

RÉPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
UNION - DISCIPLINE - TRAVAIL

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

N° d'ordre : 197



THÈSE

Présentée au

CENTRE UNIVERSITAIRE DE COCODY

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE 3^{ème} CYCLE

SPÉCIALITÉ : ZOOLOGIE AGRICOLE

(Option Entomologie)

par

OBAME MINKO Daniel

**ETUDE DE L'ENTOMOFAUNE INFÉODÉE
A PHENACOCCLUS MANIHOTI MATILE-
FERRERO EN BASSE CÔTE D'IVOIRE - Relation
trophique entre l'hôte (*Phenacoccus manihoti*,
Homoptera - Pseudococcidae), un
parasite (*Epidinocarsis lopezi*, Hymenoptera-
Encyrtidae) et un prédateur (*Scymnus
couturieri*, Coleoptera - Coccinellidae)**

Soutenue le 23-12- 1993 devant la Commission d'examen :

Président : EHILE Ehouan Etienne Professeur à l'Université d'Abidjan
Membres : FOUA-BI Kouahou Professeur à l'Université d'Abidjan
COULIBALY Nanga Maître de Recherche IDEFOR/DCC
TANO Yao Serge Maître-Assistant à l'Université d'Abidjan

DEDICACE

A

Mes enfants OBAME Ariane et OBAME Franck auxquels je dédie ce laborieux travail , fruit de l'effort soutenu et de l'abnégation.

AVANT - PROPOS

Nous avons réalisé notre travail au laboratoire de Zoologie agricole de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) d'Abidjan.

Avant de présenter le contenu de ce travail, qu'il me soit permis de remercier, en premier lieu, Monsieur le Professeur FOUA-BI Kouahou, Chef du laboratoire de Zoologie et Biologie animale à la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) d'Abidjan. D'abord pour sa disponibilité, en acceptant, après l'encadrement scientifique de mon mémoire de DEA., celui de la thèse. Je le remercie ensuite pour son extrême sensibilité à tous mes problèmes relevant du domaine de la recherche et enfin pour ses précieux conseils qui ont été, pour moi, des stimulants, et qui ont contribué à la réalisation définitive de ce mémoire.

C'est pour moi un agréable devoir de témoigner ma profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur AOUTI AKOSSI Salomon, du Département de Zoologie et Biologie animale, et encadreur académique de cette thèse. Je voudrais qu'il soit totalement rassuré de ma profonde et respectueuse gratitude, pour les conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer tout au long de mes études à la FAST.

Ces remerciements s'adressent également à :

- Monsieur le Professeur SERI Bialli, Doyen de la FAST, pour son attention soutenue à quelques problèmes auxquels j'ai parfois été confronté.

- Monsieur Roger VUATTOUX, Maître-Assistant à la FAST et Directeur de la Station Ecologique de LAMTO, pour sa sollicitude, à chaque fois que le besoin s'est fait sentir et pour sa contribution à l'élaboration de la version définitive de ce travail.

- Monsieur le Professeur EHILE EHOUAN Etienne du Département de Physiologie animale de la FAST, pour son soutien moral. Je voudrais aussi qu'il accepte l'expression de ma respectueuse reconnaissance pour sa précieuse contribution, en ayant accepté d'être le Président du jury.

- Monsieur COULIBALY Nanga, Maître de recherche et Directeur du département café-cacao de l'institut des forêts (IDEFOR/DCC). Je voudrais qu'il soit totalement rassuré de ma respectueuse reconnaissance pour son précieux apport, en tant que rapporteur et membre du jury.

- Monsieur TANO Yao Serge, Maître-Assistant au département de Zoologie et Biologie animale de la FAST pour ses critiques constructives et pour sa participation au jury.

- Messieurs ZONGO Daniel et BEKON KOUASSI Alphonse, Maîtres-Assistants à l'ENSA de Yamoussoukro, pour leur assistance tout au long de mes travaux de recherche.

Je voudrais que Monsieur BOUSSIENGUET Juste, Maître-Assistant à la Faculté des Sciences de l'Université Nationale du Gabon, soit rassuré de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à lui exprimer de sincères remerciements, pour l'assistance constante qu'il m'a apportée, en restant toujours à mon écoute.

Je réserve une place de choix à tous mes enseignants des Universités du Gabon et de Côte d'Ivoire. Je les prie de trouver ici, l'expression de ma respectueuse reconnaissance pour tous les efforts déployés qui ont contribué à me donner une éducation scientifique, sans laquelle je ne me serais pas retrouvé dans ce domaine si complexe et si vaste.

Que toute la colonie gabonaise de Côte d'Ivoire accepte l'expression de ma profonde gratitude, pour la chaleur et le soutien fraternels qu'elle m'a toujours témoignés.

Le dernier hommage revient à Madame Djénéba pour l'enthousiasme avec lequel elle a assuré la dactylographie de cette thèse.

SOMMAIRE

A - INTRODUCTION.....	1
B - GENERALITES ET ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES	8
1. Caractéristiques du climat ivoirien	9
1.1. Considérations générales.....	9
1.2. Données climatiques des années 1991-1992 et 1992-1993 dans la zone d'expérimentation.	10
2. Présentation de <u>Phenacoccus manihoti</u> Matile-Ferrero.....	13
2.1. Apparition de l'insecte et invasion du continent africain.....	13
2.2. Quelques données caractéristiques de l'insecte	14
2.2.1. Caractères morphologiques	14
2.2.2. Caractères biologiques.....	18
3. Facteurs pouvant influencer le développement de <u>P. manihoti</u>	25
3.1. Facteurs abiotiques.....	25
3.2. Facteurs biotiques.....	27
C - MATERIEL ET METHODES.....	34
1. Matériel	35
1.1. Matériel biologique	35
1.1.1. Matériel animal.....	35
1.1.2. Matériel végétal	35
1.2. Matériel technique.....	35
2. Méthodes de travail.....	37
2.1. Détermination de l'entomofaune locale inféodée à <u>P. manihoti</u>	37
2.2. Technique de culture du manioc en sachets	38
2.3. Techniques d'infestation du manioc	40
2.4. Interaction cochenille-entomophages	40
2.5. Etude de la variation d'abondance du ravageur au champ.....	43
2.6. Calculs et analyses statistiques	44
D - RESULTATS - DISCUSSION.....	46
1. Entomofaune locale inféodée à <u>P. manihoti</u>	47
1.1. Résultats	47
1.1.1. Les Hémiptères : Famille des Anthocoridae	47
1.1.2. Les Coleoptères : Famille des Coccinellidae	47
1.1.3. Les Hyménoptères.....	52
1.1.3.1. Famille des Braconidae	52
1.1.3.2. Famille des Ceraphronidae : <u>Aphanogmus manihoti</u> DESSART	52
1.1.3.3. Famille des Elasmidae.....	54
1.1.3.4. Famille des Encyrtidae.....	54
1.1.3.5. Famille des Eulophidae	58
1.1.3.6. Famille des Formicidae	60
1.1.3.7. Famille des Megaspilidae.....	62
1.1.3.8. Famille des Platygasteridae (Platygastridae) : <u>Allotropia sp</u>	64
1.1.3.9. Famille des Pteromalidae : <u>Metastanus sp</u>	64
1.1.3.10. Famille des Scelionidae	66
1.1.4. Les Diptères	68
1.1.4.1. Les Acroceridae	68
1.1.4.2. Les Brachyceridae.....	68
1.2. Discussion	69

2. Caractères morphologiques et biologiques des deux entomophages de <u>P. manihoti</u>	70
2.1. Résultats	70
2.1.1. <u>Epidinocarsis lopezi</u> de SANTIS	70
2.1.1.1. Caractères morphologiques	70
2.1.1.2. Caractères biologiques et éthologiques	72
2.1.2. <u>Scymnus couturieri</u> Chazeau	79
2.1.2.1. Caractères morphologiques	79
2.1.2.2. Caractères biologiques et éthologiques	83
2.2. Discussion	94
2.2.1. Au plan morphologique.....	94
2.2.2. Au plan biologique	95
3. Interaction phytophage-parasite-prédateur.....	98
3.1. Influence de <u>E. lopezi</u> et de <u>S. couturieri</u> sur <u>P. manihoti</u>	99
3.1.1. Influence de <u>E. lopezi</u>	99
3.1.1.1. Résultats.....	99
3.1.1.2. Discussion.....	109
3.1.2. Influence de <u>S. couturieri</u>	113
3.1.2.1. Résultats.....	113
3.1.2.2. Discussion	119
3.2. Influence de l'hôte sur les entomophages	122
3.3. Interaction entre <u>E. lopezi</u> et <u>S. couturieri</u>	125
E - RESUME - CONCLUSION	126
F - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	132

A - INTRODUCTION

Aujourd'hui, l'Afrique fait partie des continents qui connaissent encore de graves problèmes, dont celui de l'alimentation de ses populations.

D'après KNOCKAERT *in* AGBAKA (1991), le coefficient d'autosuffisance alimentaire en Afrique est tombé de 98 % en 1960 à 85 % en 1980 et depuis lors, la situation ne s'est guère améliorée. Dans le même temps, la population du continent a doublé en 30 ans, et le taux de natalité y est l'un des plus élevés au monde (ANONYME, 1988).

Cette situation alarmante a amené l'Organisation des Nations Unies à se pencher sur la question alimentaire du continent. Aussi, en 1987, le programme spécial de relance de l'activité agricole en Afrique, de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O.) est entré dans sa troisième phase (ANONYME, 1987). Celle-ci a été consacrée au financement des projets agricoles dans différents pays du continent.

Selon FOUA-BI (1982), l'alimentation des Africains, surtout ceux au Sud du Sahara, est basée essentiellement, sur les tubercules (manioc, igname, taro etc), les céréales (riz, maïs, sorgho, etc) et le plantain.

Parmi les tubercules, le manioc occupe une place prépondérante. Selon HERREN et BENNETT (1984), le manioc constitue l'aliment de base de 200 millions de personnes en Afrique intertropicale, et un produit de réserve pour la plupart des régions arides du continent. Dans beaucoup de pays, notamment en Afrique Centrale, les feuilles sont également consommées en tant que complément alimentaire.

Originaire d'Amérique latine, le manioc est une plante alimentaire appartenant à la famille des Euphorbiaceae. Il fut introduit dans le delta du fleuve Congo par les Portugais, lors de leur pénétration, vers la fin du XVI^e siècle (ANONYME, 1984 b).

Considéré après son introduction comme aliment d'appoint, le manioc est devenu dès le XIX^e siècle, une denrée de première nécessité en Afrique subsaharienne (BOUSSIENGUET, 1984).

Chaque année, environ 10 millions d'hectares de manioc sont plantés dont plus de 80 % sous forme de petites exploitations paysannes de quelques ares à 1 ou 2 hectares (BOUSSIENGUET, 1984).

LUTALADIO et BROCKMAN *in* BOUSSIENGUET (1984) indiquent que la production totale du manioc en Afrique est estimée à 50 millions de tonnes,

dont plus de 50 % sont fournis par l'Afrique Centrale (Cameroun, Congo, Gabon, République Centrafricaine et Zaïre).

Sur le plan énergétique, le manioc à lui seul, procure plus de 50 % des ressources en calories de 200 millions d'individus en Afrique, soit 80 % de la population de 31 pays (BOUSSIENGUET, 1984).

Pour sa part, la Côte d'Ivoire accorde une attention soutenue à la culture et au développement de cette denrée, eu égard à sa forte proportion dans l'alimentation des ivoiriens, où elle se prépare de diverses manières (attiéké, placali, foutou, atoukpou, gari etc).

Dans les champs, le manioc a toujours été attaqué par des champignons, des bactéries, des virus et par des insectes dont l'Orthoptère Zonocerus variegatus L.

Mais depuis 1973, la cochenille Phenacoccus manihoti et l'acarien vert Mononychellus tanajoa attaquent le manioc de manière importante (ANONYME, 1982). Cependant, les dégâts occasionnés sur le manioc par P. manihoti se sont révélés plus spectaculaires. L'action de cette cochenille, ajoutée à celle des maladies diverses (évoquées précédemment), a provoqué une chute du niveau de production du manioc (NWANZE, 1982).

Selon FABRES et BOUSSIENGUET (1981), la présence de la cochenille P. manihoti fut signalée pour la première fois au Congo par SYLVESTRE en 1972, et à la même époque par HANH et WILLIAMS en 1973 au Zaïre. Depuis cette date, elle a colonisé les plantations d'Angola, du Gabon, du Nigéria, de la République Centrafricaine et du Sénégal. Très récemment, sa présence a été relevée dans d'autres pays, notamment la Côte d'Ivoire, où nous avons observé la dévastation de champs entiers de manioc, au Centre et au Sud du pays, lors des saisons sèches de 1992 et 1993.

Dans la nature, cette cochenille n'a jamais été trouvée sur des plantes autres que le manioc (FABRES, 1981 a). Il s'agit donc d'un ravageur monophage de cette plante.

Les dégâts provoqués par la cochenille sur le manioc en saison sèche sont spectaculaires (ANONYME, 1977 ; FABRES et BOUSSIENGUET, 1981 et ANONYME, 1984 b). Généralement, ces dégâts s'observent en particulier, au niveau du feuillage. La cochenille s'attaque en effet aux bourgeons terminaux et aux jeunes feuilles, provoquant ainsi un rabougrissement du plant et une déformation des feuilles. L'attaque s'intensifiant, on observe l'apparition d'un

sommet buissonnant caractéristique, avec distorsion des feuilles et raccourcissement des entre-nœuds à l'extrémité apicale du plant.

Les cochenilles suceuses de sève comme P. manihoti réduisent fortement la surface foliaire, qui est en relation directe avec l'assimilation chlorophyllienne. Elles modifient en conséquence, la physiologie générale de la plante. Aussi, assiste-t-on le plus souvent, à une chute prématurée des feuilles colonisées et la mort des jeunes plants de manioc. Ces dégâts sont croissants et hypothèquent gravement cette production vivrière de subsistance (BIASSANGAMA *et al.*, 1988). Ils atteignent leur maximum pendant les saisons sèches, au cours desquelles, les gradations des populations connaissent les niveaux les plus élevés (FABRES, 1981c ; LE RU & FABRES, 1987 et NENON *et al.*, 1988).

C'est pratiquement toute la "Ceinture de culture du manioc" (fig. 1) qui est menacée (BOUSSIENGUET, 1984 ; FABRES *et al.*, 1987). HERREN et BENNETT(1984) indiquent que ces dégâts représentent près de 4,5 millions d'hectares de manioc en péril, correspondant à 45 % des terres consacrées à la culture de cette denrée. NWANZE (1982) estime les conséquences de cette invasion à 700 millions de francs C.F.A., soit 30 % de la production totale en tubercules, hormis les pertes en boutures et feuilles fraîches.

Depuis que P. manihoti a fait son apparition, puis occasionné des dégâts sur le manioc, un intérêt particulier s'est développé autour de l'insecte. Ce ravageur suscite de plus en plus d'inquiétude au milieu des chercheurs. Ce qui les a amenés à organiser un colloque au Zaïre en 1978. Celui-ci a permis d'aborder de manière générale, le problème posé par les pullulations de la cochenille, et de proposer les méthodes à mettre en œuvre pour lutter contre ce phytophage (BOUSSIENGUET, 1984). A l'issue du colloque, l'utilisation d'insecticides a été retenue pour lutter contre le ravageur.



Figure 1 : Ceinture de culture du manioc en Afrique

-  Zones de culture du manioc
-  zones ne renfermant pas le manioc

(D'après ANONYME, 1984 b)

Mais dans le cadre de la lutte contre P. manihoti, l'utilisation de pesticides reste inopérante sur le terrain (WODAGENEH, 1985). (PANIS, 1965) indiquait déjà que le revêtement cireux du corps des cochenilles rend peu efficaces les produits organiques de synthèse utilisés couramment dans la lutte chimique. De plus, la rémanence des produits empêche la consommation des feuilles.

Ce qui a conduit les chercheurs à se pencher vers la lutte biologique pour enrayer la cochenille P. manihoti. C'est une stratégie de lutte, permettant de détruire le ravageur, à l'aide des êtres vivants (animaux ou végétaux) qui l'exploitent pour leurs besoins biologiques (alimentation, reproduction, etc). Ces agents biologiques sont couramment appelés ennemis naturels.

P. manihoti, inféodé au manioc, est originaire d'Amérique du Sud, où il ne pose apparemment aucun problème aux cultures de manioc (MATILE-FERRERO, 1977 et GREATHEAD 1978). Dans ces conditions, les pullulations spectaculaires de cette cochenille en Afrique peuvent s'expliquer par un développement de l'insecte, dans une zone biogéographique nouvelle, exempte de ses régulateurs biologiques naturels.

C'est ainsi que les chercheurs procèdent en Afrique, depuis l'observation des dégâts causés par le ravageur, à l'importation des ennemis naturels de la cochenille, de sa zone d'origine, c'est-à-dire l'Amérique du Sud.

En outre, depuis l'établissement de P. manihoti en Afrique, on observe que beaucoup d'insectes indigènes s'y sont adaptés, et semblent jouer un rôle régulateur plus ou moins important. Mais leurs actions sont méconnues par rapport à celles des insectes introduits. On connaît aujourd'hui la baisse de la population d'Anagyrus sp (autrefois seule espèce d'Encyrtidae parasite primaire de P. manihoti), provoquée par l'introduction d'Epidinocarsis lopezi (BIASSANGAMA et MOUSSA, 1987). Par ailleurs, NEUENSCHWANDER *et al.* (1987) ont signalé une concurrence active entre E. lopezi et les prédateurs locaux.

C'est pourquoi, après l'étude de l'entomofaune locale inféodée au manioc, il nous est apparu intéressant d'orienter notre travail, vers l'étude de l'action d'E. lopezi (Hyménoptère importé) et celle d'un entomophage indigène (Scymnus couturieri), sur le développement de la cochenille P. manihoti.

L'importance capitale du manioc dans l'alimentation des populations de l'Afrique subsaharienne, a amené l'International Institute for Tropical Agriculture (I.I.T.A.) à susciter, depuis les années 80, des recherches allant dans le sens de la limitation de la progression du ravageur dans les pays africains, notamment en Côte d'Ivoire.

Notre travail, qui s'inscrit dans cette perspective, a consisté à :

- récolter et identifier les composantes de l'entomofaune locale inféodée à P. manihoti,
- étudier le pouvoir régulateur des espèces parasites ou prédatrices de la cochenille P. manihoti.

B - GENERALITES ET ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

1. Caractéristiques du climat ivoirien

1.1. Considérations générales

La Côte d'Ivoire est située entre le 5^e et le 10^e degrés de latitude Nord. Elle fait partie, de ce fait, du domaine des climats chauds de la zone intertropicale, où les températures sont constamment élevées ; les moyennes journalières demeurent toujours supérieures à 20°C (FOUA-BI, 1982). Il s'agit là des climats qui font la transition entre les climats équatoriaux humides et les climats tropicaux secs (ROUGERIE, 1982 ; BERRON, 1983 et BOUQUET, 1984) *in* SERI (1991).

Il est connu que le climat observé en Côte d'Ivoire résulte des déplacements d'une zone de confluence de deux masses d'air d'humidité différentes, qui règle les variations climatiques de toute l'Afrique de l'Ouest. L'une est sèche, induite par un vent continental, rempli de poussière, de direction Nord-Est-Sud-Ouest, appelé l'harmattan. L'autre est humide : la mousson, provoquée par un vent océanique, et de direction opposée.

Les variations périodiques de pression au niveau de ces deux anticyclones imposent les déplacements de la zone de confluences ou front intertropical (F.I.T). En son sein, la convergence des deux masses d'air occasionne une ascendance de l'air avec formation de nuages (MOYAL, 1988). Le F.I.T., qui se déplace selon un axe Nord-Est-Sud-Ouest, soumet alternativement le pays à l'effet de l'une ou l'autre des deux masses d'air.

Si l'on tient compte des niveaux de distribution de la pluviométrie au cours d'une année, par rapport au mouvement du F.I.T., la Côte d'Ivoire peut être divisée en 4 principales zones climatiques.

- Le Nord, zone de savane herbeuse, est caractérisé par une seule saison des pluies, qui va du mois de Mai au mois d'Octobre, avec son maximum d'intensité en Août, suivie d'une saison sèche de Novembre à Avril (MOYAL, 1988 et SERI, 1991).

- Le Centre, zone de savane arborée et de forêts galeries (SERI, 1991), représente la transition entre les zones climatiques Nord et Sud, à climat très irrégulier, mal défini, où les prévisions se révèlent incertaines (MOYAL, 1988). Toutefois, on observe chaque année, une saison sèche (de Novembre à Mars), et une saison pluvieuse, avec deux maxima pluviométriques en Juin

et Septembre, sans que les mois de Juillet et Août soient réellement qualifiés de secs (SERI, 1991).

- Le Sud, zone forestière, se caractérise par deux saisons sèches (mi-Juillet à mi-Septembre et de Décembre à Mars), alternées avec deux saisons des pluies (d'Avril à mi-Juillet et de mi-Septembre à Novembre), qui présentent leurs maxima pluviométriques respectivement en Juin et Octobre (MOYAL, 1988 ; SERI, 1991).

- Enfin l'Ouest, zone montagneuse, est nettement plus arrosé. La région de l'Ouest est caractérisée par deux saisons ; une saison pluvieuse de Mars à Décembre, et une saison sèche de Décembre à Mars. Il est à noter que les déplacements du F.I.T. ne sauraient entièrement expliquer la distribution des pluies dans cette zone, sans tenir compte de l'influence du relief (MOYAL, 1988).

Compte tenu de la relation étroite qui existe entre la pluviosité et la plante (ANONYME, 1992), les variations de la distribution de l'eau dans le temps et dans l'espace imposent la culture saisonnière des différents vivriers.

1.2. Données climatiques des années 1991-1992 et 1992-1993 dans la zone d'expérimentation.

Nous avons mené notre étude dans la zone Sud de la Côte d'Ivoire, en particulier à Abidjan. Les données climatiques de cette zone géographique du pays nous ont été fournies par l'agence nationale pour l'aviation civile et de la météorologie (A. N. A. M.).

Ces données suggèrent qu'il n'y a pas de variations notables aussi bien pour la température que pour l'humidité relative, dont les valeurs moyennes mensuelles demeurent entre 25 et 28° C et entre 80 et 85 % respectivement.

Par contre, nous notons des variations considérables de pluviométrie au cours d'une année.

Ainsi, en 1991-1992 (fig. 2a), nous relevons une baisse importante de la pluviométrie à partir du mois de Décembre où elle passe de 131 à 14 mm et au mois de Mars (21 mm) en passant par une sécheresse presque totale au mois de Janvier, caractérisé par des traces de pluies.

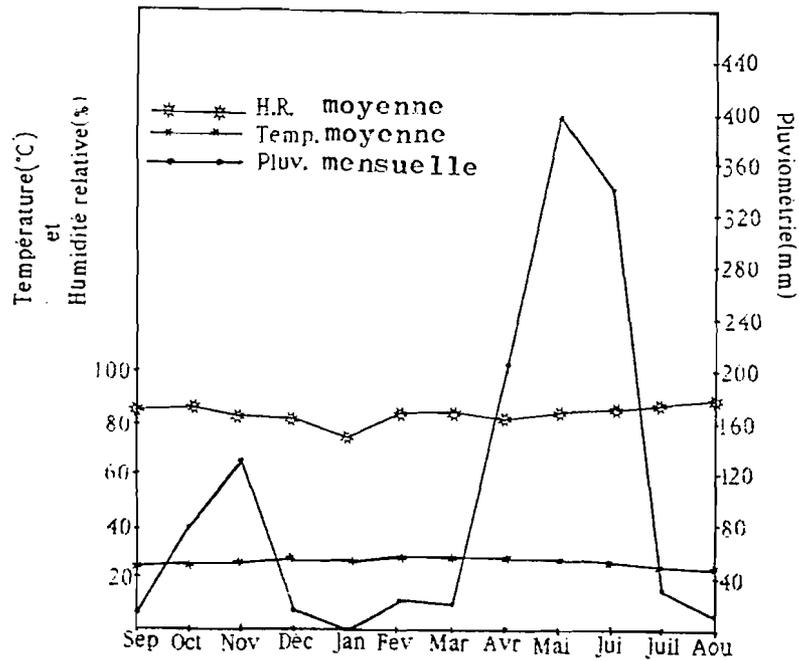


Figure 2a : Variation des facteurs climatiques au cours de l'année 1991-1992 à Abidjan

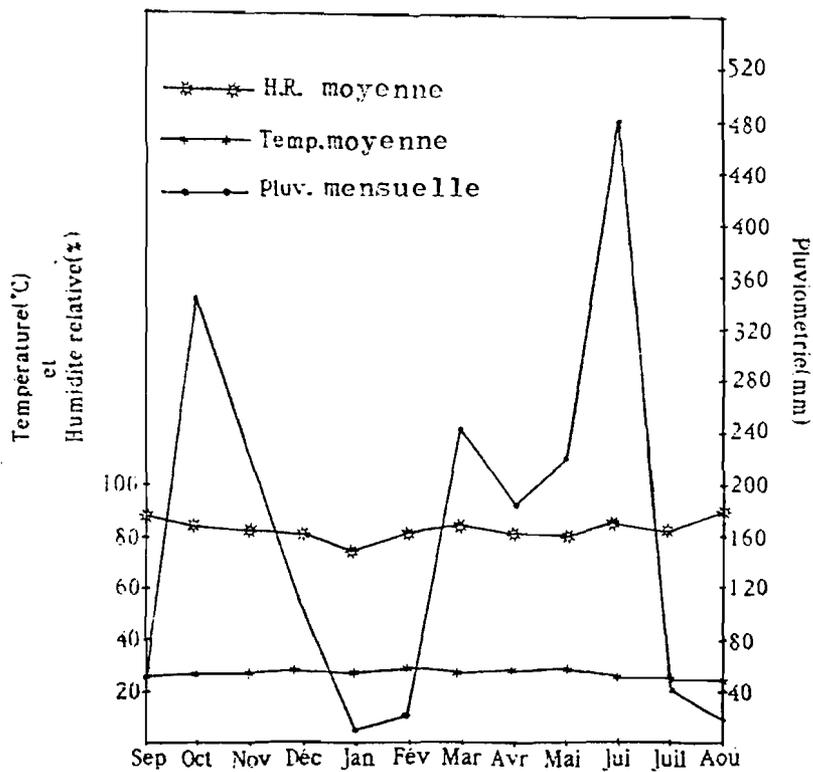


Figure 2b : Variation des facteurs climatiques au cours de l'année 1992-1993 à Abidjan

En revanche, en 1992-1993 (fig 2b), la diminution de la pluviométrie s'observe à partir du mois de Novembre, où elle passe de 343 à 226 mm de pluies. Au mois de Janvier, la pluviométrie connaît la valeur la plus faible (11 mm), qui s'élève à 23 mm au mois de Février, avant d'augmenter brusquement en Mars où elle atteint 242 mm.

Ces deux années (1991-1992 et 1992-1993) présentent donc des faciès climatiques différents, dans la distribution de l'eau dans le temps.

L'observation des hauteurs pluviométriques mensuelles au cours de ces deux années permet de remarquer que la fin de la saison sèche a eu lieu au mois d'Avril en 1992, alors que celle-ci est intervenue au mois de Mars en 1993.

En somme, la Côte d'Ivoire est divisée en 4 grandes zones climatiques : le Nord, le Centre, le Sud et l'Ouest. Chaque zone se caractérise par une variation périodique des données climatiques au cours des années.

Généralement, la zone intertropicale est globalement favorable au développement des insectes, notamment les ravageurs. Ainsi, les paysans sont obligés de lutter quotidiennement par tous les moyens, contre les ennemis variés, dont les insectes, afin de protéger leurs cultures.

Chaque saison de l'année se caractérisant par certaines particularités éco-climatiques, il est possible de prévoir l'éthologie et l'évolution démographique des insectes, notamment la cochenille, dans une zone géographique donnée. Cela permet aux producteurs, notamment les paysans, de prendre les dispositions nécessaires, entrant dans le cadre de la lutte contre les déprédateurs.

2. Présentation de Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO

2.1. Apparition de l'insecte et invasion du continent africain

Plusieurs spécimens de cochenilles rencontrés au Brésil dans les années 70 sur le manioc furent déterminés comme appartenant à l'espèce P.manihoti. Ce qui a amené BENNETT et GREATHEAD (1978), à penser que P.manihoti est originaire d'Amérique du Sud.

Le Commonwealth Institute for Biological Control (CIBC) et l'International Institute for Tropical Agriculture (IITA) ont effectué des campagnes d'exploration entre 1977 et 1980 dans la région éthiopienne. Celles-ci visaient à localiser la région d'origine de ce ravageur, et à trouver des ennemis naturels (HERREN, 1984).

Bien que des chercheurs aient recensé plusieurs spécimens de Pseudococcidae, ils n'ont pu repérer P. manihoti dans leurs échantillons. En revanche, des spécimens de cochenille, découverts dans la partie septentrionale de l'Amérique du Sud, furent décrits en tant que nouvelle espèce : il s'agit de Phenacoccus herreni (COX et WILLIAMS, 1981). HERREN (1984) soutient que les cochenilles identifiées en Amérique du Sud n'appartiennent pas en réalité à l'espèce P. manihoti, mais plutôt à P. herreni.

WILLIAMS (*in* BENNETT et GREATHEAD, 1978) avance que P. manihoti est une nouvelle espèce, morphologiquement proche de Phenacoccus surinamensis GREEN, récoltée aux Caraïbes. Les affinités sud-américaines de P.manihoti ont été confirmées par MATILE-FERRERO (1977), qui retrouve cette espèce dans les échantillons en provenance du Brésil.

BENNETT et GREATHEAD (1978) ont attribué à cette espèce, les récentes pullulations de Pseudococcides sur le manioc en Amazonie.

La cochenille s'était établie dans 23 des 34 pays producteurs de manioc (BOUSSIENGUET, 1984). Le rapide développement de ses populations et l'intensité des attaques du ravageur au cours des saisons sèches de 1974 et 1975 au Congo ont motivé une mission du muséum national d'histoire naturelle de Paris et une étude morphologique minutieuse du Pseudococcidae (MATILE-FERRERO, 1977).

L'Afrique de l'Est, ainsi qu'une bande étroite située entre le Ghana et la Guinée, ont été les seules régions de la "ceinture de culture du manioc" à être épargnées de manière notable à ce moment.

Certains auteurs, notamment HERREN (1984), soupçonnent la circulation du matériel végétal infesté et la dispersion passive par le vent d'être les principaux agents d'introduction et de propagation du ravageur.

2.2. Quelques données caractéristiques de l'insecte

P. manihoti est un Homoptère de la famille des Pseudococcidae. Cette famille a été étudiée par de nombreux auteurs, dont FERRIS et BALACHOWSKY *in* PANIS (1965), WILLIAMS (1974) et O'LOO (1976). La présence de P. manihoti dans les champs de manioc est discrète, et sa morphologie mal connue, surtout chez les paysans.

Le mérite revient à MATILE-FERRERO (1977), qui a donné pour la première fois, une description intéressante des caractéristiques de la cochenille P. manihoti, à partir d'échantillons en provenance de l'Afrique intertropicale.

Cette description ne concerne que les individus femelles, aucun mâle n'ayant jamais été observé, ni dans la nature, ni dans les élevages (BOUSSIENGUET, 1984).

2.2.1. Caractères morphologiques

a/ l'œuf (photo 1)

L'œuf, de forme elliptique et de couleur jaune citron, a une taille moyenne de 0,3 mm de grand axe. Les œufs sont pondus dans un ovisac dont la taille augmente au fur et à mesure de la ponte. Celui-ci est court, large, blanc cotonneux, encadrant latéralement la femelle dont la face dorsale reste dégagée et bien visible chez les individus isolés.

A maturité, les œufs deviennent roses, et il est possible d'observer par transparence, deux tâches noires, correspondant aux yeux de la larve, 24 à 48 heures avant l'éclosion de celle-ci.



Photo 1: Œufs de *P. manihoti* (x 60)

b/ la larve

Le développement de la larve est entrecoupé de 3 mues, correspondant à 4 stades larvaires, la L4 représentant la jeune femelle.

La distinction entre les trois stades préimaginaux se fait par des caractères microscopiques, et par la taille qui peut varier de 0,40 à 1,30 mm. Les caractéristiques des différents stades ont été données par MATILE-FERRERO en 1977 (fig. 3).

* Premier stade larvaire

Les larves de premier stade ont une longueur de 0,40 à 0,60 mm, avec des antennes de 6 articles. A la base de chaque antenne, il y a un pore tubulaire de petite taille. On note la présence d'un crochet à l'ongle du tarse, d'un cerarius anal bien visible, tandis que les autres cerarii ne sont pas distincts. Le circulus, développé et de forme variable en relief et à contour digité latéralement, est souvent mamelonné au centre. Les ostioles sont présentes. La face dorsale montre des épines accompagnées de pores triloculaires, réparties en bandes longitudinales.

