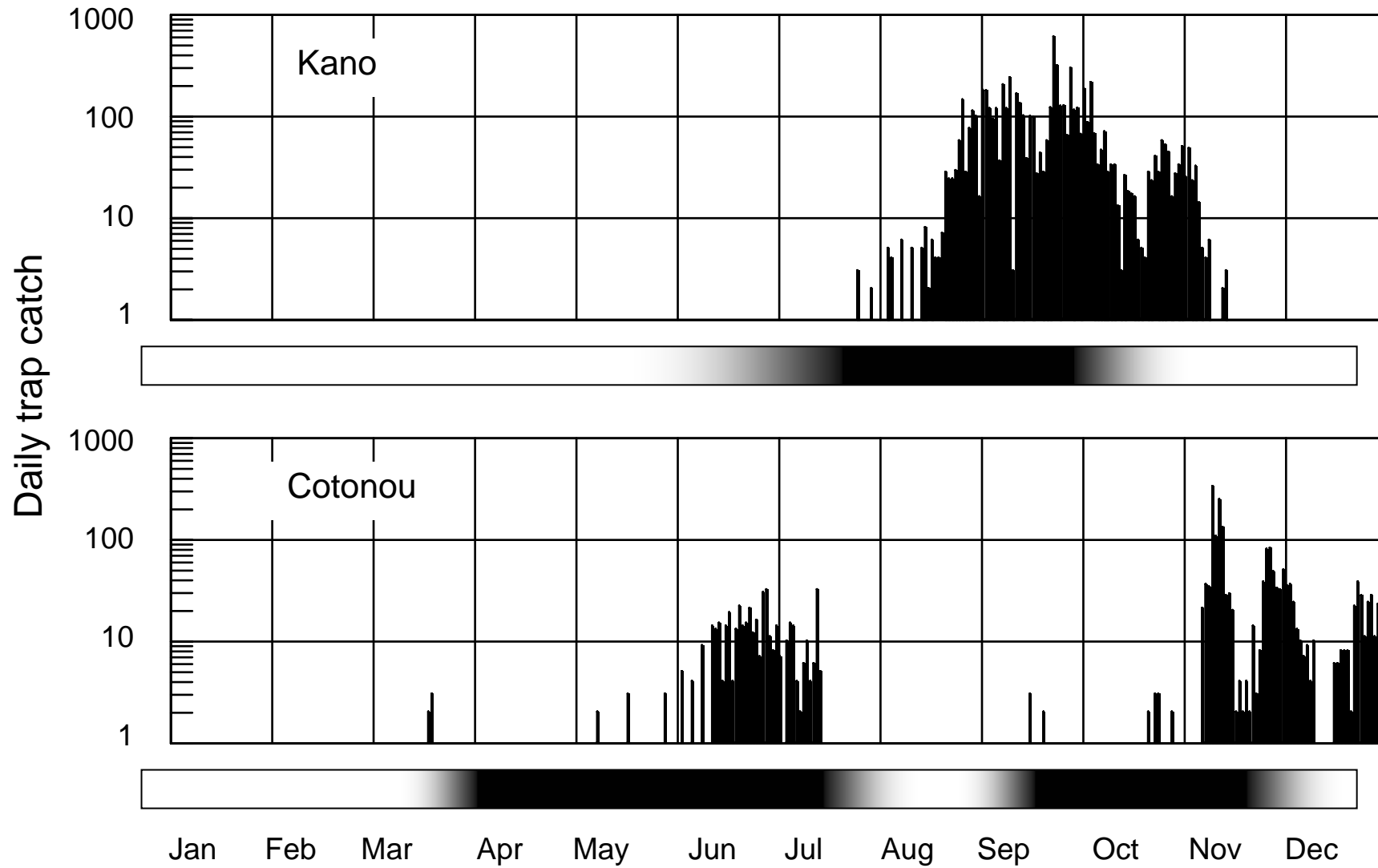


Fig. 2. Adati et al.

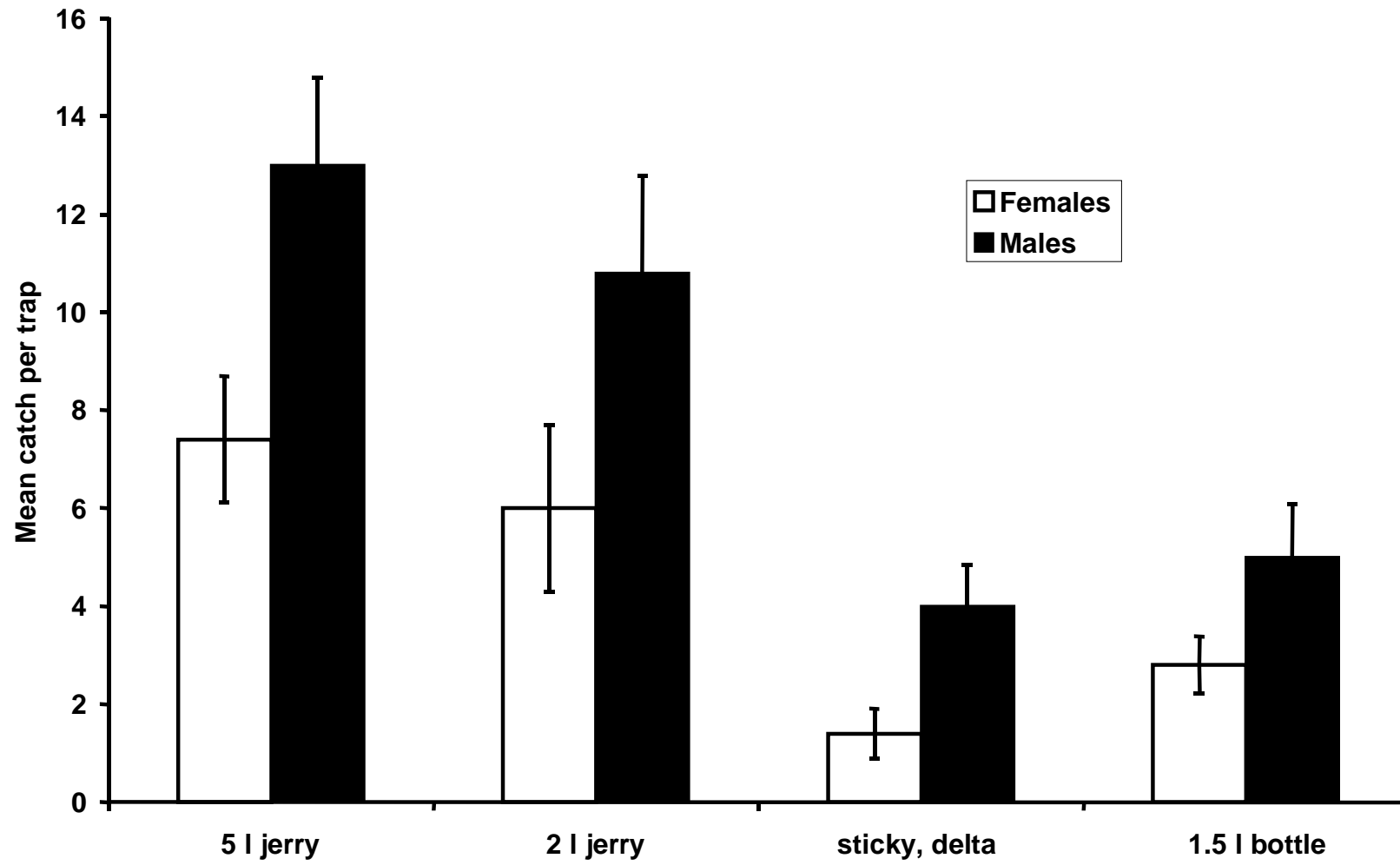


Fig. 3. Adati et al.

