

Contribution à la mise au point d'une lutte biologique contre *Coelaenomenodera*

II. — Introduction en Côte-d'Ivoire d'un hyménoptère Eulophidae du genre *Chrysonotomyia* Ashmead, de Madagascar

R. LECOUSTRE (1), D. MARIAU (2), R. PHILIPPE (1) et R. DESMIER de CHENON (1)

Résumé. — Les principales caractéristiques biologiques du parasite introduit sont rappelées. Les conditions d'élevage au laboratoire sont données. Après une description du parasite, les auteurs présentent une étude du comportement concernant l'accouplement, la recherche de l'hôte et la ponte. L'importance de la ponte est influencée par la nature du végétal et le nombre d'hôtes par galerie (15 à 27 œufs par femelle). On observe une très importante mortalité du parasite au stade larvaire due au fait que la larve hôte ne supporte pas les piqûres faites par l'adulte de *Chrysonotomyia*. Une étude de l'ovogenèse montre que le potentiel moyen d'œufs par femelle correspond à ce que cette dernière dépose effectivement dans les meilleures conditions. Plusieurs dizaines de milliers de parasites ont été lâchés dans les plantations. Si *Chrysonotomyia* a pu être retrouvé, il ne s'est cependant pas adapté à son nouvel hôte.

I. — INTRODUCTION

Les études réalisées sur le complexe parasitaire de *Coelaenomenodera elaeidis* Milk [3] ont montré que les parasites indigènes étaient surtout efficaces sur le dernier stade larvaire et qu'en cas de pullulation leur rôle dans la réduction des populations était peu important [Mariau et Morin 1972, Mariau *et al.*, 1978]. C'est la raison pour laquelle on a recherché dans différentes parties du monde des parasites d'hispine ayant un spectre d'action plus étendu, s'accommodant mieux du caractère discontinu des cycles biologiques du ravageur lorsqu'il se trouve en état de pullulation.

Les premières tentatives ont été faites à partir de la Colombie et de la Malaisie mais les 4 espèces introduites n'ont pu s'adapter à leur nouvel hôte [Philippe *et al.*, 1979].

Il existe à Madagascar un grand nombre d'espèces d'hispines mineurs, parmi lesquelles deux s'attaquent au cocotier : *Coelaenomenodera perrieri* Fair et *Balyana mariaui* Bert et Desm. qui ont une biologie très proche de celle de l'hispine africain. L'étude du stock parasitaire, au niveau de larves des 2 espèces malgaches, qui comprend 5 parasites, a permis de mettre en évidence la présence d'un hyménoptère Eulophidae du genre *Chrysonotomyia* [4] qui présente les caractéristiques suivantes : très large spectre d'action puisqu'il s'attaque à tous les stades larvaires de l'hôte qui a une taille tout à fait comparable à celle de *C. elaeidis*, faibles exigences climatiques car il a été observé dans différentes régions de Madagascar aux températures très variables, absence d'hyperparasites. Enfin cette espèce, inféodée à l'origine à différentes espèces de palmacées, dont le raphia, a été observée

sur palmiers à huile, en très faible nombre il est vrai [Mariau, 1975].

Chrysonotomyia présentait donc toutes les qualités requises pour faire l'objet d'un essai d'adaptation au *Coelaenomenodera elaeidis*.

II. — BIOLOGIE DE *CHRYSONOTOMYIA* AU LABORATOIRE

1. — Description de l'adulte (Fig. 1, 2).

Les adultes ont le thorax et la partie antérieure de l'abdomen vert à reflets métalliques, les yeux sont brun-rouge, les tibiotarses sont blancs et les ailes antérieures présentent une tache conformée de fumée au niveau de la nervure stigmale.

Les mâles sont en moyenne nettement plus petits que les femelles (0,95 mm ± 0,10, contre 1,30 mm ± 0,10).

Les antennes du mâle sont, par rapport au corps, plus longues que celles de la femelle, et portent un peu plus de soies.

Au repos les ailes du mâle dépassent vers l'arrière l'extrémité de l'abdomen, celles de la femelle ne recouvrent pas entièrement l'abdomen.

La tache sombre au niveau de la nervure stigmale est plus dense et plus étendue chez la femelle.

L'abdomen du mâle est plus étroit que celui de la femelle qui est en forme de cœur.

Ce dimorphisme est suffisant pour qu'un observateur entraîné sépare les sexes sans avoir recours à l'observation binoculaire.

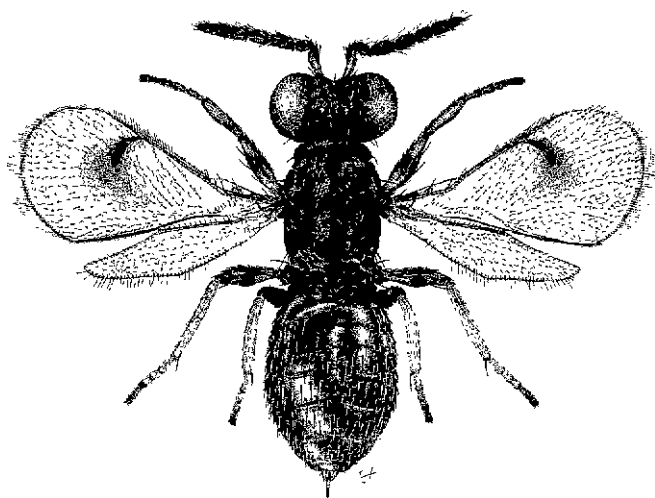
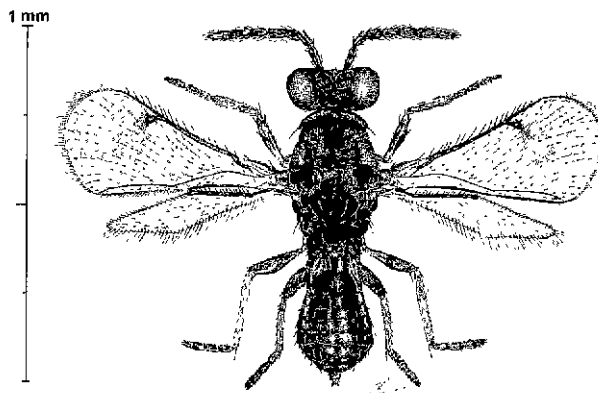
2. — Etude du comportement.

Accouplement.

Il est précédé d'une parade pendant laquelle le mâle se déplace activement autour de la femelle en

(1) I. R. H. O., Plantation expérimentale, Grand-Drewin par Sassandra (Côte-d'Ivoire).

(2) Département Entomologie, Station cocotier Marc-Delorme, 07, B. P. 13, Abidjan 07 (Côte-d'Ivoire).

FIG. 1. — *Chrysonotomyia* sp. femelle (female).FIG. 2. — *Chrysonotomyia* sp. mâle (male).

remuant ses antennes repliées vers le bas, et venant de temps à autre toucher la femelle avec elles ; après quelques simulacres d'accouplement, si la femelle accepte le mâle, celui-ci monte sur elle, sa première paire de pattes enserrant le thorax de la femelle, les antennes du mâle touchant celles de la femelle. L'ensemble de la parade, simulacre et accouplement proprement dit, peut durer plusieurs minutes.

Les accouplements se font en majeure partie dans la première demi-heure qui suit la mise en présence des adultes, ils persistent les 2^e et 3^e jours après le début de la vie imaginaire et sont très rarement observés par la suite même si on remplace le vieux mâle par un très jeune.

Recherche de l'hôte.

L'observation visuelle des larves de *Coelaenomenodera* et l'activité des parasites montre que la majeure partie des larves sont piquées soit pendant la période de ponte (entre les jours de ponte et le même jour que les pontes enregistrées), soit pendant la période de postoviposition. On note seulement 10,5 p. 100 de piqûres pendant la période de préoviposition.

