

Ecole Nationale Supérieure
Féminine d'Agronomie
65 rue de St Brieuc
35042 Rennes
FRANCE

ORSTOM
Laboratoire de
Zoologie Appliquée
B.P. A5 Nouméa Cédex
NOUVELLE-CALEDONIE

Option : Productions Végétales
Sous-option : Ecologie et Protection des Cultures

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
du diplôme d'Ingénieur ENSFA

Contribution à la lutte biologique contre *Heteropsylla cubana* Crawford :
Etude en laboratoire de la biologie du coccinellide auxiliaire
Curinus coeruleus Mulsant



Isabelle CAPART

Octobre 1991 - Rennes

pyo

A mes parents

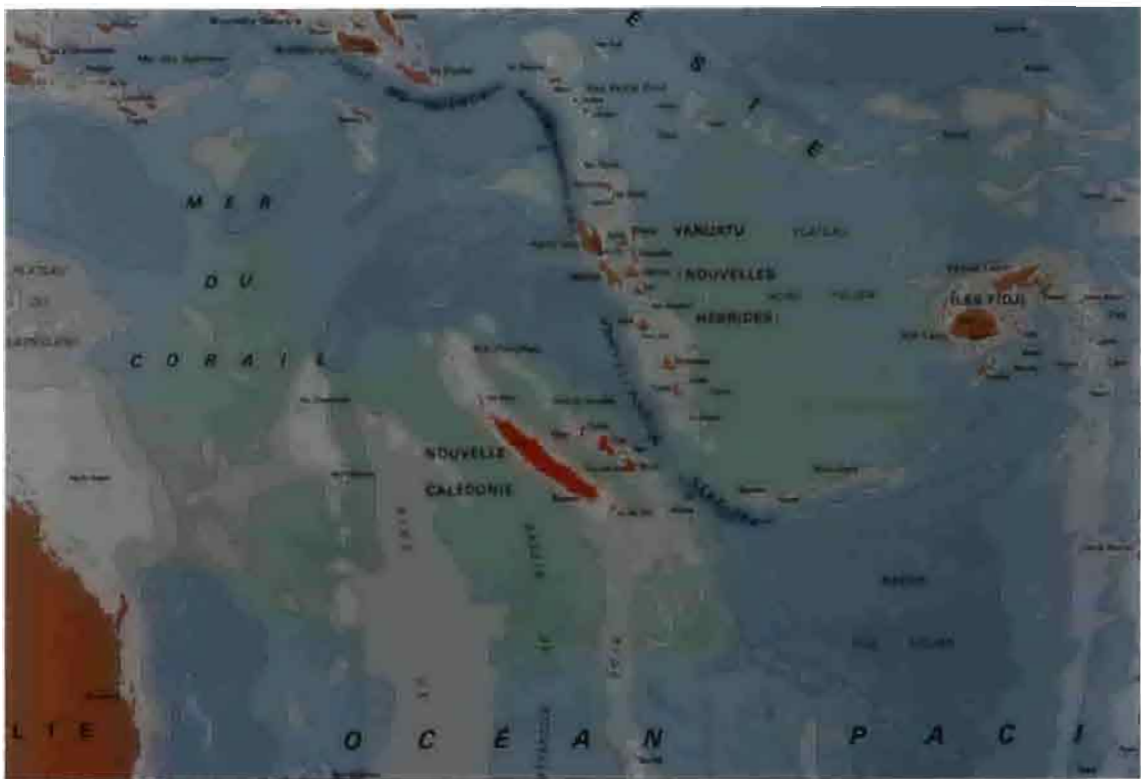


Figure 1 : La Nouvelle-Calédonie
dans le Pacifique Sud

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I. DONNEES DE BASE : PLANTE-HOTE ET RAVAGEUR	2
A. La plante-hôte : <i>Leucaena leucocephala</i>	2
1. Nomenclature	2
2. Répartition géographique, écologie	2
3. Importance économique et écologique	3
B. Le ravageur : <i>Heteropsylla cubana</i>	3
1. Nomenclature	3
2. Répartition géographique	4
3. Biologie et écologie	4
II. LUTTE CONTRE <i>HETEROPSYLLA CUBANA</i>	7
A. Méthodes de lutte	7
1. Lutte mécanique	7
2. Lutte chimique	7
3. Lutte génétique	7
4. Lutte biologique	7
B. Interventions contre le psylle en Nouvelle-Calédonie	8
1. L'introduction d' <i>Olla v-nigrum</i>	8
2. L'introduction de <i>Curinus coeruleus</i>	9
III. ETUDE DU DEVELOPPEMENT PRE-IMAGINAL DE <i>CURINUS COERULEUS</i>	10
A. Matériel et méthodes	10
B. Différents stades	10
1. Oeuf	10
2. Larves	11
3. Pré-nymphe	11
4. Nymphe	11
5. Adulte	11
C. Résultats	11
1. Taux d'éclosion	11
2. Taux sexuel	12
3. Taux de mortalité	12
4. Durée de développement	12
IV. ETUDE DU TAUX D'ACCROISSEMENT THEORIQUE DE <i>CURINUS COERULEUS</i>	14
A. Matériel et méthodes	14
1. Conditions d'élevage	14
2. Formation des couples	14
3. Alimentation	14
4. Ponte	14
5. Taux d'éclosion	15
B. Paramètres intervenant dans la dynamique de l'espèce	15
1. Paramètres obtenus par l'étude du développement pré-imaginal	15
2. Paramètres obtenus après l'établissement de la table de vie	16
C. Résultats	17
1. Longévité et fécondité des femelles	17
2. Table de vie et de fécondité de <i>Curinus coeruleus</i>	17
D. Discussion	18
1. Comparaison avec les résultats connus sur <i>Curinus coeruleus</i>	18
2. Comparaison avec <i>Olla v-nigrum</i>	19
CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21
ANNEXES	1