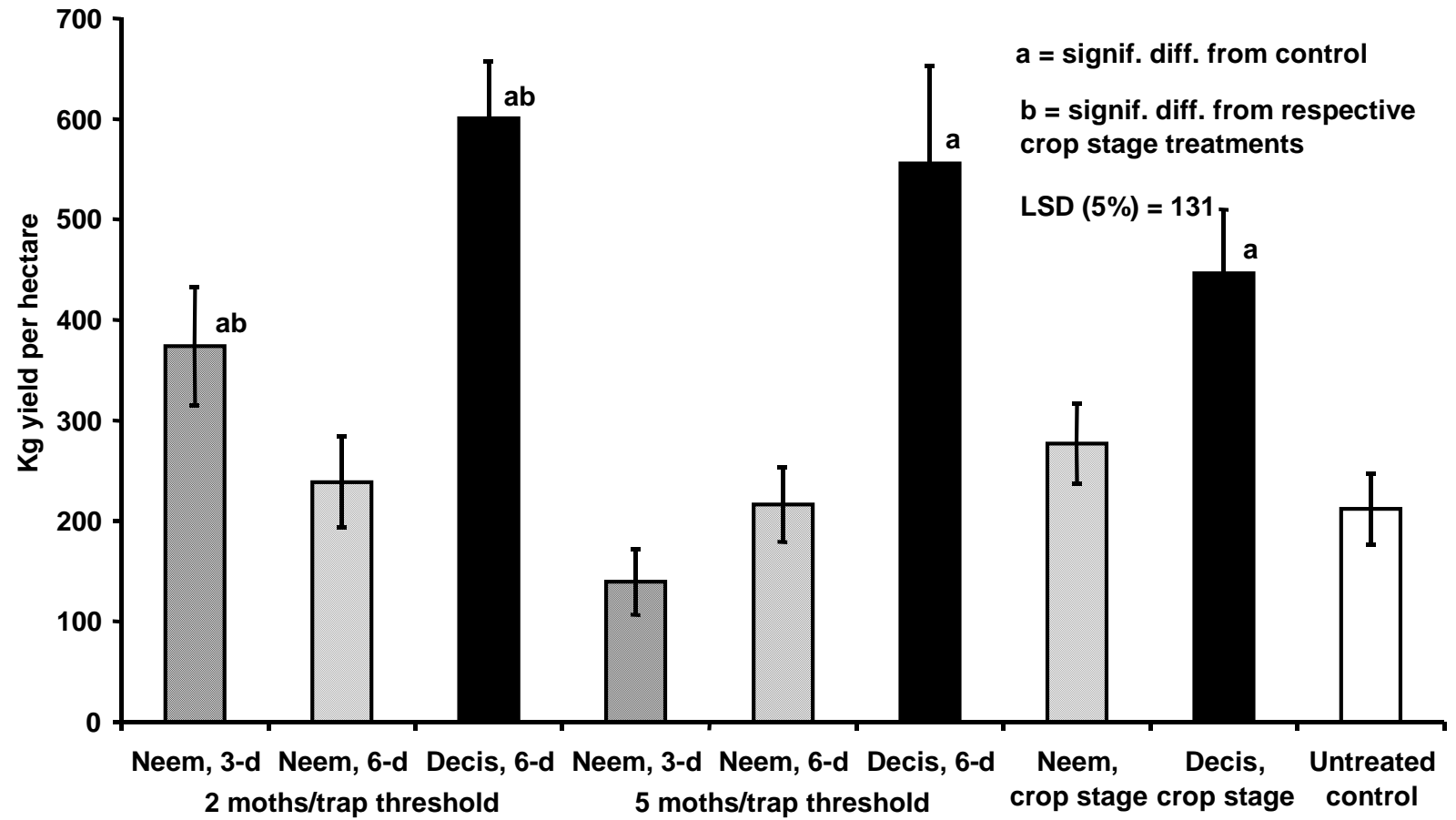


FIGURE LEGENDS

Fig. 1. Daily light trap catch of *Maruca vitrata* moth at Kano in the dry savanna and Cotonou in the moist savanna in 2002. Dark zones in the horizontal bars under the abscissas indicate rainy seasons. Source: Adati et al., unpublished data (Kano) and Downham et al., unpublished data (Cotonou).

Fig. 2. Mean catches/trap of *Maruca vitrata* in a trap design experiment, at IITA, Cotonou, Benin, September – November 1999 (adapted from Downham et al., 2002). Vertical bars indicate standard errors.

Fig. 3. Cowpea yields recorded in a test of the pheromone trap threshold concept (Downham, unpublished data). 3-d = 3 day delay between attainment of the threshold and spraying; 6-d = 6 day delay; ‘crop stage’ refers to spraying beginning at 25% flowering; Neem = neem leaf extracts; Decis = deltamethrin.

ANNEX 7 – Publication 12

Étude coût-bénéfice des pièges à phéromone de *Maruca vitrata* (Cost-benefit study of *Maruca vitrata* pheromone traps). S. Adetonah, O. Coulibaly, C. Aitchedji and B. Datinon. Unpublished Report.

ETUDE COUT-BENEFICE DES PIEGES A PHEROMONE DE MARUCA VITRATA

Justification

Le niébé *Vigna unguiculata* est une légumineuse la plus cultivée au Bénin. Il joue un rôle important dans la sécurité alimentaire des populations rurales et du point de vue économique il est une source génératrice de revenus en milieu rural.

Cependant, il est confronté à de nombreux problèmes qui limitent sa production ; ce sont les attaques des insectes, de maladies, le problème de stockage et le manque d'organisation du marché. à savoir les insectes et les maladies.

Beaucoup de méthodes de lutte ont été préconisées telle que la lutte biologique, les techniques culturales, les variétés améliorées et la lutte chimique. Parmi La lutte chimique s'avère efficace mais son danger sur la santé et l'environnement n'est pas négligeable.

Beaucoup de décès ont été enregistrés dans ses deux dernières années dans le Borgou et dans le Zou nord due à l'utilisation anarchique des insecticides coton précisément l'Endosulfan.

C'est pourquoi le projet de l'Institut des Ressources Naturelles en collaboration avec l'IITA, a initié un projet "Maruca phéromone Trap" dont le but est la gestion de la lutte intégrée en utilisant les pièges à phéromone qui signalent l'arrivée de la foreuse de gousses et de fleurs au champ. Cela permet de réduire les coûts et les périodes de traitements au champ du paysan.

Objectifs

L'objectif principal de cette étude est d'analyser la rentabilité des pièges à phéromone permettant de réduire les coûts et les périodes de traitements.