* Deuxième stade larvaire

La longueur des larves est comprise entre 0,60 et 0,79 mm.

A l'exception des pores tubulaires, tous les caractères précités sont présents. En plus, on note la présence d'une paire frontale et d'un élément près de chaque stigmaté antérieur.

A la face ventrale, on observe des glandes pentaloculaires, sensiblement de même taille que celles des autres stades, distribuées en bandes transversales sur les segments abdominaux et en désordre sur le reste du corps.

Les pores triloculaires sont absents dans les régions médiane et submédiane. La pilosité est réduite.

* Troisième stade larvaire

Ici, les larves mesurent de 0,80 à 1,30 mm. Les antennes comptent 7 articles. On dénombre 18 paires de cerarii saillants latéralement chez les jeunes individus. Il y a absence totale de pores tubulaires.

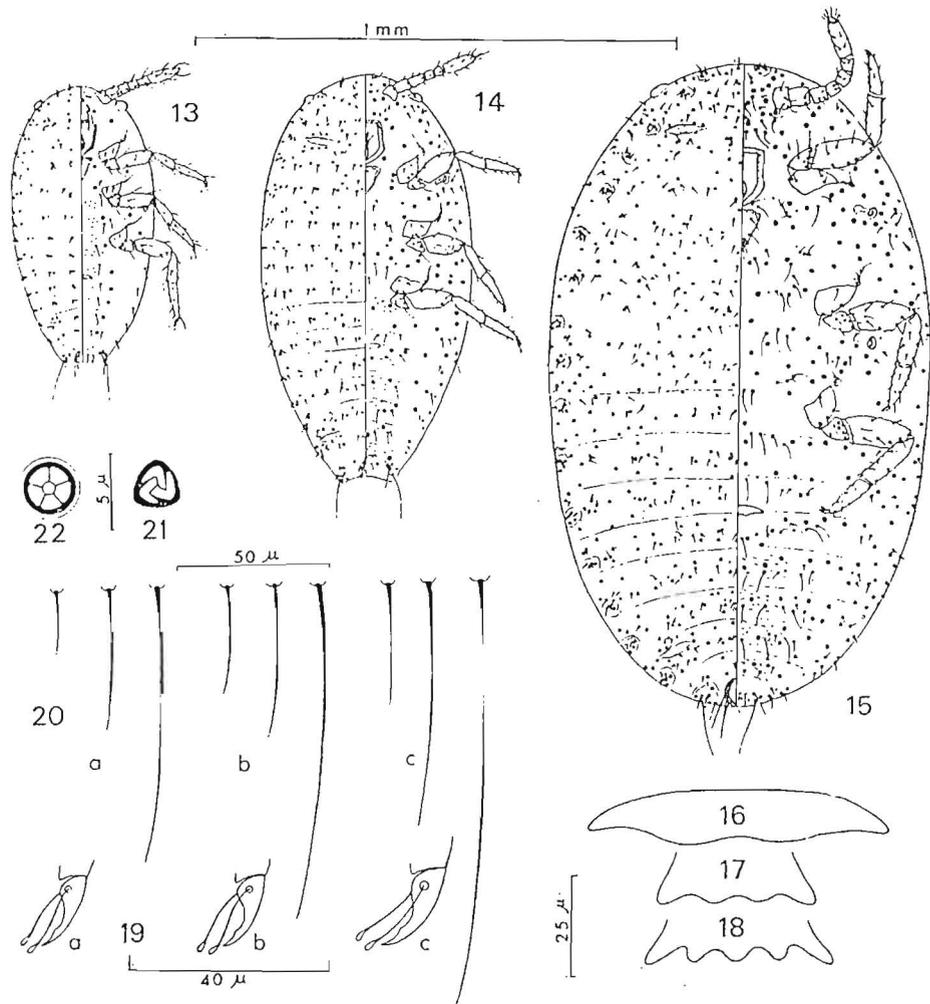


Figure 3 : Caractéristiques des stades larvaires de P. manihoti

13 à 22, Phenacoccus manihoti, stades larvaires : 13, st. I, dessin d'ensemble; 14, st. II, id.; 15, st. III, id.; 16, contour du circulus, st. III; 17, id.; st. II; 18, id., st. I; 19, ongle du tarse: a, st. I, b, st. II, c, st. III; 20, (de gauche à droite), soie auxiliaire anale, soie de l'anneau anal et soie anale: a, st. I, b, st. II, c, st. III; 21, pore triloculaire (commun aux trois stades); 22, glande pentaloculaire (commune aux trois stades)

(D'après MATILE-FERRERO, 1977)

Ventralement, on observe des glandes pentaloculaires, distribuées uniformément, subégales à celles des stades de 1 et 2 : pores triloculaires absents en régions médiane et submédiane, et la pilosité est moyenne.

c/ l'adulte (photo 2)

La femelle, dont la taille est comprise entre 1,5 et 3 mm, est de forme ovoïde et de couleur rosée.

Elle est recouverte d'une pruinosité finement granuleuse, laissant la segmentation visible. Sur les bords du corps de l'insecte, les sécrétions correspondant aux Cerarii, se présentent sous forme de renflements, qui confèrent un aspect dentelé au contour du corps de l'animal.

2.2.2. Caractères biologiques

a/ Reproduction

La reproduction de P. manihoti est parthénogénétique, de type thélytoque (FABRES et BOUSSIENGUET, 1981 ; BOUSSIENGUET, 1984) et aucun mâle n'a jamais été observé (BOUSSIENGUET, 1984 ; NENON *et al.*, 1988).

BOUSSIENGUET (1984) a montré que l'appareil reproducteur femelle de P. manihoti est morphologiquement et histologiquement comparable à celui des autres Pseudococcidae.

Certains auteurs (MOHAMMAD, 1958 et YADAVA, 1966) *in* BOUSSIENGUET (1984), ont prouvé que le réceptacle séminal présente chez P. manihoti, l'aspect d'un organe à peine développé (Fig.4). De ce fait, le canal est très court (moins de 5 microns) et le réservoir séminal tend à se réduire à la partie glandulaire, dont les cellules sont plus allongées et plus développées, et la lumière plus étroite qu'on ne l'observe chez les espèces de la même famille. BOUSSIENGUET (1984) pense qu'une telle organisation semble indiquer que, contrairement aux autres espèces dont le réceptacle séminal conserve une conformation morphologique et histologique semblable à celle des formes bisexuées, la thélytoquie pourrait être un phénomène ancien chez P. manihoti. Par contre, GRASSE (1951) note que c'est le jeûne très accentué qui engendre l'apparition des mâles, mais que cette condition est rarement remplie dans la nature.

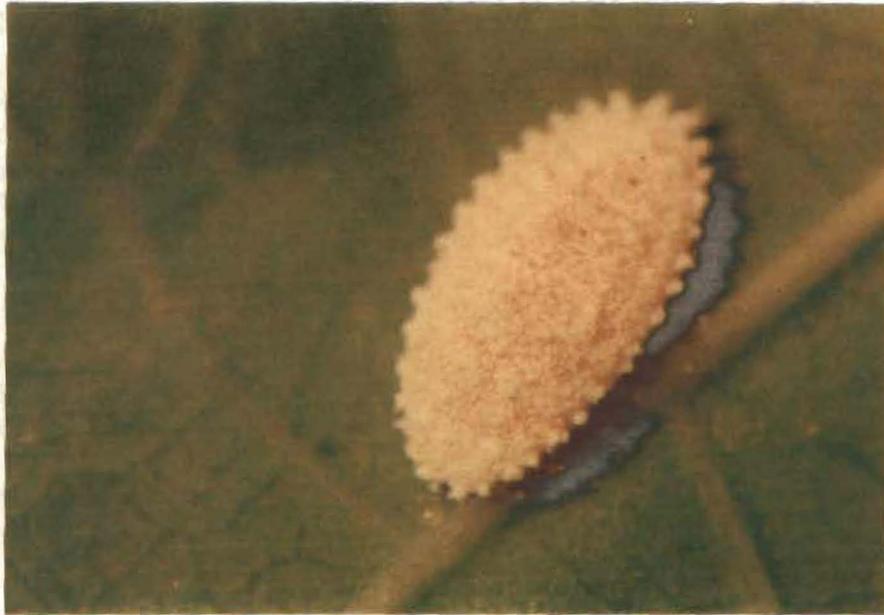


Photo 2 : Adulte de P. manihoti (x 30)

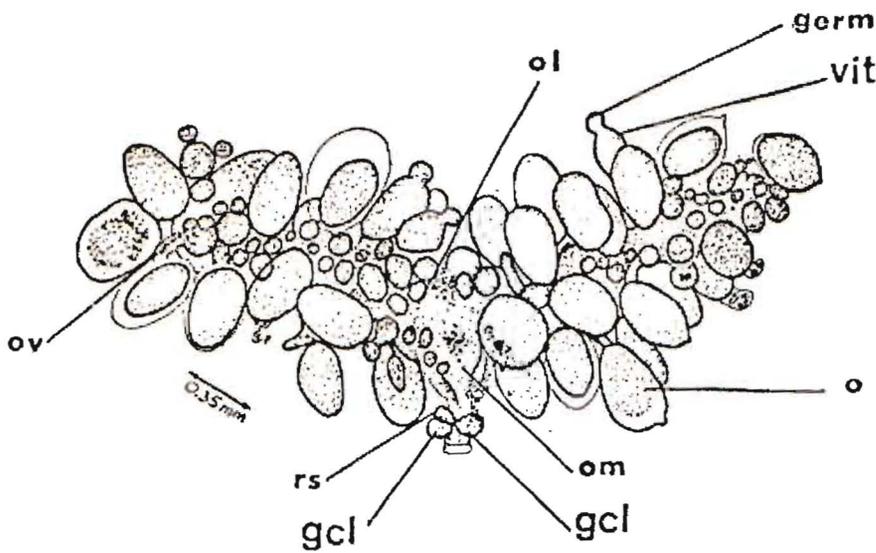


Figure 4 : Appareil génital femelle de P. manihoti :
Aspect général, vue dorsale

gcl , glande collatérale latérale; germ, germarium; o, ovariole;
ol, oviducte latéral; om, oviducte médian; ov, ovaire;
rs, réceptacle séminal

(D'après BOUSSIENGUET, 1984)

P. manihoti est doué d'un grand pouvoir de reproduction, qui lui permet de multiplier rapidement ses effectifs (LE RU et PAPIEROK, 1987).

La fécondité de P. manihoti est très élevée, et varie en fonction de nombreux facteurs. La fécondité, évaluée en nombre d'oeufs pondus par femelle, a été estimée à 400 (LE RU et PAPIEROK, 1987) et à 600 (FABRES & BOUSSIENGUET, 1981). Le pourcentage d'éclosion est également élevée, il est de l'ordre de 95 % (OBAME, 1991).

Les larves sont capables de se déplacer. Cette mobilité leur permet ainsi d'assurer la colonisation active des plants sains. Les colonies se développent surtout sur la partie apicale du végétal, où elles forment des amas cireux recouverts de gouttes de miellat que les cochenilles sécrètent (photo 3).

Par ailleurs, la colonisation du plant se poursuit par l'installation des cochenilles sur la face inférieure des feuilles, le long des nervures et sur le limbe.

Eu égard à l'impressionnant pouvoir de prolifération du ravageur (parthénogénèse thélytoque, taux net de reproduction entre 400 et 600 œufs par femelle, on peut obtenir en fin de gradation de la population, des colonies qui regroupent plusieurs centaines d'individus de tous stades, sur un même apex, avec 679 comme valeur absolue maximale obtenue en 1980 (FABRES, 1981a).

b/ Cycle biologique

La durée des différents stades de développement de la cochenille est variable selon les conditions d'élevage.

Dans les conditions naturelles de l'Afrique intertropicale, la durée du cycle se situe autour de 28 à 30 jours, à des températures voisines de 25 à 27° C (FABRES et BOUSSIENGUET, 1981 ; BOUSSIENGUET, 1984 ; LE RU et FABRES, 1987 et OBAME, 1991).

La température est reconnue comme le principal facteur qui influence l'accroissement intrinsèque du phytophage (LEMA et HERREN, 1985).

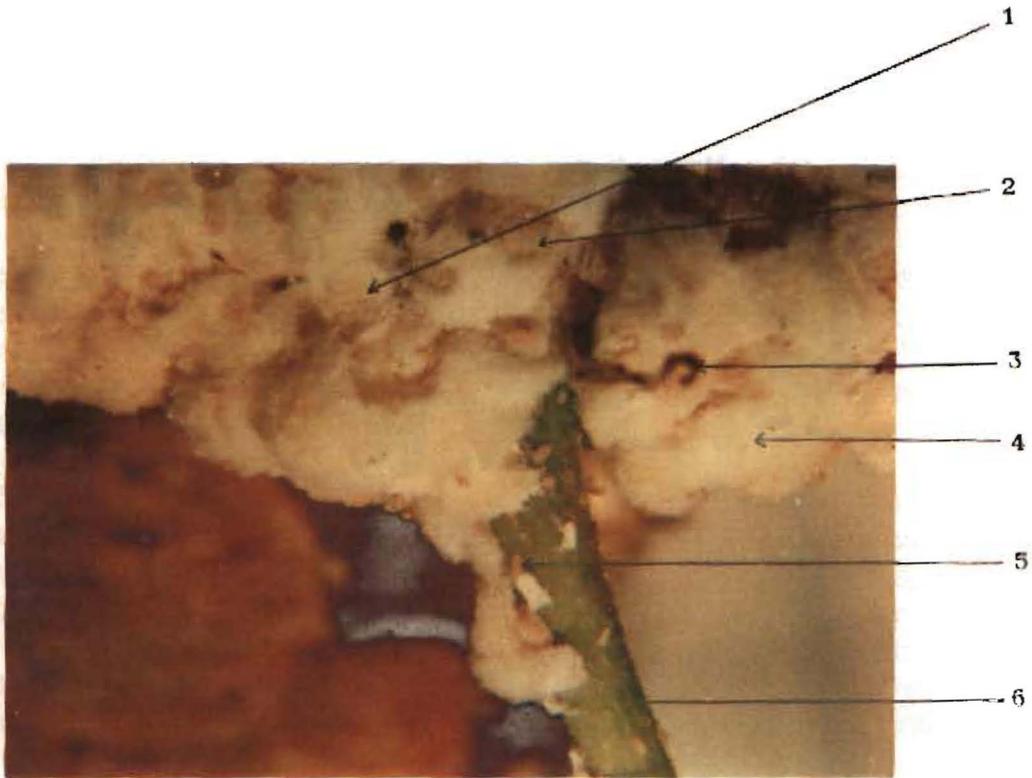


Photo 3 : Colonies de P. manihoti à la partie apicale du plant

- 1 - P. manihoti avec ovisac
- 2 - P. manihoti pris dans l'amas d'ovisacs
- 3 - brèche d'aération de la colonie
- 4 - amas d'ovisacs
- 5 - larve de P. manihoti
- 6 - tige de manioc

c/ Dynamique de population

* Considérations générales

La connaissance des périodes de variations d'abondance d'un ravageur dans le champ constitue une information capitale, dans le cadre de la lutte contre celui-ci. Aussi, permet-elle, dans une zone géographique donnée, de prévoir les périodes de pullulation du ravageur dans l'année.

La zone climatique d'introduction de P. manihoti offre des conditions naturelles favorables au développement et à la prolifération des insectes.

Chez P. manihoti, la reproduction parthénogénétique, la fécondité très élevée et la faible mortalité, constituent les paramètres essentiels, qui expliquent la rapide multiplication des effectifs de la cochenille. FABRES (1981a) et LERU et PAPIEROK (1987) ont expérimentalement confirmé le très fort taux intrinsèque d'accroissement naturel de P. manihoti.

NENON et FABRES (1987) ont par contre souligné que très peu d'informations sont disponibles sur la dynamique des populations de l'insecte dans son aire originelle (Paraguay, Bolivie et Ouest-Brésil), où cette espèce était inconnue, avant que ne se pose le problème "cochenille du manioc en Afrique". Ce qui a amené à penser que la cochenille P. manihoti ne cause pas de dégâts dans les champs de manioc de ces pays, et que ses niveaux d'abondance y sont tellement faibles qu'ils n'avaient jamais attiré l'attention des entomologistes.

FABRES (1981a) a fourni les résultats donnant une première information quantifiée sur les variations de densité de la cochenille dans le champ au cours de l'année, et les mécanismes qui en sont la cause.

Au Congo, LE RU *et al.* (1987) ont montré à plusieurs reprises, que l'augmentation des effectifs globaux de la cochenille, tous stades confondus, commence généralement en fin de saison sèche, et que les effectifs maximaux sont atteints 1 à 2 mois après les premières pluies.

Par ailleurs, compte tenu de la complexité des mécanismes responsables de la chute des effectifs de l'Homoptère, les facteurs en cause sont indiscutablement multiples (température, action mécanique des pluies, entomopathogène, charge biotique maximale, etc.), avec selon les années, l'action prépondérante de l'un d'entre eux (LE RU *et al.*, 1987).

NWANZE *et al.* (1979) ; FABRES (1981a); FABRES (1982) et LE RU (1984), ont étudié la dynamique des populations de P. manihoti. Ces études ont révélé d'amples gradations de fin de saison sèche, avec une chute brutale des effectifs au début de la saison des pluies.

De nombreux auteurs (EZUMAH et KNIGHT, 1978; NWANZE *et al.*, 1979 ; FABRES, 1981a ; LE RU, 1984 ; etc) ont démontré le rôle essentiel joué par la pluie, dans les mécanismes de régulation des populations du ravageur.

L'augmentation de la densité des cochenilles coïncide avec des périodes sèches (saisons sèches) et l'arrêt total des pluies. Alors que les faibles niveaux d'abondance correspondent à la chute brutale des pluies et la permanence d'une pluviométrie importante (FABRES, 1981a).

Cependant, LE RU *et al.* (1987) ont montré que les effectifs maximaux sont atteints 1 à 2 mois après les premières pluies. Ils ont par ailleurs remarqué que, dans deux parcelles expérimentales contiguës, soumises aux mêmes précipitations, les effectifs de la cochenille peuvent augmenter dans l'une, et diminuer dans l'autre. Dans ces conditions, ils estiment que l'action mécanique des pluies, par lessivage, sur les chutes des effectifs du ravageur, pourrait être controversée, eu égard à la complexité du phénomène évoquée plus haut.

Quoi qu'il en soit, il importe de retenir que la gradation des populations de P. manihoti se produit, soit pendant les saisons sèches, soit en début de saisons pluvieuses. La saison des pluies reste en définitive, la période pendant laquelle on n'observe aucune augmentation de densité de la population du prédateur.

* Variation d'abondance du ravageur dans
la zone d'étude

Nous avons étudié les variations de densité du ravageur au cours des années scolaires 1991-1992 et 1992-1993. La méthodologie que nous avons utilisée est inspirée de celle de LE RU et IZIQUEL (1986).

Les résultats obtenus nous ont permis de faire une représentation graphique du phénomène (fig. 5 a et b). Ces résultats montrent, en 1992 comme 1993, que la gradation des populations du ravageur s'amorce au

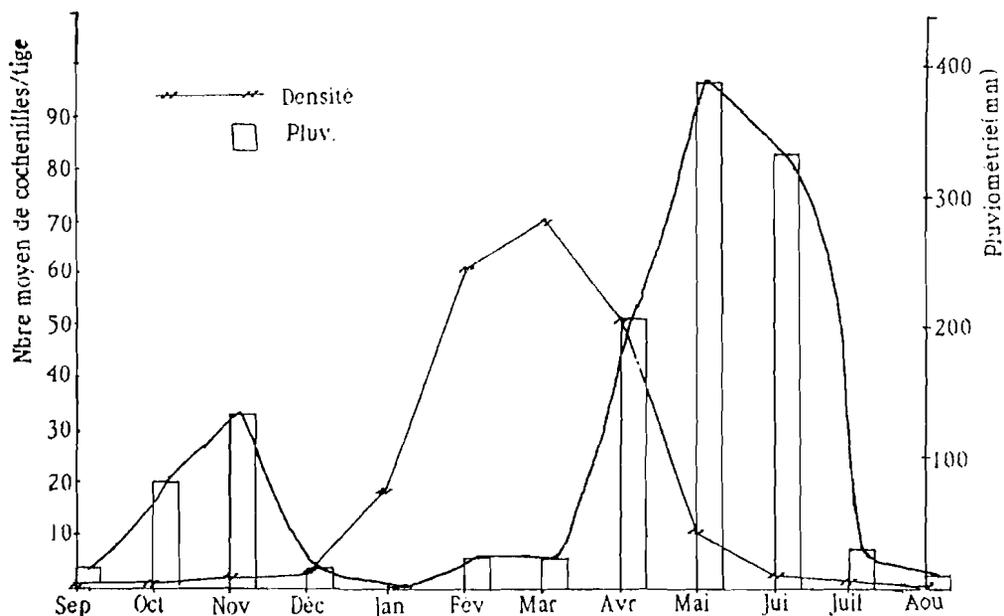


Figure 5a : Evolution de la densité de P. manihoti et de la pluviométrie au champ au cours de l'année 1991-1992.

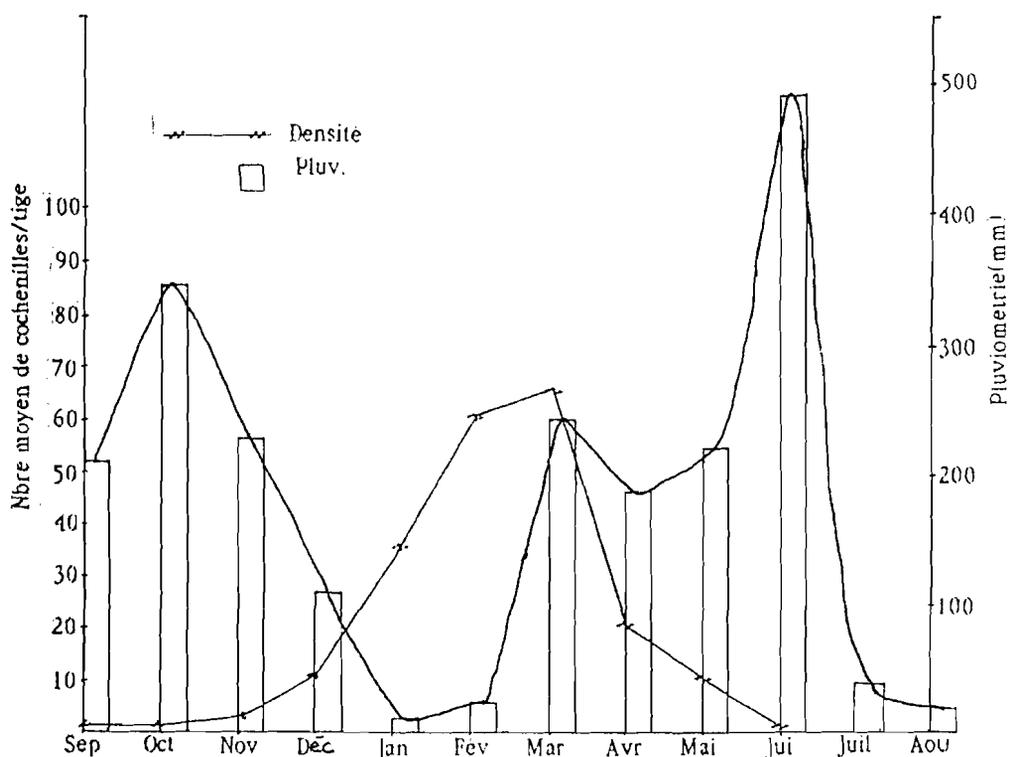


Figure 5b : Evolution de la densité de P. manihoti et de la pluviométrie au champ au cours de l'année 1992-1993.

mois de Novembre, pour atteindre une valeur maximale au mois de Mars. Alors que la chute des effectifs s'observe à partir du mois d'Avril. Ceux-ci deviennent pratiquement négligeables au mois de Juin.

Par rapport au régime pluviométrique des années 1991-1992 et 1992-1993 (cf. fig.2 a et b page 11), cette étude permet de relever qu'il y a une corrélation entre les niveaux pluviométriques enregistrés et les niveaux d'abondance du ravageur dans le champ.

Globalement, ces observations montrent encore une fois que la gradation des effectifs du phytophage coïncide avec une baisse des niveaux pluviométriques, alors que la chute de ceux-ci est consécutive à des pluviométries importantes.

Aussi, nous observons des gradations plus importantes en 1991-1992, dues probablement à une durée plus longue de la saison sèche (de Décembre à Mars). Alors que la chute brusque des effectifs en Mars 1993 pourrait s'expliquer par une pluviométrie trop importante et brutale. Tandis que la chute en mars 1992 pourrait être due à l'intervention des facteurs biologiques comme la charge biotique maximale.

3. Facteurs pouvant influencer le développement de P. manihoti

D'après FOUA-BI (1982), l'observation des pullulations d'insectes dans la nature, montre que les possibilités d'accroissement des populations sont déterminées par l'influence des facteurs du milieu ambiant sur la vitesse de développement, la longévité et la fécondité de divers individus.

Il y a principalement deux types de facteurs permettant de caractériser un milieu ; l'environnement abiotique et biotique d'un territoire donné, qui sont généralement les plus fondamentaux pour l'entomologiste. Le facteur abiotique comporte essentiellement, les éléments climatiques, et en particulier, la température, l'humidité et la pluviométrie, qui sont des données essentielles dans les domaines agricole et entomologique. Le facteur biotique par contre, tient compte de l'ensemble des être vivants animaux et végétaux, et des interrelations qu'ils entretiennent entre eux.

3.1. Facteurs abiotiques

Le succès d'une opération de lutte contre un ravageur, dépend de la connaissance des paramètres qui régissent la biologie de celui-ci. L'échec repose très souvent sur l'ignorance des facteurs responsables, dont les caractéristiques écométéorologiques, qui jouent généralement un rôle déterminant (OUEDRAOGO, 1989).

a/ La température

La température constitue l'un des principaux facteurs qui règlent la biologie et l'écologie des insectes. FOUA-BI (1982) souligne que de nombreux auteurs se sont préoccupés, depuis longtemps, de l'incidence de la température sur les insectes. La durée de leur développement fut étudiée pour la première fois par REAUMUR (1735) et BONNET (1779) ; par ailleurs, BACHMETZEW (1907) est parvenu à faire le point des limites géographiques du développement, de la survie de diverses espèces d'insectes et de l'influence de la température sur ceux-ci (*in* FOUA-BI, 1982).

BALACHOWSKY (1972) rapporte que la résistance au froid est variable d'une espèce à l'autre. Pour P. manihoti, le seuil thermique létal inférieur du ravageur est de 15° C (ANONYME, 1980 et OBAME, 1991).

En ce qui concerne P. manihoti, BOUSSIENGUET (1984), LERU et FABRES (1987) et OBAME (1991) ont montré l'influence de la température sur ses différents stades de développement et ses paramètres biologiques.

D'une manière générale, et dans les limites vitales, de fortes températures réduisent la durée de développement du phytophage, tandis que des températures plus basses l'augmentent.

L'élévation de la température se traduit par une augmentation de la vitesse de développement, aussi bien embryonnaire que larvaire (ANONYME, 1980 ; FABRES et BOUSSIENGUET, 1981 ; IHEAGWAM, 1981; IHEAGWAM et ELUWA, 1983 et LE RU et FABRES, 1987).

La température optimale de développement de P. manihoti est située autour de 27° C.

UVAROV (1931) et MESSENGER et FLITERS (1954 et 1957) *in* FOUA-BI (1982) ont établi que l'action de la température peut être soit directe, soit indirecte. Une action directe sur le développement, la croissance, la reproduction et la longévité étant la conséquence de changement de la vitesse de réaction dans les processus vitaux des insectes, ainsi que chez tous les poïkilothermes. Alors que l'action indirecte peut être exercée, par la modification de l'action des autres facteurs qui, à leur tour, agissent sur l'insecte.

b/ L'humidité relative

L'importance de l'humidité dans les processus vitaux des insectes a été depuis longtemps, l'objet de controverses.

Beaucoup d'auteurs, notamment FABRES et BOUSSIENGUET (1981) ; LE RU et FABRES (1987) et OBAME (1991) ont mis en évidence, le rôle de l'humidité relative sur le développement de la cochenille P. manihoti. Les différents travaux rapportent que le rôle de l'hygrométrie relative, est insignifiant, dans le développement global de cet Homoptère. Il a simplement été établi qu'une humidité relative de l'air trop importante a tendance à augmenter légèrement la durée de développement des oeufs et des larves.

c/ La pluviométrie

La pluviométrie en elle-même, n'a aucun impact direct sur la dynamique des populations de P. manihoti. Mais c'est l'intensité de la pluie qui semble offrir un intérêt dans les fluctuations de l'abondance de la cochenille, avec des taux d'élimination compris entre 22 et 23 %, pour une durée de 10 minutes (LE RU et IZIQUEL, 1986). Il s'agit donc là de l'action mécanique de la pluie, dans la régulation des populations de l'insecte.

L'action de la pluie pourrait être renforcée par l'état biologique des cochenilles (malade ou morte), mais par contre, le stade de développement du ravageur n'importe guère (LE RU et IZIQUEL, 1986).

NWANZE *et al.* (1979) et FABRES (1981a) ont estimé que les pluies très violentes en zone tropicale, exerceraient une action mécanique déterminante, et provoqueraient un lessivage du végétal, aboutissant à l'élimination d'une fraction des colonies. Mais, ils n'ont fourni aucune donnée quantitative.

d/ Autres facteurs

D'autres perturbations naturelles comme le vent, l'insolation, peuvent avoir une action mécanique jusqu'alors inconnue de manière formelle.

3.2. Facteurs biotiques

Après l'introduction de la cochenille P. manihoti en Afrique, dans les années 70, de nombreux entomophages appartenant à des groupes taxonomiques variés, se sont adaptés à cet Homoptère.

Outre certains facteurs comme l'alimentation et la charge biotique maximale du phytophage, que nous pouvons assimiler aux agents biologiques,

les parasites et les prédateurs constituent les principaux paramètres biologiques de l'insecte.

a/ L'alimentation

La nourriture influence le développement de P. manihoti. Une mauvaise alimentation provoque la chute des effectifs du ravageur. De nombreuses observations expérimentales faites par LE RU *et al.* (1987), ont clairement montré l'influence de l'état physiologique du manioc sur l'évolution des populations du phytophage. Aussi, ont-ils relevé que les plus fortes pullulations s'observent dans les parcelles où la plante présente plus de vigueur. Par ailleurs, la composition et l'abondance de la sève influent sur la dynamique de populations des insectes piqueurs comme P. manihoti.

Ces auteurs signalent que HSIAO (1973) et HELLER (1981) ont montré qu'une augmentation importante des teneurs en sucres réducteurs libres et en acides aminés libres dans la sève, est susceptible d'engendrer des modifications de la physiologie du manioc, et exercer une action sur les pullulations de la cochenille.

b/ La charge biotique maximale

Il s'agit d'un phénomène qui provoque une chute de la densité de l'insecte, due à l'augmentation inconsidérée de ses propres effectifs.

Certains auteurs désignent ce phénomène par le terme "capacité limite".

DEMPSTER et POLLARD (1981) dénotent la rareté des études dans ce domaine, tout particulièrement, lorsqu'il s'agit des insectes phytophages et des mécanismes de régulation de leur abondance. Le cas le plus classique est celui de la raréfaction ou la disparition complète de la nourriture. Nous pouvons évoquer l'exemple des lépidoptères défoliateurs, dont la population s'effondre, une fois consommées toutes les feuilles de l'essence exploitée. C'est une illustration éloquente de la charge biotique maximale pour la nourriture.

Aussi, FABRES (1987) souligne qu'il existe un groupe d'insectes dont la biologie et le comportement sont propices à l'étude de l'influence des ressources disponibles sur leur abondance. Il indique que c'est le cas des Homoptères comme les cochenilles, qui exploitent une zone restreinte du végétal, où ils se fixent pendant une grande partie de leur cycle biologique, et y développent en un temps relativement court, des colonies abondantes et agrégatives. Dans ces conditions, l'auteur avance qu'il est possible de mettre en évidence, une capacité limite en nourriture et en espace disponible pour se fixer. Ce type de relation entre la plante et l'insecte a été mis en évidence par

FABRES (1987), pour le manioc et son déprédateur P. manihoti. L'auteur a en effet montré que la brutale diminution de l'abondance de la cochenille P. manihoti, observée chaque année, dès le retour de la saison des pluies s'accompagne de modifications dans la structure en âge de la population. C'est ainsi qu'il a observé un vieillissement de la population, avec une nette réduction de la proportion des jeunes.

Par rapport à la dynamique des populations, on a alors pensé que l'un des mécanismes de la régulation des populations de l'insecte en début de saison des pluies, pourrait être l'abandon par les premiers stades larvaires, des sites impropres à la fixation, et l'élimination de ces jeunes par lessivage, dû aux pluies torrentielles.

c/ Les parasites et les prédateurs

Les pullulations de la cochenille P. manihoti, conséquence de sa grande fécondité et de son rapide développement, sont relativement modulées dans la nature, grâce à l'action de nombreux agents biologiques (ennemis naturels), et principalement les parasites et les prédateurs.