O.R.S.T.O.M. Fonds documentaire

N° : 34681 ch. A

Cpte : A

28 OCT. 1991

INTRODUCTION

Le psylle *Heteropsylla cubana* Crawford, ravageur du "faux-mimosa" *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, plante fourragère spontanée en Nouvelle-Calédonie, a envahi le territoire dans le second trimestre de 1985. L'impact écologique de cette invasion a été impressionnant et les conséquences économiques sérieuses, sur l'île comme dans l'ensemble des pays concernés (Essentiellement les Etats Insulaires du Pacifique, l'Australasie et l'Asie du Sud Est).

En 1986, le laboratoire de Zoologie Appliquée de l'ORSTOM en Nouvelle-Calédonie (Département Milieu et Activités Agricoles, Unité de Recherche 3-H "Diversité biologique et Systèmes forestiers") est chargé par la Direction du Développement de l'économie Rurale et la Chambre d'Agriculture de préciser l'origine et l'identité du parasite, et de définir les actions susceptibles de maîtriser ses populations.

Ces recherches aboutissent à la mise en place d'une stratégie de lutte biologique, et, dès 1987, les pouvoirs publics autorisent l'introduction d'une souche d'*Olla v-nigrum* (Mulsant) (Coléoptère, *Coccinellidae*). En 1989, l'état général du *Leucaena* en Nouvelle-Calédonie est jugé assez satisfaisant pour permettre son exploitation fourragère traditionnelle ; mais il semble qu'en cas de sécheresse prolongée, même dans les zones où l'auxiliaire introduit est abondant, le complexe des ennemis naturels du psylle ne soit pas en mesure de maintenir ses populations à un niveau tolérable pour le végétal hôte.

Il est donc apparu opportun de renforcer ce complexe et c'est pourquoi une souche de *Curinus coeruleus* Mulsant (Coléoptère, *Coccinellidae*) a été introduite en Nouvelle-Calédonie en 1991. Peu de travaux précis permettent d'évaluer l'impact potentiel de ce nouvel auxiliaire. Aussi des recherches sur la biologie de *Curinus coeruleus* sont-elles entreprises, afin de définir la durée de son développement pré-imaginal et d'établir sa table de vie et de fécondité, qui permettront de calculer le taux d'accroissement théorique de l'espèce au laboratoire.

I. DONNEES DE BASE : PLANTE-HOTE ET RAVAGEUR

A. LA PLANTE HOTE : *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*

1. Nomenclature

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit, ou "faux-mimosa", appartient à la tribu des *Mimosaceae*, famille des *Leguminosae*.

BREWBAKER (1987) précise la nomenclature de l'espèce :

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit, 1961.

Basionyme : *Mimosa leucocephala* Lamarck, 1783.

Synonymes : *Mimosa glauca sensu* L., 1763.

Acacia glauca sensu Willd., 1806.

Leucaena glauca sensu Bentham, 1842.

Leucaena latisiliqua sensu Gillis and Stearn, 1974.

On distingue :

- la forme arborée (jusqu'à 20 m) à feuilles, folioles, cosses, graines et fleurs de grande taille (var. *glabrata*) ;

- la forme arbustive (jusqu'à 12 m) à feuilles, folioles, cosses, graines et fleurs de petite taille (var. *leucocephala*).

Seul présent en Nouvelle-Calédonie, *L. leucocephala* n'y est connu que par la variété *leucocephala* (nom vulgaire sur le Territoire : mimosa, faux-mimosa).

L'une des caractéristiques du genre (qui regroupe douze autres espèces entre lesquelles l'hybridation est fréquente) est la présence de mimosine (2 à 6 p. 100 du poids sec des graines ou des feuilles), un peptide ayant une faible toxicité (action dépilatoire, en particulier chez les chevaux, et une influence probable sur les prédateurs des insectes vivant sur ce type de plante-hôte).

2. Répartition géographique, écologie

L'aire de répartition naturelle du genre *Leucaena* s'étend de l'équateur au Texas. *L. leucocephala* semble indigène au Yucatan (Mexique), mais il a envahi toute l'Amérique Latine et il est aujourd'hui pan-tropical.

Les *Leucaena* caractérisent des régions à sécheresse saisonnière alternant avec des périodes de fortes pluies (350 mm minimum). Ils s'accommodent de sols peu épais et rocaillieux, mais se développent mal sur sols acides ou saturés d'eau. Plantes de forte lumière, ils sont absents des sous-bois quand le couvert est dense. On les trouve rarement au-dessus de 2 000 mètres.