Les objectifs spécifiques sont :

- évaluer la rentabilité financière des différents systèmes de production avec et sans piège à phéromone
- ressortir l'effet du changement du prix du phéromone
- montrer les avantages tangibles et intangibles de l'installation des pièges à phéromone en milieu rural.

Méthodologie

A) Echantillonnage

L'étude de perception sur les pièges à phéromone après le FFS de cette année a servi de base pour notre échantillonnage pour cette étude. Elle a pris compte les trois zones agro-écologiques (soudano-guinéenne à forte pluviométrie(Couffo) ; soudano-guinéenne à faible pluviométrie(Colline) ; soudano sahélienne (Alibori)) avec un total de 118 producteurs de niébé enquêtés à Davihoué, Gbècochihoué, Assouhoué, Atchakpa, Gobé, Dani, Kantakpara, Sori, et Gounarou.

Au sein des 118 exploitations nous avons considéré les producteurs ayant utilisés au moins une fois les pièges dans leur champ ou ayant participés au moins à l'école paysanne (FFS) où les pièges ont été déjà instaurés dans le programme de formation des paysans.

Ainsi 56 exploitations ont été identifiées et sur lesquelles des enquêtes ont été conduites au milieu paysan.

La combinaison des différentes technologies a donné 21 systèmes de production dont seulement 8 sont rencontrés et retenues dans notre cas

Tableau 1 : Répartition de l'échantillon par système de production

No	Systèmes de production	Effectif
1	Variété locale + sans insecticide + sans traitement + avec piège	5
2	Variété locale + insecticide recommandé et neem + 4 traitements + avec piège	20
3	Variété améliorée + insecticide recommandé (Décis)et neem + 6 traitements + avec piège	2
4	Variété améliorée + insecticide recommandé (orthène) et neem + 6 traitements + avec piège	3
5	Variété améliorée + insecticide recommandé (orthène) + 6 traitements + sans piège	7
6	Variété locale + extrait neem/papayer + 6 traitements + sans piège	10
7	Variété locale + insecticide recommandé (orthène) et neem + 6 traitements + sans piège	7
8	Variété améliorée + extrait neem/papayer + 6 traitements + sans piège	2

B) Collecte des données

Au premier niveau, les données primaires ont été collectées par le biais d'un questionnaire administré. à passage unique sur les 56 exploitations au cours du deuxième campagne de 2001

Au deuxième niveau porte sur la recherche des données secondaires auprès des structures impliquées dans le domaine de l'agriculture et des données prises dans la thèse de Casimir AITCHEDJI.

Au troisième niveau porte sur les interviews des personnes pour recueillir des informations complémentaires nécessaires pour les analyses coût/bénéfice.

Les coûts concernent essentiellement les intrants, la main d'œuvre familiale et salariée, et le matériel (équipements).

Les intrants sont seulement les insecticides recommandés, les insecticides coton, et les extraits aqueux de neem et de papayer

La main d'œuvre est évaluée en nombre d'hommes jours de travail par hectare. Elle constitue le temps mis pour chaque activité de l'installation des pièges.

Le matériel est évalué par le prix sur le marché du bâton, de bidon, de leurre, du savon du fil de fer, etc ...

La production est estimée en terme de rendement et évaluée en hectare (avec piège et sans piège)

C) Méthode d'analyse

Les données ont été principalement traitées avec le logiciel Excel et SPSS et un budget financier partiel a été estimé pour chaque système de production qui contribue aux ressources.

Les prix financiers sont ceux que les paysans paient ou reçoivent réellement.

Les quantités physiques des intrants, de la main d'œuvre et du matériel sont utilisés pour le piège et exprimés dans le tableau 2 (voir annexe)

Resultats et Discussion

Cette section présente les résultats de l'étude. L'analyse est faite en deux parties complémentaires. La première partie présente la rentabilité financière des différents systèmes de production avec ou sans piège à phéromone. Cette partie a été complétée par une analyse de sensibilité pour ressortir l'effet du changement du prix du phéromone. Tandis que la deuxième partie montre les avantages tangibles et intangibles de l'installation des pièges à phéromone. A ce niveau, nous avons fait la comparaison entre le coût de l'installation des pièges et ce que le producteur gagne en terme de réduction du nombre de traitements phytosanitaires.

Première partie :

Les tableaux 5 présentent les résultats de l'analyse coût-bénéfice des systèmes de production du niébé utilisant des pièges ou sans piège. Huit (8) systèmes production ont été identifiés dont quatre (4) systèmes dans lesquels les producteurs ont introduit la technique du piège à phéromone et quatre systèmes sans pièges. A ce niveau de l'analyse, nous avons distingué 4 scénarios en faisant varier le prix d'achat au producteur du phéromone (prix unitaire du phéromone : cas1=200, cas2=250, cas3=300, cas4=430 FCFA). Mais, les résultats obtenus n'ont pas montré une différence très significative au niveau de la rentabilité des systèmes étudiés.

A travers ces résultats, nous constatons que tous les huit (8) systèmes (avec piège et sans piège) étudiés sont financièrement rentables (Marge brute positive ou Ratio B/C financier >1). Ceci signifie que l'activité de production du niébé est toujours rentable au producteur quelle que soit l'option choisie: utilisation ou non utilisation des pièges des
Nous pouvons ressortir ici quelques résultats. Notamment, ceux des 4 systèmes de production dans lesquels on a installé des pièges :

- Variété Locale + sans traitement + avec piège (ratio B/C financier = 2.3)
- Variété Locale + Insecticides recommandés (orthène et neem) + 4 Traitements + avec piège (ratio B/C financier = 1.19)
- Variété Améliorée + Insecticides recommandés (Decis et neem) + 6 Traitements + avec piège (ratio B/C financier = 2.02) ; (Zone 1 : Davihoué)

- Variété Améliorée + Insecticides recommandés (orthène et neem) + 6 Traitements + avec piège (ratio B/C financier = 2.99) ; (Zone 2 : Gobé)

Du fait que tous les systèmes étudiés sont profitables au producteur qu'il installe de piège ou pas, une question fondamentale se pose : où se trouve l'intérêt économique du producteur de niébé à adopter les pièges à phéromone ?

C'est la réponse à cette question qui nous a amenés à considérer les types de traitements phytosanitaires utilisés et le nombre de traitements effectués. Le détail est présenté dans la partie 2.

Deuxième partie :

Il importe ici de rappeler l'objectif de l'installation des pièges à phéromone. En effet, les pièges signalent l'arrivée de *Maruca* dans le champ du paysan. A cette alerte, ce dernier prend la décision de traiter son champ au moment juste et sans gaspillage. En d'autres termes, les pièges permettent aux paysans de rationaliser les traitements phytosanitaires en vue d'une production rentable et durable. Ainsi, avec la technique des pièges, le paysan peut réduire le nombre de traitement phytosanitaire par rapport à sa pratique habituelle (pratique paysanne sans piège).