En effet les femelles de *Chrysonotomyia*, non seulement parasitent les larves de *Coelaenomenodera* mais aussi se nourrissent à leurs dépens en les piquant pour lécher les gouttelettes d'hémolymphe qui viennent suinter jusqu'à la surface de la foliole. Cette attaque peut se répéter plusieurs fois sur la même larve.

Une observation des larves de *Coelaenomenodera* 2 jours après leur présentation aux parasites montre que 54,5 p. 100 des larves subissent cette action prédatrice des femelles ; 33 p. 100 des larves sont à la fois piquées et parasitées, soit près de 70 p. 100 des larves parasitées.

Que ce soit pour pondre ou pour se nourrir, la recherche de l'hôte se déroule de la même manière, la femelle se déplace activement sur la galerie, le funicule et la crosse des antennes dirigés vers le bas, les antennes semblent palper la galerie ; dès que la larve de *Coelaenomenodera* est repérée, la femelle de *Chrysonotomyia* s'immobilise puis, en reculant, pique la larve à travers l'épiderme de la foliole. Il faut quelquefois de nombreuses piqûres avant que la larve de *Coelaenomenodera* ne soit immobilisée.

Si la femelle pond, elle engage l'ovipositeur complè-

tement dans la larve, l'abdomen est alors au contact de la galerie, les antennes sont tendues et horizontales, l'insecte en ponte peut rester ainsi dans une quasi-immobilité pendant 1 à 2 min (Fig. 3).

Si la femelle se nourrit, elle imprime à son abdomen des mouvements d'avant en arrière et de haut en bas. L'ovipositeur pénètre ainsi un peu dans tous les sens à l'intérieur de la larve agrandissant l'orifice et dilacérant les muscles et tissus adipeux de la larve. La femelle dégage son ovipositeur, recule et place la tête au niveau de la gouttelette d'hémolymphe qui sort à la surface de la galerie. Si l'hémolymphe ne sort pas, la femelle recommence à piquer la larve.

La ponte des femelles est régulière tout au long de leur vie après une période de préoviposition de 1 à 6 jours, la période de postoviposition est généralement plus courte : 1 à 4 jours.

Ces observations ont montré que 75 p. 100 des pontes sont déposées entre 6 h et 15 h, représentant 84 p. 100 de la descendance. Les femelles ont une certaine activité crépusculaire alors que 12 p. 100 des pontes ont lieu entre 18 h et 6 h, donc de nuit.

L'action prédatrice est sensiblement la même tout au long de la journée avec un léger maximum entre 15 h et 18 h.

La durée de vie moyenne des mâles est de 10 à 12 jours selon les séries d'élevage, celle des femelles est de 16,4 jours (de 1 à 38 jours).

FIG. 3. — *Chrysonotomyia* sp., femelle en cours de ponte (female laying).

3. — Fécondité des femelles.

Les résultats ont tous été obtenus dans les conditions d'élevage en cellules climatisées.

a) Descendance.

Après la baisse de la descendance à la 4^e génération on constate une remontée du nombre moyen de descendants par femelle qui s'est stabilisé autour de 8, le pourcentage de parasitisme oscillant entre 25 et 35 p. 100.

Le sex ratio est tombé à 0,5 au cours de la 1^{re} génération puis a retrouvé, au cours des générations suivantes, son équilibre entre 0,6 et 0,7, valeur proche de celui de la souche malgache.

b) Descendance en fonction du végétal.

Une série d'expériences a permis de comparer les effets de divers substrats végétaux sur la descendance des femelles de *Chrysonotomyia*.

Les femelles ont été mises en présence soit de galeries naturelles de *Coelaenomenodera* sur palmier ou cocotier, soit de galeries artificielles sur palmier, cocotier ou raphia.

Aucune descendance n'a été obtenue dans les galeries artificielles réalisées sur folioles de raphia. Le nombre de larves ainsi présentées a d'ailleurs été très faible car il s'est avéré très difficile de repiquer les larves de *Coelaenomenodera* sur ce végétal. Ce résultat est néanmoins étonnant car l'hôte ou l'un des hôtes originels de *C. perrieri*, et par conséquent de *Chrysonotomyia*, est très probablement le raphia.

Selon les observations, le pourcentage de parasitisme des galeries artificielles sur cocotier et le nombre moyen de nymphes vivantes par larve parasitée sont significativement supérieurs aux valeurs observées avec les galeries artificielles sur palmier.

Cependant les difficultés de confection des galeries artificielles sur cocotier (plus fibreux que le palmier) et le faible taux de reprise d'alimentation sur ce substrat par les larves de *Coelaenomenodera* n'ont pas permis d'utiliser ce mode d'élevage.

c) Estimation de la fécondité.

Les données de la descendance en nymphes vivantes, par femelle en élevage, donnent une mauvaise idée de la fécondité de cet eulophide car une importante mortalité larvaire réduit en effet fortement la descendance.

Afin d'estimer correctement la fécondité des femelles de *Chrysonotomyia* sur larves de *Coelaenomenodera* dans les conditions d'élevage, les larves sont disséquées 2 jours après leur présentation aux parasites. Pour réaliser cette dissection, on arrache la capsule céphalique des larves de l'hispipe puis on vide la larve de sa masse interne en appuyant depuis le pygidium vers la partie antérieure avec le plat d'une aiguille lancéolée. On observe alors la masse interne de la larve à la loupe binoculaire, et les œufs et petites larves de *Chrysonotomyia* sont comptés.

La ponte moyenne cumulée par femelle initialement mise en élevage est ainsi de :

— 15,4 œufs en 20 jours sur galeries naturelles avec 17,5 p. 100 de larves parasitées, 23,5 p. 100 des galeries (le maximum individuel atteint étant 45 œufs pour une femelle) ;

— 27,3 œufs en 28 jours sur galeries artificielles

avec 35 p. 100 de larves parasitées (le maximum de ponte individuelle étant de 75 œufs).

On en déduit que le potentiel reproducteur réel de ce parasite est beaucoup plus élevé que sa descendance finale ne le laisse supposer.

Les dissections de larves de *Coelaenomenodera* 2 jours après leur présentation aux parasites ont également permis d'estimer le nombre moyen d'œufs de *Chrysonotomyia* déposés par larve dans les conditions d'élevage. Au total 1 460 larves de *Coelaenomenodera*, correspondant aux 12 premiers jours de ponte d'un lot de 300 femelles de *Chrysonotomyia*, ont été disséquées. Le nombre moyen d'œufs déposés par larve parasitée est 4,6. Il est à remarquer que plus de 60 p. 100 des larves parasitées contiennent 3, 6, 9, ou 12 œufs du parasite, mais ce sont surtout les larves contenant 3 et 6 œufs qui sont les plus nombreuses. Les pourcentages de larves de l'hispipe contenant 3 ou 6 œufs sont sensiblement égaux durant les 9 premiers jours de la ponte, puis la fréquence des larves parasitées par 3 œufs seulement devient plus grande (34 p. 100 des larves). Ces observations sont à mettre en rapport avec le nombre d'ovarioles qui est de 3 par ovaire (cf. *infra*). La diminution du nombre de larves parasitées par 6, 9 et 12 œufs à partir du 9^e jour de la ponte pourrait correspondre au ralentissement de l'ovogenèse des femelles de *Chrysonotomyia*.

4. — Développement et mortalité de *Chrysonotomyia* dans les larves de *Coelaenomenodera*.

a) Observations sur le développement.

La durée des grandes étapes du cycle du développement pré-imaginal est estimée grâce à une technique d'échantillonnage inspirée de la méthode utilisée pour suivre le développement et la biologie de la cochenille blanche du palmier dattier en Mauritanie [J. C. Tournier et R. Lecoustre, 1975].