En Nouvelle-Calédonie, le faux-mimosa est une composante des faciès de dégradation des forêts de type sec ou intermédiaire, plus rarement de type humide (MORAT et al., 1981) :



Photo 1 : *Leucaena leucocephala*,
légumineuse fourragère spontanée en Nouvelle-Calédonie
(Photo : ORSTOM)



Photo 2 : Différents stades larvaires d'*Heteropsylla cubana*,
ravageur de *Leucaena leucocephala*
(Photo : ORSTOM)

- dans les zones ouvertes (lisières, bords de routes) en sous-bois des forêts secondarisées, il est associé à d'autres plantes envahissantes (*Passiflora*, *Rubus*, *Lantana*, *Solanum*).

- dans les savanes, il fait partie des taxons ligneux qui accompagnent les espèces arborées dominantes ;

- dans les fourrés, qui résultent d'une anthropisation accentuée, on le rencontre à basse altitude sous tous les climats, mais son développement optimal s'observe surtout sur les vertisols argileux de la Côte Ouest (Koumac, Bourail, Bouloupari).

Les surfaces importantes occupées par le faux-mimosa en Nouvelle-Calédonie n'ont fait l'objet d'aucune évaluation crédible. Plantée sur les crêtes, l'espèce envahit rapidement les pentes grâce à une fructification précoce (en 3 à 4 mois) et une germination immédiate (NIELSEN, 1983). Elle peut gêner la recolonisation des milieux par les espèces indigènes, principalement en lisière des forêts sclérophylles du versant occidental (CHAZEAU et al., 1989).

3. Importance économique et écologique

Dans le monde, cette espèce est largement utilisée à plusieurs niveaux :

- dans l'alimentation humaine (jeunes gousses, graines, et parfois jeunes feuilles, consommées crues ou cuites) ;
- pâturée ou récoltée comme fourrage ;
- comme engrais vert ;
- plantée comme ombrage ou hale coupe vent ;
- comme bois d'oeuvre (clôtures, rondins) ;
- comme combustible.

Sur le Territoire, où elle est cultivée ou spontanée depuis 1855, on ne l'utilise que comme plante fourragère, mais le mode d'élevage traditionnel très extensif (plus de 3 ha / UGB sur la côte Ouest), lui donne une grande importance pendant la saison sèche. On note qu'avec une teneur en protéines de 27 p. 100, le faux mimosa est l'une des plantes fourragères les plus riches en protéines qui existent au monde (Anonyme, 1964). Son rôle bénéfique dans la conservation des sols sur pentes et sur crêtes n'est pas non plus à négliger (action anti-érosion, fixation de l'azote, protection du sol contre les ardeurs du soleil).

Bien que ce soit l'une des légumineuses les plus répandues en Nouvelle-Calédonie, elle ne semble pas avoir vraiment atteint son équilibre au sein de la flore et peut donc être considérée comme une plante en cours d'extension.

B. LE RAVAGEUR : *HETEROPSYLLA CUBANA*

I. Nomenclature

Heteropsylla cubana Crawford, 1914 ; décrit de Cuba (La Havane) : Hémiptères, *Psyllidae*. Synonyme : *Rhinocola incisa* Sulzer, 1914 ; décrit du Surinam (Paranamibo). Synonymie établie par BURCKARDT, 1986.

L'espèce appartient à un genre néo-tropical homogène de 15 espèces étroitement inféodées aux légumineuses, en Amérique Centrale et en Amérique du Sud.

Tableau I : Chronologie de l'invasion du Pacifique, de l'Australasie
et de l'Asie du Sud par *Heteropsylla cubana*

1984	- Avril	: Oahu (Iles Hawaii).
	- Juillet	: tout l'archipel des Hawaii.
1985	- Février	: Philippines et Samoa-Occidental.
	- Mars	: Guam (Iles Marianne).
	- Avril	: Taiwan.
	- Mai	: Salpan (Iles Marianne).
	- Juin	: Niue et Iles Fidji.
	- Juillet	: Vanuatu, Iles Caroline(Yap), et Tonga
	- Octobre	: Nouvelle-Calédonie.
	- Novembre	: Samoa Américaines.
	- Décembre	: Iles Salomon et Taiwan.
1986	- Janvier	: Tahiti (Polynésie Française).
	- Février	: Indonésie (Java).
	- Mars	: Bougainville, Nouvelle-Bretagne, Nouvelle-Irlande et Nouvelle-Guinée
	- Avril	: Australie (Queensland).
	- Mai	: Timor et Ile Christmas (Océan Indien).
	- Juin	: toutes les Iles de la Société; Bali, Flores Sulawesi et Sumatra
	- Juillet	: Malaisie (Malaya, Sabah, Sarawak)
	- Septembre	: Thaïlande.
	- Novembre	: Vietnam
1987	- Février	: Sri Lanka Nauru
1988	- Février	: Inde

2. Répartition géographique

L'espèce semble être originale d'Amérique tropicale (région des Caraïbes). En 1991, la zone envahie s'étend de l'Amérique à l'Inde, et englobe la Polynésie, la Mélanésie, la Micronésie, l'Australasie et une partie de l'Asie du Sud-Est. Le tableau I retrace la chronologie de l'invasion. En Nouvelle-Calédonie, une enquête effectuée en avril 1986 montre que le psylle s'est très vite répandu sur la totalité de la Grande Terre et également sur les îles voisines, y compris Walpole (CHAZEAU, 1987).