Pour cela, nous avons cherché à comparer le coût des traitements phytosanitaires réduits au coût lié à l'installation des pièges. Si le coût des traitements phytosanitaires réduits est supérieur au coût lié à l'installation des pièges, alors le paysan gagne financièrement et contribue à la protection de l'environnement. Dans ce premier cas, il est très bénéfique pour le paysan d'installer les pièges et de bien les surveiller. Mais, si le coût des traitements phytosanitaires réduits est inférieur au coût lié à l'installation des pièges, alors le paysan perd financièrement. Ici, l'installation des pièges devient alors une charge supplémentaire au paysan. Dans ce deuxième cas de figure, il va falloir trouver des mécanismes de diffusion qui vont permettre aux paysans d'accéder aux pièges à moindre coût. Ces résultats dépendent du type de traitement phytosanitaire appliqué (extraits aqueux, insecticides recommandés, insecticides non recommandés) et du nombre de pièges installés par unité de superficie.

Tableau : Gains tangibles bruts des paysans suivant le Nombre de traitements réduits et par type de traitement effectué (FCFA/HA)

Types de traitement phytosanitaire	Gains du paysan suivant le Nombre de traitements réduits : (Brut)			
	1 traitement réduit	2 traitements réduits	3 traitements réduits	4* traitements réduits
Extrait aqueux	2265	4530	6795	9060
insecticide recommande	8325	16650	24975	33300
insecticide non recommande	9075	18150	27225	36300

*Selon la réalité sur le terrain, le paysan peut réduire au minimum 1 traitement et au maximum 4 traitements selon le type de traitements phytosanitaires (sans toucher à l'efficacité des produits utilisés)

Dans cette deuxième partie, plusieurs scénarios sont considérés. Les résultats de ces différents scénarios sont présentés dans le tableau 6. Nous avons fait une simulation suivant les critères ci-après :

- Le prix du 'leure' : 200, 250, 300, 430 FCFA/unité,
- L'unité de superficie considérée est 1ha,
- Le nombre de pièges à pheromone par hectare : 15, 12, 10, 8 et 6 pièges par hectare.
- Pour chaque prix de 'leure' fixé, nous avons considéré cinq (5) scénarios en fonction du nombre de pièges installés par hectare soit au total vingt (20) cas. Les tableaux 6A, 6B, 6C et 6D présentent les résultats obtenus cas par cas.

L'adoption de la technique des pièges à pheromone entraîne chez le paysan la réduction du nombre de traitements phytosanitaires. Ainsi, les paysans peuvent économiser de l'argent en réduisant le nombre de traitements phytosanitaires. Cet argent dépend du nombre de traitements réduits et du type de traitements (extraits aqueux, insecticides recommandés, insecticides non recommandés). C'est ce que nous avons essayé de ressortir au niveau des tableaux 6A, 6B, 6C et 6D :



Le prix du 'leure' est fixé à 200 FCFA (tableau 6A)

- Cas 1 : 15 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 14 traitements aux extraits aqueux, 5 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 14 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 5 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils sont impossibles à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.

- Cas 2 : 12 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 11 traitements aux extraits aqueux, 3 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 11 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 3 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans ce cas, ce seuil peut être atteint car les paysans font habituellement 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Ceci signifie qu'ils vont traiter leur champ **une seule fois sur les quatre**. Mais, est-ce qu'un seul traitement serait efficace? A quelle période faudrait-il le faire? **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.**

- Cas 3 : 10 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 9 traitements aux extraits aqueux, 3 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le

paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 9 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 3 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans cette situation, ce seuil peut être impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. Ceci signifie qu'ils vont traiter leur champ **une seule fois sur les quatre**. Mais, est-ce qu'un seul traitement serait efficace? A quelle période faudrait-il le faire? **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.**

- Cas 4 : 8 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 7 traitements aux extraits aqueux, 2 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 7 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 2 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils peuvent être atteints car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Mais, il ne serait pas efficace de faire un seul traitement aux extraits aqueux. **En conclusion, l'installation des pièges à phéromone serait rentable au paysan s'il traite 2 fois avec des insecticides chimiques recommandés ou non.**

- Cas 5 : 6 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 5 traitements aux extraits aqueux, 2 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 5 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 2 traitements pour que

l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils peuvent être atteints car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Mais, est-ce que 3 traitements aux extraits aqueux (par rapport 8 traitements) seraient efficace ?

L'installation des pièges à pheromone serait rentable au paysan s'il fait :

*** 2 traitements aux insecticides recommandés au lieu de 4 traitements**

*** 3 traitements aux extraits aqueux au lieu de 8 traitements**

➤ **Le prix du 'leure' est fixé à 250 FCFA**

- Cas 1 : 15 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 15 traitements aux extraits aqueux, 4 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 15 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 4 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils sont impossibles à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. **L'installation des pièges à pheromone est non rentable au paysan.**

- Cas 2 : 12 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 12 traitements aux extraits aqueux, 4 et 3 traitements respectivement aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 12 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 4 traitements aux insecticides recommandés et de 3 pour les insecticides non recommandés pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ces seuils peuvent

être atteints car les paysans font habituellement 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Ceci signifie que le paysan va traiter son champ une seule fois au lieu de quatre traitements (insecticide non recommandé) ou ne pas traiter du tout (insecticide recommandé). **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.**

- **Cas 3 : 10 pièges/ha**

Les seuils de rentabilité sont de 10 traitements aux extraits aqueux, 3 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 10 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 3 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans cette situation, ce seuil peut être atteint car les paysans font au plus 4 traitements aux insecticides chimiques recommandés ou non recommandés. Ceci signifie qu'ils vont traiter leur champ **une seule fois sur les quatre**. Mais, est-ce qu'un seul traitement serait efficace? A quelle période faudrait-il le faire ? **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.**

- **Cas 4 : 8 pièges/ha**

Les seuils de rentabilité sont de 8 traitements aux extraits aqueux, 3 et 2 traitements respectivement aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 8 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil ne peut pas être atteint car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. Mais, S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 3 et 2 traitements respectivement pour que l'installation des pièges lui soit profitable. **En conclusion, l'installation des pièges à phéromone serait rentable au paysan s'il traite 2 fois avec des insecticides chimiques non recommandés.**

- **Cas 5 : 6 pièges/ha**

Les seuils de rentabilité sont de 6 traitements aux extraits aqueux, 2 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 6 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 2 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils peuvent être atteints car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Mais, est-ce que 2 traitements aux extraits aqueux (par rapport 8 traitements) seraient efficace ?

L'installation des pièges à pheromone serait rentable au paysan s'il fait :

*** 2 traitements aux insecticides recommandés au lieu de 4 traitements**

*** 2 traitements aux insecticides non recommandés au lieu de 4 traitements**

➤ **Le prix du 'leure' est fixé à 300 FCFA**

- **Cas 1 : 15 pièges/ha**

Les seuils de rentabilité sont de 16 traitements aux extraits aqueux, 5 et 4 traitements respectivement aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 16 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire (respectivement) au moins de 5 et 4 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils sont impossibles à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. **L'installation des pièges à pheromone est non rentable au paysan.**

- **Cas 2 : 12 pièges/ha**

Les seuils de rentabilité sont de 12 traitements aux extraits aqueux, 4 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 11 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 4 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans ce cas, ce seuil peut être atteint car les paysans font habituellement 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Dans les deux situations, ces seuils sont impossibles à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan**

- **Cas 3 : 10 pièges/ha**

Les seuils de rentabilité sont de 10 traitements aux extraits aqueux, 3 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 10 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 3 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ceci signifie qu'il va traiter son champ **une seule fois sur les quatre**. Mais, est-ce qu'un seul traitement serait efficace? A quelle période faudrait-il le faire? **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.**

- **Cas 4 : 8 pièges/ha**

Les seuils de rentabilité sont de 8 traitements aux extraits aqueux, 3 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 8 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides

recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 3 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils peuvent être atteints car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Mais, il ne serait pas efficace de faire un seul traitement aux insecticides chimiques recommandés ou non, ou bien de ne pas traiter du tout (extraits aqueux). **En conclusion, l'installation des pièges à phéromone serait rentable au paysan s'il traite 1 fois avec des insecticides chimiques recommandés ou non.**

- Cas 5 : 6 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 6 traitements aux extraits aqueux, 2 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 6 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 2 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils peuvent être atteints car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Mais, est-ce que 2 traitements aux extraits aqueux (par rapport 8 traitements) seraient efficace ?