* Les parasites

Les parasites de P. manihoti connus à l'heure actuelle, appartiennent, soit au règne animal, soit au règne végétal. La plupart des parasites animaux des Pseudococcidae sont des Hyménoptères Chalcidiens endophages, dont de nombreuses espèces sont utilisées en lutte avec succès (PANIS, 1965).

Leur spécificité qui rend difficile une rapide adaptation à un hôte nouvellement introduit comme P. manihoti explique, dans une large mesure, le petit nombre de parasites jusqu'ici récoltés autour de cette Coccide (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980).

Les parasites de P. manihoti actuellement recensés en Afrique appartiennent essentiellement à l'ordre des Hyménoptères, qui comporte de nombreuses espèces parasites primaires des Pseudococcidae (BOUSSIENGUET, 1986 ; BOUSSIENGUET et NEUENSCHWANDER, 1989). En ce qui concerne la lutte contre P. manihoti il importe de mentionner que l'Hyménoptère Encyrtidae Epidinocarsis lopezi DE SANTIS est l'agent biologique qui a attiré le plus, l'attention des entomologistes. En effet, les travaux de lutte contre le ravageur à l'aide de cet ennemi naturel, réalisés à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) au Nigéria depuis les années 80, ont donné des résultats assez satisfaisants (ANONYME, 1984a).

Le succès de la lutte biologique contre P. manihoti, récemment connu, notamment au Congo et au Nigéria, est dû à ce micro-insecte, introduit depuis l'Amérique du Sud pour lutter contre cet Homoptère en Afrique (BIASSANGAMA *et al.*, 1987 et NENON et FABRES, 1987).

En outre, un organisme végétal s'est également révélé comme un des parasites primaires de P. manihoti.

LE RU et IZIQUEL (1990) ont en effet au Congo, mis en évidence, l'action entomopathogène d'un champignon ; l'entomophthorale Neozygites fumosa (SPEARE) REMAUDIERE et KELLER, sur le phytophage. Ils ont par ailleurs établi un lien entre cette action et l'augmentation de l'humidité relative de l'atmosphère.

La mycose à Neozygites fumosa est présente dans toute la zone de culture du manioc au Congo.

LERU et IZIQUEL (1990) ont mis en évidence un synchronisme entre la diminution du pourcentage de cochenilles vivantes et l'augmentation de celui des individus morts de mycose.

LE RU (1986) et LE RU et IZIQUEL (1990) ont même supposé, au regard de ce synchronisme, que N. fumosa serait l'un des principaux responsables de la chute des effectifs du ravageur, pendant la saison des pluies.

Compte tenu du très grand pouvoir de reproduction de la cochenille P. manihoti, d'importants travaux s'orientent actuellement en Afrique, notamment en Côte d'Ivoire, vers la recherche et l'identification des parasites locaux, dont l'action pourrait offrir un intérêt. Ces travaux ont été initiés par L'I.I.T.A, en relation avec l'ENSA de Yamoussoukro.

* Les prédateurs

Les prédateurs constituent à côté des parasites, un groupe d'auxiliaires très importants dans la lutte contre P. manihoti.

Parmi les prédateurs, ce sont surtout les Coléoptères Coccinellidae et les Diptères Syrphidae qui sont les plus efficaces dans la régulation des effectifs des Homoptères (GRASSE, 1951).

D'après FABRES et MATILE-FERRERO (1980), les prédateurs de la cochenille P. manihoti appartiennent à 4 ordres différents : les Coléoptères, les Diptères, les Lépidoptères et les Hémiptères.

- Les Coccinellidae (Coléoptères)

Les prédateurs sont avant tout les Coccinellidae, dont les larves et les imagos, se nourrissent des œufs, des larves et des adultes de cochenilles (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980).

L'utilisation des coccinelles en agriculture a été évoquée par IPERTI (1961), IPERTI *et al.* (1970), IPERTI (1971) et FABRES (1981 b). Récemment, KANIKA-KIAMFU (1991) a par exemple prouvé l'efficacité de la Coccinelle Exochomus flaviventris MADER, dans la régulation de la cochenille P. manihoti. L'action prédatrice de deux autres espèces ; E. concavus FURSCH et Hyperaspis senegalensis HOTTENTOTA MULSANT, avait également été démontrée par FABRES et MATILE-FERRERO (1980).

D'autres Coccinelles, dont l'action sur P. manihoti n'a pas encore été étudiée, ont été découvertes, puis décrites par CHAZEAU et COUTURIER (1986) en Côte d'Ivoire.

Il est déplorable de constater qu'en dépit de l'efficacité présumée des Coccinellidae, très peu de chercheurs s'intéressent à l'étude de leur biologie et de leur pouvoir régulateur. Seul IPERTI s'est véritablement intéressé à l'étude des coccinelles. Tout récemment, IPERTI *et al.* (1991a) ont montré l'efficacité d'E. flaviventris sur la cochenille P. manihoti.

Par ailleurs, il a été observé que d'autres espèces, en réalité, moins étroitement associées à P. manihoti, sont aussi récoltées sur les colonies de la cochenille.

Aussi, des observations minutieuses ont-elles montré que ces Coccinelles étaient plus intimement associées aux pucerons, cochenilles Diaspines, Acariens ou Aleurodes, qui se développent sur les plants de manioc ou sur les adventices. Dans ce contexte, FABRES et MATILE-FERRERO (1980) ont signalé Scymnus rufifrons FURSCH ; S. plebejus WEIZE ; Sthetorus endruedyi FURSCH ; Serangium giffardi GRANDI ; Nephus derroni FURSCH et Platymaspis sp.

-Les Cecidomyiidae (Diptères)

Les deux principales espèces de Cecidomyies prédatrices connues sont Coccodiplosis citri (BARNES) et Discrodiplosis sp.

Les genres Coccodiplosis et Discrodiplosis sont représentés dans la région éthiopienne par de nombreuses espèces, toutes prédatrices de Pseudococcidae

(FABRES et MATILE-FERRERO, 1980). L'espèce la plus abondante sur les populations de P. manihoti au Congo est C. citri, qui représente à elle seule 90 % des individus obtenus en éclosoir (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980).

Les Cecidomyiidae pourraient jouer un rôle important dans la régulation des populations du phytophage, si des études minutieuses visant à les exploiter rationnellement sont entreprises (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980).

- Les Lycaenidae (Lépidoptères)

Les Lycaenidae sont représentés par l'espèce Spalgis lemola (DRUCE) dont les chenilles sont prédatrices des œufs et de tous les stades de développement du Pseudococidae (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980).

Les particularités biologiques et morphologiques des stades larvaires et nymphaux de cette espèce ont suscité d'importants travaux, dont le dernier en date est celui de HINTON (1974) *in* FABRES et MATILE-FERRERO (1980).

La présence de S. lemola est constante, quel que soit le niveau d'abondance de la cochenille. Le niveau numérique reste faible, et sans fluctuations notables, par rapport à la dynamique des populations du ravageur (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980).

- Les Anthocoridae (Hémiptères)

En phase de pullulation de P. manihoti, on rencontre régulièrement l'espèce Cardiasthetus exigus POPPIUS, sous forme d'individus isolés. sa biologie et son comportement de prédation sont peu connus. Mais elle est réputée comme insecte extrêmement polyphage (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980).

Sa présence au sein de la biocœnose de P. manihoti est un constat quotidien.

Des études au laboratoire permettraient d'avoir d'amples renseignements, en vue de déterminer l'apport de cet Hémiptère , dans la régulation des effectifs de P. manihoti dans la nature.

En conclusion, l'évolution démographique de la cochenille P. manihoti est influencée par un certain nombre de paramètres. Ceux-ci sont répartis en facteurs abiotiques et en facteurs biotiques.

Les facteurs abiotiques, qui font partie intégrante des données climatiques, sont globalement favorables au développement du phytophage en Afrique intertropicale.

Les paramètres biotiques tels que l'alimentation ou la capacité limite, ne peuvent être considérés comme des facteurs utiles, dans le cadre de la lutte. La quasi totalité des variétés de manioc sont favorables au développement de P. manihoti. La capacité limite, se manifeste lorsque les effectifs de la population du déprédateur atteignent les niveaux les plus élevés, donc lorsque les dégâts du ravageur sont déjà au-dessus du seuil économique tolérable.

Face au développement incontrôlé de P. manihoti, on assiste à l'importation et à une adaptation spectaculaire d'agents biologiques, s'attaquant directement à cette cochenille. Leur action s'exerce tout au long du cycle évolutif de l'insecte.

Les entomophages de P. manihoti comprennent les parasites et les prédateurs. Ils occupent une place très importante dans la réduction des effectifs du ravageur en période de gradation, au regard de leur action plus ou moins efficace. Le pouvoir régulateur de ces ennemis naturels de P. manihoti est devenu aujourd'hui indéniable. Tous les stades de développement du phytophage sont exploités par les entomophages.

Compte tenu de la polyphagie des Coccinellidae et la très grande spécificité des parasites, des études préalables, destinées à apprécier les relations que les entomophages entretiennent avec P. manihoti sont très nécessaires.

C - MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

1.1. Matériel biologique

1.1.1. Matériel animal

Le matériel animal utilisé pour les différentes expérimentations est constitué par la cochenille P. manihoti et deux de ses entomophages, à savoir l'Encyrtidae Epidinocarsis lopezi DE SANTIS et la Coccinellidae Scymnus couturieri CHAZEAU.

Les souches de cochenilles et des entomophages sont récoltées dans la zone Sud de Côte d'Ivoire, en particulier aux alentours d'Abidjan.

1.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est le manioc Manihot esculenta GRANTZ, plante appartenant à la famille des Euphorbiaceae. Nous avons exploité des plants de manioc, de la variété "Bonoua", en provenance d'Abobo (quartier d'Abidjan). Nous avons utilisé des tiges âgées de 4 mois, pour l'obtention des boutures.

1.2. Matériel technique

Le matériel technique utilisé pour les différents essais comprend des appareils, des instruments de travail et quelques produits chimiques.

Dix cages en bois de 0,2 m² x 1m (photo 4) nous ont permis d'effectuer les divers élevages d'insectes. Elles présentent 3 côtés couverts de toile de mousseline à mailles fines. Les manipulations à l'intérieur des cages sont possibles grâce à une ouverture pouvant être refermée, aménagée sur le contre plaqué couvrant le 4^e côté.

Pour diverses manipulations, nous avons utilisé les boîtes d'élevage en matière plastique (photo 5) pour les observations fines. Il s'agit de cinquante boîtes de pétri, dont le couvercle est pourvu d'une ouverture d'environ 9 cm², couverte par la toile de mousseline, maintenue par une colle forte, et qui assure l'aération du milieu d'élevage.

Pour la mesure des variations de la température et de l'hygrométrie, un thermohygraphe a été utilisé en serre.



Photo 4 : Cages utilisées pour les élevages de masse

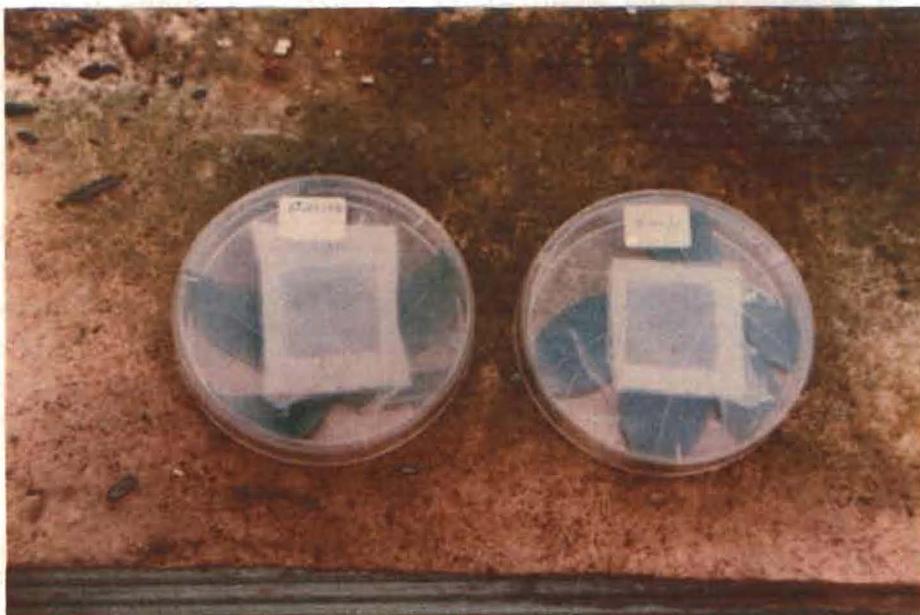


Photo 5 : Boîtes d'élevage individuel

Nous avons endormi les insectes récoltés, soit au réfrigérateur, soit à l'éther.

Tous les insectes récoltés, puis identifiés, ont été mis dans l'alcool à 70°, contenu dans divers flacons étiquetés.

Les diverses observations ont été effectuées au microscope stéréoscopique, de marque WILD M5.

Enfin, l'usage de pinces fines et souples a permis la manipulation des différents spécimens, et le papier millimétré a permis les différentes mesures des insectes.

2. Méthodes de travail

.2.1. Détermination de l'entomofaune locale inféodée à P. manihoti.

a/ Prélèvement de l'échantillon

L'échantillonnage s'est effectué aux mois de Février, Mars et Avril dans des champs infestés par P. manihoti. Pour ce faire, nous utilisons des poches en plastique transparent, avec lesquelles nous enveloppons les apex des tiges de manioc abondamment couverts de cochenilles. Nous refermons la partie ouverte du sac sur la tige, au dessus de l'apex. Nous coupons l'ensemble ainsi enveloppé et attachons le bout du plastique avec des bracelets de caoutchouc.

Nous prélevons ainsi au hasard 30 apex qui sont ramenés au Laboratoire.

Avant l'observation, et pour endormir les insectes récoltés, les sacs plastiques qui les contiennent sont disposés dans le réfrigérateur à 4 - 5° C. Nous avons également pu les endormir, en plaçant dans ces sacs, une boule de coton imbibé d'éther. Dans les deux cas, l'opération peut durer jusqu'à un jour pour le réfrigérateur et 30 minutes pour l'éther.

Les insectes ainsi ramassés sont classés et déposés dans l'alcool à 70°.

b/ Identification des insectes et mise en éclosoir

Une fois les insectes recueillis dans l'alcool, nous les séparons par ressemblance morphologique, avant de les identifier.

Toutes les formes larvaires répertoriées sous la loupe ont été mises en élevage sur des colonies de P. manihoti au laboratoire, dans des boîtes d'élevage.

Cette technique nous a permis d'affecter les différentes formes larvaires récoltées, aux espèces respectives, dont nous avons préalablement capturé les adultes, et cela grâce à l'obtention contrôlée des imagos issus de ces larves. Elle nous a également permis d'obtenir des adultes non recensés dans l'échantillon.

Les nymphes sont par contre mises dans des boîtes closes et aérées par des fenêtres grillagées.

L'identification a consisté à classer chaque insecte, en déterminant sa famille, son genre et si possible son espèce. Pour ce faire, nous avons utilisé les clés d'identification de PERRIER (1961), de CHAZEAU et COUTURIER (1986), et celles de BOUSSIENGUET (1988), BOUSSIENGUET et NEUENSCHWANDER (1989) et de DELVARE et ABERLENC (1989).

2.2. Technique de culture du manioc en sachets

La culture du manioc se fait par boutures de 25 à 30 cm de long, obtenues à partir de tiges coupées.

Deux cents boutures sont enterrées verticalement aux 2/3 de leur longueur dans de la terre appropriée contenue dans des sachets plastiques pourvus de trous qui permettent l'évacuation d'eau d'arrosage (photo 6).

Le substrat est maintenu humide grâce à des arrosages réguliers.

Pour assurer un certain degré de standardisation, nous avons cultivé le manioc, selon la même technique et avec le même substrat.

Avant le début des essais, le manioc ainsi planté a été placé dans une serre, où la température et l'hygrométrie sont mesurées par un thermohygrographe. Et l'enracinement se produit au bout d'une dizaine de jours, à des températures voisines de 26-27° C.



Photo 6 : Culture du manioc en sachets

2.3. Techniques d'infestation du manioc

L'infestation peut être simplement définie comme étant l'opération qui consiste à déposer le ravageur (quelle que soit la forme biologique) sur le plant sain. Il existe quatre techniques principales d'infestation du manioc : le dépôt des feuilles infestées sur les feuilles du plant sain, le dépôt des larves sur les feuilles du plant sain et le dépôt des femelles adultes sur les feuilles non infestées. L'infestation peut enfin se faire par dépôt d'oothèques sur le plant sain.

2.4. Interaction cochenille-entomophages

- a/ Etude des relations biocœnotiques entre P. manihoti et les insectes récoltés en Côte d'Ivoire

Cette étude a porté sur les insectes les plus importants quantitativement de l'entomofaune récoltée autour de P. manihoti. Nous estimons que, plus le pourcentage d'une espèce donnée est élevé dans la biocoenose, plus il y a de chance que cette espèce y joue un rôle déterminant, en particulier en ce qui concerne la dynamique des populations de la biocoenose étudiée.

Dans ces conditions, 4 insectes ont retenu notre attention : la Coccinellidae Scymnus couturieri et les Encyrtidae Blepyrus insularis, Epidinocarsis lopezi et Procheiloneurus bolivari.

Mais P. bolivari est reconnu comme parasite de E. lopezi. Alors que B. insularis parasite Ferrisia virgata COCKERELL, cochenille vivant en association avec P. manihoti, et que nous avons observée au champ.

Ainsi, seuls E. lopezi et S. couturieri ont été introduits, chacun, dans une cage contenant des plants de manioc suffisamment infestés par la cochenille.

Nous avons alors suivi l'évolution du complexe "cochenille - entomophage". Les cages, dont les pieds sont plongés dans des boîtes contenant une solution d'eau savonneuse (photo 4, page 36) afin d'empêcher les fourmis d'y grimper, étaient placées dans la serre.

b/ Elevage de P. manihoti et des entomophages

Le phytophage, de même que E. lopezi et S. couturieri, sont élevés en masse au laboratoire, de manière à avoir des quantités suffisantes, pour réaliser les divers essais.

Nous avons utilisé P. manihoti et les entomophages sous diverses formes biologiques (œufs, larves et adultes) selon le type d'expérimentation. Les œufs, les larves et les adultes de P. manihoti ont été utilisés pour l'étude de l'action des entomophages sur eux. A cet effet, les formes larvaire et imaginale de la coccinelle ont été utilisées, alors que c'est l'adulte de l'Encyrtidae qui a été exploité.

c/ Etude du développement de l'Hyménoptère et de la Coccinellidae

* Epidinocarsis lopezi

Dans deux boîtes d'élevage, contenant chacune des feuilles fraîches avec 10 cochenilles adultes, nous avons introduit 10 couples d'E. lopezi. Après 24 heures, les feuilles sont renouvelées.

Nous mentionnons la date de mise en expérimentation et le nombre de cochenilles sur une étiquette collée sur la boîte.

Ensuite, nous répétons exactement la même opération, mais en transférant les entomophages dans deux nouvelles boîtes, où nous introduisons préalablement comme ci-dessus, les feuilles de manioc hébergeant 10 cochenilles saines.

Cette opération est pratiquée deux fois, soient 40 cochenilles au total, dont nous avons suivi l'évolution sur des feuilles que l'on renouvelle tous les matins.

Le cycle biologique est bouclé dès l'émergence des E. lopezi-fils.

* Scymnus couturieri

Ce Coléoptère présente un développement holométabole. La larve, la nymphe et l'imago sont morphologiquement différents.

Nous avons recueilli les larves, le jour même de leur naissance, à partir d'un élevage en boîte des couples de coccinelles, sur les œufs étalés de la cochenille.

Nous avons suivi le développement de celles-ci, jusqu'à l'obtention de jeunes coccinelles. Nous en avons isolé des couples que nous avons élevés dans différentes boîtes. Le cycle biologique est bouclé, dès l'apparition d'une larve fille dans chaque boîte d'élevage.

d/ Etude du parasitisme des stades de développement de la cochenille par E. lopezi

Dans des boîtes d'élevage, renfermant chacune 70 représentants de chaque stade de la cochenille, supportés par des feuilles fraîches de manioc, nous avons introduit 10 couples d'E. lopezi. Le couple "Hôte-parasite" a été déposé pendant 24 heures dans des cages en bois (pour éviter l'intrusion des fourmis).

Le lendemain, nous retirons le parasite. Les feuilles sont renouvelées tous les matins. Nous pouvons alors suivre aisément, le développement des insectes, et reconnaître ceux qui ont été parasités, à partir d'une tâche floue apparaissant sur leur face dorsale.

Cette expérimentation qui a été répétée 4 fois, pour chaque stade biologique de P. manihoti, nous a permis d'avoir des indications sur le taux de parasitisme journalier de l'Encyrtidae, en 1992 et 1993.

e/ Etude de l'action de E. lopezi sur la ponte, la fécondité et la croissance de P. manihoti

Cette étude a été conduite en serre, au laboratoire, aux mois de Mars et Avril 1992 et 1993.

Dans chacune des 2 boîtes d'élevage utilisées, et contenant des feuilles fraîches hébergeant 17 cochenilles saines, nous introduisons 15 couples d'E. lopezi. Nous laissons reposer l'ensemble phytophage-parasite pendant 24 heures. Le lendemain, nous enlevons le parasite. Les cochenilles, supposées parasitées, sont élevées isolément dans des boîtes, en renouvelant les feuilles chaque matin. Nous pouvons ainsi suivre individuellement le développement des 34 insectes jusqu'à la ponte. Cette expérimentation a été répétée 3 fois pour les cochenilles de deuxième et troisième stade d'une part, et pour la jeune femelle (sans ovisac) et la femelle mature (avec ovisac) d'autre part.

Le dénombrement des pontes totales nous a permis d'obtenir, par la même étude la fécondité des individus, dans chaque cas. Cette étude a été menée en 1992 et en 1993.

f/ Etude de l'action de la coccinelle S. couturieri sur les stades biologiques de P. manihoti

Nous avons abordé cette étude, en évaluant le niveau de consommation des différents stades de développement du déprédateur par les différents stades actifs du prédateur. Pour ce faire, nous avons élevé chaque stade de développement de S. couturieri sur chaque stade biologique de P. manihoti dans un rapport de 15/150, et pendant 24 heures.

Les boîtes dans lesquelles sont élevés les couples cochenille-coccinelle ont été disposées dans les cages placées en serre, où la température et l'humidité sont régulièrement enregistrées par un thermohygrographe.

La différence entre le nombre de cochenilles initial et celui des cochenilles restantes dans la boîte permet d'évaluer le nombre d'individus qui ont été consommés en 24 heures. Cette expérimentation a été pratiquée 3 fois dans chaque cas.

2.5. Etude de la variation d'abondance du ravageur au champ

La méthode utilisée est inspirée de celle de LE RU et IZIQUEL (1986). Elle ne fait aucune distinction dans la répartition verticale des cochenilles sur le sommet des tiges de manioc.

La distinction entre feuilles inférieures, feuilles supérieures et feuilles du sommet s'est révélée arbitraire, surtout lors des périodes sèches, où le nombre de feuilles devient très faible, et la croissance du manioc ralentie.

Nous avons prélevé à chaque fois, 30 tiges au hasard. Et les relevés qui ont été effectués d'Octobre 1991 à Juin 1993, ont été pratiqués de la manière suivante :

- tous les 30 jours en saison pluvieuse,
- tous les 15 jours en saison sèche.

Toutes les cochenilles récoltées sur les échantillons de manioc ont été transportées au laboratoire, pour être dénombrées sous la loupe binoculaire, tous stades confondus.

2.6. Calculs et analyses statistiques

a/ Calcul des pourcentages

* Pourcentage des ordres des insectes

Nous avons récolté au total 277 insectes autour de la cochenille P. manihoti, répartis en 19 espèces différentes. Le pourcentage de l'ordre, dont le nombre d'insectes récoltés est n se calcule par la formule :

$$T\% = \frac{n \times 100}{277}$$

* Taux de consommation de la cochenille par la Coccinelle :

Si nous considérons le nombre initial de cochenilles N, et le nombre de cochenilles ayant été consommées n, le taux de consommation est :

$$T\% = \frac{n \times 100}{N}$$

* Taux de parasitisme de E. lopezi

Si nous considérons le nombre de cochenilles (L3 et L4) N' soumises à l'action du parasite, et le nombre de cochenilles parasitées n', le taux de parasitisme est :

$$T\% = \frac{n' \times 100}{N'}$$

* Taux de diminution de la fécondité

Soit F ; la fécondité chez la cochenille saine, et f ; la fécondité des individus parasités (F.M. et J. F.), le taux de diminution de la fécondité est :

$$T\% = \frac{f \times 100}{F}$$

b/ Analyses statistiques

Ayant travaillé sur des effectifs réduits, nous avons utilisé le test "t" de Student pour la comparaison de la fécondité et de la durée du cycle biologique.

La signification statistique indiquée dans le texte s'interprète comme suit :

P < 5 % (0,05).....	Significatif
P < 1 % (0,01).....	Très significatif
P < 1 ‰ (0,001).....	Hautement significatif.

D - RESULTATS - DISCUSSION

1. Entomofaune locale inféodée à P. manihoti

1.1. Résultats

Afin d'accroître les chances de ramasser tous les insectes vivant directement ou indirectement aux dépens de P. manihoti, l'échantillonnage a été réalisé aux mois de Février, Mars, et Avril 1991, où l'infestation du manioc est manifestement très importante.

Nous avons ramassé au total 277 insectes autour de la cochenille P. manihoti, qui se répartissent en 4 ordres, 15 familles et 19 espèces (tableau I). Les proportions respectives des 4 ordres sont les Hémiptères (1,8 %), les Coléoptères (45,13 %), les Hyménoptères (50,54 %) et les Diptères (2,53 %).

1.1.1. Les Hémiptères : Famille des Anthocoridae

La famille des Anthocoridae appartient au sous-ordre des Hétéroptères. Ce sont des punaises prédatrices entomophages, pouvant constituer des auxiliaires naturels de l'homme.

De couleur marron-sombre, les Anthocoridae ont une longueur qui est comprise entre 2 et 5 mm. Leur rostre est trisegmenté. Ils ont des hémélytres comportant un cunéus (fig. 6).

Nous avons récolté 5 Anthocoridae de la même espèce, correspondant à 1,80 % de l'échantillon.

1.1.2. Les Coleoptères : Famille des Coccinellidae

Les Coccinellidae se caractérisent généralement par une forme concave. Leur taille varie en fonction des espèces en présence, de même que la coloration des élytres, qui est l'une des caractéristiques considérées dans leur classification.

Tableau I : Composition de la faune entomologique inféodée à la cochenille P. manihoti dans la zone sud de Côte d'Ivoire

ORDRES	FAMILLES	NOMBRE	NOMBRE D'ESPECES	%
HEMIPTERES	Anthocoridae	5	1	1,8
COLEOPTERES	Coccinellidae	125	2	45,13
HYMENOPTERES	Braconidae	2	1	50,54
	Ceraphronidae	5	1	
	Elasmidae	6	1	
	Encyrtidae	83	4	
	Eulophidae	3	1	
	Fomicidae	13	1	
	Megaspilidae	2	1	
	Platygasteridae	5	1	
	Pteromalidae	3	1	
	Scellionidae	7	1	
Signiphoridae	11	1		
DIPTERES	Acroceridae	4	1	2,53
	Brachyceridae	3	1	
TOTAL	15	277	19	100

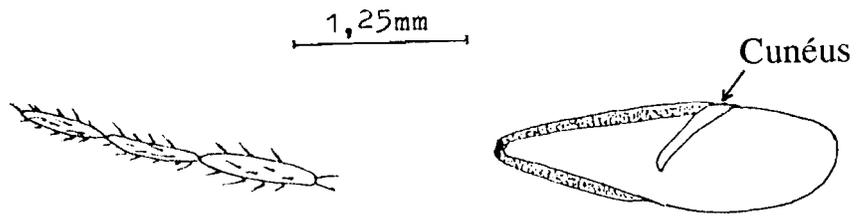


Figure 6 : Antenne et aile de l'Anthocoridae

Dans notre échantillon, nous avons récolté deux espèces de coccinellidae.

a/ Cheilomenes tetrica CHAZEAU (fig.7)

C'est une espèce de grande taille (4 à 5 mm), courte, ovale et large, assez peu convexe, dépourvue de pilosité et luisante.

La tête est noire dessus, brun à brun noir dessous. Le front est entièrement jaune clair vif chez le mâle, et jaune clair barré longitudinalement de noir chez la femelle.

Les pièces buccales et les antennes sont jaune - brun ; la base du labre est noire chez la femelle.

Le pronotum est noir, de même que l'écusson. Les appendices sont jaunes. Les élytres sont noirs, leur marge externe est faiblement relevée.

Nous avons ramassé 7 C. tetrica, ce qui correspond à un taux de 2,53 %.

Les larves et les adultes de coccinellidae sont depuis longtemps reconnus comme prédateurs d'Hémiptères sternorhynques (DELVARE et ABERLENC, 1989).

b/ Scymnus couturieri CHAZEAU (fig. 8)

C'est une espèce de petite taille (inférieure à 2 mm), ovale et finement pileuse.

Chez le mâle, la tête est entièrement jaune. Chez la femelle, le front est brun à sombre.

Le pronotum est jaune-brun chez le mâle, et brun à brun roux clair chez la femelle. Les appendices sont jaunes.

L'écusson est brun à brun sombre. Les élytres sont noirs, avec chacun une tâche floue brun-jaune. Les deux tâches pouvant se joindre postérieurement pour délimiter au centre une tâche noire en fer de lance plus ou moins large.

Les cinq premiers segments abdominaux ainsi que l'extrémité du sixième sont jaune ou brun clair. Nous avons récolté 118 S. couturieri, ce qui équivaut à une proportion de 42,59 % de l'échantillon.

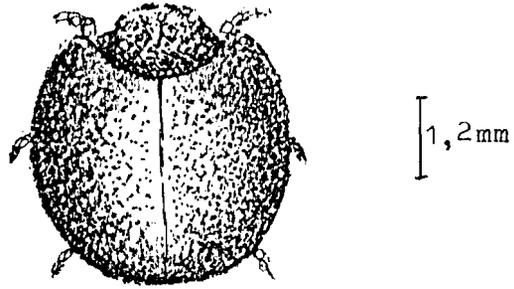


Figure 7 : Morphologie générale d'un Cheilomenes tetrica
CHAZEAU adulte (x 8)

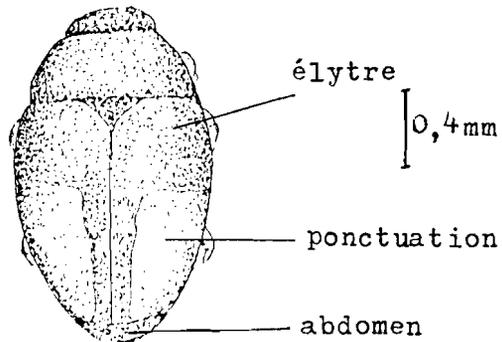


Figure 8: Morphologie générale d'un Scymnus couturieri
CHAZEAU adulte (x 24)

1.1.3. Les Hyménoptères

Les Hyménoptères recensés appartiennent à 11 familles d'importance inégale.

1.1.3.1. Famille des Braconidae

Ces insectes sont de couleur noire, de taille supérieure à 2 mm.

L'antenne est effilée, et comprend 15 articles (fig. 9). Ils se caractérisent principalement par des ailes antérieures qui présentent une seule nervure récurrente ; première cellule cubitale presque toujours séparée de la discoïde par une nervure (fig. 9).

Les larves de Braconidae sont parasites d'insectes variés. Le nombre de Braconidae de même espèce que nous avons comptés dans notre échantillon est de 2, ce qui représente un pourcentage de 0,72 % des insectes ramassés.

1.1.3.2. Famille des Ceraphronidae : Aphanogmus manihoti DESSART

A. manihoti est un petit insecte de couleur noire, et de taille inférieure à 1 mm.

Le nombre d'articles antennaires est de 13 (fig. 10). Selon BOUSSIENGUET et NEUENSWANDER (1989), l'antenne de la femelle qui comprend 9-10 articles a un article de moins que celle du mâle.

Ce Ceraphronidae a le pronotum qui atteint les tégulas sur les côtés.

Le scutellum est fortement convexe, séparé des axiles par une ligne également convexe. Le mésoscutum ne comporte pas de notaules, c'est-à-dire des sillons longitudinaux sublatéraux que l'on observe généralement au niveau du mésoscutum. La nervation alaire (fig. 10) comprend une submarginale, une marginale, une longue stigmale et une minuscule postmarginale. Le ptérostigma est linéaire en général. Le tibia antérieur est pourvu de 2 éperons.

Ce petit Ceraphronidae, décrit par DESSART (1989) serait un parasite de cecidomyiidae coccidiphage (Coccodiplosis citri BARNES, notamment) et d'oothèques de mantes (BOUSSIENGUET et NEUENSWANDER, 1989).