3. Biologie et écologie

a. Relations plante-insecte

* Plantes-hôtes

Il semble qu'en Nouvelle-Calédonie, *H. cubana* ne puisse accomplir son cycle de développement que sur *L. leucocephala* (le "faux-mimosa") et sur *Samanea saman* (Jacq.) Merr., le "bois noir d'Haïti", qui a été introduit comme arbre d'ombrage dans les caféries. Mais le spectre alimentaire des adultes est plus large puisqu'ils peuvent également se nourrir sur *Desmanthus virgatus* (L.), *Acacia farnesiana* (L.) Willdenow (sur lequel il y a blocage de la ponte), et *Delonix regia* (Boj.) Raf. (sur lequel on n'observe que des oeufs et des nymphes au premier stade dont le développement ne peut s'achever), (CHAZEAU, 1989).

* Répartition sur la plante

La ponte est concentrée sur l'extrémité des jeunes tiges : la population d'oeufs et de nymphes présente entre le bourgeon terminal et la troisième feuille approche le millier. Les nymphes et les adultes se nourrissent également sur des feuilles plus âgées, avec un préférendum marqué pour les jeunes feuilles peu chlorophylliennes.

Lorsque les extrémités sont défollées, les adultes se retrouvent en grand nombre sur le feuillage vert de la strate inférieure et contribuent à son flétrissement. Néanmoins, ils ne pondent pratiquement pas à ce niveau.

* Nature des dégâts

Le choix des tissus très jeunes pour la ponte, et la concentration des attaques sur la zone de croissance, aggravent considérablement les dégâts causés à l'hôte. Ils entraînent une nécrose rapide des tissus, et l'arrêt du développement des feuilles. Il est probable qu'une toxicité salivaire s'ajoute à l'action mécanique de la pénétration des stylets et à la ponction des fluides.

Les extrémités des jeunes tiges sont engluées par l'abondant miellat émis par les psylles et, s'il n'y a pas ou peu de précipitations, ce miellat peut être accompagné de fumagine qui gêne la fonction chlorophyllienne.

Dans le cas d'attaques fortes et répétées, on observe un faciès "en rosettes" des jeunes repousses (attaquées dès leur formation), sur des tiges presque totalement défollées. A terme, on constate le dessèchement des rameaux et la mort du plant.



**Photo 3 : Nature des dégats dûs à *Heteropsylla cubana* :
Défollation, dessèchement des rameaux, mort du plant
(Photo : ORSTOM)**

b. Cycle de développement, fécondité, longévité

Les oeufs sont presque toujours insérés dans les jeunes folioles encore repliées, et il y a 5 stades larvaires.

La durée du cycle (10 à 18 jours selon les auteurs), le potentiel de reproduction élevé (250 oeufs/femelle) et le taux de survie pré-imaginal voisin de 1 favorisent les pullulations (OKA et al., 1988). Les femelles vivent de 5 à 17 jours, plus longtemps que les mâles, qui vivent moins d'une semaine (NAPOMPETH et al., 1990)

c. Facteurs climatiques de mortalité

Les fortes pluies sont le facteur antagoniste le plus apparent : elles diminuent les populations de jeunes nymphes, peu mobiles et concentrées sur les extrémités exposées des rameaux de l'hôte. Simultanément, elles activent la croissance et les rejets du *Leucaena*, dont la capacité de régénération reste élevée, même après des défoliations sévères.

A l'opposé, un manque d'eau prolongé aggrave les dégâts sur l'hôte ; puis le dessèchement des rameaux entraîne rapidement une diminution sensible des populations du psylle. La mobilité des adultes leur permet alors de quitter l'hôte pour rechercher de nouveaux lieux de ponte.

d. Ennemis naturels du psylle indigènes en Nouvelle-Calédonie

* Pathogènes

Une attaque des populations du psylle par une Entomophthorale, *Empusa sp.* (F. Kohler dét.) a été observée localement en juin 1989 (sur le versant Est de la chaîne centrale essentiellement).

Une attaque localisée du psylle par une Moniliale, *Hirsutella sp.* (forme conidienne imparfaite du *Cordyceps*) a été observée en juillet 1989 sur la côte Ouest.

* Prédateurs

- Coléoptères *Coccinellidae* :

Cinq espèces ont été récoltées sur *Leucaena*.

Bien qu'elles aient été signalées ailleurs comme prédateurs potentiels de *H. cubana*, *Harmonia arcuata* F. (= *H. octomaculata* F.), *Coelophora inaequalis* (F.), et *Coccinella repanda* Thunberg (= *C. transversalis* F.), n'ont aucun impact sur cet Homoptère en Nouvelle-Calédonie et ne montrent aucune réponse à ses pullulations. *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant ne consomme le psylle que très occasionnellement.

Coelophora mulsanti Montrouzier, et surtout *Micraspis frenata* Erichson, sont plus fréquemment associées au psylle, mais l'action de ces prédateurs paraît très limitée.