La durée moyenne du stade œuf est de 1,6 jour (30 à 66 h) et celle des stades larvaires de 6,3 jours (3 j 16 h à 15 j 4 h). Ces observations ont permis de situer l'époque de la mortalité qui réduit fortement la descendance de ce parasite. Très faible au niveau du stade œuf (0,2 p. 100), la mortalité reste également très peu importante pendant les 4 premiers jours de la vie larvaire (1,2 p. 100) ; mais elle est par contre très élevée à la fin (jusqu'à 50 p. 100), c'est-à-dire peu avant leur sortie de la dépouille larvaire de l'hôte. Les larves qui ne sont pas sorties avant leur 12^e jour de vie n'ont ainsi aucune chance de donner une descendance vivante.

b) Recherche des causes de cette mortalité.

Des séries d'élevage, où l'on change le substrat de ponte 5 fois dans la journée, ont été comparées aux séries habituelles, où le changement a lieu toutes les 24 h.

D'après les observations, la mortalité larvaire de *Chrysonotomyia* peut être due à un superparasitisme ou à la mort d'un plus grand nombre de larves par l'action prédatrice des femelles de ce parasite sur les larves de *Coelaenomenodera*.

Comme il n'a pas été possible d'établir une corrélation entre cette mortalité et le nombre d'œufs de parasite déposés par larve-hôte, le super-parasitisme n'agit donc pas par le nombre d'œufs pondus par hôte.

Seul l'aspect des larves de *Coelaenomenodera*, 2 jours après leur présentation aux parasites, renseigne sur l'importance variable de la mortalité larvaire de *Chrysonotomyia* :

— les larves encore mobiles et de couleur normale, soit 14 p. 100 des larves parasitées, donnent une bonne descendance, la mortalité larvaire des parasites est faible : 9,64 p. 100 ;

— les larves immobiles de couleur normale (50 p. 100 des larves parasitées) donnent une mortalité larvaire des parasites importantes : 68 p. 100 ;

— les larves immobiles à hémolymph brunâtre (respectivement 24 et 12 p. 100 des larves parasitées) induisent des mortalités larvaires des parasites encore plus fortes : de 85 à 100 p. 100.

Le super-parasitisme agit donc par une réaction de la larve aux piqûres que les adultes de *Chrysonotomyia* font pour se nourrir. Ces piqûres engendrent la mort prématurée de l'hôte (d'autant plus que ces traumatismes ont été plus nombreux) empêchant les larves du parasite de se développer normalement.

On a noté qu'il existait des différences sensibles de réaction des larves de l'hispine selon le site où elles sont prélevées sans que, pour autant, on puisse parler, comme pour *Brontispa longissima* à Java, de races géographiques favorables ou défavorables au développement du parasite introduit [Tjoa-Tjien-Mo, 1965].

5. — Développement et mortalité à l'extérieur des larves-hôtes.

Après avoir effectué son développement dans la larve de *Coelaenomenodera*, la larve de *Chrysonotomyia* perfore la cuticule de son hôte et sort dans la galerie larvaire pour se nymphoser. Ce stade prénymphe dure en moyenne 4,3 jours (2 j 9 h à 14 j 9 h). Les prénymphe mesurent 1,15 mm et le taux de mortalité à ce stade est de l'ordre de 5 p. 100.

Pendant la mue nymphale l'exuvie est attachée à la paroi de la galerie et reste accrochée à la nymphe.

La nymphe, d'abord blanche, devient progressivement noire et brillante, elle est sensiblement plus aplatie que celle de *Pediobius*.

Ce stade dure 7 jours en moyenne (6 à 16 j). La nymphe mesure 1,12 mm environ (Fig. 4). La mortalité nymphale peut atteindre jusqu'à 7 p. 100.

Au total la durée du cycle de *Chrysonotomyia*, de

l'œuf à l'adulte, est de 19,2 jours (les valeurs extrêmes observées ont été de 14 et 35 j).

La mortalité préimaginale globale est de l'ordre de 63 p. 100, dont l'essentiel est lié à la mortalité des grosses larves qui ne sortent pas des larves de *Coelaenomenodera* et y meurent.

6. — Etude de l'ovogenèse.

Afin d'expliquer les raisons de la descendance apparemment faible de *Chrysonotomyia* dans les conditions d'élevage, on a fait l'étude de l'ovogenèse. Pour ce faire, on a comparé l'ovogenèse de femelles privées de substrat de ponte à celle de femelles pendant normalement. Les premières sont mises dans des tubes de verre à raison de 20 femelles et 10 mâles par enceinte. De l'eau et du miel leurs sont apportés. Les secondes sont élevées à raison de 1 femelle et 1 mâle par tube d'élevage, ce tube contient de l'eau et de la nourriture et une galerie larvaire artificielle de *Coelaenomenodera* contenant une seule larve changée quotidiennement.

Les larves de *Coelaenomenodera* sont disséquées 48 h après leur présentation aux femelles de parasites afin de contrôler avec le plus d'exactitude possible la ponte de celles-ci.

Les femelles étudiées sont tuées par un passage de 45 mn au congélateur, ce qui suffit à provoquer leur mort sans léser les ovaires. On effectue les dissections sur une lame de verre dans une solution de Ringer. Les ovaires, une fois dégagés de la cavité abdominale, sont colorés avec une solution de bleu de méthylène ; ensuite on les rince avec la solution physiologique et on les recouvre d'une lamelle de verre en vue de l'observation immédiate au microscope.

L'étude de l'évolution des ovaires des femelles privées de substrat de ponte a fait ressortir les deux points suivants :

— augmentation du nombre d'ovocytes en formation et en maturation dans les ovarioles entre les quelques heures qui suivent l'émergence et le 4^e jour de vie imaginaire des femelles ;

— atteinte d'un maximum de 18 ovocytes environ, soit 3 ovocytes par ovariole à partir du 4^e jour jusqu'au 12^e jour. Par la suite il se produit une résorption ovocytaire plus active que l'ovogenèse et une diminution du nombre d'ovocytes : au 18^e jour par exemple on ne compte plus que 7,3 ovocytes en formation et en maturation par femelle. Ainsi entre le 4^e et le 12^e jour on observe des ovocytes engagés dans l'oviducte commun, certains paraissent vidés de leur masse vitelline ; le palier atteint est donc sûrement dû à un ralentissement de l'ovogenèse doublé d'une résorption ovocytaire au niveau de l'oviducte impair.

Ainsi, la faible descendance des femelles de *Chrysonotomyia* dans les élevages entrepris n'est pas due à un accident de l'ovogenèse lié aux conditions artificielles de milieu, puisque la ponte se fait normalement et semble favoriser l'ovogenèse.

Sur les femelles disséquées peu de temps après leur émergence, où on a compté également les ovocytes accompagnés de leurs cellules nourricières dans les filaments du germarium, il y a environ 18 ovocytes/1 ce qui, ajouté aux ovocytes en formation et en maturation, donne un potentiel de ponte moyen de plus de 29 œufs par femelle, ce qui correspond approximative-

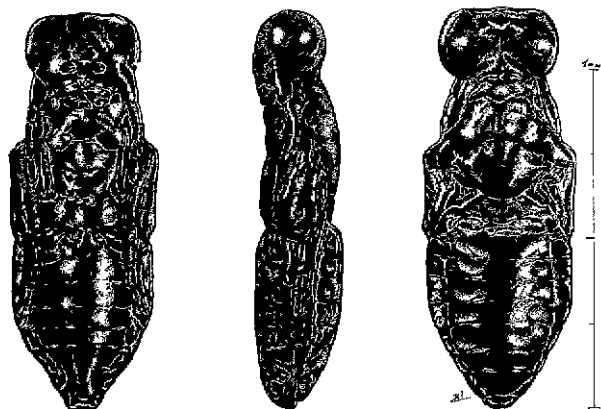


FIG. 4. — *Chrysonotomyia* sp., nymphe (pupa).

ment au nombre moyen d'œufs pondus enregistrés par femelle contrôlée.