La présence de A. manihoti DESSART a été signalée dans certains pays africains, notamment au Congo, Gabon, Ghana et au Nigéria (BOUSSIENGUET et NEUENSWANDER, 1989).

Ces insectes, chiffrés à 5, représentent 1,80 % de l'échantillon.

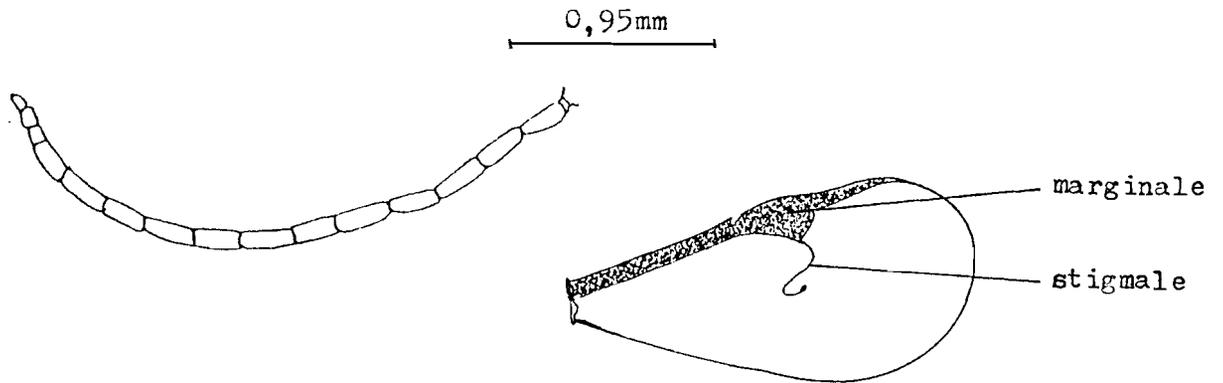


Figure 9 : Antenne et aile du Braconidae

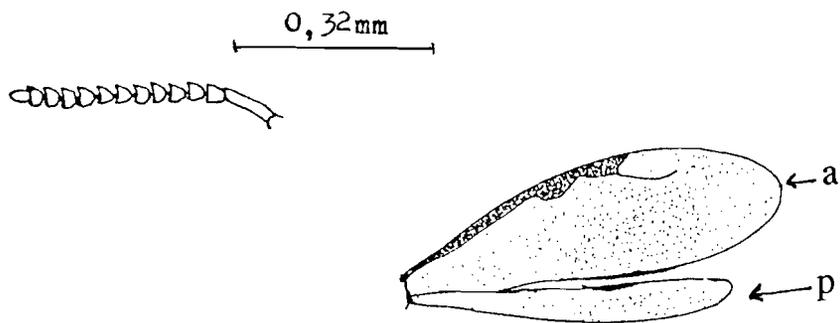


Figure 10 : Antenne et aile de Aphanogmus manihoti DESSART
a, aile antérieure ; p, aile postérieure

1.1.3.3. Famille des Elasmidae

La famille des Elasmidae appartient à la super-famille des Chalcidoidea.

Les Elasmidae que nous avons ramassés sont de couleur générale noire, et leur taille est de l'ordre de 1,5 à 2 mm.

La tête est sans suture transverse. C'est-à-dire qu'elle n'a pas de lignes membraneuses séparant deux sclérites.

Les antennes sont plus rapprochées à leur insertion, et comptent chacune 9 articles. L'abdomen, légèrement jaune, est lancéolé.

Les bords de l'aile antérieure sont pratiquement parallèles (Fig. 11).

La hanche postérieure est dilatée et discoïdale.

Nous en avons recueillis 6, ce qui représente 2,20 % des insectes comptés.

1.1.3.4. Famille des Encyrtidae

a/ Blepyrus insularis CAMERON

B. insularis est un Hyménoptère de couleur générale noire, et sa taille est de l'ordre de 1,5 à 1,8 mm.

La tête, grossièrement sculptée, est de couleur noire, avec des reflets métalliques violets. L'insecte présente des antennes courtes, insérées très près du clypéus.

Les articles du funicule (au nombre de 6) sont tous transverses (fig 12).

La massue est fortement marquée, au moins aussi longue que le funicule. Le pédicelle est plus long que les 2 premiers articles du funicule considérés ensemble (fig.12).

Le scutellum est vaste, fortement convexe.

La nervation alaire comporte une longue stigmale oblique, se terminant en forme de crochet (fig. 12).

Nous avons recensé 45 insectes, soit 16,24 % de l'échantillon. B. insularis est parasite interne de Ferrisia virgata COCKERELL, cochenille déprédatrice de manioc, vivant en association avec P. manihoti. L'importance numérique de cet Hyménoptère pourrait expliquer la faible gradation des populations de cette cochenille que nous avons observée dans le champ.

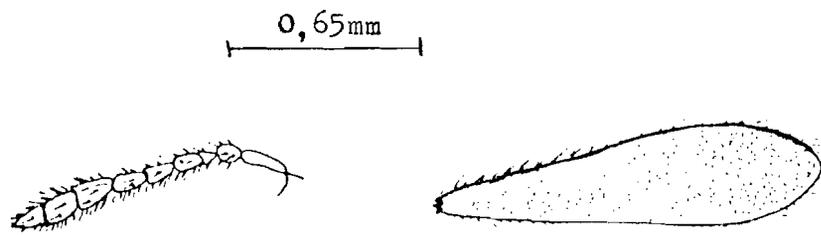


Figure 11 : Antenne et aile de l'Elasmidae

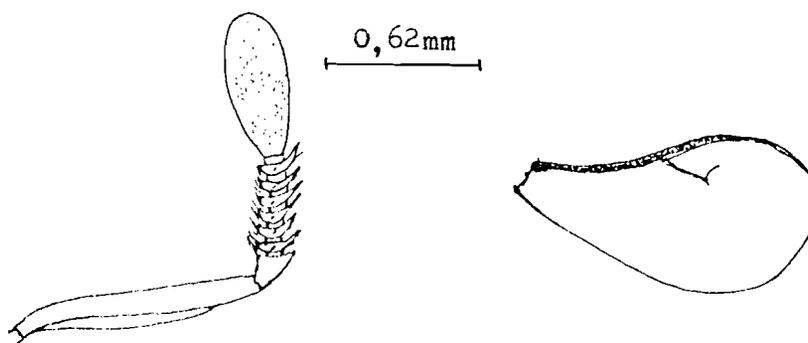


Figure12 : Antenne et aile de Blepyrus insularis CAMERON

b/ Epidinocarsis lopezi DE SANTIS (fig. 13)

C'est un Encyrtide de couleur noire. Le mâle et la femelle ont une longueur variant entre 1 et 2 mm.

Chez la femelle, le frontovortex est lisse et nu avec des reflets métalliques violets et pourpres. L'antenne claviforme, possède un scape sombre, aplati en forme de lame.(fig. 13a). Le pédicelle est aussi long que le premier article du funicule. Les 3 premiers articles qui suivent la massue sont sombres, de même que le sixième et légèrement le septième.

Le mésoscutum, avec une partie jaune, présente les mêmes caractéristiques que le frontovortex. Le scutellum est mât, avec des impressions sétifères.

La nervation alaire est réduite à la stigmale, qui se termine par un nœud triangulaire.

Chez le mâle, l'antenne est rameuse, et ne comporte pas d'anneli (fig 13b). Le mésopleure est vaste, sans sillons. L'aile du mâle est semblable à celle de la femelle.

Le tibia médian est long et saltatoire. Son éperon est sensiblement égal au basitarsus. Et les tarses comptent 5 articles. Dans notre échantillon, nous avons recueilli 14 femelles et 8 mâles, Ce qui représente globalement 7,94 % de l'ensemble des insectes ramassés.

c/ Homalotylus africanus TIMBERLAKE

Cet Encyrtidae présente un corps entièrement noir.

La taille de H. africanus est de l'ordre de 1,5 mm.

La tête est noire, plus haute que large ; ovale en vue de profil.

Les yeux sont plus éloignés l'un de l'autre ventralement que dorsalement. Les antennes sont noires, à l'exception de la massue qui est jaune pâle, parfois blanche ou blanc sale. Elle est fortement tronquée à la base.

Le scape est légèrement aplati en lame (fig.14).

Les ailes antérieures sont nettement enfumées. La stigmale est subparallèle à la marge de l'aile (fig.14).

Les tarses postérieurs et antérieurs sont de couleurs différentes. Le premier article des tarses postérieurs est presque entièrement noir.

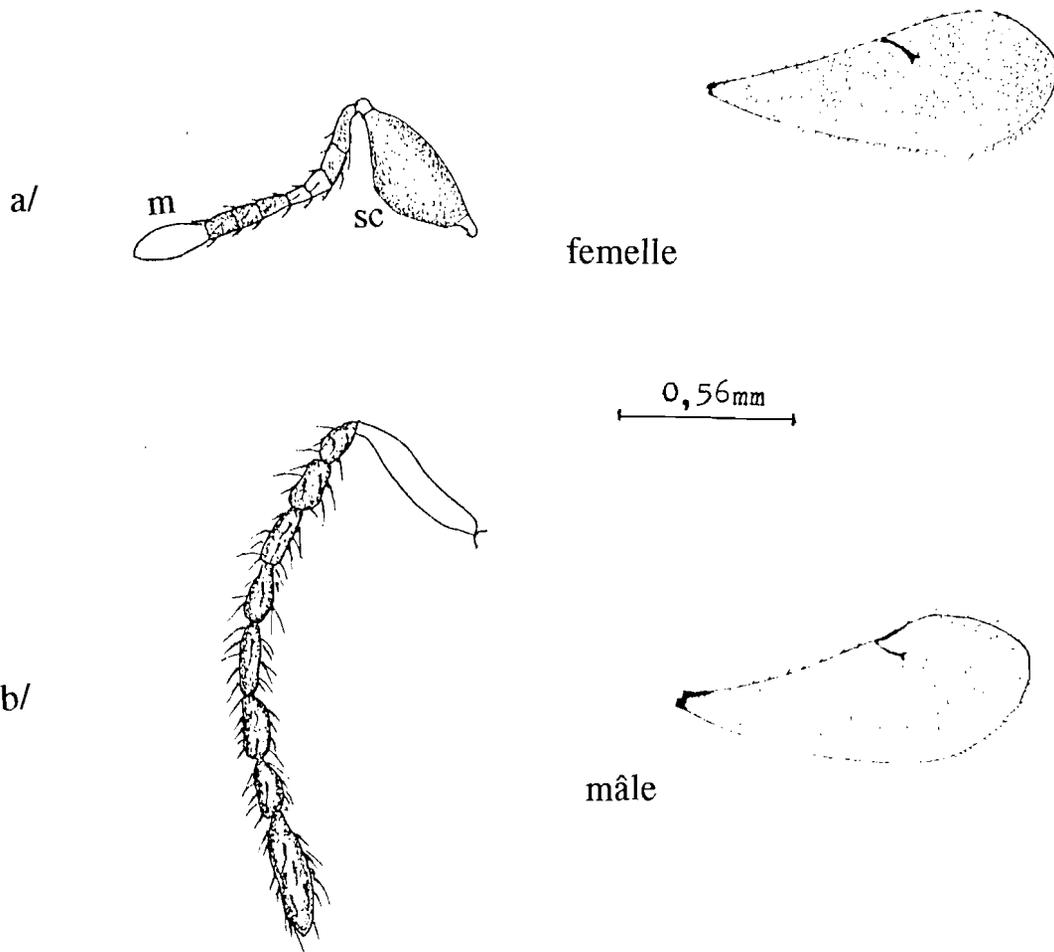


Figure 13: Antenne et aile de Epidinocarsis lopezi DE SANTIS
m, massue ; sc, scape.

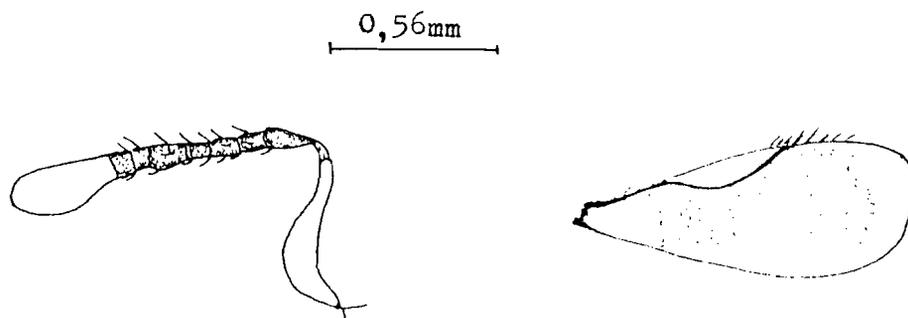


Figure 14 : Antenne et aile de Homalotylus africanus TIMBERLAKE

L'ovipositeur est fortement saillant au repos. H. africanus est un parasite commun de Coccinellidae (Scymnini). Sa présence a été révélée au Zaïre, Gabon, Nigeria et Rwanda (BOUSSIENGUET et NEUENHWANDER, 1989). Il existe une autre espèce qui est H. quaylei TIMBERLAKE, parasitoïte de Coccinellidae du genre Nephus, et dont la présence a été signalée au Gabon (BOUSSIENGUET et NEUENHWANDER, 1989). Il a été recensé 2 Homalotylus, soit 0,72 % des insectes récoltés.

d/ Procheiloneurus bolivari MERCET

C'est un Encyrtidae qui présente un corps brun, plus ou moins sombre. La taille de l'insecte est inférieure à 2 mm.

Les antennes comptent chacune 9 articles, et ne renferment pas d'anneli. La massue est sombre, plus ou moins tronquée à l'apex. Elle est sensiblement aussi longue que le funicule, dont les premier et deuxième articles sont plus longs que les suivants transverses. Le scape est entièrement brun, largement aplati en lame, moins de deux fois aussi long que large. Le dernier article du funicule est plus sombre comme la massue, et est nettement plus large que le précédent (fig. 15).

Le mésoscutum, régulièrement convexe, présente comme le pronotum; un aspect nettement plus sombre, avec des reflets métalliques bleus.

P. bolivari est reconnu comme parasite de E. lopezi.

Sa présence a déjà été révélée au Congo, Nigéria et Zaïre (BOUSSIENGUET et NUENHWANDER, 1989).

Le nombre de Procheiloneurus dans notre échantillon est de 14, ce qui représente un taux de 5,05 % des insectes récoltés.

1.1.3.5. Famille des Eulophidae

Les Eulophidae sont des insectes ayant une taille inférieure à 2 mm, de couleur noire. L'antenne, comprenant 6 articles, est moniliforme.

Les tarsi comprennent 4 articles.

Les ailes ont une postmarginale inexistante, et une longue stigmale (fig. 16). L'abdomen est pétiolé.

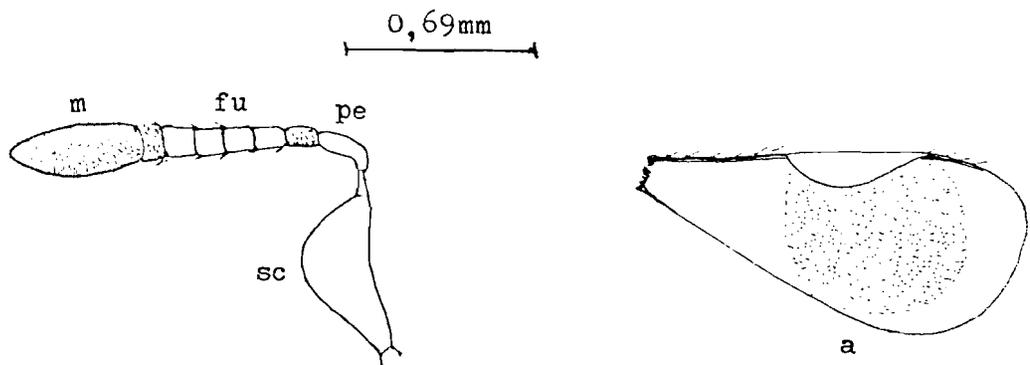


Figure 15 : Antenne et aile de Procheiloneurus bolivari MERCET

m, massue; fu, funicule; pe, pédoncule; sc, scape; a, aile

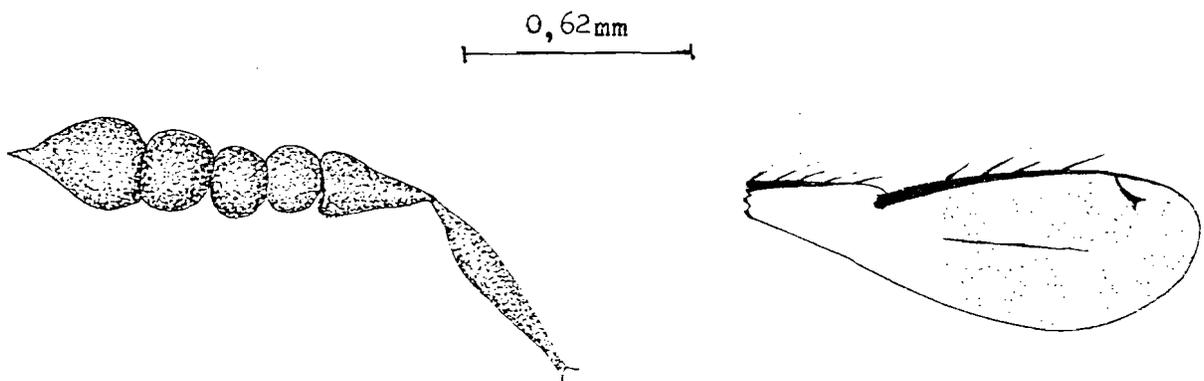


Figure 16 : Antenne et aile de l'Eulophidae

Les larves d'Eulophidae sont parasites d'insectes variés.

Les Eulophidae sont des hyperparasitoïdes plutôt rares de P. manihoti ; parasitoïdes grégaires et communs d'Exochomus flavipes, de Chrysopidae voire de Cecidomyiidae. Il a été signalé 3 à 5 espèces d'Eulophidae. Leur présence a été notée au Congo, Gabon, Ghana, Nigéria, Rwanda, Togo et Zaïre (BOUSSIENGUET et NEUENSCHWANDER, 1989). Il a été compté 3 Eulophidae de même espèce, soit 1,08 % de l'échantillon.

1.1.3.6. Famille des Formicidae

Les fourmis que nous avons récoltées dans notre échantillon, appartiennent à l'espèce Pheidole sp., dont les représentants relèvent du polymorphisme de cette espèce.

Ces fourmis sont de couleur noire. L'antenne comprend 12 articles. La tête est développée, et comporte de grands yeux. Le thorax, mince, est réduit. La suture qui sépare le pronotum du mésonotum est effacée : seule la dépression entre le mésothorax et le segment médiaire est nette.

Après le premier anneau abdominal, soudé au thorax (segment médiaire), s'adjoignent deux segments étroits, formant le pétiole. Ce n'est qu'après que débute l'abdomen proprement dit, qui est physiologiquement le véritable abdomen, car renferme l'estomac, l'intestin et les glandes génitales (GRASSE, 1951).

Les pattes sont longues, dépourvues d'épines.

En dehors de ces caractéristiques générales communes à tous les individus de l'espèce, les quelques différences se situent essentiellement au niveau de la taille générale et la configuration de la tête. WHEELER *in* GRASSE (1951) a donné des caractères morphologiques de P. instabilis, espèce très connue en France (fig.17)

Nous avons récolté au total 13 fourmis, soit 4,70 % des insectes recueillis. Elles sont représentées par les formes ouvrière et intermédiaire d'une part, et le soldat et la reine d'autre part.

a/ L'ouvrière

L'ouvrière, de taille plus petite, mesure en moyenne 1,5 mm de longueur. La tête et l'abdomen ont sensiblement la même grosseur. Nous avons récolté une ouvrière.

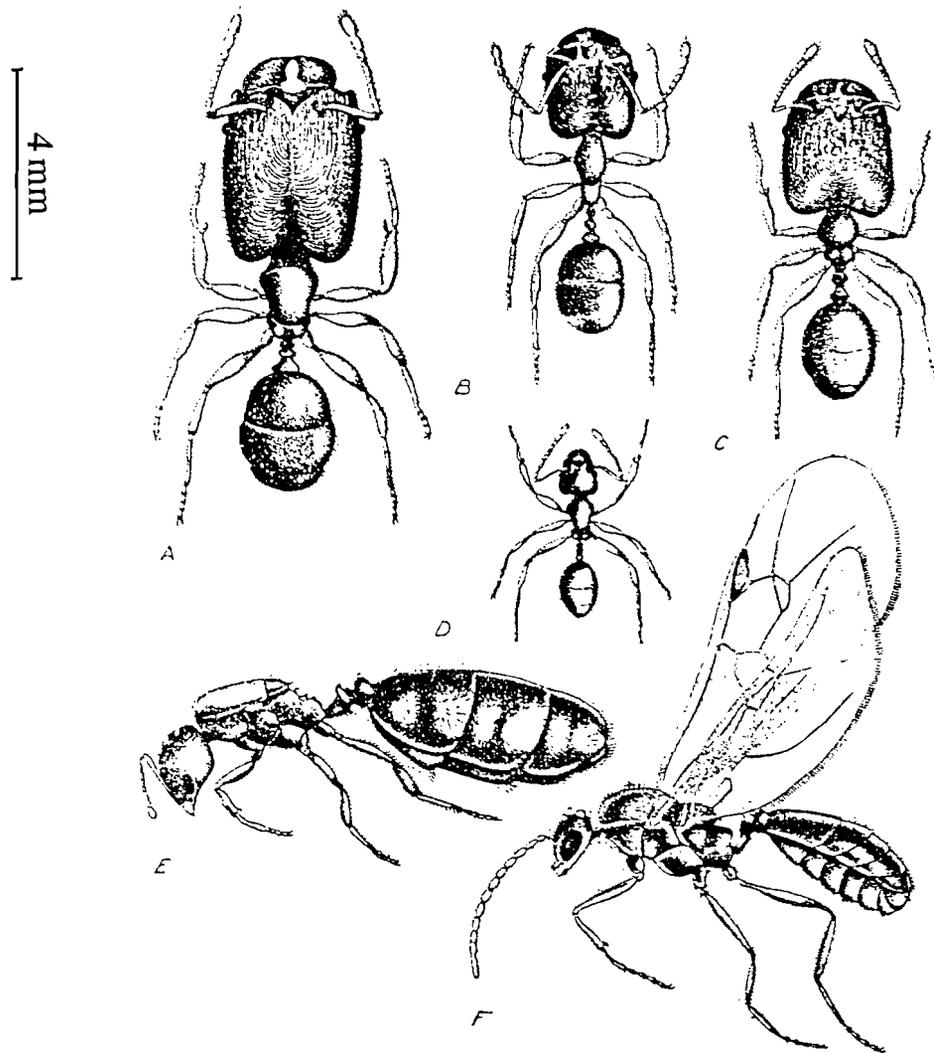


Figure 17: Polymorphisme de *Pheidole instabilis* A, soldat ; B à C, formes intermédiaires, D ouvrière ; E, reine ayant perdu les ailes ; F mâle. (D'après W. M. WHEELER in GRASSE, 1951).

b/ La forme intermédiaire

Les individus représentant la forme intermédiaire constituent l'essentiel de l'espèce dans l'échantillon. Leur taille est de l'ordre de 5 mm de long.

Comme la tête croît plus vite que le reste du corps (GRASSE, 1951), les individus intermédiaires ont une tête plus grosse. Nous avons compté 10 individus intermédiaires.

c/ Le soldat

Le soldat se caractérise par une grosseur impressionnante, dépassant toutes les autres castes de l'espèce. Sa taille est comprise entre 8 et 8,5 mm. Ici, nous assistons à un développement beaucoup plus grand de la tête, aussi bien en longueur qu'en largeur, par rapport au reste du corps.

Nous avons récolté un soldat.

d/ La reine (ayant perdu les ailes)

Elle mesure 5,5 mm de longueur, et se caractérise par son abdomen oblong et considérablement long par rapport à la tête et au thorax.

A l'instar de nombreuses fourmis comme Lasius, Plagiolepis, Pheidole instabilis exploite le miellat excrété par les cochenilles (GRASSE, 1951).

Nous avons recensé une reine de Pheidole.

1.1.3.7. Famille des Megaspilidae

Les représentants que nous avons récoltés ont une couleur générale noire, et une taille moyenne égale à 3 mm.

Les articles antennaires sont au nombre de 11, dans les deux sexes. Le mésoscutum renferme des notaules.

Le ptérostigma est bien développé au niveau de la submarginale et de la stigmale. La postmarginale est pratiquement absente (fig. 18).

Le tibia médian comporte 2 éperons apicaux. Nous avons ramassé 2 Megaspilidae de même espèce, soit un taux de 0,72 % des insectes.

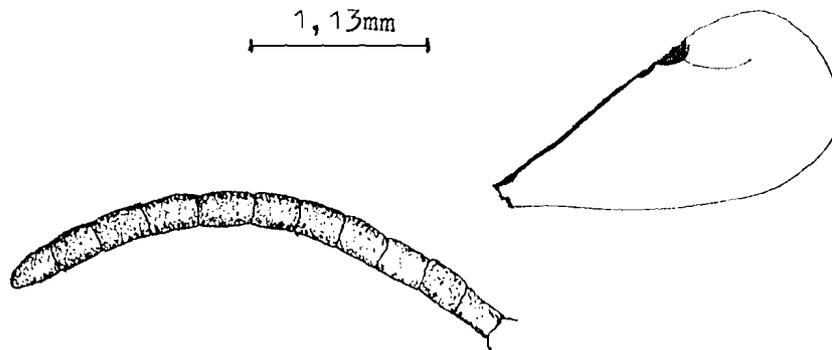


Figure 18 : Antenne et aile de *Megaspilidae*

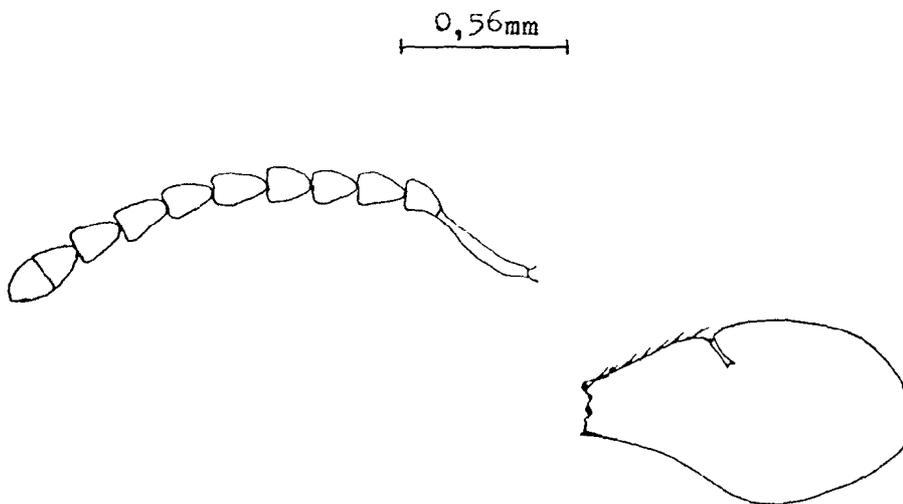


Figure 19 : Antenne et aile d'*Allotropa* sp.

1.1.3.8. Famille des Platygasteridae (Platygastridae) : Allotropa sp

Cet insecte est de couleur noire, et sa taille est de l'ordre de 1,5 mm.

L'antenne, coudée, et comprenant 9 articles, (fig. 19) est insérée près de la bouche.

La nervation alaire (fig. 19 est réduite à la stigmale et se termine avant le tiers antérieur de l'aile par un nœud sensiblement triangulaire.

Les larves sont parasites de Cecidomyies.

Les Platygasteridae sont parasitoïdes primaires de Phenacoccus madeirensis. Leur présence a été signalée au Ghana, Gabon et Nigéria (BOUSSIENGUET et NEUENSCHWANDER, 1989).

Nous avons dénombré 5 Allotropa, soit 1,80 % des insectes.

1.1.3.9. Famille des Pteromalidae : Metastanus sp

Cet insecte est de couleur noire, et de taille variant entre 2 et 2,5 mm. Le funicule comporte 5 articles et 3 anelli (fig. 20). Le pronotum est transverse, et les notaules incomplets.

Au niveau des ailes, la marginale est peu élargie, avec une longue stigmale (fig. 20).

Les tarse sont formés de 5 articles. L'éperon apical du tibia antérieur est recourbé.

Metastanus sp a un pétiole court, et un abdomen lancéolé.

Les larves sont parasites d'insectes variés. Cette espèce est parasitoïde grégaire de Coccinellidae (Exochomus flavipes et Hyperaspis delicatula MULSANT notamment). Elle a déjà été découverte au Nigéria, Togo, Gabon, Zaïre et en Guinée-Bissau (BOUSSIENGUET & NEUENSCHWANDER, 1989).

Nous avons recensé 3 Metastanus sp, soit 1,08 % de l'échantillon.

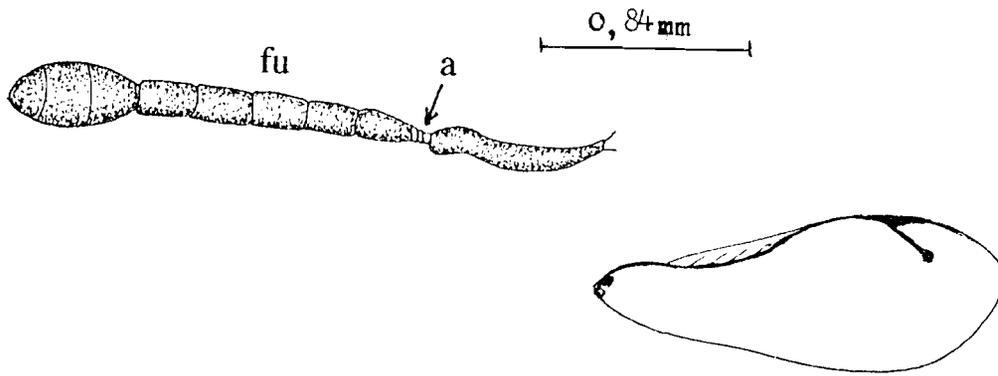


Figure 20 : Antenne et aile de Metastanus sp.
a, anneli ; fu, funicule

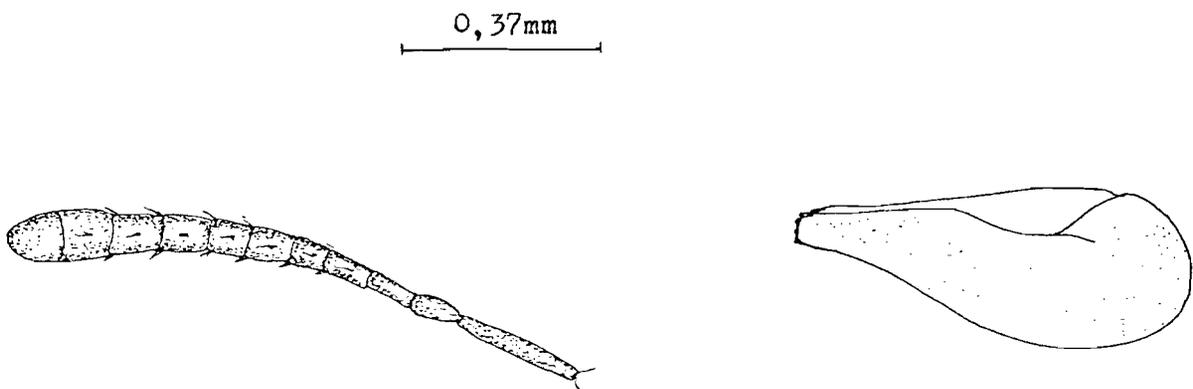


Figure 21 : Antenne et aile de Scelionidae

1.1.3.10. Famille des Scelionidae

Ils sont de couleur noire, leur taille est de l'ordre de 1 mm.

Il y a une absence totale de reflets métalliques. L'antenne comprend 9 articles (fig. 21), et est de couleur jaune foncée.

L'aile antérieure est pourvue au moins de nervures postmarginale et stigmale. Il est à noter que les larves de Scelionidae sont reconnues comme parasites oophages d'insectes ou d'Arachnides. Nous avons ramassé au total 7 insectes de même espèce, soit 2,53 % de l'échantillon.

1.1.3.11. Famille des Signiphoridae : Chartocerus sp.

Ce petit Signiphoridae, de couleur noire d'ébène et sans sculpture apparente, a un corps dorsalement aplati. Sa taille est inférieure à 1 mm.

La tête est transverse. Les antennes sont coudées, puis réduites au scape, aux anelli (3) et à une longue massue ovale, non segmentée (fig. 22).

Le mésoscutum est peu développé, ne cachant pas de pronotum en vue dorsale.

Le scutellum est réduit et transverse.

La nervation alaire est réduite à la submarginale, à la marginale et à une stigmale apparemment absente (fig.22). Les axiles ne sont pas distinctes. L'éperon du tibia médian est denté et épineux.