L'installation des pièges à phéromone serait rentable au paysan s'il fait :

*** 2 traitements aux insecticides recommandés ou non au lieu de 4 traitements**

*** 2 traitements aux extraits aqueux au lieu de 8 traitements?**

➤ **Le prix du 'leure' est fixé à 430 FCFA**

- Cas 1 : 15 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 18 traitements aux extraits aqueux, 5 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 18 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides

recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 5 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils sont impossibles à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.**

- Cas 2 : 12 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 15 traitements aux extraits aqueux, 4 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 15 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable.. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 4 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ces seuils peuvent pas être atteints car les paysans font habituellement 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés et au plus 8 traitements aux extraits aqueux. **L'installation des pièges à phéromone est non rentable au paysan.**

- Cas 3 : 10 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 12 traitements aux extraits aqueux, 4 et 3 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés (respectivement). C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 12 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 4 et 3 traitements respectivement pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans cette situation, ce seuil peut être atteint car les paysans font au plus 4 traitements aux insecticides chimiques recommandés ou non recommandés. Ceci signifie qu'ils vont traiter leur champ **une seule fois sur les quatre**. Mais, est-ce

qu'un seul traitement serait efficace? **L'installation des pièges à pheromone est non rentable au paysan.**

- Cas 4 : 8 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 10 traitements aux extraits aqueux, 3 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 10 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Ce seuil est impossible à atteindre car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 3 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans cette situation, ce seuil peut être atteint car les paysans font au plus 4 traitements aux insecticides chimiques recommandés ou non recommandés. Ceci signifie qu'ils vont traiter leur champ **une seule fois sur les quatre**. Mais, est-ce qu'un seul traitement serait efficace? **L'installation des pièges à pheromone est non rentable au paysan.**

- Cas 5 : 6 pièges/ha

Les seuils de rentabilité sont de 7 traitements aux extraits aqueux, 2 traitements aux insecticides chimiques recommandés et non recommandés. C'est-à-dire que, si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 7 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. S'il utilise les insecticides recommandés ou non, il lui faudra réduire au moins de 2 traitements pour que l'installation des pièges lui soit profitable. Dans les deux situations, ces seuils peuvent être atteints car les paysans font au plus 8 traitements aux extraits aqueux et 4 traitements aux insecticides recommandés ou non recommandés. Mais, est-ce que 1 traitement aux extraits aqueux (par rapport 8 traitements) serait-il efficace? **L'installation des pièges à pheromone serait rentable au paysan s'il fait :**

- **2 traitements aux insecticides recommandés ou non au lieu de 4 traitements**

•

Dans cette deuxième partie également nous avons un peu détaillé les résultats du tableau 6 en considérant les unités de mesure. Dans le colline l'unité de mesure est la parcelle et dans le couffo, le kanti. Un hectare est égale à 5 parcelles ou 25 kant

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 7.

Cas 1 : 3 pièges/parcelle

On constate que les seuils de rentabilité au niveau des extraits aqueux comm aux insecticides coton et recommandés ne sont pas du tout atteints. Cela veut dire que si le paysan utilise les extraits aqueux, il lui faudra réduire au moins de 14 traitements pour les extraits aqueux et de 5 traitements pour les insecticides coton et recommandés. Dans ce cas les pièges ne sont pas rentables au paysan

Cas2 : 2 pièges/parcelle

Les seuils de rentabilité sont atteints au moins de 18 traitements pour les extraits aqueux, 4 traitements pour les insecticides coton et recommandés. Cela veut dire que le paysan

Conclusion et recommandations

L'activité de production niébé rentable au producteur avec l'utilisation de pièges. Les pièges à pheromone permettent au producteur de rationaliser les traitements phytosanitaires. En installant les pièges, les producteurs doivent pouvoir réduire jusqu'à un seuil minimum le nombre de traitements pour en tirer profit. La rentabilité des pièges à pheromone dépend du prix du 'leure', du nombre de pièges installés par unité de superficie, et du type de traitements phytosanitaires appliqués. En cas d'utilisation des extraits aqueux, l'installation des pièges ne présente pas un intérêt financier pour le paysan quel que soit le prix du 'leure' et le nombre de pièges par unité de superficie (selon nos hypothèses). En ce qui concerne l'usage des insecticides recommandés et non recommandés, l'installation des pièges est rentable au paysan à condition de réduire le nombre de traitements jusqu'à un seuil minimum acceptable sans affecter le rendement du paysan. Pour quelqu'un qui utilise les insecticides chimiques et qui veut installer des pièges, il lui faut traiter au plus 2 fois son champ et placer au maximum 8 pièges/ ha. Plus

le nombre de pièges par unité de superficie baisse, plus l'intérêt financier (avantage tangible) lié à la technique des pièges est élevé, de même que pour le prix du leure.

Pour faciliter l'adoption des pièges à phéromone, il faudra :

- tenir du prix du leure (200, 250, 300, 430 FCFA/ unité)
- sensibiliser les paysans sur le rôle des pièges et leur intérêt pour les paysans
- Monter des essais pour voir les normes recommandables en ce qui concerne le nombre de pièges par unité de superficie en tenant compte de l'efficacité biologique et de l'efficacité (minimiser le coût d'installation des pièges). Ceci permettra de préconiser des techniques simples pour une installation optimale des pièges.(15, 12, 10, 8 ou 6/ ha)
- Associer les groupements villageois dans vulgarisation ou diffusion de la technique des pièges à phéromone.
- Encourager l'adoption collective de la technique en vue réduire ou minimiser le coût d'installation par personne,

ANNEXE

Tableau 1: Temps d'installation de piège

Rebriques	Temps (h-j)
Eau	1.1
Piquet	1.17
Savon	1.08
fil de fer	1.06
bidon	1.76
TOTAL (h)	6.17
TOTAL (h-j)	1.028

Tableau 2: Cout d'installation d'un piège (Cout d'achat + frais de transport + MOD) (/ha)

Cas 1. coût unitaire de piège fixé à 200 fcfa					
	Quantite	PU (sans transport)	Monts (sans transport)	PU (avec transport)	Monts (avec transport)
bidon	1	540	540	550	550
leure	3	200	600	210	630
Savon	1	135	135	145	145
fil de fer	1	205	205	215	215
Main d'oeuvre (H-J)	1	500	500	500	500
TOTAL			1980		2040