III. — LÂCHERS DANS LA NATURE

Les parasites en provenance de Madagascar étant en petit nombre, on a dû attendre la 3^e génération d'élevage avant de pouvoir disposer d'une réserve suffisante d'adultes permettant de faire des expériences de lâcher de *Chrysonotomyia* sp. sur des populations naturelles de *Coelaenomenodera* en palmeraie industrielle.

Les chances de réussite de ces lâchers ont été testées tout d'abord en conditions d'élevage semi-naturelles.

1. — Elevages en conditions semi-naturelles.

Ces élevages sont réalisés dans de grandes cages [7] ou de petites cages constituées d'une armature en fil de fer soudé. Sur cette armature est enfilé un manchon de mousseline de nylon à mailles fines, l'extrémité ouverte du manchon est munie d'une coulisse dans laquelle passe une cordelette.

On enferme dans cette cage 3 à 6 folioles séparées les unes des autres et entourées par du coton cardé afin d'éviter le plus possible l'écrasement des folioles par la cordelette lorsqu'on la serre pour attacher la cage aux folioles.

Comme dans les grandes cages, les folioles sont infestées artificiellement par un lâcher d'adultes de *Coelaenomenodera*.

Elevage en petites cages.

Trois séries consécutives ont été réalisées, les manchons contiennent chacun 6 folioles infestées par des larves. Dans chaque manchon on a lâché 5 femelles et 3 mâles de *Chrysonotomyia*. Avant de les lâcher, ces groupes d'adultes sont gardés au laboratoire, dans des tubes d'élevage pourvus de nourriture, pendant 3 à 4 jours. Les folioles contenues dans les cages sont prélevées 2 semaines après le lâcher des adultes du parasite et contrôlées immédiatement par dissection des galeries larvaires et des larves de *Coelaenomenodera*.

Pendant ces élevages les conditions climatiques

ont été les suivantes : température moyenne 26,7 °C ± 1 (amplitude maximale : 2 °C), humidité relative moyenne de 80 à 85 p. 100 (amplitude maximale 35 p. 100). Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau I.

Les quelques larves parasitées appartenaient à la fin du stade 1 et au début du stade 2, desquels sortent normalement un petit nombre d'individus, alors que la population larvaire était surtout représentée par des larves des stades 3 et 4.

On remarque, dans les trois séries où les adultes reçoivent de la nourriture, une très forte mortalité des nymphes de *Chrysonotomyia* pour laquelle aucune explication n'a pu être trouvée.

On ne note en outre aucune différence de descendance entre la série 1, recevant la nourriture, et l'essai sans nourriture (série 1 bis) réalisé en même temps. Cela permet de penser que les adultes ont dû, dans toutes les séries, mourir très rapidement sans se nourrir.

Elevage en grandes cages.

Plusieurs séries de lâchers d'adultes de *Chrysonotomyia* sp. ont été faites sous grands manchons.

A chaque fois, 30 femelles et 20 mâles de parasites, préalablement groupés et nourris au laboratoire, ont été lâchés dans un grand manchon contenant une palme infestée et de la nourriture. Le contrôle a été effectué, comme pour les petites cages, 2 semaines après le lâcher. Les conditions climatiques ont été identiques à celles des lâchers sous petits manchons.

Dans tous les cas, le pourcentage de parasitisme a été voisin de 1 p. 100, le sex ratio était d'environ 0,6. Le nombre de descendants vivants ou morts par femelle initiale ne dépassait pas 1, le pourcentage de mortalité des nymphes de *Chrysonotomyia* a été en moyenne de 45 p. 100, comme dans le cas des petites cages, et le coefficient de multiplication de l'ordre de 0,3.

2. — Lâchers dans la nature.

Plusieurs techniques ont été utilisées sur de nombreux sites de 4 plantations différentes. La technique des lâchers en masse sur un nombre limité d'arbres

TABLEAU I
Elevage de *Chrysonotomyia* en conditions semi-naturelles
(Breeding of *Chrysonotomyia* in semi-natural conditions)

| Nourriture (Food) | Miel changé tous les 2 jours (Honey changed every other day) | | | Sans (Without) |
|---|---|-------------|-------------|---------------------|
| | Série (s) 1 | Série (s) 2 | Série (s) 3 | Série (s) 1 bis (a) |
| Répétition (Replication) | | | | |
| Nombre de répétitions (No. of replications) | 5 | 10 | 10 | 5 |
| Nombre de larves présentées (No. of larvae presented) | 144 | 430 | 251 | 83 |
| P. 100 de parasitisme global (Overall p. 100 of parasitism) | 8,33 | 16,05 | 11,55 | 7,23 |
| Sex ratio $\frac{\text{♀}}{\text{♂} + \text{♀}}$ | 0,57 | 0,58 | 0,65 | 0,55 |
| Nbre de descendants vivants ou morts par femelle en élevage (No. of living or dead offspring per female bred) | 0,88 | 2,24 | 0,92 | 0,88 |
| P. 100 de mortalité de nymphes de parasite (P. 100 mortality of parasite pupae) | 44 | 46,43 | 63,11 | 4,55 |
| Coefficient de multiplication $\frac{\text{♀ G2}}{\text{♀ G1}}$ | 0,28 | 0,70 | 0,26 | 0,46 |

consiste à libérer un grand nombre de parasites sur un ou deux palmiers. L'autre technique essayée est la libération de peu d'individus (5 à 10 femelles accompagnées de 2 à 5 mâles) sur un grand nombre d'arbres (1 palmier sur 5, 1 ligne sur 5).

Dans les deux cas, les parasites sont introduits dans des tubes d'élevage pourvus de nourriture et transportés sur le lieu du lâcher en emballage isotherme. Les tubes sont ensuite attachés au rachis d'une palme infestée par *Coelaenomenodera* et ouverts, les parasites peuvent alors sortir et se disperser sur la palme du lâcher.

L'activité des femelles du parasite a été observée. Dès leur sortie du tube un faible nombre d'entre elles s'envole immédiatement. Un fort pourcentage recherche activement les larves de *Coelaenomenodera* sur les feuilles puis s'envole, quelques-unes seulement font des tentatives de ponte sur les premières galeries rencontrées ou piquent les larves pour se nourrir.

La technique de contrôle d'efficacité consiste à prélever 10 p. 100 des folioles de la palme où le lâcher a été effectué, une cinquantaine de folioles sur les autres palmiers du même palmier ainsi que sur les palmiers des 8 palmiers les plus proches. Le palmier choisi étant toujours bien infesté par *Coelaenomenodera*, on suppose en effet que les femelles de *Chrysonotomyia* se sont peu dispersées après leur envol.

Au total, environ 18 000 femelles et 10 000 mâles de *Chrysonotomyia* ont été libérés selon les deux techniques dans des situations très différentes quant au cycle et au nombre d'individus de *Coelaenomenodera* par palme. Seuls les premiers lâchers ont permis en 1976 de retrouver trace du parasite. Dans une des plantations, *Chrysonotomyia* sp. a été retrouvé sur un très petit nombre de jeunes larves de *Coelaenomenodera* 3 cycles plus tard, soit environ après 9 mois. Sur cette même plantation et sur une parcelle proche du lieu de lâcher, quelques nymphes du parasite malgache ont été retrouvées au bout de 2 ans.

Ainsi, comme les parasites précédents, *Chrysonotomyia* présente des difficultés d'adaptation à ses nouveaux hôtes, animal et végétal.