Ces insectes de petite taille, dont nous avons révélé l'existence pour la première fois en Côte d'Ivoire, sont largement connus au Congo, en Gambie, au Ghana, en Guinée-Bissau, au Nigeria, au Togo et Zaïre ; très rares au Gabon (BOUSSIENGUET et NEUENSCHWANDER, 1989).

Il a été dénombré 11 Chartocerus sp., soit 3,97 % de l'échantillon.

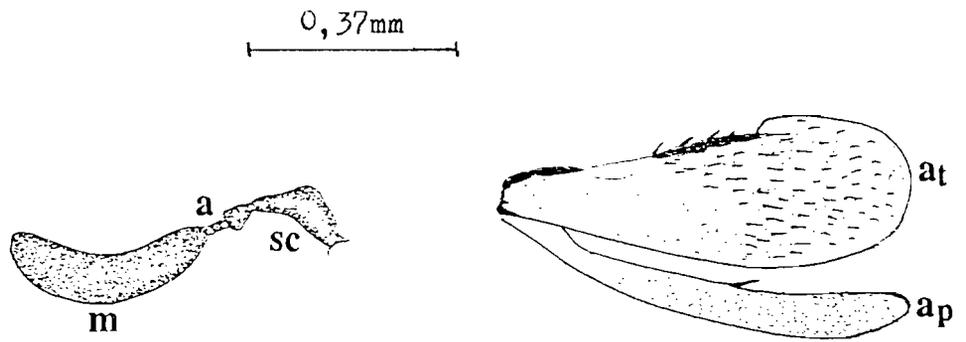


Figure 22 : Antenne et aile de Chartocerus sp.
m, massue ; a anelli; sc, scape ; at, aile antérieure;
ap, aile postérieure.

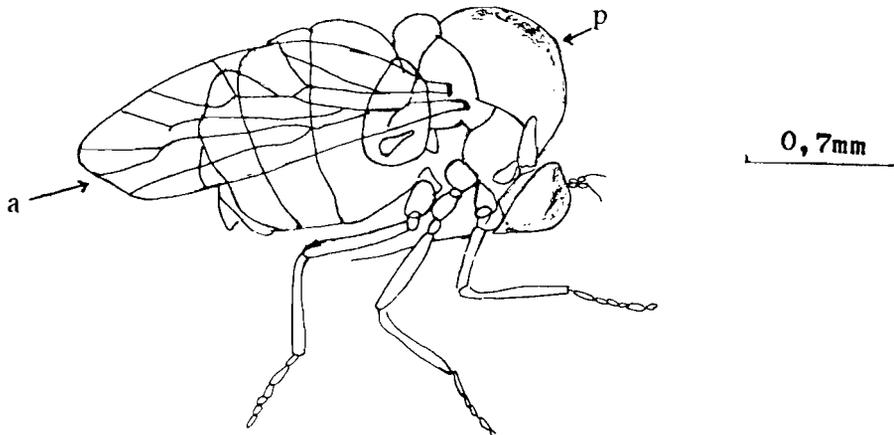


Figure 23 : Forme générale d'un Acroceridae
(D'après DELVARE et ABERLENC, 1989)
a, aile ; p, pelote.

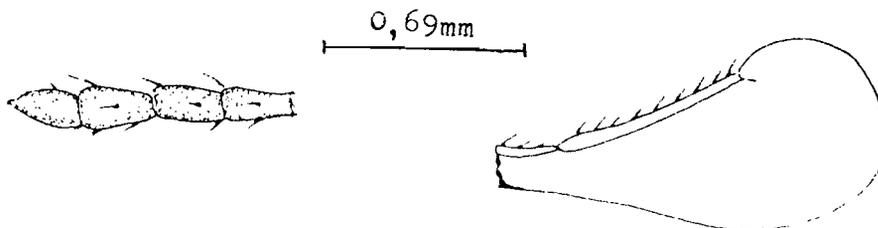


Figure 24 : Antenne et aile du Brachyceridae

1.1.4. Les Diptères

1.1.4.1. Les Acroceridae

Ces Diptères, de couleur noire, de longueur moyenne égale à 1,5 mm, présentent une tête remarquablement petite. Cette tête est fortement repliée vers le thorax.

L'acropode supporte 3 pelotes visibles. Les ailes débordent de un tiers l'abdomen à aspect trapu (fig. 23).

Les larves d'Acroceridae sont parasites d'araignées.

Nous avons dénombré 4 Acroceridae de même espèce, soit 1,44 % des insectes recueillis.

1.1.4.2. Les Brachyceridae

Les brachycères sont des insectes de couleur noire, et de taille inférieure à 2 mm. L'antenne, formée de 3 articles, est courte et pourvue de soies (fig. 24).

L'aile comporte une grande nervure pourvue de soies.

Nous avons récolté 3 Brachycères de même espèce, soit 1,08 % des insectes.

1.2. Discussion

La détermination des entomophages inféodés à P. manihoti constitue à l'heure actuelle où le manioc subit de plus en plus de préjudice, une préoccupation quotidienne.

Notre étude montre que l'entomofaune récoltée autour de P. manihoti dans la zone Sud comprend donc des insectes appartenant à 4 ordres d'importance inégale : les Hyménoptères (50,54 %), les Coléoptères (45,13 %), les Diptères (2,53 %) et les Hémiptères (1,80 %). La comparaison de nos résultats à ceux d'autres auteurs, en particulier FABRES et MATILE-FERRERO (1980), BOUSSIENGUET (1986) et BASSANGAMA et MOUSSA (1987), présente de grandes analogies dans la composition, du moins en ce qui concerne les principaux ordres.

En plus des 4 ordres précités, ces auteurs ont aussi recensé l'ordre des Lépidoptères, non représenté dans notre échantillon.

Nous pensons que les Lépidoptères adultes étaient absents sur les apex au moment des opérations de récolte, étant donné que seules leurs chenilles (larves) se nourrissent de la cochenille (FABRES & MATILE-FERRERO, 1980). Cependant, nous avons récolté quelques chenilles, en association avec les ovisacs et les débris végétaux. Néanmoins, ces dernières n'ont pu être identifiées, parce que mortes lors des élevages en éclosoir.

Les insectes récoltés autour de P. manihoti entretiennent, entre eux, des relations complexes de divers ordres.

Toutefois, BASSANGAMA *et al.* (1987) avouent que les insectes récoltés autour de la cochenille ne sont pas tous entomophages. Ils reconnaissent en effet qu'en période de gradation de la cochenille, les apex bien infestés abritent aussi de nombreux insectes coprophages, détritivores et xylophages, ainsi que plusieurs espèces d'Hyménoptères Formicidae.

L'importance quantitative des Hyménoptères et des Coléoptères s'explique, sans doute, par des rôles importants que pourraient jouer ces insectes lors de la gradation du ravageur.

L'introduction de P. manihoti MATILE-FERRERO sur le continent africain suscite des recherches portant sur le recensement des entomophages associés au ravageur (FABRES et KIYINDOU, 1985 et KIYINDOU et FABRES, 1987).

Notre travail, qui s'inscrit dans cette optique, vise à contribuer à la connaissance de l'entomocœnose inféodée à la cochenille.

A travers cette étude, nous avons non seulement retrouvé en Côte d'Ivoire, des insectes (entomophages ou non) déjà rencontrés dans d'autres pays africains, mais également d'autres non encore recensés. Et nous avons situé leurs niveaux d'intervention dans la biocœnose (parasites, hyperparasites, prédateurs, etc).

Notre étude, répond au souci de KANIKA-KIAMFU *et al.* (1992), qui déplorent les introductions régulières d'auxiliaires, qui ne tiennent pas compte de l'entomocœnose associée au manioc.

Cette enquête, bien que limitée dans une zone géographique du pays et dans le temps, revêt une importance capitale. Elle révèle l'importance de la diversité des composantes de l'entomofaune indigène associée à P. manihoti dans la biocœnose.

Les résultats de cette étude constituent un outil important qui pourra être utilisé sur le terrain par les entomologistes dans la reconnaissance des insectes rencontrés autour de P. manihoti.

2. Caractères morphologiques et biologiques des deux entomophages de P. manihoti

L'importance numérique d'une part et la relation directe qu'ils entretiennent avec P. manihoti d'autre part, nous ont incités à aborder l'étude morphologique et biologique de E. lopezi et S. couturieri

2.1. Résultats

2.1.1. Epidinocarsis lopezi DE SANTIS

2.1.1.1. Caractères morphologiques

a/ L'œuf (fig. 25)

L'œuf, de forme oblongue et de couleur jaune-orange, mesure en moyenne 0,25 mm de grand axe. Il est terminé par un pédoncule, sur l'une des extrémités, et présente un reflet argenté. PANIS (1965), en faisant le même constat, a montré chez l'Encyrtidae Anagyrus pseudococci, que ce reflet est dû à la présence d'une pièce plaquée dorsalement sur le chorion, duquel on peut facilement le détacher, et que cette pièce assure les échanges gazeux.

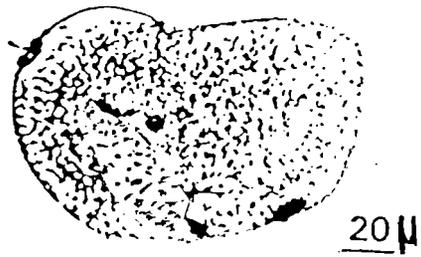


Figure 25: Forme générale de l'œuf de E. lopezi
(D'après NENON *et al.*, 1988)

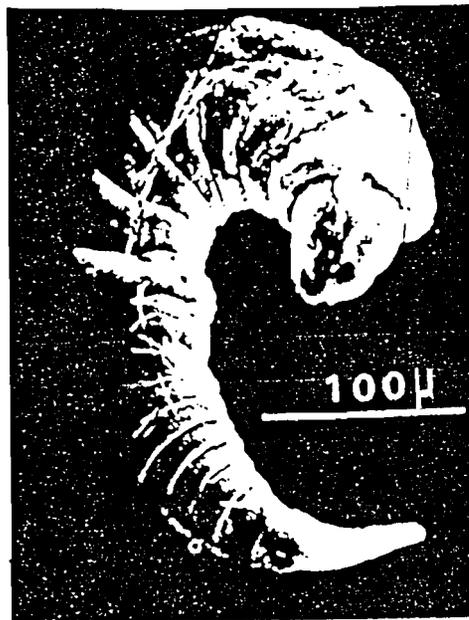


Figure 26 : Forme générale de la larve de E. lopezi
(D'après NENON *et al.*, 1988)

b/ La larve (fig. 26)

E. lopezi est un endoparasite. Le développement à l'état juvénile, c'est-à-dire pré-imaginal, qui a lieu à l'intérieur de la cochenille est désigné couramment par le terme "forme cachée". L'adulte obtenu après émergence, et vivant à l'extérieur de la cochenille, représente alors la "forme libre".

Etant donné que dans le cadre strict de notre travail, c'est la phase imaginale qui nous importe fondamentalement, au regard de ses implications directes dans la régulation des populations du ravageur, nous n'avons pas abordé l'étude des différents stades de développement.

Aussi, nous rappelons les résultats des observations au microscope électronique, obtenus par NENON *et al.* (1988). De cette étude, on retiendra qu'E. lopezi présente 4 stades larvaires. NENON *et al.* (1988) indiquent que la larve issue de l'éclosion de l'œuf, est typiquement encyrtiforme, c'est-à-dire en forme de croissant, avec la partie antérieure du corps plus grosse que la partie postérieure.

c/ L'adulte

Les photos 7 et 8 illustrent la morphologie générale et donnent quelques détails des individus mâle et femelle. Pour la description détaillée, il faut se référer au Chapitre D-1, consacré à l'identification des insectes récoltés dans l'entomofaune inféodée à la cochenille P. manihoti. Il est néanmoins important de rappeler qu' E. lopezi est de couleur générale noire, avec des antennes coudées et de longueur du corps variant entre 1 et 2 mm.

2.1.1.2. Caractères biologiques et éthologiques

a/ Recherche et exploration de l'hôte

De nombreux élevages et les observations de plein champ nous ont amenés à croire que la rencontre entre l'hôte et le parasite s'effectue au hasard.

Aussi, est-il fréquent au champ, d'observer la présence de quelques parasites sur les feuilles de manioc ne portant pas de cochenilles.

On retrouve régulièrement E. lopezi dans tous les endroits du feuillage, à la recherche de l'hôte.



Photo 7 : E. lopezi mâle (x 40)



Photo :8 E. lopezi femelle (x 30)

Cette activité de recherche implique aussi bien les femelles fécondées que les femelles non accouplées.

A la vue de la cochenille, située à quelques centimètres seulement, la femelle d'E. lopezi s'avance doucement vers l'hôte. Elle semble ne prêter aucune attention aux cochenilles de premier et deuxième stade. Cependant, ces catégories d'individus peuvent être explorées, pour un laps de temps, avec les antennes, avant d'être abandonnées par la suite. Mais lorsqu'elle est en présence des larves de troisième stade ou en présence des femelles adultes, l'exploration est effective, et peut parfois intéresser tout le contour de l'hôte. L'exploration dure quelques secondes (3 à 5 secondes).

b/ La reproduction

La reproduction d'E. lopezi est sexuée; le mâle et la femelle s'accouplent, avant de donner un œuf fécondé.

La reproduction chez E. lopezi est de type classique. Elle comporte essentiellement trois séquences qui sont; l'accouplement, la ponte et l'éclosion des larves.

b1 - Rapprochement des partenaires et accouplement

La rencontre entre les partenaires semble s'effectuer au hasard, lors des déplacements de l'Encyrtidae. Quand le mâle et la femelle se retrouvent face à face, ils ne s'accouplent généralement pas, chacun amorçant rapidement un demi-tour. Mais si le mâle arrive derrière la femelle, il actionne ses antennes, animées de mouvements vibratoires, puis se jette brusquement sur le dos de celle-ci. Il s'y accroche à l'aide de ses pattes .

Par ailleurs, le mâle caresse sa partenaire, en tapotant ses antennes contre celles de la femelle.

Une fois la femelle immobilisée, le mâle abaisse son abdomen, et l'accouplement proprement dit a lieu. Il peut durer de 3 à 5 secondes (rarement-plus) à l'issue desquelles le mâle se dégage, et repart à la recherche de nouvelles femelles. Le rythme copulatoire des mâles est lié à celui des sécrétions des liquides sexuels, lui-même dépendant des conditions d'éclairement subies ou recherchées par le mâle. Une réduction de la luminosité aboutit à une réduction des sécrétions, donc à un ralentissement du rythme copulatoire (NENON et FABRES, 1987).

b2 - Ponte et fécondité

D'une manière générale, les femelles observées en élevage, commencent à rechercher leur hôte pour pondre, dans les 24 heures qui suivent leur émergence.

Pour effectuer leur ponte, les femelles de l'Encyrtidae choisissent des larves de cochenilles de troisième et quatrième stade.

Lors du déclenchement du phénomène de ponte, la femelle d'E. lopezi se trouvant en face de l'hôte, l'explore d'abord, puis se retourne brusquement pour se mettre en position de ponte. Elle relève ses ailes presque à la verticale, parallèles, puis abaisse son abdomen pour enfoncer sa tarière (ovipositeur).

Si la tarière ne parvient pas à atteindre les téguments de l'hôte, l'insecte recule un tout petit peu, puis corrige sa posture.

A l'aide de son ovipositeur, représenté par un stylet perforateur (NENON et FABRES, 1987), la femelle pratique dans les téguments de l'hôte, un trou lui permettant de déposer directement l'œuf qui, après retrait de l'ovipositeur, est recouvert par les téguments de la cochenille. Selon ces auteurs, l'ovipositeur ayant un canal de ponte très réduit, les ultrastructures des enveloppes de l'œuf ovarien confèrent à celui-ci, une certaine souplesse et une déformabilité permettant son passage dans cet étroit canal.

L'oviposition peut durer jusqu'à 15 secondes, à l'issue desquelles la femelle de E. lopezi abaisse ses ailes, puis abandonne la cochenille, infestée.

A l'émergence, nous avons noté la sortie d'un seul E. lopezi-fils par momie. Ainsi, une cochenille parasitée correspond à la ponte d'un œuf.

Nous avons alors suivi régulièrement la ponte de E. lopezi. Les résultats obtenus (tableau II) montrent que la ponte totale moyenne de chaque femelle (fécondité) est de 114,45 œufs, avec une ponte journalière moyenne de $3,17 \pm 0,45$ œufs.

b3 - Eclosion

C'est une étape décisive de la biologie de l'endoparasite, car elle conduit à l'émergence des imagos qui jouent un rôle essentiel dans la régulation de l'abondance du déprédateur.

La cochenille parasitée, totalement durcie et transformée en tonnelet, laisse entrevoir par transparence tégumentaire, une tache floue, représentant en fait le corps de l'endoparasite.

Les mouvements d'E. lopezi arrivé au terme de son développement endoparasitaire, exercent des contraintes sur les parois tégumentaires de la momie.

La sortie d'E. lopezi se fait soit par la partie abdominale (plus fréquent), soit par la région céphalothoracique de la momie. Dans le premier cas, la sortie d'E. lopezi s'accompagne de la délimitation d'un "couvercle", formé des 2 ou 3 derniers segments abdominaux. Dans le deuxième cas, la rupture tégumentaire se fait entre la tête et le thorax. La descendance d'une femelle de l'Encyrtidae est composée des individus de sexes différents.

Le nombre moyen d'individus par descendance est de 65,75 (tableau III).

Par ailleurs, en élevant des femelles non accouplées sur les cochenilles, nous obtenons à l'émergence, un ensemble d'individus, composé de mâles uniquement. En dehors de la reproduction sexuée, E. lopezi se reproduit par parthénogénèse arrhénotoque.

Tableau II : Ponte et fécondité moyennes de E. lopezi en conditions naturelles.

TEMPS(jours)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
NOMBRE D'OEUFs PAR JOUR	2.6	2.8	2.94	2.74	3.50	3.47	3.45	3.40	3.42	3.31	3.48	3.37	3.57	3.11	3.54	3.34	3.71	3.54	3.80	3.40	3.2
PRECISION (+/-)	1.09	1.1	1.37	1.01	1.02	1.18	0.91	0.81	1.03	0.99	0.56	1.0	1.03	1.05	0.95	1.08	1.01	0.95	0.86	1.06	1.18

TEMPS(jours)	22	23	24	25	26	27	28	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	PONTES TOT.	PONTES/J	PRECISION
NOMBRE D'OEUFs PAR JOUR	3.21	3.54	3.48	3.42	3	3.42	3.05	3.22	3.37	3.14	2.45	3.08	2.65	2.20	1.45	0	0	114.45	3.17	+/-0.45
PRECISION (+/-)	1.05	1.03	0.81	1	1.16	0.91	1.08	0.84	1.19	0.94	1.05	1.35	1.57	1.41	1.59	0	0			

Tableau III : Descendance d'une femelle de E. lopezi

N° couple	Nombre de descendants
1	63
2	99
3	35
4	81
5	69
6	50
7	37
8	65
9	43
10	79
11	91
12	63
13	71
14	97
15	66
16	57
17	68
18	75
19	41
20	65
Total	1315
Moyenne.	65,75
Précision \pm	18,5

c/ Le cycle de développement

La durée du cycle biologique est une donnée très importante dans l'étude du développement d'un ravageur. Elle donne une idée sur la vitesse de propagation de celui-ci.

Les résultats obtenus et consignés dans le tableau IV montrent que la durée du cycle biologique est variable au niveau de E. lopezi. La durée moyenne du cycle de E. lopezi dans nos conditions d'études (28°C et 83% HR), est de $14,90 \pm 1,27$ jours.

2.1.2. Scymnus couturieri CHAZEAU

2.1.2.1. Caractères morphologiques

a/ L'œuf (fig. 27)

Les œufs de la coccinelle sont pondus dans l'ovisac des cochenilles. Ils sont morphologiquement semblables à ceux de la cochenille nouvellement pondus. De ce fait, ils sont difficilement repérables ; la distinction se fondant essentiellement sur la taille qui est plus grande, par rapport à celle des œufs de la cochenille.

L'œuf est oblong, de couleur jaune-citron, avec des reflets métalliques bleuâtres. Il mesure en moyenne 0,5 mm de grand axe pour 0,3 mm de petit axe.

La couleur jaune-citron de l'œuf demeure, jusqu'à l'éclosion de la larve néonate.

b/ La larve

Nouvellement dégagée du chorion, la larve néonate est peu allongée, avec la partie céphalique assez large. Elle est de couleur jaune-citron, et de longueur d'environ 0,5 à 0,8 mm (fig. 28).

Les yeux sont marrons, disposés de part et d'autre de la tête. On peut distinguer dorsalement, quelques tâches glandulaires sombres, parfois symétriques.

Tableau IV : Durée du cycle biologique de E. lopezi en conditions de la serre

Durée du cycle (en jours)	Fréquence (Nbre d'insectes)	Total
13	5	65
14	10	140
15	16	240
16	4	64
17	3	51
18	2	36
Total	40	596

$$\bar{X} = 14,90 \quad S = 1,27$$

0,25mm

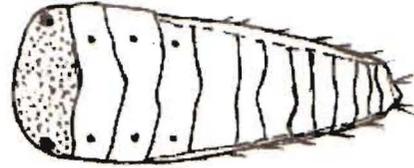
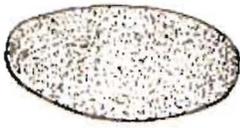


Figure 27 : Œuf de S. couturieri

Figure 28 : Jeune larve de S. couturieri

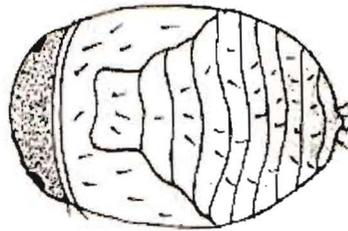


Figure 29 : Nymphe de S. couturieri

Photo 9 : Larve de S. couturieri recouverte de filaments
(x 250)



Photo 10 : Morphologie générale d'un S. couturieri
CHAZEAU adulte

Après 24 heures, la larve néonate se recouvre de filaments blancs (photo 9), qui lui permet d'être confondue avec la structure blanche et cotonneuse de l'ovisac de P. manihoti.

Sur le plan morphologique, le développement de la jeune larve passe par 3 mues, correspondant à 4 stades larvaires.

Le nombre de segments somatiques est égal à 11, et ne varie pas quel que soit le stade larvaire.

En dehors de la taille qui augmente d'un stade à l'autre, et des pièces buccales qui deviennent vulnérantes, on n'observe pas de grandes différences morphologiques.

Débarrassée de son revêtement filamenteux, la larve garde sa couleur jaune-citron, et présente par endroits sur son corps des filaments de soie. On note une présence constante de soies sur les bords latéraux des segments somatiques et au niveau de la partie anale. La taille semble ne pas varier avec le sexe. La larve de deuxième stade mesure entre 0,8 et 1 mm de long, celle du troisième stade a une longueur de 1 à 1,3 mm, et enfin celle du quatrième stade est comprise entre 1,3 et 3 mm.

c/ La nymphe (fig. 29)

Au terme de son développement, la larve de 4^e stade cesse progressivement de s'alimenter; elle se fixe sur le support par sa partie anale, puis se replie sur elle-même : c'est le début de la nymphose.

Ce stade est complètement différent des précédents, avec le gonflement, le repliement du corps, et la disparition du revêtement cuticulaire larvaire. Ainsi, entre les 3^e et 4^e jours qui suivent le début de la nymphose, nous pouvons observer la couleur brune de la cuticule de la nymphe, et la couverture sétifère de tout le corps.

On observe les ébauches oculaires, sombres, surtout peu avant la sortie de la jeune coccinelle ailée.

On distingue dorsalement, 8 à 10 segments abdominaux, dont les 4 premiers se retrouvent latéralement couverts par une structure particulière en forme de réceptacle, séparant la tête de l'abdomen. La nymphe mesure en moyenne 1,8 mm de longueur.

Il s'agit là d'une étape de transition entre la larve de 4^e stade et la coccinelle adulte. C'est un stade au cours duquel l'insecte ne s'alimente pas, et vit grâce aux réserves accumulées lors de la vie larvaire. Les organes caractéristiques de l'imago vont se mettre en place au cours de ce stade pour donner, après une métamorphose complète, une jeune coccinelle ailée, pourvue d'antennes et de pièces buccales développées.

Au terme du développement de la nymphe, la jeune coccinelle découpe à l'aide de ses pièces buccales, la partie antérieure de la cuticule nymphale. Elle n'est pas aussitôt éjectée à l'extérieur, mais elle y reste cachée pendant 2 à 3 jours, à l'issue desquels la coloration des élytres passe de brun à noir taché de roux. A la sortie de la jeune coccinelle, la dépouille nymphale reste toujours fixée sur le support. L'ouverture de la cuticule nymphale permet probablement au jeune individu, d'être au contact de l'air, nécessaire à la respiration et à la solidification de la cuticule.

Une coccinelle encore brune (très jeune individu) évite la lumière, et cherche un endroit pour se mettre à l'abri du soleil.

d/ L'adulte

Lors de la description et l'identification de la faune entomologique inféodée à P. manihoti (cf. chapitre D.1), nous avons donné les principaux caractères morphologiques de cette coccinelle. Rappelons que c'est un petit coléoptère, concave et finement pileux, de taille inférieure à 2 mm.

Scymnus couturieri (mâle ou femelle) est facilement reconnaissable par la coloration des élytres. Ceux-ci sont noirs, avec chacun une tache floue brun-jaune, les deux taches pouvant se joindre postérieurement et délimiter au centre, une tache noire en fer de lance (photo 10).

2.1.2.2. Caractères biologiques et éthologiques

a/ Recherche de la proie

Le comportement spatial de S. couturieri a été suivi aussi bien au champ que dans la serre, lors des élevages, aux mois d'Avril 1992 et Mars 1993.

Nous avons noté la présence du prédateur sur toutes les parties du végétal hébergeant les cochenilles.

La coccinellide se retrouve principalement sur les œufs et les premiers stades larvaires de la cochenille P. manihoti, qui constituent sa nourriture.

Aussi, est-il très fréquent de retrouver l'imago ou la larve, autour des amas d'œufs avec des larves de premier stade de la cochenille.

A la recherche de la proie, les larves ou les imagos se déplacent activement d'une partie de la feuille à une autre, d'une feuille à une autre, ou sur tout le long de la tige du manioc.

S. couturieri semble utiliser sa vue dans la recherche de la cochenille. La coccinelle aperçoit à une distance de 5 à 10 cm, sa proie dont elle s'approche pour s'alimenter. Arrivée au niveau de celle-ci, elle s'immobilise pendant presque toute la durée de consommation de la cochenille, qui peut durer jusqu'à 30 minutes.

Lorsque la coccinelle finit de s'alimenter et qu'elle est repue, elle présente un comportement indifférent vis-à-vis de la cochenille. Une coccinelle venant de s'alimenter ne s'intéresse plus à la nourriture pendant quelques instants (environ 1 heure).

b/ La reproduction

b1 - Recherche de partenaire et accouplement

Le comportement sexuel du coccinellide S. couturieri est assez particulier. Le mâle se dirige vers d'autres individus, situés à une distance plus ou moins importante.

Un mâle en présence d'un autre mâle ou d'une coccinelle morte, s'approche, rode aux alentours pendant 2 à 3 secondes, à la partie postérieure des individus, avant de les abandonner aussitôt.

En présence d'une femelle, le mâle bondit brusquement sur le dos de celle-ci, et s'y agrippe à l'aide de ses pattes. La femelle peut alors traîner le mâle sur des distances plus ou moins considérables. Quelques temps après, le mâle abaisse son abdomen pour effectuer l'accouplement. Lors de la copulation qui peut durer de 3 à 4 minutes, les partenaires sont difficilement séparables.

Après l'accouplement, la femelle tente de se dégager. Le mâle relâche, et la femelle s'échappera complètement de celui-ci qui tentera, mais en vain, de la reconquérir.

b2 - Ponte et fécondité

La coccinelle Scymnus couturieri CHAZEAU pond ses œufs dans l'ovisac de la cochenille Phenacoccus manihoti. C'est une prédisposition biologique particulière qui permet aux jeunes larves qui sortent dès l'éclosion, de se nourrir immédiatement.

Par ailleurs, cette prédisposition protège les œufs des prédateurs éventuels et des intempéries.

Lorsque la ponte se déclenche, la femelle reste immobile, et soulève ses élytres. Ensuite, elle baisse son abdomen animé de mouvements contractiles brusques, et cela pendant 3 à 4 secondes, suivis du dépôt d'un œuf.

Les pontes ne sont pas régulières, car on peut observer des intervalles allant de un à deux jours entre deux pontes successives. De plus, elles sont éparées ; et on peut trouver par endroit, des tas de 3 à 4 œufs ou des œufs isolés dans les élevages en boîtes. Les valeurs moyennes des pontes de S. couturieri (tableau V) permettent d'estimer la ponte journalière du prédateur à $1,85 \pm 1,23$ œufs par femelle.

En outre, les résultats expérimentaux donnent une valeur moyenne de la fécondité, égale à $24,20 \pm 1,37$ œufs (tableau VI). La fig. 30 montre l'évolution des pontes quotidiennes de 15 femelles de S. couturieri en fonction du temps, avec une ponte maximale de 55 œufs au 6^e jour.

b3 - Eclosion

L'éclosion intervient après 3 à 5 jours d'incubation des œufs, dans nos conditions d'étude (25,6°C et 86 %HR).

A son complet développement, on remarque que le corps de l'embryon est animé de mouvements, qui occasionnent une pression sur le chorion. Cette pression provoquée, engendre l'éclatement progressif de celui-ci, qui dure 15 à 20 minutes.

Tableau V : Pontes quotidiennes de 15 S. couturieri

Temps (jours)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tot.	Moy.
Pontes moyennes	1,66	2,20	2,33	3,46	3,60	3,66	2,46	1,73	1,13	1	0,73	0,13	0,06	0	0	24,20	1,85
Précision ±	0,72	1,20	1,34	1,55	0,98	1,34	1,06	0,70	0,63	0,84	0,96	0,35	0,25	0	0	-	1,23

Tableau VI : Fécondité de S. couturieri

N° Insecte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tot.	Moy.	Préc.±
Nbre d'œufs pondus	25	24	24	25	25	23	24	20	25	24	25	24	26	24	25	363	24,20	1,37

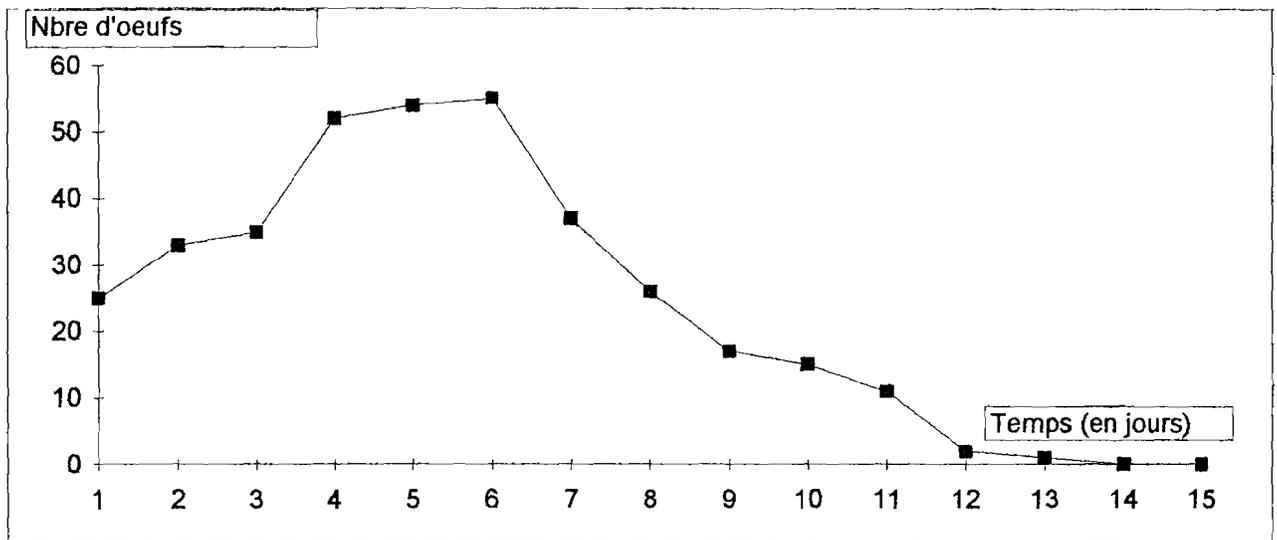


Figure 30: Rythme quotidien des pontes de 15 S. couturieri dans le temps

La jeune larve qui en sort reste dans un premier temps, collée sur les enveloppes ovulaires avant de se dégager quelques minutes plus tard. Ensuite, elle se fixe sur le support, pendant 2 à 5 minutes, par sa partie anale, avant d'aller à la recherche de la nourriture, particulièrement les œufs de P. manihoti.