Cas 2. coût unitaire de piège fixé à 250 fcfa					
	Quantite	PU (sans transport)	Monts (sans transport)	PU (avec transport)	Monts (avec transport)
bidon	1	540	540	550	550
leure	3	250	750	260	780
Savon	1	135	135	145	145
fil de fer	1	205	205	215	215
Main d'oeuvre (H-J)	1	500	500	500	500
TOTAL			2130		2190

Cas 3. coût unitaire de piège fixé à 300 fcfa					
	Quantité	PU (sans transport)	Monts (sans transport)	PU (avec transport)	Monts (avec transport)
bidon	1	540	540	550	550
leure	3	300	900	310	930
Savon	1	135	135	145	145
fil de fer	1	205	205	215	215
Main d'oeuvre (H-J)	1	500	500	500	500
TOTAL			2280		2340

Cas 4. coût unitaire de piège fixé à 430 FCFA					
	Quantité	PU (sans transport)	Monts (sans transport)	PU (avec transport)	Monts (avec transport)
bidon	1	540	540	550	550
leure	3	430	1290	440	1320
Savon	1	135	135	145	145
fil de fer	1	205	205	215	215
Main d'œuvre (H-J)	1	500	500	500	500
TOTAL			2670		2730

Tableau 3: Cout d'un traitement a l'insecticide chimique (ha)

Rebriques	insecticide non recommande (Dursban)			insecticide recommande(Orthene)		
	Quantite	PU	Montants	Quantite	PU	Montants
insecticide (ha)	1.5	4750	7125	1.5	4250	6375
cout de location d'appareil ULV	1	800	800	1	800	800
MOD (pulverisation)	2.3	500	1150	2.3	500	1150
TOTAL :			9075			8325

Tableau 4: Cout d'un traitement a l'extrait aqueux de neem ou papayer

Rebriques	Quantite	PU	Montants
cout de location d'appareil ULV	1	800	800
MOD (Preparation de l'extrait)	2.29	500	1145
MOD (Pulverisation)	2.24	500	1120
Total			2265

Tableau 5 : Budget partiel de l'installation de piège a pheromone (fcfa/ha)

Cas 1. coût unitaire de piège fixé à 200 fcfa										
Systemes	Rendements	P.U. (Niebe)	Revenu brut	semence	engrais	Insecticide (traitement)	Installati on piège	cout totaux	profit net	Ratio B/C (financier)
VL + Sans insect. + Sans Trt + avec piège	530	175	92750	5000	0	0	30600	35600	57150	2.605337079
VL + Insect. RN + 4Trt + avec piège	500	175	87500	5000	0	33300	30600	68900	18600	1.269956459
VA + insect. RN + 6Trt + avec piège	1040	175	182000	5000	0	49950	30600	85550	96450	2.127410871
VA + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + avec piège	1540	175	269500	5000	0	49950	30600	85550	183950	3.150204559
VA + insect R. (orthene) + 6Trt + sans piège	1190	175	208250	5000	0	49950	0	54950	153300	3.789808917
VL + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	475	175	83125	5000	0	13590	0	18590	64535	4.471490048
VL + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + sans piège	716	175	125300	5000	0	49950	0	54950	70350	2.280254777
VA + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	1250	175	218750	5000	0	13590	0	18590	200160	11.76707907

Tableau 5 : Budget partiel de l'installation de piège a pheromone (fcfa/ha)

Cas 2. coût unitaire de piège fixé à 250 fcfa										
<i>Systemes</i>	Rendement s	P.U. (Niebe)	Revenu brut	semence	engrais	Insecticide (traitement)	Installation piège	cout totaux	profit net	Ratio B/C (financier)
VL + Sans insect. + Sans Trt + avec piège	530	175	92750	5000	0	0	32850	37850	54900	2.450462351
VL + Insect. RN + 4Trt + avec piège	500	175	87500	5000	0	33300	32850	71150	16350	1.229796205
VA + insect. RN + 6Trt + avec piège	1040	175	182000	5000	0	49950	32850	87800	94200	2.072892938
VA + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + avec piège	1540	175	269500	5000	0	49950	32850	87800	181700	3.069476082
VA + insect R. (orthene) + 6Trt + sans piège	1190	175	208250	5000	0	49950	0	54950	153300	3.789808917
VL + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	475	175	83125	5000	0	13590	0	18590	64535	4.471490048
VL + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + sans piège	716	175	125300	5000	0	49950	0	54950	70350	2.280254777
VA + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	1250	175	218750	5000	0	13590	0	18590	200160	11.76707907

Tableau 5 : Budget partiel de l'installation de piège a pheromone (fcfa/ha)

Cas 3. coût unitaire de piège fixé à 300 fcfa										
Systemes	Rendements	P.U. (Niebe)	Revenu brut	semence	engrais	Insecticide (traitement)	Installation piège	cout totaux	profit net	Ratio B/C (financier)
VL + Sans insect. + Sans Trt + avec piège	530	175	92750	5000	0	0	35100	40100	52650	2.312967581
VL + Insect. RN + 4Trt + avec piège	500	175	87500	5000	0	33300	35100	73400	14100	1.192098093
VA + insect. RN + 6Trt + avec piège	1040	175	182000	5000	0	49950	35100	90050	91950	2.021099389
VA + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + avec piège	1540	175	269500	5000	0	49950	35100	90050	179450	2.992781788
VA + insect R. (orthene) + 6Trt + sans piège	1190	175	208250	5000	0	49950	0	54950	153300	3.789808917
VL + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	475	175	83125	5000	0	13590	0	18590	64535	4.471490048
VL + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + sans piège	716	175	125300	5000	0	49950	0	54950	70350	2.280254777
VA + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	1250	175	218750	5000	0	13590	0	18590	200160	11.76707907

Tableau 5 : Budget partiel de l'installation de piège a pheromone (fcfa/ha)

Cas 4. coût unitaire de piège fixé à 430 fcfa										
<i>Systemes</i>	Rendements	P.U. (Niebe)	Revenu brut	semence	engrais	Insecticide (traite-ment)	Installation piège	cout totaux	profit net	Ratio B/C (financier)
VL + Sans insect. + Sans Trt + avec piège	530	175	92750	5000	0	0	40950	45950	46800	2.018498368
VL + Insect. RN + 4Trt + avec piège	500	175	87500	5000	0	33300	40950	79250	8250	1.104100946
VA + insect. RN + 6Trt + avec piège	1040	175	182000	5000	0	49950	40950	95900	86100	1.897810219
VA + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + avec piège	1540	175	269500	5000	0	49950	40950	95900	173600	2.810218978
VA + insect R. (orthene) + 6Trt + sans piège	1190	175	208250	5000	0	49950	0	54950	153300	3.789808917
VL + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	475	175	83125	5000	0	13590	0	18590	64535	4.471490048
VL + insect. RN(orthene+neem) + 6Trt + sans piège	716	175	125300	5000	0	49950	0	54950	70350	2.280254777
VA + extrait Neem/Papayer + 6Trt + sans piège	1250	175	218750	5000	0	13590	0	18590	200160	11.76707907

Tableau 6A : Comparaison entre coûts d'installation de pièges et coûts liés à la réduction du nombre de traitements (FCFA/ha) : prix d'achat unitaire d'un piège 200 FCFA