L'étude du comportement de ponte de ce parasite prouve que cette difficulté d'adaptation est effectivement liée à ces hôtes puisque seulement 25 p. 100 des œufs pondus donnent une descendance adulte sur galeries artificielles au laboratoire et que le coefficient de multiplication sur galeries naturelles au laboratoire est voisin de 1. La faible résistance aux piqûres du parasite, présentée par les larves de *Coelaenomenodera*, et le peu d'attractivité pour les galeries naturelles sont les raisons les plus vraisemblables de la non-adaptation de *Chrysonotomyia* sp. sur *Coelaenomenodera elaeidis* (on a vu que la descendance du parasite était beaucoup plus importante lorsque les larves étaient présentées sur feuilles de cocotier, principal hôte de *C. perrieri* à Madagascar). Enfin, le fait que *Chrysonotomyia* produise un plus grand nombre d'œufs dans

les galeries ne contenant qu'une seule larve de l'hôte (galeries artificielles), plutôt que plusieurs (galeries naturelles le plus souvent), est à rapprocher du fait que les hôtes originels du parasite pondent leurs œufs isolément et que par conséquent les galeries larvaires ne contiennent qu'un seul individu.

IV. — CONCLUSION

Chrysonotomyia sp. (= *Neochrysocharis* sp.), eulophide originaire de Madagascar a été introduit en Côte-d'Ivoire une première fois en octobre-novembre 1974, à l'issue de la mission réalisée par l'I. R. H. O. pour l'étude du complexe parasitaire de *Coelaenomenodera perrieri* et *Balyana mariaui*, ennemis du cocotier, les premiers élevages ont périçité en quelques générations (faible parasitisme et forte mortalité des adultes).

La seconde introduction en début 1976 a permis de mettre au point l'élevage de ce parasite et d'en réaliser une multiplication de masse, malgré les difficultés rencontrées entre la 4^e et la 8^e génération d'élevage au laboratoire.

La descendance vivante, nettement plus faible que la fécondité réelle des femelles de *Chrysonotomyia*, est très influencée par le substrat végétal, les galeries artificielles sur cocotier donnant le meilleur résultat. Cette faible descendance est essentiellement liée à une forte mortalité des larves de *Chrysonotomyia* à l'intérieur des larves de *Coelaenomenodera*. En effet, à la fin de leur développement les larves du parasite ne sortent pas et près de 50 p. 100 d'entre elles meurent.

Les larves de *Coelaenomenodera* succombent aux piqûres infligées par les femelles de *Chrysonotomyia* pour pondre ou se nourrir de leur hémolymphe. De telles larves, une fois mortes se décomposent très rapidement et entravent le développement complet des parasites.

L'ovogenèse des femelles du parasite est normale dans les conditions d'élevage. Le substrat de ponte présenté, même si il n'est pas idéal, n'induit pas de résorption ovocytaire.

Plusieurs centaines de parasites ont été lâchés sur deux biotopes la première année d'introduction, et près de 30 000 sur 3 biotopes les années suivantes. Malgré les résultats encourageants lors des premiers lâchers (puisque 15 jours plus tard on retrouvait quelques larves de *Coelaenomenodera* parasitées par *Chrysonotomyia*), l'adaptation de ce parasite aux conditions naturelles de Côte-d'Ivoire et à ses nouveaux hôtes, animal et végétal, n'a pu se faire. Avec ce parasite malgache on pensait avoir trouvé le parasite idéal pour compléter utilement le stock parasitaire de *Coelaenomenodera elaeidis*. Après avoir vaincu les difficultés concernant l'élevage il a bien fallu constater que ce parasite ne s'adaptait pas à son nouvel hôte. Ce comportement, contre lequel on ne peut rien, limite les espoirs qui avaient pu être mis dans le domaine de la lutte biologique à l'aide d'insectes entomophages.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] BERTIN et DESMIER de CHENON R. — Taxonomie et biologie du genre *Balyana*, Peringuey (Coléoptères, Chrysomelidae, Hispinae) (en cours de publication).
- [2] FERRIERE D. (1933). — Chalcidoid and proctotrupoid parasites of pests of the coconut palm. *Stylops*, 11, p. 86-108.
- [3] MARIAU D. (1975). — Hispines du genre *Coelaenomenodera*, ravageurs du cocotier à Madagascar. *Oléagineux*, 30, N° 7, p. 303-309.
- [4] MARIAU D. et MORIN J.-P. (1971). — La biologie de *Coelaenomenodera elaeidis* (Maulik). II. — Description et biologie des principaux parasites. *Oléagineux*, 26, N° 2, p. 83-88.
- [5] MARIAU D. et MORIN J.-P. (1972). — La biologie de *Coelaenomenodera elaeidis* (Maulik). IV. — Dynamique des populations du ravageur et de ses parasites. *Oléagineux*, 27, N° 10, p. 469-474.
- [6] MARIAU D., PHILIPPE R. et LECOUSTRE R. (1978). — Les parasites larvaires de *Coelaenomenodera elaeidis* (Maulik), hispine du palmier à huile en Afrique Occidentale. — Introduction à une méthode de lutte biologique. *Oléagineux*, 33, N° 4, p. 153-160.
- [7] PHILIPPE R., DESMIER de CHENON R., LECOUSTRE R. et MARIAU D. (1979). — Contribution à la mise au point d'une lutte biologique contre *Coelaenomenodera*. Introduction en Côte-d'Ivoire de parasites larvaires d'hispines. *Oléagineux*, 34, N° 6, p. 271-276.
- [8] SNODGRASS R. E. (1935). — The internal organs of reproduction. In: *Principles of Insect Morphology*, Mc. Graw Hill Book Company, New York, London, p. 552-567.
- [9] TJOA TJIEN-MO (1965). — The occurrence of two strains of *Brontispa longissima* (Gestro) (Col. Hispinae) based on the resistance to the parasite *Tetrastichus brontispae* (Ferrière) (Hym. Eulophidae), at Java. *Bull. of entom. Res.*, G. B., 55, N° 4, p. 609-614.
- [10] TOURNEUR J. C. et LECOUSTRE R. (1975). — Cycle de développement et tables de vie de *Parlatoria blanchardi* Targ (Homoptera, Diaspididae) et de son prédateur exotique en Mauritanie, *Chilocorus bipustulatus* L., var. *iranensis* (Coleoptera, Coccinellidae). *Fruits*, 30, N° 7-8, p. 481-497.

SUMMARY

Contribution to the biological control of *Coelaenomenodera*. II. — Introduction into the Ivory Coast of a *Eulophidae* hymenoptera of genus *Chrysonotomyia* Ashmead from Madagascar.

R. LECOUSTRE, D. MARIAU, R. PHILIPPE and R. DESMIER de CHENON, *Oléagineux*, 1980, 35, N° 4, p. 177-186.

The chief biological characteristics of the parasite introduced are recalled. The conditions of breeding in the laboratory are explained. After a description of the parasite the authors present a behaviour study covering mating, the search for a host and laying. The number of eggs laid (between 15 and 27 per female) is influenced by the nature of the plant and the number of hosts per tunnel. There is very heavy mortality amongst the parasite larvae because the host larva cannot withstand the stings of the adult *Chrysonotomyia*. The study of ovogenesis shows that the average laying potential of the female corresponds to what it actually lays in the best conditions. Several tens of thousands of parasites have been released in the plantations. Although *Chrysonotomyia* was found later, it did not adapt itself to its new host nonetheless.

RESUMEN

Contribución en la puesta a punto de una lucha biológica contra *Coelaenomenodera*. II. — Introducción en Costa de Marfil de un himenóptero *Eulophidae* del género *Chrysonotomyia* Ashmead, de Madagascar.