- Hémiptères *Lygaeidae* :

Bien qu'un Hémiptère *Lygaeidae* soit assez fréquemment capturé, il semble que la prédation de cette espèce sur le psylle ne soit qu'occasionnelle sur le terrain.

- Hyménoptères *Formicoidea* :

Les relations du psylle et des nombreuses espèces de fourmis (*Ochetomyrmex*, *Pheidole*, *Camponotus*, *Prenolepis*, etc...) qui fréquentent les *Leucaena* infestés sont complexes. Il est évident que les fourmis éliminent ou dissuadent les prédateurs de psylles. Il semble cependant que les espèces qu'attire le miellat de l'Homoptère soient occasionnellement prédatrices.

Tableau II : Parasites et prédateurs d'*Heteropsylla cubana*
(espèce, localité, origine de l'information)

ARANEIDES

Araneidae	<i>Araneus inustus</i>	Thaïlande	Napompeth et al., 1990
	<i>Araneus theisi</i>	Mexique	Waage, 1990
	<i>Cyclosa insulana</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
	<i>Gasteracantha kuhlii</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
	<i>Gasteracantha mammosa</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
	<i>Gea sp.</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
	<i>Neoscona theisi</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
	Metidae	<i>Leucoge decorata</i>	Philippines
Oxyopidae	<i>Oxyopes javanus</i>	Philippines	Barrion et al., 1987

COLEOPTERES

Coccinellidae	<i>Azya luteipes</i>	Hawaï	Waterhouse et al., 1987
	<i>Azya orbiger</i>	Hawaï	Waterhouse et al., 1987
	<i>Brachiacantha laev</i>	Mexique	Waage, 1990
	<i>Chilocorus cacti</i>	Jamaïque	Waage, 1990
	<i>Chilocorus circumdatu</i>	Thaïlande	Napompeth et al., 1990
	<i>Chnoodes terminalis</i>	Trinitad	Waage, 1990
	<i>Coccinella emarginata</i>	Trinitad	Waage, 1990
	<i>Coccinella repanda</i>	Australie	Bray et al., 1987
		Philippines	Barrion et al., 1987
		Tonga	Waterhouse et al., 1987
	<i>Coccinella septempunctata</i>	Hawaï	Waterhouse et al., 1987
	<i>Coelophora inaequalis</i>	Australie	Bray et al., 1987
		Hawaï	Waterhouse et al., 1987
		Tonga	Waterhouse et al., 1987
	<i>Coelophora pupillata</i>	Hawaï	Waterhouse et al., 1987
	<i>Coleomegilla maculata</i>	Mexique	Waage, 1990
	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	Australie	Bray et al., 1987
	<i>Curinus coeruleus</i>	Hawaï	Nakahara et al., 1987
	<i>Cycloneda conjugata</i>	Trinitad	Nakahara et al., 1987
	<i>Cycloneda sanguinea</i>	Mexique	Waage, 1990
	<i>Diomus spp.</i>	Trinitad	Waage, 1990
	<i>Exochomus jamaicensis</i>	Jamaïque	Waage, 1990
	<i>Harmonia arcuata</i>	Australie	Bray et al., 1987
	<i>Harmonia conformis</i>	Australie	Bray et al., 1987
	<i>Hippodamia convergens</i>	Hawaï	Waterhouse et al., 1987
	<i>Hyperaspis sp.</i>	Trinitad	Waage, 1990
	<i>Menochilus sexmaculatus</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
	<i>Micraspis discolor</i>	Taiwan	Yao et al., 1990
	<i>Micraspis lineata</i>	Australie	Bray et al., 1987
	<i>Micraspis lineola</i>	Tonga	Waterhouse et al., 1987
	<i>Nephus sp.</i>	Trinitad	Waage, 1990
	<i>Oenopia guttata</i>	Australie	Bray et al., 1987
	<i>Oenopia sauzeti</i>	Thaïlande	Napompeth et al., 1990
	<i>Olla v-nigrum</i>	Hawaï	Nakahara et al., 1987
	Tahiti	Hammes et al., 1987	
<i>Procula douei</i>	Jamaïque	Waage, 1990	
<i>Scymnus loewii</i>	Hawaï	Waterhouse et al., 1987	
<i>Scymnus spp.</i>	Jamaïque	Waage, 1990	
<i>Synonycha grandis</i>	Thaïlande	Napompeth et al., 1990	
Melyridae	<i>Carphurus sp.</i>	Australie	Bray et al., 1987

II. LUTTE CONTRE *HETEROPSYLLA CUBANA*

A. METHODES DE LUTTE

1. Lutte mécanique

La coupe et le brûlage des *Leucaena* sur les périmètres infestés affaiblissent le végétal, et s'ils stimulent les repousses, ils favorisent alors la multiplication du psylle.

2. Lutte chimique

Bien que le parasite soit sensible à tous les Insecticides testés (organo-halogénés, organo-phosphorés, carbamates, pyréthri-noïdes), il est très vite apparu que son éradication ne peut être obtenue par ces méthodes : les problèmes posés par l'usage intensif de pesticides sur une vaste surface (toxicité, coût, impact sur l'environnement) ne permettent pas leur emploi pour protéger une plante qui n'est pas une culture vivrière de première nécessité (CHAZEAU et al., 1989).