A partir de ce moment, s'amorcent à la fois, son alimentation et la sécrétion du revêtement filamenteux. La larve se retrouve alors très tôt confinée dans la structure blanchâtre de l'ovisac des cochenilles, avec laquelle elle peut désormais se confondre.

b4 - Nombre de descendants

Le nombre de descendants peut être défini comme étant le nombre d'individus susceptibles d'être donnés par une femelle, au cours de son cycle complet.

La descendance, étudiée à partir de 20 couples de S. couturieri, conduit à $16,40 \pm 3,84$ imagos-fils en moyenne (tableau VII), avec des valeurs extrêmes de 10 et 23.

c/ Le cycle de développement

En dépit du rôle de quelques coccinelles, reconnues depuis longtemps comme insectes utiles à l'homme, les tentatives qui ont été menées jusqu'alors, en vue de leur utilisation en lutte biologique sont demeurées infructueuses. Ceci est essentiellement dû à la mauvaise connaissance de la diversité des espèces et de leur mode de développement (IPERTI, 1965). La connaissance suffisante du mode de développement d'une espèce animale au laboratoire est un impératif, si l'on envisage une étude impliquant celle-ci.

Les larves néonates étant facilement perceptibles, il nous a été possible de les suivre, depuis l'éclosion jusqu'à la forme imaginale, puis à l'apparition des larves néonates (L1) de la génération fille. Les larves néonates, suivies aux mois de Septembre et Octobre dans des conditions définies (25,6°C et 86 %/HR), nous donnent le type de développement résumé dans le tableau VIII.

Tableau VII : Descendance de S. couturieri en conditions de la serre

N° du couple	Nbre d'imagos-fils obtenus
1	15
2	10
3	23
4	14
5	20
6	13
7	15
8	17
9	11
10	22
11	19
12	10
13	14
14	15
15	17
16	20
17	15
18	19
19	21
20	18
Total	328
Moyenne	16,4
Précision	3,84

Tableau VIII : Durée de développement des différents stades de
S. couturieri en Septembre-Octobre 1992
 (25,6° C et 86 % HR)

Stade de développement	LARVES				Nymphe	De l' imago à L1 fille	Cycle
	L1	L2	L3	L4			
Durée (jours)	5,90	3,21	5,34	7,25	12,96	10,06	45,28
Précision ±	0,85	0,42	0,54	0,76	1,89	1,77	2,26

Les valeurs expérimentales recueillies donnent une durée moyenne de développement du prédateur égale à $45,28 \pm 2,26$ jours.

La durée moyenne du premier et troisième stades sont comparables ($5,90 \pm 0,85$ jours et $5,34 \pm 0,54$ jours respectivement). Celle du deuxième stade est la plus courte, et n'est que de $3,21 \pm 0,42$ jours.

Tandis que celle du quatrième stade, la plus longue, est de $7,25 \pm 0,76$ jours.

La nymphe, quant à elle, a une durée moyenne de développement égale à $12,96 \pm 1,89$ jours.

L'ensemble des observations réalisées au laboratoire, indique que dans nos conditions d'étude ($25,6^{\circ}\text{C}$ et 86% HR), le deuxième stade larvaire survient entre le 6^e et le 7^e jours après l'éclosion de la larve néonate. Quant au troisième stade, il apparaît à partir du 10^e ou 11^e jour, enfin, le quatrième stade, entre le 16^e et le 17^e jour.

d/ Durée de vie de l'imago

S. couturieri est prédateur de P. manihoti. Une étude de la durée de vie de la forme imaginale du coléoptère s'est avérée nécessaire, en complément à l'étude de la durée des stades larvaires et nymphal.

Cette étude a été menée du mois de novembre 1992 au mois d'avril 1993.

Le tableau IX, renfermant les valeurs expérimentales obtenues indique dans nos conditions d'étude ($27,5^{\circ}\text{C}$ et $54,57\%$ HR), que la durée de vie moyenne de la forme imaginale est égale à $52,45 \pm 23,28$ jours, soit à peu près deux mois.

Tableau IX : Durée de vie de S. couturieri adulte en conditions naturelles

N° Insecte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Durée de vie (en jours)	25	62	80	75	85	40	11	86	40	75	34	38	84	86	31	80	16	75	13	57	80	19

N° Insecte	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	TOT.	MOY.	PREC.
Durée de vie (en jours)	39	24	69	82	43	39	67	35	75	68	27	29	54	61	57	50	42	45	2098	52.45	+/- 23.28

2.2. Discussion

La morphologie et la biologie des insectes constituent deux vastes domaines d'étude. L'étude exhaustive des aspects morphologiques et biologiques n'a pas été prise en compte dans le cadre de notre travail. Toutefois, E. lopezi a déjà fait l'objet de nombreuses études de biologie par de nombreux chercheurs (BIASSANGAMA, 1984 ; NENON *et al.*, 1985 ; IZIQUEL, 1985 ; IZIQUEL et LE RU , 1985 ; IZIQUEL *et al.*, 1987 ; NENON et FABRES, 1987 etc.)

Nous nous sommes simplement intéressés à vérifier dans notre zone d'étude certains aspects (durée du cycle biologique, fécondité, taux de parasitisme etc) jugés fondamentaux pour comprendre une certaine démarche scientifique, dans le cadre de la lutte biologique.

Pour ce qui est du Coccinellidae S. couturieri par contre, qui est une espèce n'ayant jamais fait l'objet d'observations suffisantes, nous avons étudié l'insecte depuis l'œuf jusqu'à l'imago, et nous avons abordé l'étude des principaux paramètres biologiques.

2.2.1. Au plan morphologique

a/ E. lopezi

E. lopezi est un endoparasite. L'étude morphologique de cet insecte s'est limité essentiellement à la forme imaginale, au regard de son action directe sur le développement de la cochenille P. manihoti. Contrairement à l'adulte, l'embryon et la larve effectuent leur développement à l'intérieur de la cochenille.

L'œuf, de couleur jaune-orangé, est oblong, avec un reflet argenté. La larve a une morphologie comparable à celle des autres encyrtidae ; en forme de croissant, avec la partie antérieure plus grosse.

Le mâle et la femelle adultes sont morphologiquement semblables, la distinction nette se fondant sur les antennes qui sont claviformes chez la femelle, et rameuses chez le mâle.

La morphologie de E. lopezi n'a toujours pas été décrite par des auteurs qui effectuent des études biologiques sur l'entomophage.

En dépit du rôle important que joue l'Encyrtidae dans la régulation du ravageur, seuls ANONYME (1980) et BOUSSIENGUET et

NEUENSCHWANDER (1989) ont donné des indications morphologiques de l'insecte.

E. lopezi a été introduit en Afrique par l'I.I.T.A. Au moment où les pays africains, notamment la Côte d'Ivoire, entreprennent des campagnes de détermination des entomophages associés à la cochenille, l'établissement dans l'agrosystème de manioc local étudié, de E. lopezi est salulaire.

Cette étude nous a donc permis de noter la présence de cette Encyrtidae en Côte d'Ivoire, et particulièrement dans la zone sud du pays, principale région productrice de manioc.

b/ S. couturieri

Le développement de S. couturieri correspond bien à celui des Coléoptères d'une manière générale. Il s'agit d'un développement holométabole ; la larve, la nymphe et l'imago, sont morphologiquement différents entre eux.

Chez S. couturieri, il n'y a pas de différences morphologiques notables entre les différents stades larvaires d'une part, et entre le mâle et la femelle d'autre part.

L'étude de la morphologie de S. couturieri a été nécessaire, pour une meilleure connaissance de l'espèce, qui semble jouer un rôle non négligeable, dans la régulation des populations de P. manihoti en Côte d'Ivoire.

Cette étude morphologique, quoique non exhaustive, a cependant complété la description de CHAZEAU et COUTURIER (1986) portée uniquement sur l'imago de l'insecte.

2.2.2. Au plan biologique

La connaissance des caractéristiques biologiques telles que la durée du cycle biologique, le potentiel net de reproduction et la durée de vie imaginale, sont des informations essentielles, dans l'appréciation de la biologie générale des entomophages.

a/ E. lopezi

Après l'émergence, nous obtenons en moyenne 65,75 individus par descendance.

BIASSANGAMA *et al.* (1988) ont expérimentalement montré que le sex ratio varie chez E. lopezi en fonction du stade hôte. Ils indiquent en effet, que beaucoup plus de mâles que de femelles émergent des cochenilles L3 infestées, alors que la tendance est inversée pour les jeunes femelles et les femelles matures. Cet argument peut être mieux soutenu, d'autant plus que ces auteurs signalent que cette observation avait déjà été faite chez d'autres Hyménoptères parasitoïdes par FISCHER (1971), PANIS et DEMOLIN (1975) et BARBOSA et FRONGILLO (1979).

Nous avons trouvé en Côte d'Ivoire, une durée moyenne de développement de l'œuf à l'émergence de l'imago, de $14,90 \pm 1,27$ jours.

BIASSANGAMA (1984) précise que la durée moyenne des différents stades de développement se présente comme suit : 21 heures pour le développement embryonnaire et l'éclosion de la L1, 108 heures pour le développement larvaire (22 heures + 16 heures + 18 heures + 52 heures), 87 heures pour la prénymphe et 158 pour la nymphe.

Ce qui correspond au total à 374 heures, soit une durée de 15,6 jours de vie endoparasitaire.

En revanche, HERREN (1984) en a donné une valeur moyenne de $14,20 \pm 1,3$ jours, aux conditions constantes de 27°C et 75 %HR.

Pour ce qui est justement de E. lopezi, ODEBIYI & BOKONONGANTA (1986) observent une fourchette de 11 à 25 jours, à des températures allant de 24 à 31°C , à une hygrométrie relative de 79 à 90 %.

La différence observée entre nos résultats et ceux de BIASSANGAMA ou de HERREN sur la durée moyenne du cycle de E. lopezi, pourrait dépendre essentiellement des conditions d'élevage.

Le rôle de la température sur la vitesse de développement des insectes est reconnu aujourd'hui indéniable.

Dans le cadre de l'étude des caractéristiques biologiques du parasite, la ponte et la fécondité ont été calculées. La ponte moyenne journalière est de $3,17 \pm 0,45$ œufs, alors que la fécondité moyenne est de 114,45 œufs.

En comparant nos résultats à ceux de BIASSANGAMA *et al.* (1988), qui donnent, au Congo, une valeur moyenne de la fécondité de $141 \pm 6,1$ œufs, nous relevons globalement une différence de 26 œufs.

Nous pouvons d'emblée écarter toute possibilité de superparasitisme. En effet, E. lopezi est capable de reconnaître une cochenille infestée par lui-

même ou par son congénère, donc à exprimer une capacité discriminatoire entre cochenilles saine et parasitée. A ce sujet, NENON et FABRES (1987) ont avancé l'hypothèse d'un marquage chimique de l'hôte, ou d'un marquage physique, symbolisé par la présence du pédicelle de l'œuf, s'observant au-dessus des téguments de l'hôte.

La fécondité, en tant que phénomène biologique à proprement parler, pourrait varier en fonction des conditions d'étude, et diminuer en conditions défavorables. NENON et FABRES (1987) soulignent par exemple que la fécondité de E. lopezi diminue si les femelles ne sont pas suffisamment nourries. Ces mêmes auteurs, de même que CLAUSEN *in* BIASSANGAMA *et al.* (1988) indiquent que la femelle de l'Encyrtide dispose d'une fécondité pouvant atteindre et dépasser 200 ovocytes, dans les conditions optimales.

b/ S. couturieri

L'étude des principaux caractères biologiques au laboratoire est indispensable, pour mieux comprendre le comportement de l'insecte dans son milieu de vie naturel. Aussi, cette étude nous a montré que la coccinelle est étroitement liée à P. manihoti. La ponte des œufs dans l'ovisac du ravageur pourrait, dans une certaine mesure, justifier cette adaptation du prédateur à la cochenille.

La reproduction est sexuée chez S. couturieri. Le mâle s'accouple avec la femelle pour donner les œufs fécondés. Nous avons observé que le développement de l'œuf à l'imago passe par 4 stades larvaires suivis d'un stade nymphal. C'est un développement holométabole, où la larve, la nymphe et l'imago sont morphologiquement différents. Cette observation montre que la biologie de développement de S. couturieri reste bien dans le cadre de celle des Coléoptères.

D'après nos résultats expérimentaux, chaque femelles peut pondre en moyenne $1,85 \pm 1,23$ œuf par jour. Alors que la fécondité moyenne est de $24,20 \pm 1,37$ œufs. Comparativement au rythme de ponte et à la fécondité du ravageur qui sont très élevés (3 à 60 œufs par jour et 400 à 600 œufs respectivement), S. couturieri peut, à priori, être perçu comme un auxiliaire ne pouvant assurer une action régulatrice considérable sur le ravageur, en comparaison avec le parasite E. lopezi.

Néanmoins, tout le cycle biologique du Coccinellide offre un grand intérêt, dans la mesure où les larves consomment également les cochenilles. La durée de vie de l'imago, forme la plus vorace du Coccinellide, est en moyenne de $52,45 \pm 23,28$ jours, soit sensiblement deux mois. Cela pourra

compenser un peu, le handicap créé par une durée trop longue du cycle (45,28 jours), qui ne garantit pas la multiplication rapide des effectifs du prédateur. Par contre, la fertilité qui est de 16,40 contribuera au renforcement du pouvoir régulateur de la coccinelle.

3. Interaction phytophage-parasite-prédateur

1- Entomophages primaires de P. manihoti

Dans 2 cages contenant du manioc suffisamment infesté avec P. manihoti, nous avons élevé 2 des 4 principales espèces d'insectes de l'entomofaune inféodée à la cochenille, c'est-à-dire E. lopezi et S. couturieri. Les rôles respectifs d'hyperparasite et de parasite de Procheilonenurus sp. et Blepyrus insularis étant connus (FABRES et MATILE-FERRERO, 1980 ; BOUSSIENGUET et NEUENSCHWANDER, 1989).

En dehors de E. lopezi, dont le parasitisme interne est largement connu, l'observation à la loupe binoculaire des feuilles infestées de cochenilles, et colonisées par la coccinelle, montre que ce Coléoptère se nourrit abondamment d'œufs et de larves de la cochenille. C'est ce qui explique le fait que nous ayions noté une vie normale et continue des coccinelles dans la cage qui leur a été réservée, dans le cadre de l'étude du complexe cochenille-insecte. La coccinelle Scymnus couturieri s'est donc révélée prédatrice de P. manihoti. Les relations qui la lient à la cochenille sont essentiellement d'ordre trophique.

L'étude du complexe cochenille-entomophage a donc révélé que E. lopezi et S. couturieri sont les entomophages primaires de P. manihoti.

Toutefois, nous tenons à souligner ici que la démarche que nous avons adoptée (importance quantitative des espèces) pourrait ne pas être tout à fait objective. En effet, certaines espèces, même jouant un rôle d'entomophage primaire, pourraient ne pas être prises en quantité suffisante lors de l'échantillonnage, du fait de leur grande mobilité par exemple. C'est pourquoi, nous émettons des réserves sur l'affirmation selon laquelle, tous les autres insectes non testés, sont des insectes indifférents vis-à-vis du ravageur.

Ce test, bien que limité à 4 espèces seulement, nous a tout de même permis de découvrir un entomophage Coccinellidae qui semble être un bon régulateur biologique du ravageur.

3.1. Influence de E. lopezi et de S. couturieri sur P. manihoti

3.1.1. Influence de E. lopezi

Nous avons abordé l'étude de l'influence du parasitoïde sur le ravageur, en étudiant essentiellement l'incidence de l'action parasitaire sur la biologie de développement de l'hôte.

Dans des boîtes d'élevage contenant des cochenilles saines, nourries avec des feuilles fraîches de manioc, nous avons introduit le parasite. Après l'infestation des cochenilles, nous avons alors pu suivre leur développement, à travers les études morphologiques et biologiques. Les E. lopezi et les P. manihoti sont issus des élevages de masse respectifs

Les témoins sont représentés par les cochenilles non infestées ou cochenilles saines.

3.1.1.1. Résultats

a/ Modification morphologique et arrêt de croissance de l'hôte

P. manihoti parasité présente une tâche noire dans la zone où a été déposé l'œuf du parasite (photo 11). Cette tâche, qui apparaît 3 à 4 jours après l'infestation, représente en fait le corps de l'endoparasite.

Une cochenille parasitée prend progressivement la forme d'un tonnelet, puis meurt en moyenne une semaine après l'infestation. Le développement de la larve de E. lopezi s'accompagne d'un dessèchement et d'un durcissement des téguments de la cochenille, alors que la couverture cireuse disparaît partiellement. Une cochenille parasitée meurt, le rostre inséré dans la feuille de manioc.

Chez la larve de cochenille de troisième stade (L3), la ponte d'un œuf du parasite semble bloquer le phénomène de mue. Mais si celle-ci débute quand même, elle ne s'effectue pas normalement. On remarque que l'exuvie reste collée au tégument de l'hôte. Dans tous les cas, la L3 parasitée excrète abondamment et anormalement des filaments cireux tout autour de son corps, et finit par mourir, une semaine après l'infestation.

b/ Sur la ponte et la fécondité de P. manihoti

Contrairement aux L3 parasitées, les cochenilles matures et les jeunes femelles (L4) produisent les œufs tout en étant parasitées.

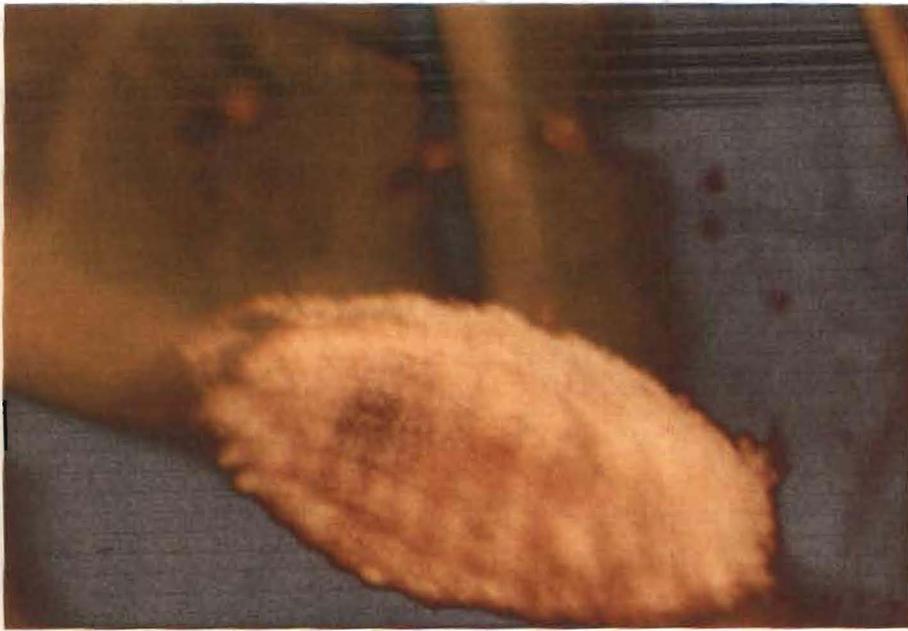


Photo 11 : Aspect morphologique d'un P. manihoti parasité
(x 30)

Les résultats obtenus en 1992 et 1993 (tableau X) montrent que le niveau de ces pontes est variable entre les cochenilles saines, les jeunes femelles(L4) et les femelles matures.

b₁ - Les jeunes femelles parasitées

Les jeunes femelles parasitées parviennent à pondre. Mais la durée de ponte est raccourcie par rapport à celle des cochenilles saines.

En effet, elle peut varier de 1 à 5 jours, alors qu'elle est de 2 semaines chez les individus indemnes.

En combinant les données expérimentales obtenues en Avril 1992 et Mars 1993 (tableau X), nous obtenons les valeurs moyennes de la ponte et de la fécondité des cochenilles saines et celles des cochenilles parasitées (tableau XI). Il ressort de ces données que la ponte totale au niveau des jeunes femelles parasitées (J. F.) est de $56,89 \pm 2,05$ œufs, avec une ponte journalière moyenne de $10,45 \pm 1,71$ œufs par individu. Alors que celle des cochenilles saines (C. S.) est de $347,74 \pm 2,77$ oeufs, avec une ponte journalière moyenne de $24 \pm 1,01$ oeufs par individu.

b₂ - Les femelles matures parasitées

En infestant une cochenille mature, nous observons que ses niveaux de ponte sont plus élevés, par rapport à ceux de la jeune femelle parasitée. Ici encore, le parasitisme raccourcit la période de ponte, qui passe alors de 2 semaines chez les cochenilles non parasitées, à 3 à 8 jours seulement chez les femelles matures infestées.

En considérant les valeurs moyennes des données recueillies en 1992 et 1993 (tableau XI page 103), la ponte totale au niveau des femelles matures parasitées (F. M.) est en moyenne égale à $80,11 \pm 18,18$ œufs par individu, avec une ponte journalière moyenne de $11,41 \pm 0,29$ œufs par individu. Tandis que la ponte totale des cochenilles saines est de $347,74 \pm 2,77$ oeufs, avec une ponte journalière moyenne de $24 \pm 1,01$ oeufs par individu.

Globalement, nous notons des variations considérables de fécondité entre les individus indemnes et ceux qui ont été infestés. Par ailleurs, les variations s'observent également entre les individus parasités (F. M. et J. F.). En tenant compte des données obtenues en 1992 et 1993 ; en effet, la fécondité moyenne est de $347,74 \pm 2,17$ œufs chez la femelle saine. Alors qu'elle n'est que de $80,11 \pm 18,18$ œufs et de $56,89 \pm 2,05$ œufs respectivement chez la femelle

Tableau XI : Valeurs moyennes des données recueillies en 1992 et 1993 relatives à l'influence du parasitisme par E. lopezi sur la fécondité de P. manihoti

Etat de la cochenille	Fécondité moy.	Pontes/J
	(Nbre d'oeufs)	(Nbre d'oeufs)
C.S.	347,74 +/-2,77	24 +/-1,01
F.M.	80,11 +/-18,18	11,41 +/-0,29
J.F.	56,89 +/-2,05	10,45 +/-1,71

Tableau XII : Comparaison de la fécondité en fonction du stade auquel la cochenille est infestée

	C.S.	F.M.	J.F.
C.S.	-	t=3,291 P<1%o	t=4,221 P< 1%o
F.M.	-	-	t=2,16 P<5%

Le tableau XII montre que la baisse de la fécondité est hautement significative entre les cochenilles saines (C. S.) et les femelles matures parasitées (F. M.) ($t = 3,291$, $P < 1 \text{ ‰}$) entre les cochenilles saines et les jeunes femelles parasitées (J. F.) ($t = 4,221$, $P < 1 \text{ ‰}$) et significative entre J. F. et F. M. ($t = 2,16$, $P < 5 \%$).

Toutes ces observations montrent que E. lopezi provoque une chute de la fécondité à 23,04 % et 16,36 % au niveau de la femelle mature et la jeune femelle respectivement.

Lors de leur développement, les larves du parasite se nourrissent de l'hémocœle de la cochenille. La larve de E. lopezi consomme les ovocytes de la cochenille, pour assurer sa croissance. Ceux-ci contiennent du vitellus, riche en protéines, nécessaire à la croissance de l'Encyrtide. C'est ainsi que chez les cochenilles parasitées, le nombre d'œufs expulsés par femelle va diminuer significativement, par rapport à celui des cochenilles saines.

Par ailleurs, le stade femelle mature (avec ovisac) correspond à la période où les œufs de la cochenille sont déjà prêts à être expulsés. L'infestation de la cochenille en ce moment pourrait entraîner une destruction partielle des œufs contenus dans les ovaires. Alors qu'au stade de jeune femelle, l'individu doit d'abord achever son développement avant de parvenir à l'âge auquel la ponte a lieu. L'infestation de la cochenille en ce moment pourrait provoquer une modification de l'état physiologique de l'insecte, avec perturbation de la croissance. Au fur et à mesure que la croissance de la larve s'effectue, les quelques œufs que la jeune femelle arrivée en phase de ponte produit seraient consommés. C'est ainsi que le nombre d'œufs expulsés par la jeune femelle infestées sera plus réduit par rapport à celui de la cochenille mature.

En outre, la durée de ponte va être davantage écourtée chez la jeune femelle que chez la femelle mûre qui a au moment même de l'infestation, des capacités biologiques lui permettant d'expulser un nombre considérable d'œufs, sur un intervalle de temps plus important.

Dans tous les cas, la ponte s'arrête lorsque la cochenille perd sa vitalité, avant de mourir.

Par ailleurs, les figures 31 et 32, obtenues à partir des données du tableau X (page 102) montrent clairement que les cochenilles saines présentent les niveaux de ponte les plus élevés, avec une durée plus étalée du

phénomène, et ceci, comparativement aux jeunes femelles et cochenilles matures infestées.

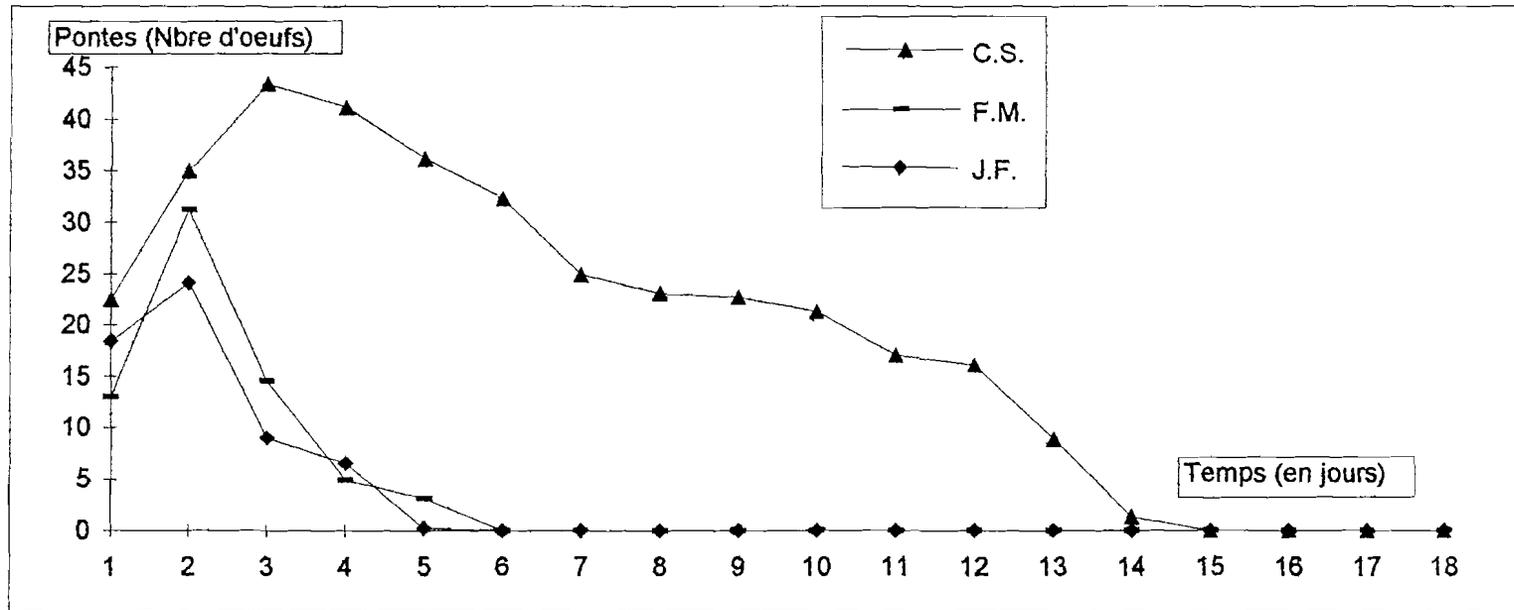


Figure 31 : Evolution de la ponte chez les cochenilles parasités (F.M. & J. F.) et les cochenilles saines (C. S.) en 1992.

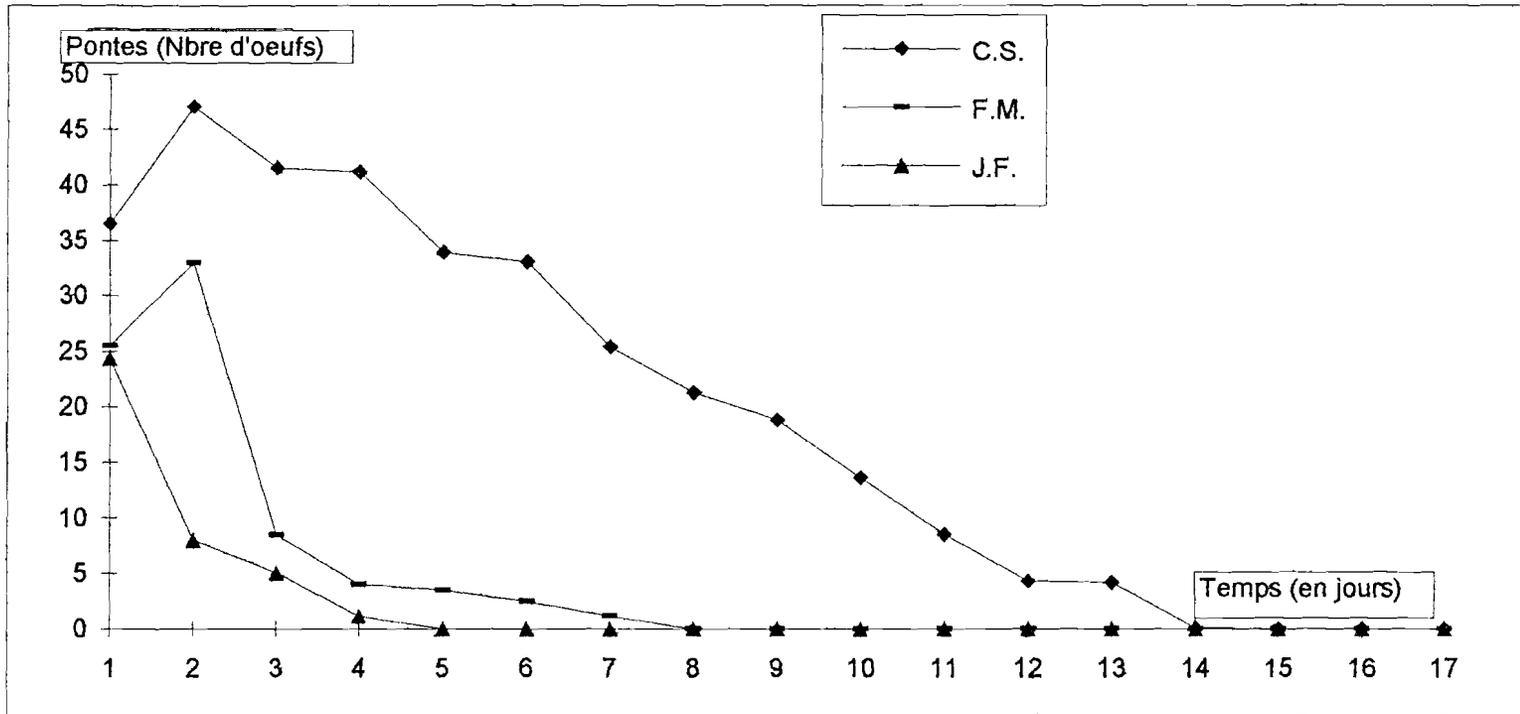


Figure 32 : Evolution de la ponte chez les cochenilles parasitées (F.M. & J. F.) et les cochenilles saines (C. S.) en 1993.

Les cochenilles mûres infestées, présentent les niveaux intermédiaires de pontes entre les cochenilles non parasitées et les jeunes femelles infestées (qui ont les niveaux de pontes les plus faibles).

Mais la durée de la période de pontes des individus parasités est dans tous les cas réduite à 5 ou 8 jours au maximum. Ce qui correspond globalement à un raccourcissement de 42,85 à 64,29 % de la durée normale des pontes qui est de 2 semaines.

c/ Taux de parasitisme de E. lopezi

L'utilisation de E. lopezi dans la lutte contre la cochenille P. manihoti est pratiquée depuis les années 80, par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (I. I. T. A.).

Dans le cadre de l'appréciation de son pouvoir régulateur, nous avons obtenu des taux de parasitisme de l'Encyrtidae, en conditions de laboratoire.

Les résultats acquis en 1992 et 1993 ont permis de noter que les œufs, les stades L1 et L2 du ravageur ne sont pas parasités par E. lopezi. Seuls les stades L3 et L4 de la cochenille subissent l'action parasitaire. D'après les résultats obtenus (tableau XIII et XIV), les individus de troisième stade (L3) semblent beaucoup plus sollicités, avec un taux moyen de parasitisme de 42,49 %, alors que ce taux n'est que de 35,34 % au niveau des individus de quatrième stade (L4), pour les essais pratiqués sur les deux années (1992 et 1993).