R. LECOUSTRE, D. MARIAU, R. PHILIPPE y R. DESMIER de CHENON, *Oléagineux*, 1980, 35, N° 4, p. 177-186.

Se recuerdan las principales características biológicas del parásito. Se presentan las condiciones de cría en laboratorio. Los autores dan una descripción del parásito, y luego presentan un estudio de comportamiento sobre el apareamiento, la busca del hospedero y la postura. La importancia de la postura experimenta la influencia de la índole del vegetal y del número de hospederos por galería (de 15 a 27 huevos por hembra). Se observa una mortalidad muy importante del parásito en el estado larval, debido a que la larva hospedera no soporta las picaduras hechas por el adulto de *Chrysonotomyia*. Un estudio de la ovogénesis muestra que el potencial promedio de huevos por hembras corresponde a lo que ésta deposita efectivamente en las mejores condiciones. Se liberó en las plantaciones varias decenas de millares de parásitos. A pesar de haberse encontrado *Chrysonotomyia*, sin embargo no se adaptó a su nuevo hospedero.

Contribution to the biological control of *Coelaenomenodera*

II. — Introduction into the Ivory Coast of a *Eulophidae* Hymenoptera of genus *Chrysonotomyia* Ashmead from Madagascar

R. LECOUSTRE (1), D. MARIAU (2), R. PHILIPPE (1), and R. DESMIER de CHENON (1)

1. — INTRODUCTION

Studies of the parasite complex of *Coelaenomenodera elaeidis* Mlk [3] have shown that the native parasites are effective mainly in the last larval stage, and that when swarming occurs their role in population reduction is not very great [Mariau and Morin, 1972; Mariau *et al.*, 1978]. For this reason a search was made in different parts of the world for hispid parasites with a wider spectrum of action adapting themselves better to the discontinuous nature of the biological cycles of the pest when it is swarming.

The first attempts were made from Colombia and Malaysia,

but the four species introduced were unable to adapt to their new host [Philippe *et al.*, 1979].

In Madagascar there are a large number of miner hispid species, two of which attack the coconut: *Coelaenomenodera perrieri* Fair and *Balyana mariaui* Bert and Desm., which have a biology very similar to that of the African hispid. The larval parasite stock of the two Malagasy species includes 5 parasites, one of which has proved to be a *Eulophidae* Hymenoptera of genus *Chrysonotomyia* [4] which has the following characteristics: a very wide spectrum of action, since it attacks all the larval stages of the host, which is very much the same size as *C. elaeidis*, an undemanding nature as regards climate, having been found in various parts of Madagascar with very different temperatures, an absence of hyperparasites. Finally, this species, originally living on different species of *Palmae* such as raphia, has been seen on oil palm, although only in small numbers it is true [Mariau, 1975].

Consequently, *Chrysonotomyia* had all the desired qualities as the subject of a trial of adaptation to *C. elaeidis*.

(1) I. R. H. O. Experimental Plantation, Grand Drewin, via Sassandra (Ivory Coast).

(2) Entomology Department, Marc-Delorme Coconut Station, 07, B. P. 13, Abidjan 07 (Ivory Coast).

II. — BIOLOGY OF *CHRYSONOTOMYIA* IN THE LABORATORY

1. — Description of the adult (Fig. 1, 2).

The thorax and forepart of the abdomen of the adults is green with a metallic sheen, the eyes are red-brown, the tibio-farsus white; the forewings have a well-formed smoky patch at the level of the spiracle vein.

On the average the males are very much smaller than the female (0.95 mm \pm 0.10 against 1.30 mm \pm 0.10).

The antennae of the male are longer than those of the female in relation to the body, and bear a few more bristles.

At rest the wings of the male project beyond the rear of the abdomen, those of the female do not quite cover it.

The dark patch on the spiracle vein is denser and more extensive in the female.

The abdomen of the male is narrower than that of the female, which is heart-shaped.

This dimorphism is sufficiently marked for a trained observer to be able to distinguish the sexes without the aid of a binocular microscope.

2. — Study of behaviour.

Mating.

This is preceded by a display during which the male bustles around the female waving his antennae folded downwards and occasionally running over to touch her with them; if, after one or two semblances of mating, the female accepts the male, he mounts her, his forefeet hugging her round the thorax, his antennae touching hers. The display, semblance of mating and the mating itself last a few minutes.

In general mating occurs within half an hour after the adults are placed in each other's presence; it goes on for the second and third days of the imaginal life, but is rarely observed thereafter even if the old male is replaced by a very young one.

Search for the host.

Visual observation of *Coelaenomenodera* larvae and the activity of the parasites shows that most of the larvae are stung either during the laying period (both between the laying days and on the recorded day of laying) or during the post-oviposition period. Only 10.5 p. 100 of the stings are made during the pre-oviposition period.

In fact, not only do the *Chrysonotomyia* females parasitize the *Coelaenomenodera* larvae, they also feed at their expense by stinging them and sucking the droplets of haemolymph which exude onto the surface of the leaflet. The same larva can be stung several times.

On examining *Coelaenomenodera* larvae two days after they have been presented to the parasites, it is found that 51.5 p. 100 have suffered this predatory action of the female; 33 p. 100 are both stung and parasitized, or about 70 p. 100 of the parasitized larvae.

Whether to lay or to feed, the female seeks the host in the same way; it scurries along the leaflet over the larva tunnel, the funicle and club of the antennae bent downwards, seemingly feeling the tunnel with them; as soon as it finds the larva, it stops, backs and stings it through the epidermis of the leaflet. It sometimes takes numerous stings to immobilize the *Coelaenomenodera* larva.

If the female is laying, she plunges her ovipositor up to the hilt in the larva; her abdomen is in contact with the tunnel, her antennae are stretched out horizontally. She can remain almost motionless in this position for a minute or two (Fig. 3).

If she is feeding, she moves her abdomen back and forth and up and down, and the ovipositor penetrates the larva in all directions, enlarging the opening and tearing the muscles and adipous tissue of her victim. She pulls out her ovipositor, backs and places her head beside the drop of haemolymph which wells up from the tunnel, and if it does not, she starts stinging the larva again.

After a pre-oviposition period of 1-6 days, the females lay steadily throughout their lives; post-oviposition is usually shorter: 1-4 days.

This study has shown that 75 p. 100 of the eggs laid are deposited between 6 a. m. and 3 p. m. and represent 84 p. 100 of the progeny. The females have a slight twilight activity, while 12 p. 100 of laying is done between 6 p. m. and 6 a. m.

Predatory action is much the same throughout the day, with a slight peak between 3 p. m. and 6 p. m.

The average life-span of the males is 10-12 days according to the breeding series, that of the females is 16.4 days (between 1 and 38 days).

3. — Fertility of the females.

The results have all been obtained in breeding in climatized chambers.

a) Progeny.

After a drop in the progeny in the 4th generation, there is a slight rise in the number of offspring per female, which stabilizes at about 8, the p. 100 of parasitism ranging from 25 to 35 p. 100.

The sex ratio fell to 0.5 in the first generation, then in the course of the succeeding generations found its level of 0.6-0.7, close to that of the Malagasy stock.

b) Progeny in function of the plant substrate.

A series of experiments allowed a comparison of the effects of various plant substrates on the progeny of *Chrysonotomyia*. The females were presented with either natural *Coelaenomenodera* tunnels on oil palm or coconut or artificial tunnels on oil palm, coconut or raffia.

No offspring at all were obtained in artificial tunnels on raffia leaflets.

In any case, as it proved very difficult to re-implant the *Coelaenomenodera* larvae on this plant, very few *Coelaenomenodera* larvae indeed were presented in this way. Nevertheless, this is an astonishing result, as the original host, or at least one of them, of *C. perrieri* and consequently of *Chrysonotomyia* is very probably the raffia palm.