3. Lutte génétique

Une résistance génétique au psylle a été observée chez certains *Leucaena* : *L. collinsi* Britton & Rose, *L. retusa* Benth. ex Gray. Elle existe aussi chez quelques souches de *L. diversifolia* (Schlecht.) Benth. (SORENSSON et al., 1987 ; BRAY et al., 1988). L'utilisation de ces espèces comme substitut du faux-mimosa a été envisagée ; mais bien que *L. diversifolia* paraisse intéressant pour le bois et que toutes soient consommées par le bétail, aucune ne réunit les qualités d'appétance et de rendement fourrager de *L. leucocephala* (BRAY, 1987). Leur implantation est d'ailleurs problématique puisque leurs exigences écologiques sont mal connues.

L. leucocephala ne présente pas de résistance naturelle au psylle, et les attaques peuvent provoquer une défoliation complète. Cependant, les facultés de régénération de la variété *leucocephala* se sont révélées importantes, et des souches tolérantes ont été observées chez la variété *glabrata*. On tente actuellement d'introduire chez le faux-mimosa les caractères de résistance observés chez ces espèces.

4. Lutte biologique

Le tableau II récapitule les parasites et prédateurs d'*H. cubana* capturés dans les territoires envahis par le psylle.

Il est important de distinguer dans cet ensemble les ennemis naturels du ravageur qui sont potentiellement utilisables.

a. Les prédateurs non spécialisés :

Seuls sont cités dans le tableau II ceux dont l'identification est disponible. La plupart des prédateurs recensés sont des polyphages dont l'étendue du spectre alimentaire ne permet pas d'envisager l'utilisation pratique, même si une réponse numérique aux pullulations de la proie a été observée localement.

Tableau II (suite)

DIPTERES			
Syrphidae	<i>Allograpta javana</i>	Tonga	Waterhouse et al., 1987
	<i>Allograpta obliqua</i>	Hawaii	Waterhouse et al., 1987
	<i>Baccha sp.</i>	Australie	Bray et al., 1987
	<i>Ischiodon scutellaris</i>	Australie	Bray et al., 1987
HYMENOPTERES			
Encyrtidae	<i>Psyllaephagus sp.</i>	Hawaii	Nakahara et al., 1987
	<i>Seciliclava sp.</i>	Mexique	Mc Clay, 1990
Eulophidae	<i>Tamarixia leucaenae</i>	Hawaii	Nakahara et al., 1987
	<i>Tetrastichus triozae</i>	Hawaii	Nakahara et al., 1987
Formicidae	<i>Oecophylla smaragdina</i>	Australie	Bray et al., 1987
Vespidae	<i>Polistes sp.</i>	Thailande	Napompeth et al., 1990
HEMIPTERES			
Anthocoridae	<i>Orius tristicolor</i>	Mexique	Waage, 1990
	<i>Paratriphleps laeviusculus</i>	Hawaii	Waterhouse et al., 1987
Miridae	<i>Campylomma sp.</i>	Tonga	Waterhouse et al., 1987
	<i>Deraeocoris sp.</i>	Tonga	Waterhouse et al., 1987
	<i>Neurocolpus sp.</i>	Mexique	Waage, 1990
	<i>Rhinacloa forticornis</i>	Hawaii	Waterhouse et al., 1987
Reduviidae	<i>Euagoras plagiatus</i>	Taiwan	Yao et al., 1990
	<i>Scipinia arenacea</i>	Australie	Bray et al., 1987
	<i>Scipinia horrida</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
	<i>Sinea undulata</i>	Mexique	Waage, 1990
	<i>Zelus renardii</i>	Hawaii	Funasaki et al., 1990
NEUROPTERES			
Chrysopidae	<i>Ceraeochrysa sp.</i>	Trinidad	Waage, 1990
	<i>Chrysopa comanche</i>	Hawaii	Funasaki et al., 1990
	<i>Chrysopa sp.</i>	Philippines	Barrion et al., 1987
Hemerobildae	<i>Archaeomicromus navigatorum</i>	Tonga	Waterhouse et al., 1987

b. Les endoparasites :

Trois micro-hyménoptères parasitent le psylle du faux-mimosa :

- l'*Eulophidae Tetrastichus triozae* (Burks), peu spécifique ;
- l'*Eulophidae Tamarixia leucaenae* Boucek ;
- l'*Encyrtidae Psyllaephagus yaseeni* Noyes, bien adapté à l'hôte et dont le spectre parasitaire étroit est limité aux espèces du genre *Heteropsylla*.

c. Les Coléoptères *Coccinellidae*

L'aire d'origine du psylle a fourni trois espèces de *Coccinellidae* qui sont des prédateurs bien adaptés à cette proie, soit *Curinus coeruleus* Mulsant (*Chilocorini*), *Olla v-nigrum* (Mulsant) (*Coccinellini*) et *Cycloneda conjugata* Mulsant (*Coccinellini*).

Introduites à Hawaï depuis le Mexique (respectivement en 1922 et 1908, pour lutter contre des cochenilles), les deux premières espèces ont très vite été remarquées sur le terrain après l'invasion par le psylle. Aujourd'hui, *C. coeruleus* est devenu le prédateur dominant d'*H. cubana* à Hawaï, tandis que *C. conjugata*, après évaluation, a été écartée, de crainte d'une compétition avec *Curinus* et d'une action secondaire indésirable sur la faune des psylles endémiques (FUNASAKI et al., 1990).