CAS 1 : installation de 15 pièges/ha											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /ha	Coûts du Nombre de traitements réduits				<i>Gains ou pertes tangibles/ traitements réduits</i>					Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4	Conclusions	
Extrait aqueux	30600	2265	4530	6795	9060	-28335	-26070	-23805	-21540	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	30600	8325	16650	24975	33300	-22275	-13950	-5625	2700	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	30600	9075	18150	27225	36300	-21525	-12450	-3375	5700	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 2 : installation de 12 pièges/ha											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou pertes tangibles/traitements réduits					Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4	Conclusions	
Extrait aqueux	24480	2265	4530	6795	9060	-22215	-19950	-17685	-15420	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	24480	8325	16650	24975	33300	-16155	-7830	495	8820	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	24480	9075	18150	27225	36300	-15405	-6330	2745	11820	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique

CAS 3 : installation de 10 pièges/ha											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	20400	2265	4530	6795	9060	-18135	-15870	-13605	-11340	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	20400	8325	16650	24975	33300	-12075	-3750	4575	12900	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	20400	9075	18150	27225	36300	-11325	-2250	6825	15900	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 4 : installation de 8 pièges/ha											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges supporte par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou perte tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	16320	2265	4530	6795	9060	-14055	-11790	-9525	-7260	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	16320	8325	16650	24975	33300	-7995	330	8655	16980	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	16320	9075	18150	27225	36300	-7245	1830	10905	19980	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 5 : installation de 6 pièges/ha											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	12240	2265	4530	6795	9060	-9975	-7710	-5445	-3180	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	12240	8325	16650	24975	33300	-3915	4410	12735	21060	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	12240	9075	18150	27225	36300	-3165	5910	14985	24060	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique

Tableau 6B : Comparaison entre coûts d'installation de pièges et coûts liés à la réduction du nombre de traitements (FCFA/ha) : prix d'achat unitaire du 'leure' 250 FCFA

CAS 1 : installation de 15 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /ha	Coûts du Nombre de traitements réduits				<i>Gains ou pertes tangibles/ traitements réduits</i>					Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4	Conclusions	
Extrait aqueux	32850	2265	4530	6795	9060	-30585	-28320	-26055	-23790	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	32850	8325	16650	24975	33300	-24525	-16200	-7875	450	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	32850	9075	18150	27225	36300	-23775	-14700	-5625	3450	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 2 : installation de 12 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou pertes tangibles/traitements réduits					Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4	Conclusions	
Extrait aqueux	26280	2265	4530	6795	9060	-24015	-21750	-19485	-17220	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	26280	8325	16650	24975	33300	-17955	-9630	-1305	7020	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	26280	9075	18150	27225	36300	-17205	-8130	945	10020	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique

CAS 3 : installation de 10 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	21900	2265	4530	6795	9060	-19635	-17370	-15105	-12840	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	21900	8325	16650	24975	33300	-13575	-5250	3075	11400	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	21900	9075	18150	27225	36300	-12825	-3750	5325	14400	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 4 : installation de 8 pièges/ha											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges supporte par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou perte tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	17520	2265	4530	6795	9060	-15255	-12990	-10725	-8460	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	17520	8325	16650	24975	33300	-9195	-870	7455	15780	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	17520	9075	18150	27225	36300	-8445	630	9705	18780	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 5 : installation de 6 pièges/ha											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	13140	2265	4530	6795	9060	-10875	-8610	-6345	-4080	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	13140	8325	16650	24975	33300	-4815	3510	11835	20160	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	13140	9075	18150	27225	36300	-4065	5010	14085	23160	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique

Tableau 6C : Comparaison entre coûts d'installation de pièges et coûts liés à la réduction du nombre de traitements (FCFA/ha) : prix d'achat unitaire d'un piège 300 FCFA

CAS 1 : installation de 15 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /ha	Coûts du Nombre de traitements réduits				<i>Gains ou pertes tangibles/ traitements réduits</i>					Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4	Conclusions	
Extrait aqueux	35100	2265	4530	6795	9060	-32835	-30570	-28305	-26040	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	35100	8325	16650	24975	33300	-26775	-18450	-10125	-1800	non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	35100	9075	18150	27225	36300	-26025	-16950	-7875	1200	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 2 : installation de 12 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou pertes tangibles/traitements réduits					Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4	Conclusions	
Extrait aqueux	28080	2265	4530	6795	9060	-25815	-23550	-21285	-19020	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	28080	8325	16650	24975	33300	-19755	-11430	-3105	5220	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	28080	9075	18150	27225	36300	-19005	-9930	-855	8220	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique

CAS 3 : installation de 10 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	23400	2265	4530	6795	9060	-21135	-18870	-16605	-14340	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	23400	8325	16650	24975	33300	-15075	-6750	1575	9900	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	23400	9075	18150	27225	36300	-14325	-5250	3825	12900	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 4 : installation de 8 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges supporte par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou perte tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	18720	2265	4530	6795	9060	-16455	-14190	-11925	-9660	Non rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
insecticide recommande	18720	8325	16650	24975	33300	-10395	-2070	6255	14580	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
insecticide non recommande	18720	9075	18150	27225	36300	-9645	-570	8505	17580	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
CAS 5 : installation de 6 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	14040	2265	4530	6795	9060	-11775	-9510	-7245	-4980	Non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	14040	8325	16650	24975	33300	-5715	2610	10935	19260	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
insecticide non recommande	14040	9075	18150	27225	36300	-4965	4110	13185	22260	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique

Tableau 6D : Comparaison entre coûts d'installation de pièges et coûts liés à la réduction du nombre de traitements (FCFA/ha) : prix d'achat unitaire d'un piège 430 FCFA

CAS 1 : installation de 15 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /ha	Coûts du Nombre de traitements réduits				<i>Gains ou pertes tangibles/ traitements réduits</i>				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	40950	2265	4530	6795	9060	-38685	-36420	-34155	-31890	non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	40950	8325	16650	24975	33300	-32625	-24300	-15975	-7650	non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	40950	9075	18150	27225	36300	-31875	-22800	-13725	-4650	non rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 2 : installation de 12 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou pertes tangibles/traitements réduits				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	32760	2265	4530	6795	9060	-30495	-28230	-25965	-23700	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	32760	8325	16650	24975	33300	-24435	-16110	-7785	540	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	32760	9075	18150	27225	36300	-23685	-14610	-5535	3540	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique

CAS 3 : installation de 10 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	27300	2265	4530	6795	9060	-25035	-22770	-20505	-18240	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	27300	8325	16650	24975	33300	-18975	-10650	-2325	6000	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide non recommande	27300	9075	18150	27225	36300	-18225	-9150	-75	9000	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
CAS 4 : installation de 8 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges supporte par paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains ou perte tangibles				Conclusions	Avantages non tangibles
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	21840	2265	4530	6795	9060	-19575	-17310	-15045	-12780	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
insecticide recommande	21840	8325	16650	24975	33300	-13515	-5190	3135	11460	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
insecticide non recommande	21840	9075	18150	27225	36300	-12765	-3690	5385	14460	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
CAS 5 : installation de 6 pièges/ha)											
Types de traitements	Coût d'installation de pièges /paysan	Coûts du Nombre de traitements réduits				Gains tangibles				Conclusions	<i>Avantages non tangibles</i>
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Extrait aqueux	16380	2265	4530	6795	9060	-14115	-11850	-9585	-7320	rentable	protection de l'environnement, de la santé individuelle et publique
insecticide recommande	16380	8325	16650	24975	33300	-8055	270	8595	16920	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique
insecticide non recommande	16380	9075	18150	27225	36300	-7305	1770	10845	19920	rentable	protection de l'environnement, de la sante individuelle et publique