According to the observations, the p. 100 of parasitism in the artificial tunnels on coconut and the average number of living pupae per parasitized larva are significantly higher than those recorded in artificial tunnels on oil palm. However, the difficulty of making artificial tunnels on coconut, which is more fibrous than oil palm, and the small number of *Coelaenomenodera* which start feeding again on this substrate, made it impossible to use for breeding.

c) Estimate of fertility.

The figures for the number of living pupae per laboratory-bred female give a poor idea of the fertility of this *Eulophidae*, because heavy larval mortality greatly reduces the progeny.

To get a correct estimate of the fertility of female *Chrysonotomyia* on *Coelaenomenodera* larvae in laboratory breeding conditions, the larvae are dissected two days after they are presented to the parasites. To do this, the cephalic capsule of the larva is pulled off and the internal mass is emptied by pressing from the pygidium towards the fore-part with the flat of a lanceolate needle. The contents of the larva are examined under a binocular magnifying glass and the number of *Chrysonotomyia* eggs and small larvae are counted.

The cumulative mean laying per female bred is:

— 15.4 in 20 days in natural tunnels, with 17.5 p. 100 larvae parasitized, 23.5 p. 100 of the tunnels (the individual maximum being 45 eggs for one female);

— 27.3 eggs in 28 days in artificial tunnels, with 35 p. 100 larvae parasitized (the maximum individual laying was 75 eggs).

It is concluded from this that the real reproductive potential of this parasite is much greater than its ultimate progeny would suggest.

Dissection of *Coelaenomenodera* larvae 2 days after their presentation to the parasites also allowed an estimate of the average number of *Chrysonotomyia* eggs deposited per larva in breeding conditions. In all, 1 460 *Coelaenomenodera* larvae corresponding to the first 12 days' laying of 300 *Chrysonotomyia* females were dissected. The average number of eggs per parasitized larva is 4.6. It is to be noted that more than 60 p. 100 of such larvae contain 3, 6, 9 or 12 parasite eggs, but those with 3 and 6 eggs predominate; the percentage of the latter remains much the same for the first 9 days' laying, then the number with 3 eggs only increases to 34 p. 100. These observations are to be compared with the number of ovarioles, which is three per ovary (see further on). The reduction in the number of larvae parasitized by 6, 9 and 12 eggs from the 9th day of laying onwards may be related to the slowing down of oogenesis in the *Chrysonotomyia* females.

4. — Development and mortality of *Chrysonotomyia* in *Coelaenomenodera* larvae.

a) Observations of development.

The length of the main stages of the pre-imaginal cycle is estimated thanks to a sampling technique inspired by the method used to follow the development and biology of the white scale of the date palm in Mauretania [Tourneur J. C. and Lecoustre R., 1975].

The egg stage lasts an average 1.6 days (30-66 hours) and the larval stages 6.3 days (3 days 16 hours to 15 days 4 hours). From these data it is possible to fix the time of the mortality which so heavily depletes the progeny of the parasite. Very small at the egg stage (0.2 p. 100), mortality remains low for the first 4 days of the larval life (1.2 p. 100), but by the end of that stage, i. e. just before the adult emerges from the host's skin, it has become very high, up to 50 p. 100. This means that larvae which have not emerged before their 12th day of life have no chance of producing living progeny.

b) Search for the causes of mortality.

Breeding series where the laying substrate were changed 5 times a day were compared with the usual series where it is changed every 24 hours.

According to the observations, the death toll of *Chrysonotomyia* larvae could be due to superparasitism or to the death of a larger number of parasite larvae as a result of the predatory action of the females on the hosts.

As it was impossible to find a correlation between the death rate and the number of parasite eggs per host larva, it can be concluded that the superparasitism does not act through the number of eggs laid per host. Only the appearance of the host larvae two days after they are presented to the parasites gives a clue to the varying magnitude of the *Chrysonotomyia* larva death toll :

— the hosts are still mobile and normal in colour (14 p. 100) : mortality is low among the parasite larvae (9.64 p. 100 and there is a good number of offspring ;

— the hosts are immobile but still normally coloured (50 p. 100) : there is a high death rate amongst the parasite larvae (68 p. 100) ;

— the hosts are immobile and their haemolymph is brownish (respectively 24 and 12 p. 100) : parasite larva mortality is even higher : 85-100 p. 100.

Superparasitism therefore acts via the reaction of the host larvae to the stings which the adult *Chrysonotomyia* give them in order to feed and which bring about the premature death of the hosts, the more stings the sooner, thus stopping the parasite larvae developing normally.

It has been noted that there are appreciable differences in the reactions of the hispid larvae according to the place in which they are collected, without it being possible to speak, as for *Brontispa longissima* in Java, about geographic races favourable or unfavourable to the development of the parasite introduced [Tjoa Tjien-Mo, 1965].

5. — Development and mortality outside the host larvae.

After developing in the *Coelaenomenodera* larva, the *Chrysonotomyia* larva pierces its host's cuticle and emerges into the larval tunnel to pupate. This pre-pupal stage lasts an average 4.3 days (2 days 9 hours to 14 days 9 hours). The prepupae measure 1.15 mm, and the death rate at this stage is about 5 p. 100.

During pupal ecdysis the exuvia is attached to the wall of the tunnel and remains stuck to the pupa.

The latter is white at first but gradually becomes black and shiny ; it is much flatter than that of *Pediobus*. This stage lasts an average 7 days (6-16 days). The pupa measures about 1.12 mm (Fig. 4). Mortality in this instar may reach 7 p. 100.

The full length of the *Chrysonotomyia* cycle from egg to adult is 19.2 days (the upper and lower limits observed were 14 and 35 days).

Overall pre-imaginal mortality is about 63 p. 100, mainly due to the death of the later-stage larvae which do not emerge from the host larva but die there.

6. — Study of ovogenesis.

To find out why *Chrysonotomyia* had seemingly few offspring in the breeding conditions, its ovogenesis was studied ; that of females deprived of a laying substrate was compared with that of females laying normally. The former were put in glass tubes at the rate of 20 females and 10 males per chamber and given honey and water. The second were raised, 1 female and 1 male in each breeding tube, the tube containing water and food and an artificial *Coelaenomenodera* larva tunnel containing one larva changed every day.

The host larvae were dissected 48 hours after being presented to the parasite females so as to check the eggs laid as accurately as possible.

The females studied are put in the freezer for 45 mn, which is sufficient to kill them without damaging their ovaries. They are dissected on a glass slide in a Ringer solution. Once the ovaries are removed from the abdominal cavity they are dyed with a methylene blue solution, then rinsed with physiological serum and covered with a glass slide for immediate microscope examination.

The study of the evolution of the ovaries of females deprived of laying substrate has brought out the following two points :

— there is an increase in the number of ovocytes forming and maturing in the ovarioles between the few hours following emergence and the fourth day of the imaginal life ;

— the maximum of about 18 ovocytes, 3 per ovariole, is reached by the fourth day and continues to the 12th, after which resorption of the ovocytes is more active than ovogenesis and the number drops ; for instance, on the 18th day there are no more than 7.3 ovocytes forming and maturing per female. Thus, between the fourth and 12th days ovocytes can

be seen engaged in the common oviduct, certain of which appear to be emptied of their vitelline mass ; the ceiling reached is therefore surely due to the slowing down of ovogenesis coupled with resorption of the ovocytes at the level of the unpaired oviduct.

Consequently, the limited progeny of the *Chrysonotomyia* females in the breeding undertaken was not due to an accident of ovogenesis connected with the artificial conditions of the environment, since laying went on normally and seemed to favour ovogenesis.

In the females dissected soon after emergence, in which were also found ovocytes accompanied by their nutritive cells in the filaments of the germarium, there are about 18 ovocytes per female, which, added to those forming and maturing, gives an average lay of more than 29 eggs/female, which corresponds roughly to the average number of eggs laid by each female checked.