Les autres *Coccinellidae* recensés n'ont montré aucune réponse numérique aux pullulations du psylle.

B. INTERVENTIONS CONTRE LE PSYLLE EN NOUVELLE-CALÉDONIE

1. L'introduction d'*Olla v-nigrum*

Face à l'invasion du Territoire par le psylle, les voies praticables pour améliorer la situation sont peu nombreuses. Si la lutte par amélioration génétique est une perspective intéressante à long terme, la lutte biologique par les rares ennemis naturels adaptés à la proie semble le seul moyen d'atténuer le déséquilibre écologique inhérent à l'invasion du psylle.

La réponse numérique impressionnante d'*O. v-nigrum* à Tahiti (HAMMES et al., 1986) conduit le Laboratoire d'Entomologie Appliquée du Centre ORSTOM de Nouméa à choisir en premier lieu ce prédateur du psylle. Prélevée en Polynésie Française, une souche d'*O. v-nigrum* est donc introduite en Nouvelle-Calédonie en janvier 1987.

Aujourd'hui, *O. v-nigrum* joue le premier rôle parmi les ennemis naturels de *H. cubana* en Nouvelle-Calédonie, mais elle ne suffit pas à maintenir les populations de psylle à un niveau suffisamment bas pour garantir en toute saison le *Leucaena* contre les attaques du parasite.



Photo 4 : Couple de *Curinus coeruleus*,
coccinellide auxiliaire introduit en Nouvelle-Calédonie
pour lutter contre *Heteropsylla cubana*
(Photo : I. CAPART)

2. L'introduction de *Curinus coeruleus*

a. Le choix de l'auxiliaire.

Devant la nécessité de renforcer le complexe des ennemis naturels du psylle en Nouvelle-Calédonie, il a fallu choisir de nouveaux auxiliaires. Les espèces retenues sont le coccinellide *Curinus coeruleus* et l'encyrtide *Psyllaephagus yaseeni*. *C. coeruleus* a été le premier agent introduit en raison :

- des rapports favorables sur son action aux Hawaii, en Thaïlande et en Indonésie, dans des conditions semblables à celles de la Nouvelle-Calédonie ;
- de la disponibilité de souches au début de 1991.

On a estimé que la pré-existence en Nouvelle-Calédonie d'*O. v-nigrum* ne devait pas poser, à terme, de problème algu de compétition puisque les 2 coccinelles coexistent aux Hawaii et que les auxiliaires sont probablement sympatriques en Amérique tropicale. Décision a donc été prise d'introduire, en janvier 1991, une souche de *C. coeruleus*, provenant de Thaïlande.

b. Les buts de notre étude en laboratoire.

Avant d'être lâché en plein champ le nouveau prédateur introduit a été élevé en quarantaine au laboratoire. Cet élevage s'est accompagné et prolongé par une étude plus approfondie de sa biologie. Les résultats publiés sur son développement et son potentiel d'accroissement sont en effet peu nombreux, souvent imprécis, parfois très divergents. Il était indispensable de les vérifier et de les préciser, afin d'acquérir les données de base qui permettront d'interpréter sur le terrain l'évolution ultérieure du système plante-hôte / proie / complexe des prédateurs. C'est là l'objet de la présente étude.

c. Les lâchers de *Curinus coeruleus* en Nouvelle-Calédonie.

La souche obtenue de Thaïlande (Kasetsart University of Thailand) a été reçue le 9 janvier dans des conteneurs de matière plastique partiellement remplis de "paille" artificielle sur laquelle les adultes pouvaient se fixer, pourvus d'une provision de raisins secs maintenus par un double grillage fixé à la paroi du container, et d'un récipient contenant un coton imbibé d'eau.

Environ 350 adultes ont été mis en élevage de quarantaine. Lorsque plus de 100 larves ont été obtenues, la plus grande partie de cette souche a été détruite. Dix couples conservés comme élevage "de sûreté" ont été supprimés à l'émergence des adultes de la première génération. Cette précaution est destinée à éviter d'introduire, avec l'auxiliaire, un parasite éventuel (micro-hyménoptère), bien qu'aucun parasite de ce type n'ait été signalé dans la zone d'où provenait la souche.

Les fondateurs issus de cette première génération ont été lâchés fin Février, sur des stations déjà connues par l'étude menée sur *O. v-nigrum* : presqu'île Nou (330 i.), Col de la Pirogue (60 i.), lieu-dit "Plage 1000" (56 i.). Ces stations sont proches du laboratoire, le *Leucaena* y est commun, et elles sont généralement épargnées par les épandages Insecticides pratiqués en saison des pluies dans le cadre de la lutte anti-moustique.

Pendant l'étude, 213 adultes supplémentaires issus de nos élevages ont été relâchés sur la presqu'île Nou.