Tableau XIII : Parasitisme journalier de E. lopezi sur les cochenilles L3 en 1992 et 1993

Années	Essais	1	2	3	4	TOTAL	MOY.	PREC.
1992	Nbre de cochenilles parasitées	24	21	29	25	99	24,75	3,3
	taux parasitaire%	34,28	30	41,42	35,71	141,4	35,35	4,71
1993	Nbre de cochenilles parasitées	31	40	30	38	139	34,75	4,99
	taux parasitaire%	44,28	57,14	42,85	54,28	198,55	49,63	7,13

Tableau XIV : Parasitisme journalier de E. lopezi sur les cochenilles L4 en 1992 et 1993.

Années	Essais	1	2	3	4	TOTAL	MOY.	PREC.
1992	Nbre de cochenilles parasitées	23	18	17	25	83	20,75	3,86
	taux parasitaire%	32,85	25,71	24,28	35,71	118,55	29,63	5,51
1993	Nbre de cochenilles parasitées	30	20	40	25	115	28,75	8,53
	taux parasitaire%	42,85	28,57	57,14	35,71	164,27	41,06	12,19

La comparaison du nombre moyen de cochenilles L3 et L4 parasitées par jour en 1992 ou en 1993 donne une différence significative ($t : 2,021$, $P < 5 \%$). Cette différence pourrait indiquer que l'action parasitaire est beaucoup plus facilitée au niveau du stade hôte III (L3) par rapport au stade hôte IV (L4).

3.1.1.2. Discussion

L'action parasitaire de E. lopezi sur P. manihoti se manifeste à différents niveaux.

P. manihoti parasité perd sa vitalité au fur et à mesure du développement de l'endoparasite, et meurt après avoir été transformé en tonnelet.

Une cochenille parasitée présente 3 à 4 jours qui suivent l'infestation une tâche noire qui représente en fait, le corps de l'endoparasite.

Enfin, l'état parasitaire perturbe la reproduction de P. manihoti. En effet, E. lopezi provoque chez le ravageur, une diminution des niveaux de pontes quotidiennes, et occasionne un raccourcissement de la durée normale de ponte de 42,85 à 64,29 %.

On retiendra enfin que le parasite engendre une diminution significative de la fécondité. En effet, le nombre moyen d'œufs pondus par femelle chute à 23,04 % et 16,36 % au niveau de la femelle mûre et la jeune femelle respectivement. Lors de l'étude de l'influence de l'Anagyrus pseudococci GIR sur la cochenille Pseudococcus citri GREEN, PANIS (1965) observe également la chute de ce paramètre biologique. A la suite de ses investigations, l'auteur a révélé que la larve grandissante du parasitoïde, s'attaque aux ovaires de la cochenille. Il a qualifié ce phénomène de "castration parasitaire".

L'action de E. lopezi se limite aux stades L3 et L4 du ravageur. Mais à long terme, cette situation ne constitue pas une limite de l'action de l'Encyrtide, car le développement du ravageur n'est pas statique, mais plutôt dynamique. Toutes les larves seront attaquées au fur et à mesure qu'elles atteignent les stades sensibles (L3 et L4).

Par contre, dans la nature, l'influence de E. lopezi sur le développement du ravageur peut être annihilée par de nombreuses espèces de microhyménoptères qui le parasitent (BIASSANGAMA et MOUSSA, 1987).

C'est ainsi que, IZIQUEL et LE RU (1985) ont attribué les fortes mortalités et les faibles taux de parasitisme développés par E. lopezi au champ à l'action des hyperparasites.

HERREN et LEMA (1982) rapportent que divers projets se sont développés, sous les auspices d'organisations internationales (CRDI Canada,

CIBC Trinidad, CIAT Colombie, IITA Nigéria et FAO), dans le souci de renforcer le complexe entomophage de la cochenille P. manihoti. Ces projets ont conduit à la découverte de parasitoïdes et de prédateurs, et à leur introduction dans quelques pays africains. Mais NENON *et al.* (1985) reconnaissent que si l'acclimatation de certains auxiliaires a été réalisée (pour E. lopezi par exemple), leur efficacité n'est pas toujours effective.

Il est primordial de relever ici que l'importation et les lâchers des agents biologiques dans le champ ne peuvent en eux-mêmes résoudre toujours le "problème cochenille". Mais il est plutôt nécessaire, voire vital, d'élaborer une étude biologique suffisante de l'auxiliaire au laboratoire, afin de chercher à mieux comprendre son comportement dans la zone des lâchers. Les résultats expérimentaux obtenus au laboratoire donnent une approche plus ou moins précise de la biologie de développement et du pouvoir régulateur de l'auxiliaire que l'on se propose d'utiliser dans la lutte.

Pour ce qui est de nos observations au laboratoire sur E. lopezi, nous jugeons fondamental de rappeler l'importance de l'activité parasitaire de l'auxiliaire, au niveau de son hôte. Ainsi, on retiendra que le stade L3 semble être le stade préférentiel de E. lopezi. Les taux de parasitisme journalier globaux, obtenus en 1992 et 1993 donnent en moyenne 42,49 % sur les L3 et 35,34 % sur les L4.

Nos observations rejoignent celles de BIASSANGAMA (1984), BIASSANGAMA *et al.* (1985) et IZIQUEL *et al.* (1987). Ces auteurs rapportent en effet, à l'issue des expériences qu'ils ont pratiquées, que E. lopezi éprouve une nette préférence d'abord pour les L3, ensuite pour les jeunes femelles et les femelles matures. BIASSANGAMA *et al.* (1985) notent que la connaissance de cette préférence du parasitoïde pour un stade hôte donné est d'une importance capitale, aussi bien pour le maintien des souches au laboratoire que pour les élevages de masse.

Quant aux rapports proprement dits entre E. lopezi et son hôte, les résultats obtenus suggèrent que l'Encyrtidae pourra parasiter entre 2 et 5 cochenilles par jour. Et que son rythme quotidien de ponte est de $3,17 \pm 0,45$ œufs. Alors que le nombre total de cochenilles que peut parasiter un E. lopezi est en moyenne de 114,45.

Quoi qu'il en soit, nous pensons que la faible fécondité de E. lopezi (par rapport à celle du ravageur) peut être compensée par la durée courte de son cycle biologique (la moitié de celle de P. manihoti) et par une action parasitaire qui intervient quelques heures seulement après l'émergence.

Enfin, nos résultats mettent en évidence l'efficacité de E. lopezi dans la lutte contre P. manihoti. En effet, il ressort de la comparaison de l'évolution des effectifs du ravageur de ceux du parasite que la génération F2 de l'Encyrtide correspond à la génération F1 du ravageur. La descendance de la cochenille comprend environ 400 individus, contre 1089 dont 554 femelles pour le parasite.

Cela montre clairement que toute la descendance d'une cochenille est détruite à la génération F2 d'un Encyrtide, avec un point d'élimination totale (P) se situant autour du 25^e jour (fig. 33).

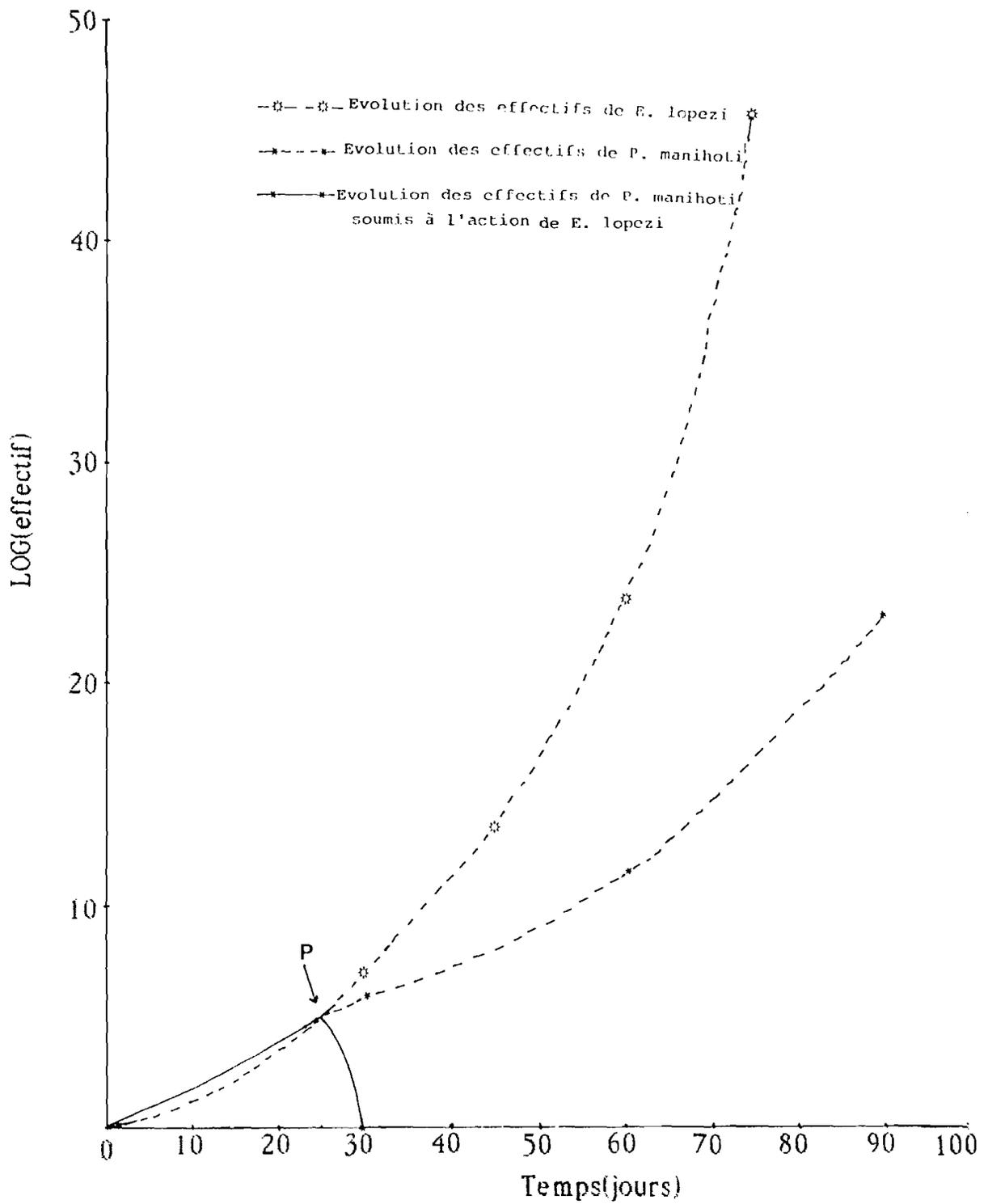


Figure 33 : Impact de *E. lopezi* sur *P. manihoti*

3.1.2. Influence de S. couturieri

Nous avons étudié l'influence de S. couturieri sur le développement du ravageur. Pour ce faire, nous avons recherché le pouvoir régulateur de l'auxiliaire, grâce à l'étude de l'évolution du couple "proie-prédateur".

Ce couple a été établi entre S. couturieri (à différents stades actifs) et les œufs, larves et adultes de la cochenille (cf. méthode de travail 2.4. f.). Les S. couturieri et les P. manihoti proviennent des élevages de masse respectifs.

3.1.2.1. Résultats

Les résultats que nous avons obtenus à l'issue de notre étude sont consignés dans les tableaux XV, XVI, XVII, XVIII et XIX.

Ces résultats suggèrent que le premier stade larvaire de S. couturieri est le moins agressif de tous les stades, avec des taux de consommation journalière de 9,33 % et 1,33 % (tableau XV) respectivement sur les œufs et les L1 du ravageur.

En dehors de l'imago, dont la voracité est suffisamment prouvée, c'est le troisième stade larvaire du prédateur qui présente les niveaux de consommation assez intéressants. Ceux des larves de deuxième et quatrième stade occupent une position intermédiaire.

En effet, le pourcentage de consommation des œufs et des larves L1 est respectivement de 13,77 % et 5,55 (tableau XVI) pour le deuxième stade. Quant au troisième stade, il attaque les œufs et les larves L1 de cochenilles, dans des proportions respectives de 20,66 % et 12,66 % (tableau XVII).

Tableau XV : Consommation de la cochenille par la larve de premier stade de S. couturieri

ESSAIS	1	2	3	TOTAL	MOY.	Taux(%)
W	15	14	13	42	14	9,33
L1	3	1	2	6	2	1,33
L2	0	0	0	0	0	0
L3	0	0	0	0	0	0
L4	0	0	0	0	0	0

Tableau XVI : Consommation de la cochenille par la larve de deuxième stade de S. couturieri

ESSAIS	1	2	3	TOTAL	MOY.	Taux(%)
W	22	19	21	62	20,66	13,77
L1	10	7	8	25	8,33	5,55
L2	0	0	0	0	0	0
L3	0	0	0	0	0	0
L4	0	0	0	0	0	0

Tableau XVII : Consommation de la cochenille par la larve de troisième stade de S. couturieri

ESSAIS	1	2	3	TOTAL	MOY.	Taux(%)
W	29	31	33	93	31	20,66
L1	21	17	19	57	19	12,66
L2	0	0	0	0	0	0
L3	0	0	0	0	0	0
L4	0	0	0	0	0	0

Par contre, la larve de quatrième stade présente des taux de consommation qui chutent (tableau XVIII) : 10,66 % et 7,33 % au niveau des œufs et des L1 du phytophage. On remarque bien dans les élevages que le 4^e stade de la coccinelle semble se nourrir très peu, et se retrouve souvent même en des endroits ne renfermant pas de cochenilles.

Enfin, le prédateur, à l'état imaginal, est d'une voracité plus élevée et impressionnante à l'égard du ravageur. La coccinelle imaginale consomme abondamment la cochenille, depuis l'œuf jusqu'au deuxième stade larvaire. Les taux de consommation par l'imago, très éloquents sont de 40 %, 30 % et 2,66 % respectivement au niveau des œufs, des larves L1 et L2 du ravageur (tableau XIX).

La représentation graphique (fig. 34) montre les niveaux de consommation de P. manihoti par la coccinelle S. couturieri.

Globalement, ces résultats montrent que la coccinelle attaque ou détruit le ravageur, depuis l'œuf jusqu'au stade L2. Alors que les stades L3 et L4 ne sont pas soumis à l'action du prédateur.

On observe bien que le niveau de consommation de la proie augmente progressivement lorsqu'on passe du premier au troisième stade larvaire du prédateur tandis que le niveau de consommation baisse au niveau du quatrième stade, et l'imago reste la forme la plus vorace.

Le tableau XX donne la consommation de la cochenille en un jour par les différents stades du prédateur. Il ressort de ce tableau que la coccinelle, à différents stades actifs, peut consommer quotidiennement 9,49 œufs ; 5,67 larves L1 et 0,26 L2 de cochenille. Ce qui équivaut à une consommation globale de 15,42 cochenilles par jour.

En outre, ce tableau donne le nombre total de cochenilles pouvant être détruites par les stades de la coccinelle par jour : 1,13 pour les L1 ; 1,92 pour les L2, 3,32 pour les L3 ; 1,79 pour les L4 et 7,26 pour l'imago.

Ainsi, en tenant compte de la durée des différents stades actifs de la coccinelle (cf tableau VIII, page 91), on déduit que S. couturieri pourra détruire dans sa vie, une population de 425 individus (tableau XXI). Ce résultat est supérieur à la potentialité d'une cochenille femelle qui est de 347,74.

Tableau XVIII : Consommation de la cochenille par la larve de quatrième stade de S. couturieri

ESSAIS	1	2	3	TOTAL	MOY.	Taux(%)
W	16	18	14	48	16	10,66
L1	9	13	11	33	11	7,33
L2	0	0	0	0	0	0
L3	0	0	0	0	0	0
L4	0	0	0	0	0	0

Tableau XIX : Consommation de la cochenille par S. couturieri adulte

ESSAIS	1	2	3	TOTAL	MOY.	Taux(%)
W	60	63	57	180	60	40
L1	45	49	41	135	45	30
L2	4	5	3	12	4	2,66
L3	0	0	0	0	0	0
L4	0	0	0	0	0	0

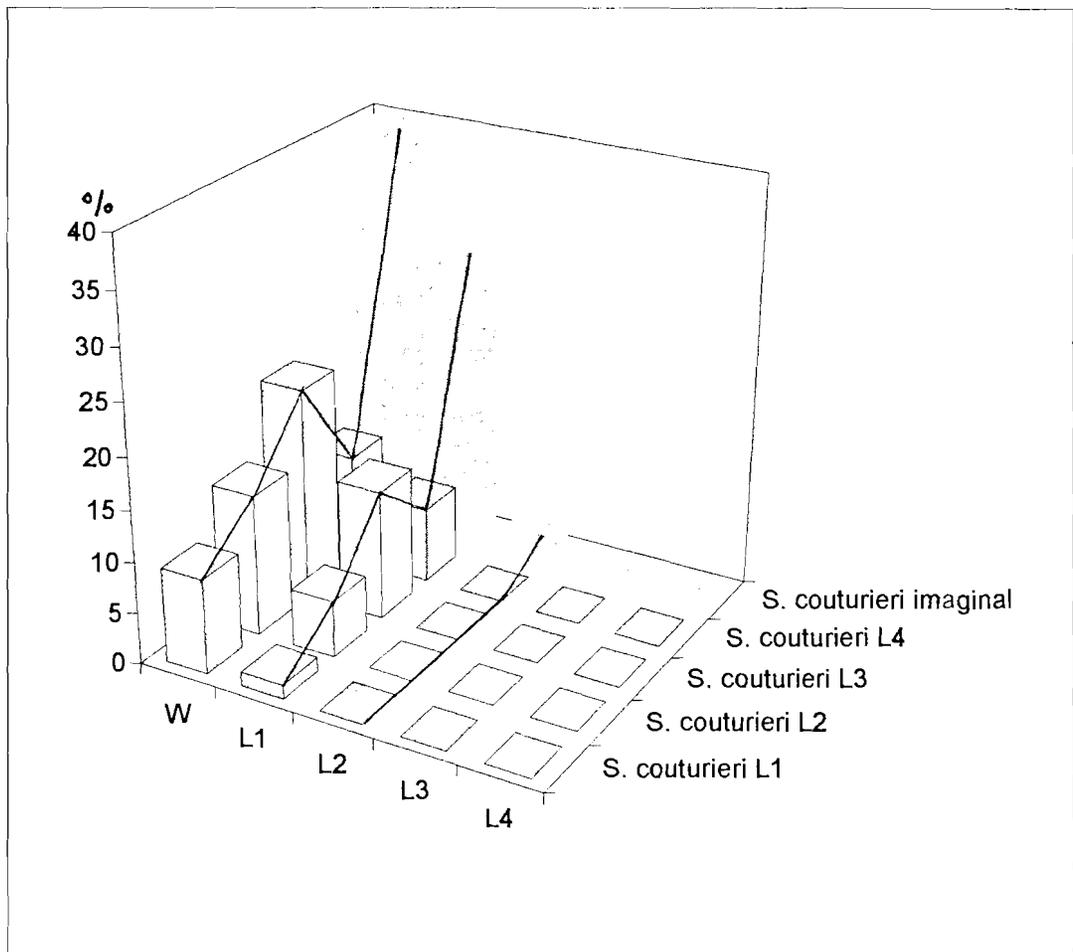


Figure 34 : Histogrammes montrant les niveaux de consommation de la cochenille par les différents stades de S. couturieri

Tableau XX : Consommation journalière des stades actifs de S. couturieri

Stade S.couturieri	I	II	III	IV	IMAGO	TOTAL
Stade P. manihoti						
OEUPS	1	1.37	2.06	1.06	4	9.49
L1	0.13	0.55	1.26	0.73	3	5.67
L2	0	0	0	0	0.26	0.26
TOTAL	1.13	1.92	3.32	1.79	7.26	15.42

Tableau XXI : Consommation totale d'un S. couturieri au cours de sa vie

Stade de développement coccinelle	I	II	III	IV	IMAGO	TOTAL
consommation totale	7	6	18	13	381	425

Mais en considérant seulement la forme imaginale, la plus destructrice du ravageur, on a une consommation moyenne journalière de 4 œufs et 3 L1 de cochenille par imago. Cela représente une consommation totale de 210 œufs et 157 L1 de cochenille, dans la vie de l'imago, qui a une durée de vie de 52,45 jours en moyenne.

Toutes ces analyses montrent clairement l'influence de S. couturieri sur le développement du ravageur.

3.1.2.2. Discussion

La coccinelle S. couturieri, récoltée sur colonies de cochenille P. manihoti, est une espèce indigène de Côte d'Ivoire. Elle a donc l'avantage d'être exemptée des problèmes liés aux changements climatiques d'une part, et aux changements d'hôtes d'autre part.

S. couturieri s'est remarquablement révélé destructeur du ravageur. Son action, bien que ne s'étendant pas sur les stades L3 et L4 de P. manihoti, détruit à des niveaux suffisamment appréciables, des œufs, des L1 et L2 du phytophage, au nombre total de 15,42 par jour.

De tous les stades de destruction, les œufs semblent être le stade biologique le plus apprécié par le prédateur. La coccinelle adulte apparaît plus vorace que ses stades larvaires, avec des taux de consommation journalière les plus élevés.

Le stade larvaire III (L3) semble plus agressif que tous les autres. A ce stade, le prédateur se nourrit abondamment, avant de parvenir au stade IV (L4), au cours duquel, l'insecte modère son alimentation, et prépare la vie nymphale.

Cette observation conforte l'opinion de GRASSE (1951), qui rapporte que d'une manière générale, les larves de l'avant dernier stade et l'imago sont les plus voraces.

Une coccinelle adulte consomme quotidiennement 4 œufs et 3 L1 de cochenille, soit 7 individus au total. Elle vit en moyenne 52,45 jours, au cours desquels, elle consomme donc 367 cochenilles au total. En outre, le cycle de la cochenille est de 30 jours environ, en conditions naturelles, et l'insecte pond 347,74 œufs dans sa vie. Dans ces conditions, une coccinelle adulte détruira entièrement la descendance des cochenilles.

Par ailleurs, la coccinelle (à différents stades actifs) consomme 15 cochenilles par jour (cf. tableau XX, page 118). Ainsi, 485 cochenilles seront consommées au cours du cycle de l'entomophage.

Ces résultats révèlent que Scymnus couturieri est un prédateur que l'on peut très bien utiliser en lutte biologique contre P. manihoti. En effet, la consommation alimentaire constitue une caractéristique bioéthologique essentielle, dans l'appréciation de l'efficacité des prédateurs utilisés en lutte biologique (IPERTI *et al.*, 1991b).

Etant donné que la ponte de P. manihoti dure environ deux semaines et que la durée du cycle de S. couturieri est de 45 jours environ, la coccinelle pourra décimer une population équivalente à la descendance d'une cochenille.

Mais l'efficacité de S. couturieri est affectée par une multiplication lente des effectifs, due à une fécondité et à une descendance très faibles d'une part, et à une durée très longue du cycle biologique d'autre part. Cette situation explique les niveaux de modulation faibles du ravageur, dont les plus importants s'observent à partir du 30^e jour (fig. 35).

Le taux de reproduction du phytophage est très élevé (400 à 600 œufs par femelle), avec un taux de survie de 95 %. La durée courte du cycle, le taux de reproduction et le taux de survie très élevés, confèrent de grandes potentialités de multiplication au ravageur.

En plus des capacités de prédation évoquées précédemment, S. couturieri présente des avantages liés aux espèces de coccinelles indigènes. En effet, les espèces introduites, à haut seuil thermique (dont la température optimale de développement est élevée) présentent un très important ralentissement de la vitesse de développement aux faibles températures (KIYINDOU et FABRES, 1987). Ce qui les empêche d'intervenir plus tôt que les espèces locales, dans la régulation des effectifs de P. manihoti, dont la gradation s'amorce pendant les mois frais de la saison sèche.

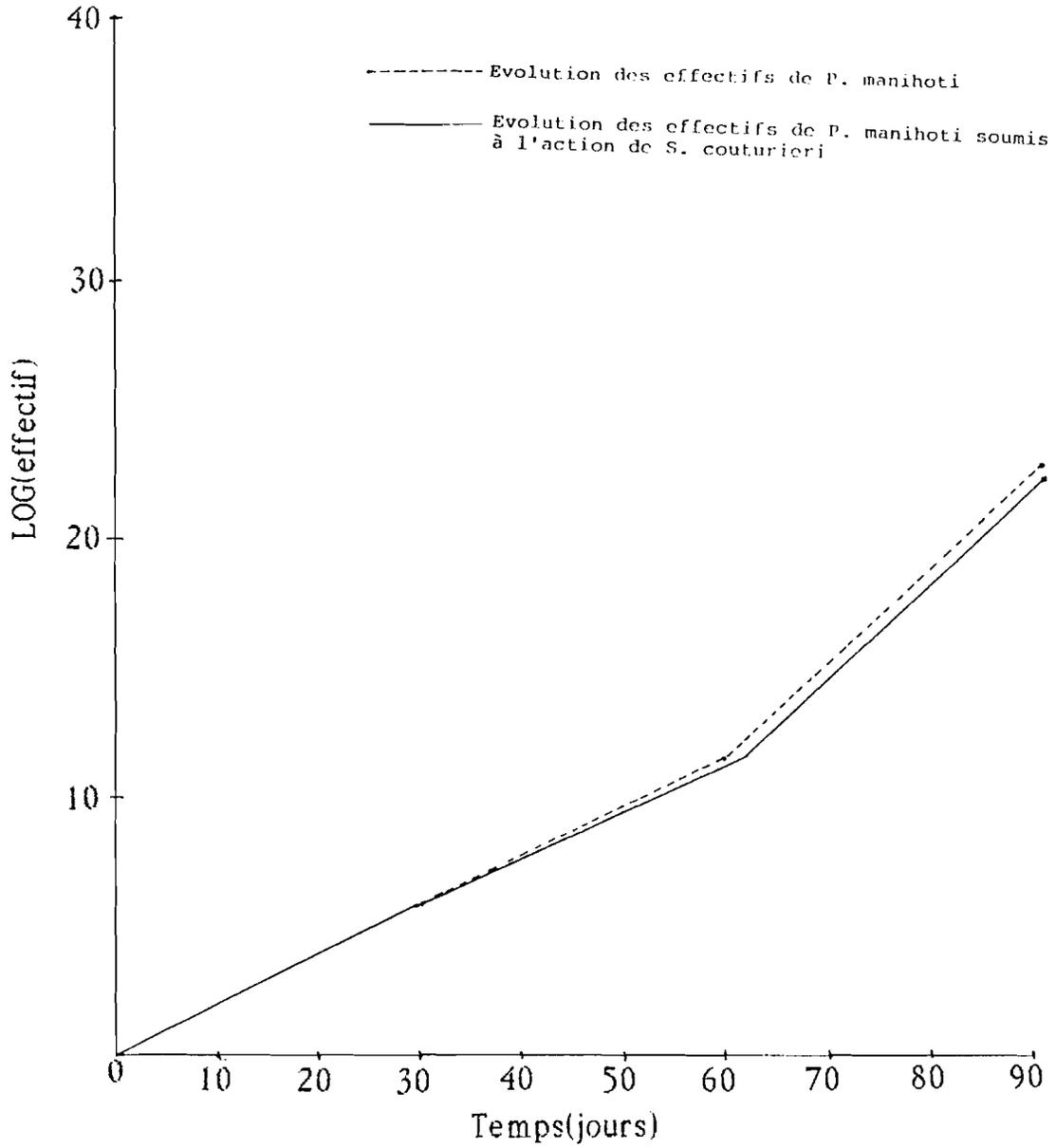


Figure 35 : Impact de *S. couturierii* sur *P. manihoti*

Or, comme le soulignent si bien DOUTT et DEBACH (1964), l'intervention d'un prédateur, en terme de régulation des populations du ravageur, est d'autant plus efficace qu'il intervient assez tôt, dans la régulation du déprédateur, développant ainsi, ses capacités prédatrices sur de faibles effectifs de la proie.

Malgré une durée longue du cycle, et une fécondité faible, S. couturieri que nous avons récolté localement, offre au regard des études qui ont été menées au laboratoire, des possibilités qui nous permettent de le considérer comme un prédateur d'une importance certaine, dans la limitation de l'expansion du ravageur.

C'est pourquoi, nous sommes entièrement d'accord avec KIYINDOU (1987) qui pense que les travaux devraient de plus en plus s'orienter vers la recherche des prédateurs (locaux ou exotiques), dont l'accroissement est considérable et dont l'augmentation des effectifs coïncide avec le moment où la cochenille amorce sa gradation.

3.2. Influence de l'hôte sur les entomophages

La cochenille n'exerce aucune action de défense particulière vis-à-vis de la cochenille.

Nous remarquons aussi que la durée du cycle biologique n'est pas influencée par le stade de développement de l'hôte (tableau XXII et XXIII). En effet, la comparaison des durées moyennes sur L3 et L4 donne une différence non significative ($t = 2,042, P > 5 \%$).

En revanche, P. manihoti présente quelques réactions de défense, de types mécanique et physiologique, pour tenter de contrecarrer l'action parasitaire.

a/ Action mécanique

Lorsqu'une cochenille de 3^e stade ou une femelle réalise qu'elle est convoitée par le parasitoïde qui veut la piquer, elle se défend vigoureusement, en projetant son abdomen d'arrière en avant. Cette réaction amène généralement le parasite à reculer, et parfois même à fuir, sur une distance plus ou moins importante.

Tableau XXII : Durée du cycle biologique de *E. lopezi* sur les cochenilles du stade III (L3)

Durée du cycle (en jours)	Fréquence (Nbre d'insectes)	Total
13	4	52
14	16	224
15	10	150
16	5	80
17	3	51
18	2	36
Total	40	593

$$\bar{X} = 14,82 \quad S = 1,29$$

Tableau XXIII : Durée du cycle biologique de *E. lopezi* sur les cochenilles du stade IV (L4)

Durée du cycle (en jours)	Fréquence (Nbre d'insectes)	Total
13	5	65
14	13	182
15	17	225
16	4	64
17	1	17
Total	40	553

$$\bar{X} = 14,57 \quad S = 0,93$$

La cochenille se retrouve ainsi momentanément épargnée de la piquêre, car un autre Encyrtide ou le même parasite, pourra venir piquer le phytophage, s'il ne l'aperçoit pas.

Mais il arrive également des situations où le parasite enfonce sa tarière sur l'abdomen, même quand la cochenille tente de se défendre.

b/ Action physiologique

C'est la réaction d'encapsulation, qui a été mise en évidence, d'après NENON et FABRES (1987), par GUYOMARD en 1987, et par NENON *et al.* en 1988. Cette réaction découle de l'interaction hôte-parasitoïde.

La réaction d'encapsulation consiste en la mise en place d'une structure apparemment amorphe, constituée de mélanine ou polyphénol (NENON *et al.*, 1988).

NENON et FABRES (1987) précisent que l'encapsulation débute aussi bien sur les œufs en cours de segmentation que sur les larves L1 de E. lopezi, mais pas ultérieurement, au cours du cycle évolutif du parasitoïde.

Selon NENON *et al.* (1988), la mise en place d'une capsule, dont le parasitoïde (œuf ou larve L1) peut parfois se débarrasser, dure 3 jours à une température de 28° C.

L'encapsulation peut à priori être considéré comme étant un phénomène, qui a une influence négligeable sur le développement du parasitoïde. En effet, NENON et FABRES (1987) ont montré que l'encapsulation se déclenche surtout en situation de superparasitisme (ponte de plus d'un œuf dans la cochenille). Ils soutiennent par ailleurs que, ce phénomène est rare dans la nature, où c'est plutôt le parasitisme solitaire (ponte d'un seul œuf dans la cochenille) qui est répandu. Dans ces conditions, les inquiétudes pouvant être suscitées par ce phénomène, dans l'atténuation de l'action parasitaire de E. lopezi au champ peuvent être dissipées.

NENON et FABRES (1987) ajoutent qu'il est rare qu'une cochenille superparasitée "guérisse" complètement, en éliminant tous les individus parasitoïdes qui l'infectent, et qu'il s'avère plutôt possible qu'une cochenille infestée encapsule ses propres ovocytes.

3.3. Interaction entre E. lopezi et S. couturieri

L'étude de l'interaction entre E. lopezi et S. couturieri a permis de montrer qu'il n'y a pas d'antagonisme entre le parasite et le prédateur.

En effet, l'élevage dans des mêmes boîtes, de S. couturieri (œufs, larves et imagos) et E. lopezi a permis de relever que les espèces se développent normalement et indépendamment l'une de l'autre, sur colonies de P. manihoti.

Par ailleurs, comme nous l'avons souligné précédemment, S. couturieri attaque les œufs, les larves L1 et un peu les L2 du ravageur. Tandis que E. lopezi ne parasite que les L3 et L4 du phytophage. De ce fait, il est clairement établi que les deux entomophages ont des niveaux d'intervention différents sur leur hôte commun. Il n'y a non plus aucune concurrence pour la nourriture, car la coccinelle se nourrit de la cochenille, alors que E. lopezi adulte vit aux dépens du miellat excrété par P. manihoti.

Toutefois, la concurrence pourrait être indirecte : la population des œufs, L1 et L2 consommée pourrait entraîner une réduction des L3 et L4 de la cochenille. Ce qui pourrait amener un manque d'hôte pour l'Encyrtide.