Tableau 7 : Comparaison entre coûts d'installation de piège et coûts liés à la réduction du nombre de traitements (FCFA/ha)

EXEMPLE DE PARCELLE A SAVE, Collines (1 ha= 5 parcelles)																	
	cout d'installation	Coûts du Nombre de traitements réduits								Gains ou pertes tangibles/ traitements réduits							
		1	2	3	4	5	6	18	19	1	2	3	4	5	6	18	19
Cas 1: 3pieges/parcelle soit 15 pieges/ha																	
extrait aqueux	8190	453	906	1359	1812	2265	2718	8154	8607	-7737	-7284	-6831	-6378	-5925	-5472	-36	417
Insect.Rec	8190	1665	3330	4995	6660	8325	9990	29970	31635	-6525	-4860	-3195	-1530	135	1800	21780	23445
Insect.non Recom	8190	1815	3630	5445	7260	9075	10890	32670	34485	-6375	-4560	-2745	-930	885	2700	24480	26295
Cas 2: 2piege/parcelle soit 10pieges/ha																	
extrait aqueux	5460	453	906	1359	1812	2265	2718	8154	8607	-5007	-4554	-4101	-3648	-3195	-2742	2694	3147
Insect.Rec	5460	1665	3330	4995	6660	8325	9990	29970	31635	-3795	-2130	-465	1200	2865	4530	24510	26175
Insect.non Recom	5460	1815	3630	5445	7260	9075	10890	32670	34485	-3645	-1830	-15	1800	3615	5430	27210	29025
Cas 3: 1piege/parcelle soit 5pieges/ha																	
extrait aqueux	2730	453	906	1359	1812	2265	2718	8154	8607	-2277	-1824	-1371	-918	-465	-12	5424	5877
Insect.Rec	2730	1665	3330	4995	6660	8325	9990	29970	31635	-1065	600	2265	3930	5595	7260	27240	28905
Insect.non Recom	2730	1815	3630	5445	7260	9075	10890	32670	34485	-915	900	2715	4530	6345	8160	29940	31755
EXEMPLE DE KANTI A KLOUEKANME A SAVE, Collines (1 ha= 25 kanti, 1parcelle = 5 kanti)																	
Cas 1: 1pieges/ 1kanti soit 25pieges/ha																	
extrait aqueux	1638	90.6	181.2	271.8	362.4	453	543.6	1630.8	1721.4	-1547.4	-1456.8	1366.2	-1275.6	-1185	-1094.4	-7.2	83.4
Insect.Rec	1638	333	666	999	1332	1665	1998	5994	6327	-1305	-972	-639	-306	27	360	4356	4689
Insect.non Recom	1638	363	726	1089	1452	1815	2178	6534	6897	-1275	-912	-549	-186	177	540	4896	5259
Cas 2: 1pieges/ 2kanti soit 12 pieges/ha																	
extrait aqueux	3276	181.2	362.4	543.6	724.8	906	1087.2	3261.6	3442.8	-3094.8	-2913.6	2732.4	-2551.2	-2370	-2188.8	-14.4	166.8
Insect.Rec	3276	666	1332	1998	2664	3330	3996	11988	12654	-2610	-1944	-1278	-612	54	720	8712	9378
Insect.non Recom	3276	726	1452	2178	2904	3630	4356	13068	13794	-2550	-1824	-1098	-372	354	1080	9792	10518

Cas 3: 1pieges/ 3kanti soit 8 pieges/ha	cout d'installation	1	2	3	4	5	6	18	19	1	2	3	4	5	6	18	19
extrait aqueux	4914	271.8	543.6	815.4	1087.2	1359	1630.8	4892.4	5164.2	-4642.2	-4370.4	4098.6	-3826.8	-3555	-3283.2	-21.6	250.2
Insect.Rec	4914	999	1998	2997	3996	4995	5994	17982	18981	-3915	-2916	-1917	-918	81	1080	13068	14067
Insect.non Recom	4914	1089	2178	3267	4356	5445	6534	19602	20691	-3825	-2736	-1647	-558	531	1620	14688	15777
Cas 4: 1piege/5kanti soit 5pieges/ha	cout d'installation	1	2	3	4	5	6	18	19	1	2	3	4	5	6	18	19
extrait aqueux	2730	453	906	1359	1812	2265	2718	8154	8607	-2277	-1824	-1371	-918	-465	-12	5424	5877
Insect.Rec	2730	1665	3330	4995	6660	8325	9990	29970	31635	-1065	600	2265	3930	5595	7260	27240	28905
Insect.non Recom	2730	1815	3630	5445	7260	9075	10890	32670	34485	-915	900	2715	4530	6345	8160	29940	31755
Cas 5: 2piege/5kantis soit 10pieges/ha	cout d'installation	1	2	3	4	5	6	18	19	1	2	3	4	5	6	18	19
extrait aqueux	5460	453	906	1359	1812	2265	2718	8154	8607	-5007	-4554	-4101	-3648	-3195	-2742	2694	3147
Insect.Rec	5460	1665	3330	4995	6660	8325	9990	29970	31635	-3795	-2130	-465	1200	2865	4530	24510	26175
Insect.non Recom	5460	1815	3630	5445	7260	9075	10890	32670	34485	-3645	-1830	-15	1800	3615	5430	27210	29025
Cas 6: 3pieges/5kanti soit 15 pieges/ha	cout d'installation	1	2	3	4	5	6	18	19	1	2	3	4	5	6	18	19
extrait aqueux	8190	453	906	1359	1812	2265	2718	8154	8607	-7737	-7284	-6831	-6378	-5925	-5472	-36	417
Insect.Rec	8190	1665	3330	4995	6660	8325	9990	29970	31635	-6525	-4860	-3195	-1530	135	1800	21780	23445
Insect.non Recom	8190	1815	3630	5445	7260	9075	10890	32670	34485	-6375	-4560	-2745	-930	885	2700	24480	26295

ANNEX 8 – Publication 17

Hammond, W.N.O., Adéoti, R. and Gbaguidi, B. (Eds.). Selected presentations to the joint PRONAF/Bean-Cowpea CRSP/Project workshop held 8-11 April 2002, IITA, Cotonou, Republic of Benin. (*CD compilation*). See attached CD-R.

ANNEX 9 – Publication 21

Mark Downham, David Hall, Alan Cork, Dudley Farman, Manuele Tamò, Didier Dahounto, Benjamin Datinon, Sounkoura Adetonah & David Chamberlain.
Developing an attractive pheromone blend for the Legume Podborer, *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). Poster presented at: International Society of Chemical Ecology, 19th Annual Meeting, University of Hamburg, Germany. 3-7 August 2002. (p.139 of programme). (See http://www.chemecol.org/meetings/hamburg_02.htm).