III. — RELEASE IN THE OPEN AIR

As there were only a few of the parasites from Madagascar, it was necessary to wait until the third breeding generation before there was a sufficient reserve of adults to experiment releasing *Chrysonotomyia* sp. on natural populations of *Coelaenomenodera* in a commercial plantation.

The chances of success were first appraised in semi-natural breeding conditions.

1. — Breeding in semi-natural conditions.

The insects are bred in either large or small cages [7] composed of a soldered wire frame over which is slipped a fine nylon muslin sleeve of which the open end can be closed with a drawstring. In this sleeve are enclosed 3 to 6 leaflets, separated out and surrounded by carded cotton to stop the drawstring crushing them when it is tightened to attach the cage.

As in the large cages, the leaflets are artificially infested by *Coelaenomenodera* adults being released on them.

Breeding in small cages.

Three successive series were set up, each sleeve contained 6 leaflets infested by larvae. In each sleeve, 5 female and 3 male *Chrysonotomyia* were released, but before this the group was kept in the laboratory in breeding tubes provided with food for 3-4 days. The leaflets in the cages are sampled two weeks after the release and checked immediately by dissection of the larva tunnels and the *Coelaenomenodera* larvae.

While the insects were being raised, the climatic conditions were as follows : mean temperature $26.7^{\circ}\text{C} \pm 1$ (maximum amplitude 2°C) ; mean relative humidity 80-85 p. 100 (maximum amplitude 35 p. 100). The results are summarized in Table I.

The few larvae parasited were at the end of stage 1 and the beginning of stage 2, which normally only give a small number of individuals, whereas the larva population was mainly in stages 3 and 4.

In the three series in which the adults were fed, there was a high death toll among the pupae, without any explanation having been found. Furthermore, there was no difference at all in the number of offspring between series 1 (fed) and series 1 (a) (unfed) caged at the same time. This suggests that in all the series the adults died rapidly, without feeding.

Breeding in large cages.

Several series of releases of *Chrysonotomyia* adults were made in large cages. Each time, 30 parasite females and 20 males, previously grouped and fed in the laboratory, were freed in large sleeve covering a whole infested frond and containing food. Checks were made two weeks later, as for the small cages, and the climatic conditions were also the same.

In all cases, parasitism was close to 1 p. 100 ; the number of living or dead offspring per female never exceeded 1, the average death rate amongst the pupae was 45 p. 100 as in the small cages, and the coefficient of multiplication about 0.3.

2. — Release in the open air.

Two techniques were used in many places on 4 different plantations. One was the massive release of parasites on a limited number of trees, say one or two. The other was the freeing of a small number of individuals (5-10 females plus 2-5 males) on a large number of trees, e. g. 1 tree in 5, 1 row in 5.

In both cases the insects are placed in breeding tubes together with some food and transported to the site of release in

isothermic packs. The tubes are then attached to the rachis of a frond infested with *Coelaenomenodera* and opened to allow the parasites to emerge and spread over the frond.

The activity of the female parasites was studied. A few of them flew off as soon as they left the tube. A large number searched actively for *Coelaenomenodera* larvae on the leaf, then flew away. Only a few attempted to lay in the first tunnels they met or to sting the larvae to feed themselves.

Effectiveness is controlled by taking 10 p. 100 of the leaflets on the frond on which the release took place and about 50 leaflets on the other fronds of the same palm and on those of the 8 nearest palms. The tree chosen being well infested with *Coelaenomenodera*, it is presumed that the female *Chrysonotomyia* will not have travelled far after they flew off.

In all, about 18 000 female and 10 000 male *Chrysonotomyia* were freed according to both techniques in situations which differed greatly as to the number of *Coelaenomenodera* per frond and the stage of the development cycle. Only after the first releases in 1976 was any trace found of the parasites; in one plantation *Chrysonotomyia* sp. was found in a very small number of *Coelaenomenodera* larvae three cycles later, i. e. after 9 months. On the same plantation and in a plot close to the release site a few pupae of the Malagasy parasite were found two years later.

Thus, like the previous parasites, *Chrysonotomyia* has difficulty in adapting to its new hosts, both animal and vegetable, and the study of its laying behaviour proves that this difficulty is indeed connected with the hosts, since only 25 p. 100 of the eggs give adult offspring on artificial tunnels in the laboratory and the coefficient of multiplication on natural tunnels there is close to 1. The low resistance of the *Coelaenomenodera* larvae to the parasite's stings and the lack of attraction for the natural tunnels are the most likely reasons for the inadaptation of *Chrysonotomyia* sp. on *C. elaeidis* we have seen that the parasite had a much larger progeny when the *Coelaenomenodera* larvae were presented on coconut leaves, this plant being the main host of *C. perrieri* in Madagascar). Finally, the fact that *Chrysonotomyia* lays more eggs in tunnels containing only one larvae (artificial tunnels) than where there are several (usually natural tunnels) is to be compared with the fact that the parasite's original hosts lay their eggs separately, consequently the larva tunnels only contain one individual.

IV. — CONCLUSION

Chrysonotomyia sp. (= *Neochrysocharis* sp.), a member of the *Eulophidae* family originating in Madagascar, was introduced into the Ivory Coast for the first time in October-November 1974 on the outcome of a mission made by the I. R. H. O. to study the parasite complex of *Coelaenomenodera perrieri* and *Balyana mariaui*, both coconut pests. The first attempts at breeding came to nought after a few generations because of a low rate of parasitism and heavy mortality among the adults.

The second introduction at the beginning of 1976 made it possible to work out a method of breeding this insect and its mass multiplication, despite the difficulties encountered between the 4th and 8th generations in laboratory breeding.

The living progeny, much inferior to the real fertility of the females, is greatly influenced by the plant substrate, artificial tunnels on coconut giving the best results. The scant offspring is essentially to the high death rate of parasite larvae inside the host; at the end of their development they do not emerge and nearly 50 p. 100 of them die.

The *Coelaenomenodera* larvae succumb to the stings made by the *Chrysonotomyia* females to lay or to feed on the haemolymph, and once the host larva is dead it decays rapidly, hindering the complete development of the parasites.

Ovogenesis of the female parasite is normal in laboratory breeding conditions. Even if it is not ideal the laying substrate presented does not induce resorption of the oocytes.

Several hundred parasites were released in two biotopes in the first year of introduction, and nearly 30 000 in three biotopes the following years. In spite of encouraging results after the first two releases (since a few *Coelaenomenodera* larvae parasited by *Chrysonotomyia* were found a fortnight later), this species was unable to adapt to the natural conditions of the Ivory Coast and to its new plant and animal hosts. It had been thought that the ideal parasite had been found to complete the *Coelaenomenodera elaeidis* complex, but after all the difficulties involved in breeding it had been overcome, it had to be admitted that it had not taken to its new host. This behaviour, about which nothing can be done, reduces the hopes placed in this type of biological control with the aid of entomophagous insects.



**LES ASSURANCES GÉNÉRALES
DE FRANCE I.A.R.T.**

87, rue de Richelieu - Paris-2^e

**Les meilleures garanties
pour tous vos risques**

Direction pour la Côte-d'Ivoire

Sté F. MASSIÈRE & J. FERRAS

11, Avenue Joseph-Anoma - ABIDJAN

TÉL. { 32-10-52
32-10-53

01 B. P. 62
C. C. P. 717 ABIDJAN

R. FREY & C^{ie}

5, rue Boudreau
PARIS (IX^e)

Téléphone : 742-21-70 et la suite
Télex : PARIS 220830

**COURTIERS SPÉCIALISÉS
EN OLÉAGINEUX
HUILES & GRAISSES
VÉGÉTALES & ANIMALES
CACAO**