E - RESUME - CONCLUSION

Le contrôle de la pullulation d'un insecte dévastateur de culture , à l'aide des ses ennemis naturels, reste toujours complexe.

La zone intertropicale offre des conditions écologiques favorables au développement et à la prolifération des insectes, notamment la cochenille P. manihoti.

La pullulation de P. manihoti en saison sèche, et surtout des dégâts qu'elle engendre, suscitent des inquiétudes, quant à la pérennité du manioc, denrée largement intégrée dans les habitudes alimentaires des Ivoiriens, et des Africains en général.

Le travail que nous avons effectué vise à apporter notre contribution, à la protection et au développement du manioc. Le rôle joué par un certain nombre d'insectes (parasites ou prédateurs) dans la limitation de l'expansion du ravageur nous a amenés à entreprendre une étude de la faune entomologique inféodée au phytophage. Cette étude a été menée dans la zone Sud du pays, principale région productrice du manioc. Elle nous a révélé la diversité des espèces, qui entretiennent des relations biocœnotiques variées, soit entre elles, soit avec P. manihoti. Aussi, outre E. lopezi que nous avons retrouvé dans l'agrosystème, le Coccinellide S. couturieri s'est également révélé entomophage primaire de la cochenille.

L'étude des rapports "hôte-entomophage" a montré que le parasite ou le prédateur exercent chacun, une influence non négligeable sur le développement du ravageur.

Bien que l'un ou l'autre n'attaque pas tous les stades biologiques de la cochenille, nous pensons, au regard des observations effectuées, que les deux entomophages réunis, peuvent incontestablement assurer la régulation des populations du phytophage au cours de l'année.

De cette étude, on retiendra que :

1°) La faune entomologique inféodée à P. manihoti présente une diversité d'espèces, appartenant essentiellement à 4 ordres : les Hémiptères, les Coléoptères, les Hyménoptères et les Diptères. Nous avons au total 15 familles réparties en 19 espèces.

L'importance quantitative des Hyménoptères (50,54 %) et des Coléoptères (45,13 %) explique sans doute, le rôle fondamental que jouent ces deux ordres dans la biocénose, notamment lors de la gradation des effectifs du Pseudococcidae.

L'étude de l'entomofaune inféodée au ravageur, constitue l'une des préoccupations actuelles des différents pays dont la Côte d'Ivoire. Notre travail, qui s'inscrit dans ce contexte, a permis de retrouver dans l'agrosystème manioc, E. lopezi, parasite qui a été introduit en Afrique au cours des années 80, pour lutter contre P. manihoti. Il s'agit là d'un fait très important, qui répond aux objectifs visés par les campagnes de lâchers de l'Encyrtide par l'I.I.T.A., qui souhaite répandre l'entomophage dans tous les pays africains.

A travers cette même étude, un prédateur coccinellide S. couturieri CHAZEAU s'est remarquablement révélé intéressant pour la régulation de P. manihoti.

2°) L'étude de l'influence de E. lopezi et S. couturieri sur le développement de la cochenille nous indique que ces deux entomophages présentent des aptitudes qui nous permettent de les considérer comme des régulateurs biologiques importants pour la régulation des densités du ravageur.

Malgré la faible fécondité de E. lopezi, l'Encyrtide présente une vitesse de multiplication des effectifs double de celle du ravageur. Ce qui lui permet d'anéantir rapidement le phytophage, par rapport à S. couturieri (fig. 36).

E. lopezi provoque une modification morphologique et un arrêt de croissance de l'hôte.

Le stade hôte III (L3) est le stade préférentiel du parasite. Au cours de la vie du parasite, 114,45 cochenilles sont parasitées. Et l'Encyrtide parasite en moyenne 3,17 cochenilles par jour, soit plus de 94 cochenilles à la fin du cycle biologique du déprédateur.

Enfin l'action parasitaire induit une chute de la fécondité du ravageur à 16,36 % et 23,04 %, et une réduction de la durée des pontes de 42, 85 à 64,29 %.

Quant à S. couturieri, le prédateur détruit le ravageur depuis l'œuf jusqu'au stade L2. Les larves de 3e stade et l'imago sont les plus voraces. Les niveaux de consommation du phytophage par la coccinelle sont appréciables.

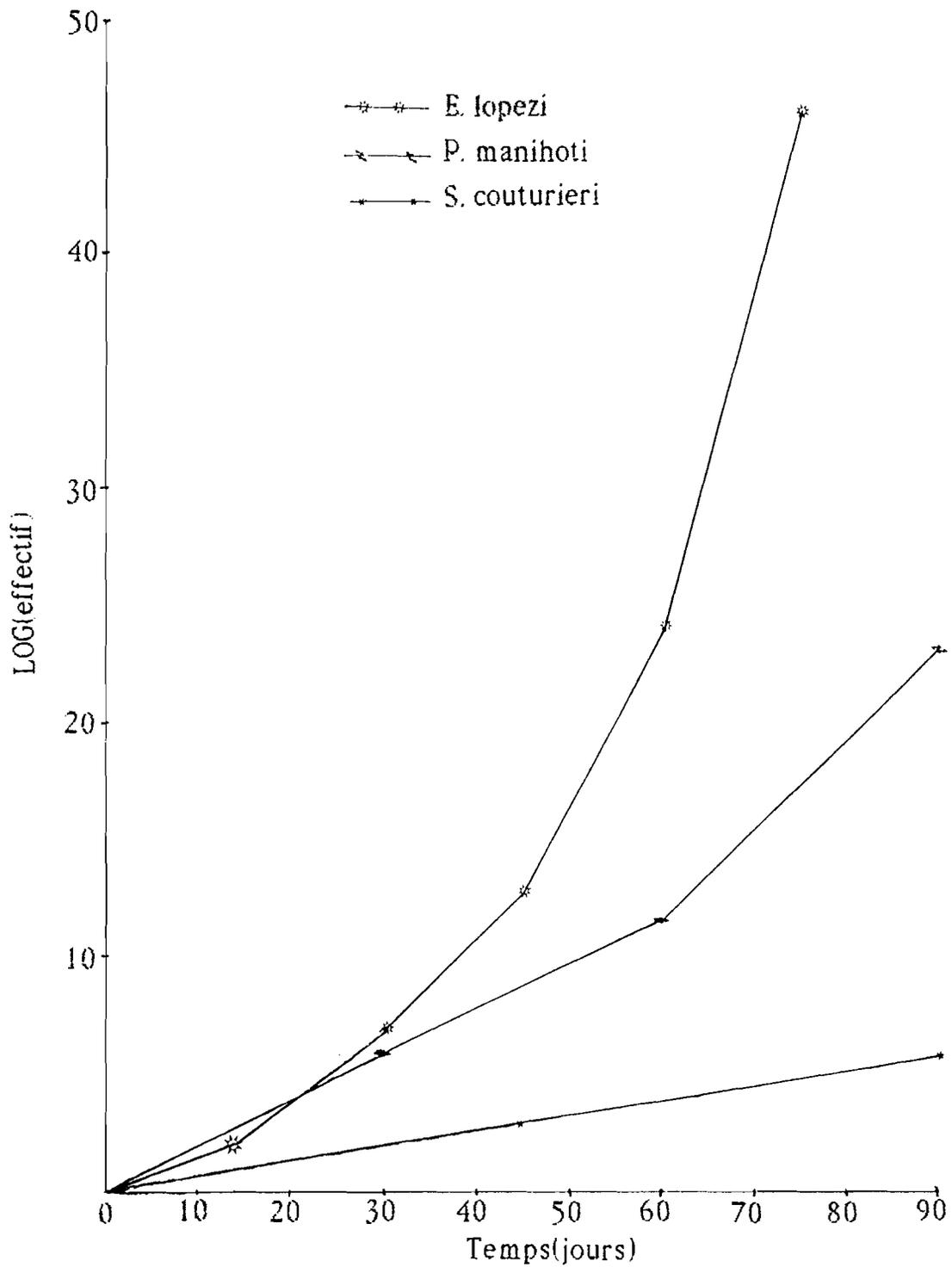


Figure 36 : Evolution des effectifs de P. manihoti, E. lopezi et S. couturieri en conditions idéales.

Le prédateur consomme 15 cochenilles par jour, soit 485 individus à la fin du cycle de l'entomophage. Le prédateur détruira entièrement une population supérieure à la descendance d'une cochenille dans ces conditions.

Enfin, de tous les stades consommés, les œufs sont plus appréciés par le prédateur, et 425 cochenilles seront consommées dans la vie d'un seul individu. Alors que la coccinelle adulte, forme la plus vorace, consomme dans sa vie, 367 cochenilles au total.

3°) D'après notre étude, E. lopezi et S. couturieri ont des niveaux d'intervention différents sur la cochenille. Pour le parasitisme, seuls les stades L3, L4 et l'adulte du ravageur sont exploités, tandis que ce sont ses œufs et ses larves L1 et L2 qui sont attaqués par le prédateur.

Dans ces conditions, il n'y a pas une concurrence évidente au niveau du stade hôte, entre les deux entomophages étudiés.

En outre, E. lopezi se nourrit du miellat excrété par les cochenilles, alors que S. couturieri est prédateur du Pseudococcide. Il s'agit là d'un commensalisme sans concurrence directe entre les deux insectes.

En conclusion à cette étude, les faits suivants peuvent retenir notre attention :

1°) L'étude de l'entomofaune inféodée à la cochenille nous a permis de réaffirmer les observations établies par certains auteurs, qui ont montré que les Hyménoptères et les Coléoptères représentent les proportions les plus importantes du complexe entomologique associé au phytophage dans la biocénose.

En outre, nous ne pouvons affirmer avec assurance que E. lopezi et S. couturieri sont les seuls entomophages primaires de P. manihoti. Les méthodes de fauchage utilisées dans la récolte des insectes provoquent généralement une fuite des espèces très mobiles. De ce fait, leurs quantités deviennent faibles, voire nulles, dans l'échantillon obtenu. Aussi, il serait souhaitable d'étendre dans le temps et dans l'espace et de répéter les recherches sur cette entomofaune, afin de mieux cerner les problèmes liés à l'identification des entomophages primaires de la cochenille.

2°) L'étude de l'influence des entomophages sur P. manihoti a montré l'efficacité parasitaire de E. lopezi en Côte d'Ivoire et révélé l'action prédatrice impressionnante de S. couturieri vis à vis du ravageur au laboratoire.

Par jour, E. lopezi parasite en moyenne 3 cochenilles, alors que S. couturieri en consomme 15. D'après nos travaux au laboratoire, E. lopezi est capable de juguler les niveaux d'abondance de P. manihoti. Or, malgré la présence du parasite au champ, nous continuons à y observer des pullulations de P. manihoti sur le manioc.

Cette situation est incontestablement due à l'existence de nombreux hyperparasites dans les champs. Leur action a été évoquée par les campagnes de prospection de l'I.I.T.A. en Côte d'Ivoire (BEKON, comm. pers.).

Ainsi, l'insuffisance d'efficacité de E. lopezi au champ impose le recours à d'autres régulateurs biologiques. Dans ce contexte, la coccinelle S. couturieri pourra être utilisée en complément à l'action de l'Encyrtide.

Mais, l'utilisation de cette coccinelle exige des élevages de masse du prédateur avant les lâchers au champs et ceci pour renforcer à travers l'augmentation des effectifs, l'efficacité de l'entomophage. De cette manière, on pourra palier les défaillances constatées de E. lopezi dans le champ.

3°) Notre étude a par ailleurs montré qu'il n'y a pas de concurrence apparente entre E. lopezi et S. couturieri pour le stade hôte exploité du ravageur.

Il s'agit alors d'une complémentarité d'actions des deux entomophages, dans la régulation de l'abondance du phytophage.

Cette étude a donc montré l'intérêt de l'association de deux agents biologiques, dans la limitation de l'expansion d'un ravageur.

Pour mieux conforter notre optimisme sur l'efficacité de cette complémentarité d'actions, des études ultérieures sont nécessaires, afin d'être rassurés de la présence ou non dans la biocénose, des espèces concurrentes du parasite et du prédateur.

Il est primordial de poursuivre ces études sur toute l'étendue du territoire national, avant de reposer définitivement notre espoir sur cette complémentarité.

F - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGBAKA A., 1991** : Inventaire et biologie des insectes des stocks des denrées alimentaires à Abidjan.
Mémoire de D.E.A., Université Nationale de Côte d'Ivoire, 73 P.
- ANONYME, 1977** : Rapport sur l'importance des dégâts causés par la punaise farineuse du manioc en Afrique Centrale 4 P.
- ANONYME, 1980** : Rapport annuel I.I.T.A., 1980.
- ANONYME, 1982** : Rapport de mission de l'atelier international sur la lutte biologique et la résistance de la plante hôte pour le contrôle de la cochenille Phenacoccus manihoti et de l'acarien Mononychellus tanajoa du manioc en Afrique 9 P.
- ANONYME, 1984 a** : Dissemination, dispersal and impact of E. lopezi, a natural enemy of the cassava mealybug. Research highlights : 35-39.
- ANONYME, 1984 b** : Lutte biologique contre la cochenille P. manihoti et les acariens verts du manioc en Afrique
Institut international d'agriculture tropicale (I.I.T.A.),
Ibadan Nigéria, 25 P.
- ANONYME, 1987** : Dossier : L'agriculture ivoirienne, Etude : riziculture et périmètres irrigués à Madagascar.
Afrique agriculture n° 140, Avril 1987, 60 P.
- ANONYME, 1988** : La défense des cultures en Afrique noire
Afrique agriculture n° 158. Novembre 1988,
ISSN03379515. Etude spéciale n° 5, 96 P.
- ANONYME, 1992** : Memento de l'agronome, Ministère de la coopération et du développement.
Documentation française.
Techniques rurales en Afrique.
ISBN 2.11.08, 1635 P.

- BALACHOWSKY S. A., 1972 :** Entomologie appliquée à l'agriculture.
Tome II : Lépidoptères, deuxième vol. 115 P.
- BENNETT F. D. et GREATHEAD D. J., 1978 :** Biological control of the mealybug Phenacoccus manihoti (Homoptera - Pseudococcidae) :
Cassava protection workshop, CIAT, Cali, Colombia : 181-184.
- BIASSANGAMA A., 1984 :** Etude du parasitisme des cochenilles Pseudococcidae par les Hyménoptères Encyrtidae : Application à la lutte biologique contre la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti en République populaire du Congo. Thèse de Doctorat 3e cycle, Université de Rennes I, 190 P.
- BIASSANGAMA A., FABRES G. et NENON J. P., 1985 :**
Relations entre Epidinocarsis lopezi (Hymenoptera-Encyrtidae) au laboratoire et dans l'agrosystème manioc au Congo. Bilan des travaux du groupe franco-congolais 1985-1987, ORSTOM- DGRST : 53-74.
- BIASSANGAMA A., FABRES G. et NENON J. P., 1988 :**
Parasitisme au laboratoire et au champ d'Epidinocarsis lopezi (Hymenoptera-Encyrtidae) auxiliaire exotique introduit au Congo pour la régulation de l'abondance de Phenacoccus manihoti (Homoptera-Pseudococcidae)
Bilan des travaux de l'équipe franco-congolaise 1985-1987, ORSTOM-DGRST : 53-73.
- BIASSANGAMA A. LE RU B., IZIQUEL Y., KIYINDOU A. et BIMANGOU A. S., 1987 :** Influence de l'introduction d'Epidinocarsis lopezi DE SANTIS (Hymenoptera-Encyrtidae) sur l'évolution de l'entomocœnose inféodée à la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Homoptera-Pseudococcidae) au Congo.
Bilan des travaux de l'équipe franco-congolaise 1985-1987, ORSTOM-DGRST : 165-186.

- BIASSANGAMA A. et MOUSSA J. B., 1987 :** Les parasitoïdes d'Epidinocarsis lopezi (Hymenoptera-Encyrtidae) au Congo. *Agro trop.*, **42** (4) : 301- 304.
- BOUSSIENGUET J., 1984 :** Bioécologie de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti MAT.-FER. et de ses ennemis naturels au Gabon
Thèse de Doctorat 3e cycle, Université Pierre et Marie-Curie, Paris 6, spécialité : entomologie, 154 P.
- BOUSSIENGUET J., 1986 :** Le complexe entomologique de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti (Hom. Coccoidea, Pseudococcidae) au Gabon.
Inventaire faunistique et relations trophiques. *Ann. soc. ent. Fr. (N.S.)* **22** : 35-44.
- BOUSSIENGUET J., 1988 :** Morphologie et biologie d'Anagyrus nyombae, parasite de Phenacoccus manihoti au Gabon (Hymenoptera, Encyrtidae ; Homoptera, Pseudococcidae).
Revue fr. Ent., (N. S.). 1988, **10** (3) : 277-283.
- BOUSSIENGUET J. et NEUENSCHWANDER P., 1989 :**
Le complexe entomophage de la Cochenille du manioc en Afrique Clé annotée pour la reconnaissance des Hyménoptères parasitoïdes associés à ce ravageur
Revue Zool. afr. J. Zool. **103** : 395-403.
- CHAZEAU J. et COUTURIER G., 1986 :** Coléoptères Coccinellidae de Côte d'Ivoire
La faune de la forêt de Taï
Revue fr. ent., (N. S.), **7** (5) : 309-330.
- COX J. M. et WILLIAMS D. J. 1981 :** An account of cassava mealybug (Homoptera-Pseudococcidae) with a description of a new species
Bulletin of entomological research, **71** : 247-258.

- DELVARE G. et ABERLENC H. P., 1989** : Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)
Préface acridologie opérationnelle -
Ecoforce internationale, 302 P.
- DEMPSTER J. P. et POLLARD E., 1981** : Fluctuations in resource availability and insect populations
Ecologia, **50** : 412-416.
- DESSART P., 1989** : *Aphanogmus manihoti* sp. n. Espèce nouvelle d'Afrique (Hym. Ceraphronoidea-Ceraphronidae).
Bull. Anns. Soc. r. belge Ent. **125** : 61-65
- DOUTT R. L. et DE BACH P., 1964** : Some biological control concepts and questions, in biological control of insect pests and weeds : 118-142
- EZUMAH H. C. et KNIGHT A., 1978** : Some notes on the mealybug, *Phenacoccus manihoti* MAT-FERR
Incidence on manioc (*Manihot esculenta*) in Bas Zaïre
Proc workshop on the cassava mealybug, I.I.T.A., Ibadan, :
I 7-14.
- FABRES G. 1981 a** : Première quantification du phénomène de gradation des populations de *Phenacoccus manihoti* (Homoptera-Pseudococcidae) en République Populaire du Congo
Agro. Trop., **1** (6) : 483-486.
- FABRES G., 1981 b** : Les entomophages inféodés à la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. Pseudococcidae) au Congo.
Etude morphologique comparative des trois espèces dominantes de coccinellidae.
Cah ORSTOM, Ser. Biologie, 1981, **4** : 3-8.

- FABRES G., 1981 c:** Bio-écologie de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidae) en République Populaire du Congo.
II. Variations d'abondance et facteurs de régulation
Agron. Trop., **36** : 369-376.
- FABRES G., 1982 :** Bioécologie de la Cochenille du manioc et de ses populations en République Populaire du Congo.
Variations d'abondance
Agro. Trop., **37** : 1- 14.
- FABRES G., 1987 :** Influence de la "capacité limite" dans la régulation de l'abondance d'un phytophage : le cas de la cochenille du manioc (Phenacoccus manihoti) au Congo.
Bilan des travaux de l'équipe franco-Congolaise 1985-1987, ORSTOM - DGRST : 43-52.
- FABRES G. et BOUSSIENGUET J., 1981 :** Bioécologie de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidæ) en République Populaire du Congo. Cycle évolutif et paramètres biologiques
Agro. Trop., **36** (1) : 82-89.
- FABRES G. et KIYINDOU A., 1985 :** Comparaison du potentiel biotique de deux coccinelles (Exochomus flaviventris MADER et Hyperaspis senegalensis HOTTENTOTA (Coleoptera. Coccinellidae) prédatrices de Phenacoccus manihoti (Homoptera - Pseudococcidæ) au Congo
Acta œcologica œcol. applic., **6** : 339-348.
- FABRES G. et MATILE-FERRERO D., 1980 :** Les entomophages inféodés à la cochenille du manioc (Phenacoccus manihoti Hom. Pseudococcidæ) en République Populaire du Congo. Les composantes de l'entomocœnose et leurs interrelations.
Ann. Soc. ent. Fr., **16** (4) : 509-515.

- FABRES G., NENON J. P., KIYINDOU A. et
BIASSANGAMA A., 1987 :** Questions sur les
entomophages exotiques pour la régulation des populations
de la cochenille du manioc
Bilan des travaux de l'équipe franco-Congolaise 1985-1987,
ORSTOM - DGRST : 103-109.
- FOUA-BI K., 1982 :** Etude de Aspidiella hartii CKLL
(Homoptera-Diaspididae) déprédateur des ignames en Côte
d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences naturelles.
Université Nationale de Côte d'Ivoire, 220 P.
- GRASSE P.P., 1951 :** Traité de zoologie
Tome X (insectes supérieurs et Hémiptéroïdes),
fascicule II : 1618-1656.
- GREATHEAD D. J., 1978 :** Biological control of mealybugs
(Homoptera-Pseudococcidae) with special reference to
cassava mealybug (Phenacoccus manihoti
MATILE- FERRERO).
Proceedings of the international workshop on the cassava
mealybug Phenacoccus manihoti MAT.-FERR.
(Pseudococcidae)
INERA Myuzi, Zaïre. Int. Inst. Trop. Agri. Ibadan,
July : 70-80.
- HERREN H. R., 1984 :** Le programme de lutte contre la
cochenille du manioc Phenacoccus manihoti (Homoptera-
Pseudococcidae) et les acariens verts du manioc
(Mononychellus sp. et Tetranychus sp.) en Afrique.
Communication atelier de l'Afrique Centrale sur les plantes
à racines et à tubercules, Brazaville, 11-15 Juin 1984, 8 P.
- HERREN H. R. et BENNETT F. D., 1984 :** Maladies et
insectes nuisibles du manioc : Propagation et moyens de
lutte
Institut International d'Agriculture Tropicale (I.I.T.A.)
Communication présentée lors de la Conférence du bureau
du Commonwealth pour l'agriculture sur l'accroissement de
la production agricole en Afrique, Arusha (Tanzanie), 12-
18 février 1984, 11 P.

HERREN H. R. et LEMA K. M., 1982 : Cassava mealybug first successful. Biocontrol news and information, CAB, **3**, 185 P.

IHEAGWAM E. U., 1981 : The influence of temperature on increase rates of the cassava mealybug Phenacoccus manihoti MAT. - FERR. (Homoptera, Pseudococcidae) Rev. zool. afr., **95** : 959-967.

IHEAGWAM E. U. et ELUWA M. C., 1983 : The effects of temperature on the development of the immature stages of the cassava mealybug Phenacoccus manihoti MAT-FERR. (Homoptera-Pseudococcidae) Dt. entomo. Z., N. F. **30** : 17-22.

IPERTI G., 1961 : Les cochenilles : leur utilisation en agriculture
Rev. Zool. agric. appl., **1** (3) : 2-28.

IPERTI G., 1965 : Perspective d'utilisation rationnelle des cochenilles aphidiphages dans la protection des cultures
90^e Congrès des Sociétés savantes, Nice 1965, **II** : 543-547.

IPERTI G., 1971 : L'emploi des coccinelles dans la lutte contre le puceron noir de la betterave (Aphis fabae Scop.)
Extrait de parasitica, 1971, **27** (4) : 94-102.

IPERTI G., KANIKA-KIAMFU J. et BRUN J., 1991 a :
Possibilité de multiplication d'Exochomus flaviventris MADER (Col., coccinellidae) prédateur de la cochenille du manioc à l'aide des œufs d'Ephestia kuehnielli ZELLER (Lepidoptera, Pyralidae). Entomophaga (sous presse).

IPERTI G., KANIKA - KIAMFU J. et BRUN J., 1991 b :
Etude de la consommation alimentaire d'Exochomus flaviventris MADER (Col. Coccinellidae) prédateur de la cochenille farineuse du manioc Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO (Hom., Pseudococcidae).
Entomophaga (sous presse).

- IPERTI G., LAUDEHO Y. BRUN J. et CHOPPIN de JANVRY E., 1970 :** Les entomophages de Parlatoria blanchardi Targ dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien.
III - introduction, acclimatation et efficacité d'un nouveau prédateur coccinellidae, Chilocorus bipustulatus L. irenensis
Ann. zool. Ecol. anim., 1970, 2 (4) : 617-638.
- IZIQUEL Y., 1985 :** Le parasitisme de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti par l'Encyrtidae (Epidinocarsis lopezi) : Induction , modalité et conséquences agronomiques. DEA d'écologie-éthologie-Université de Rennes I, 28 P.
- IZIQUEL Y. et LE RU B., 1985 :** Influence de l'hyperparasitisme sur les populations d'un Hyménoptère Encyrtidae, Epidinocarsis lopezi (DE SANTIS) parasitoïde exotique de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti MAT. - FERR. introduit au Congo
Bilan des travaux de l'équipe franco-congolaise, 1985 - 1987, ORSTOM - DGRST : 75 - 102.
- IZIQUEL Y., LE RALEC A. et NENON J. P., 1987 :**
Epidinocarsis lopezi (Hymenoptera Encyrtidae) : ovipositeur, types de piqûres et nature du parasitisme sur Phenacoccus manihoti (Homoptera, Pseudococcidae)
Bilan des travaux de l'équipe franco-congolaise, 1985-1987
ORSTOM-DGRST : 129-165.
- KANIKA - KIAMFU J., 1991 :** Etude expérimentale de potentialités bio-éthologiques d'Exochomus flaviventris MADER (Col., Coccinellidae) prédateur de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO (Hom., Pseudococcidæ)
Thèse de Doctorat d'Université. Université Paul SABATIER, Toulouse III.

- KANIKA - KIAMFU J., KIYINDOU A., BRUN J. et IPERTI G., 1992** : Comparaison des potentialités biologiques de trois coccinelles prédatrices de cochenille farineuse du manioc Phenacoccus manihoti Hom. Pseudococcidae Entomophaga, 1992, **37** (2) : 1-6.
- KIYINDOU A., 1987**, : Seuil thermique de développement de trois coccinelles prédatrices de la cochenille du manioc au Congo.
Bilan des travaux de l'équipe franco-congolaise, 1985-1987, ORSTOM - DGRST : 187 - 200.
- KIYINDOU A. et FABRES G., 1987** : Etude de la capacité d'accroissement chez Hyperaspis raynevali (Coleoptera-Coccinellidae) prédateur introduit au Congo pour la régulation des populations de Phenacoccus manihoti (Homoptera-Pseudococcidae)
Entomophaga, 1987, **32** (2) : 181-189.
- LEMA K. M. et HERREN H. R., 1985** : The influence of constant temperatures on population growth rates of the cassava mealybug, Phenacoccus manihoti MAT -FERR. (Homoptera. Pseudococcidae)
Entomol. Exp. Appl., **38** : 165-169.
- LE RU B., 1984** : Contribution à l'étude de l'écologie de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Homoptera, coccidae, Pseudococcidae) en République Populaire du Congo.
Thèse de Doctorat 3e cycle, Université de Paris XI (ORSAY), 123 P.
- LE RU B., 1986** : Etude de l'évolution d'une mycose à Neozygites fumosa (Zygomycètes-Entomophthorales) dans une population de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidae)
Entomophaga, **31** (1) : 79 -89.

- LE RU B. et FABRES G., 1987 :** Influence de la température et de l'hygrométrie relative sur le taux d'accroissement des populations de la cochenille du manioc (Phenacoccus manihoti, Hom. Pseudococcidae) au Congo
œcol. Appli., **8** (2) : 165-174.
- LE RU B. et IZIQUEL Y., 1986 :** Evaluation de l'incidence mécanique des pluies, à l'aide d'un simulateur de pluies, sur la dynamique des populations de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti
Bilan des travaux de l'équipe franco-congolaise 1985-1987, ORSTOM-DGRST : 19-42.
- LE RU B. et IZIQUEL Y., 1990 :** Nouvelles données sur le déroulement de la mycose à Neozygites fumosa sur la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti
Entomophaga (sous presse).
- LE RU B., IZIQUEL Y., BIASSANGAMA A. et KIYINDOU A., 1987 :** Comparaison des effectifs de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti avant et après introduction d'E. lopezi Encyrtidae américain au Congo en 1982.
Bilan des travaux de l'équipe franco-congolaise, 1985-1987, ORSTOM-DGRST : 1-18.
- LE RU B. et PAPIEROK B., 1987 :** Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO (Homoptera, Pseudococcidae). Intérêt d'une méthode simplifiée d'estimation de r_m
Acta œcol. œcol. Applic. 1987, **8** (1) : 3-14.
- MATILE-FERRERO D., 1977 :** Une cochenille nouvelle nuisible au manioc en Afrique équatoriale, Phenacoccus manihoti (Homoptera - Coccoidae - Pseudococcidae)
Annls. Soc. ent. Fr., (N. S.), **13** (1) : 145- 152.
- MOYAL P., 1988 :** Les foreurs du maïs en zone des savanes en Côte d'ivoire
Données morphologiques, biologiques et écologiques
Essais de lutte et relation plante-insecte, Etude et Thèse, ORSTOM, 367 P.

NENON J. P. et FABRES G., 1987 : Etude méthodologique de l'efficacité parasitaire d'un Hyménoptère Encyrtidae néotropical Epidinocarsis lopezi introduit en Afrique pour lutter contre la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti. 7e Symposium A.A.I.S. : Dakar 7-10 Décembre 1987, 10 P.

NENON J. P., FABRES G. et BIASSANGAMA A., 1985 : Epidinocarsis lopezi (Hym : Encyrtidae) parasitoïde introduit au Congo pour la régulation des populations de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidae).
Résumés des communications présentées au VIIe Symp. Soc. Int. pour les plantes à tubercules tropicale Guadeloupe, 1- 6 Juil. 1985, 74 P.

NENON J. P., GUYOMARD O. et HEMON G. 1988 : Encapsulation des œufs et des larves de l'Hyménoptère Encyrtidae Epidinocarsis (Apoanagyrus) lopezi par son hôte Pseudococcidae Phenacoccus manihoti ; effet de la température et du superparasitisme
C.R. Acad. Sci. Paris, t. 306, Série III : 325-331.

NUENSCHWANDER P., HENNESSEY R. D. et HERREN H. R., 1987 : Food web of insects associated with the cassava mealybug, Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidae) and its introduced parasitoid Epidinocarsis lopezi (Hym. Encyrtidae) in Africa
Bull. Ent. Res., 77 (2) : 117-189.

NWANZE K. F., 1982 : Relationships between cassava root yields and crop infestations by the mealybug Phenacoccus manihoti
Tropical pest management, 28 : 27-32.

NWANZE K. F., LEUSCHNER K. et EZUMAH II. C., 1979 : The cassava mealybug, Phenacoccus sp. in the Republic of Zaïre
PANS, 25 (2) : 125-130.

OBAME M. D. , 1991 : Effets de quelques facteurs (température et hygrométrie) sur la fécondité et le cycle biologique de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO (Homoptera, Pseudococcidae)
Mémoire de D.E.A. Université Nationale de Côte d'Ivoire, 64 P.

ODEBIYI J. A. et BOKONON - GANTA A. H., 1986 :
Biology of Epidinocarsis (Apoanagyrus) lopezi (Hymenoptera, Encyrtidae), an exotic parasite of cassava mealybug Phenacoccus manihoti (Homoptera-Pseudococcidae) in Nigeria.
Entomophaga, **31** : 251-260.

O'LOO G. W., 1976 : A Synoptic review of the biology and ecology of suggar - cane mealybug
International Center of Insect Physiology and Ecology, P. O. Naïrobi, Kenya, 53 P.

OUEDRAOGO M., 1989 : Etude de l'entomofaune du niébé :
Vigna unguiculata L. Walp
Mémoire de D.E.A. Université Nationale de Côte d'Ivoire. 62 P.

PANIS A., 1965 : Contribution à l'étude d'une association parasitaire : les cochenilles du genre Pseudococcus (Homoptera, Coccoidea) et leur parasite Anagyrus pseudococci GIR (Hymenoptera-Chalcidoidea-Encyrtidae)
Thèse de Doctorat 3e cycle, Université de Toulouse 165 P..

PERRIER R., 1961 : La faune de la France, illustré V,
Coléoptère, 1ère partie, 192 P.

SERI B., 1991 : Influence de quelques facteurs extérieurs sur le cycle de développement et la survie de Sitophilus orizae L. (Coleoptera-Curculionidae).
Thèse de Doctorat 3e cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 92 P.

WILLIAMS D. J., 1974 : Taxonomy of mealybugs on cassava.
Commonwealth institute of entomology, London : 47 - 52.

WODAGENEH A., 1985 : Résumé de l'exposé présenté à
l'occasion du stage de formation sur la lutte biologique
contre la cochenille du manioc et les acariens verts
Formation/FAO, 13 P.