Tableau III : Température et humidité relative ambiantes mesurées en insectarium pendant l'étude du développement pré-imaginal de *Curinus coeruleus*

	T min (°C)	T max (°C)	T moy (°C)	H min (%)	H max (%)	H moy (%)
Moyenne	24,7	26,1	25,4	73,8	82,1	77,7
Minimale	22,0	23,0	22,5	55,0	65,0	60,5
Maximale	28,0	30,0	29,0	87,0	92,0	89,5

III. ETUDE DU DEVELOPPEMENT PRE-IMAGINAL DE *CURINUS COERULEUS*

A. MATERIEL ET METHODES

L'étude du développement pré-imaginal de *C. coeruleus* a été menée en insectarium à Nouméa, en conditions ambiantes et éclairage naturel, entre le 28/02/1991 et le 18/04/1991. La température et l'humidité relative mesurées pendant l'étude sont résumées dans le tableau III.

Quatre lots de :

* 33 oeufs récoltés le 28/02/1991 (pondus dans un intervalle de 24 heures avant la collecte)

* 31 oeufs récoltés le 04/03/1991

* 36 oeufs récoltés le 05/03/1991

* 92 oeufs récoltés le 06/03/1991

ont été mis en boîtes d'élevage en plastique.

Après l'éclosion, les larves néonates sont réparties par groupes de 2 à 7 individus dans des boîtes parallélépipédiques (60x45x15mm) en matière plastique, qui possèdent des ouvertures grillagées. Le fond des boîtes est recouvert de papier filtre et une jeune pousse de *Leucaena* porteuse d'oeufs et de larves d'*H. cubana* est introduite dans le récipient.

Les observations ont lieu toutes les 12 heures, soit à 7h et à 19h. Lorsque la mue est observée, la larve est mise dans une autre boîte, afin qu'il n'y ait pas de confusion entre les dates des mues individuelles. Des proies sont apportées quotidiennement en excès sur des jeunes pousses de *Leucaena* infestées et ce, jusqu'au stade prénympha. Les observations sont menées jusqu'à l'émergence des derniers adultes. Ceux-ci sont alors appariés pour l'étude de la table de vie et de fécondité.

B. DIFFERENTS STADES :

I. Oeuf

Déposé de façon isolée ou en groupes de 2 à 20 oeufs, l'oeuf est oblong (environ 1 mm de long), blanc crème. Quelques heures avant l'éclosion, il devient gris car la transparence du chorion laisse voir la jeune larve.

Le synchronisme des éclosions d'une même ponte est assez large. Il est d'environ 2 jours d'écart pour les individus étudiés :

On a nommé lot A, lot B, lot C, et lot D les individus issus respectivement des oeufs pondus le 28/02/1991, 04/03/1991, 05/03/1991 et 06/03/1991). Les écarts suivants entre première et dernière éclosion ont été obtenus :

- Lot A : 2.0 jours ;
- Lot B : 2.7 jours ;
- Lot C : 1.5 jour ;
- Lot D : 1.5 jour .

Tableau IV : Taux d'éclosion de *Curinus coeruleus* au laboratoire

Lot ou date de ponte	Nombre d'oeufs	Nombre de L1	Taux d'éclosion
A	33	10	0,30
B	31	20	0,64
C	36	25	0,69
D	92	66	0,72
Sous-total 1 (cohorte)	192	121	0,63
15/03	36	29	0,80
16/03	33	25	0,75
17/03	45	41	0,91
18/03	15	14	0,93
Sous-total 2 (complément)	129	109	0,89
Total	321	230	0,72

2. Larves

Il y a quatre stades larvaires (notés L1 à L4) qu'il est assez facile, avec l'habitude, de distinguer par la taille et l'allure générale (mouvement, coloration). Une distinction rigoureuse pourrait se faire en mesurant la taille de la capsule céphalique si cela était nécessaire. La jeune L1 (Larve de 1er stade) est gris clair à l'éclosion puis devient gris foncé à noir par la suite.

Les larves peuvent attaquer les oeufs non éclos d'où la nécessité de les séparer des autres oeufs de la cohorte dès l'éclosion. Elles sont mobiles mais avant chaque mue, leur activité de recherche diminue progressivement. "Boudinées" et de couleur claire, elles se fixent alors par la région anale à un substrat (plastique de la boîte, papier filtre ou végétal), ce qui, comme la couleur terne liée au décollement de la cuticule ancienne, annonce la mue.

Le dernier tiers du stade L4 prépare la nymphose, on le désignera dans ce qui suit sous le terme "période pré-nymphale".

3. Pré-nymphe

La transition L4 mobile à pré-nymphe n'est pas toujours nette. La L4 se fixe, s'épaissit et prend une forme arquée caractéristique. C'est le moment où la L4 se fixe qui est difficile à déceler avec exactitude.

Parallèlement à cette étude, des larves élevées à raison de 5 à 10 individus par boîte, ont permis de constater l'instinct grégaire des L4 pour la pré-nymphose.

4. Nymphe

Le passage de la pré-nymphe à la nymphe est rapide. La fente antéro-dorsale de la cuticule libère une nymphe blanchâtre qui ne prendra sa coloration (brun rayé de noir) qu'après quelques heures.

5. Adulte

Après l'éclosion imaginale, l'adulte, dont seuls la tête et le thorax sont pigmentés, reste fixé sur l'exuvie pendant quelques heures, jusqu'à ce que ses élytres aient leur consistance et leur coloration définitive.

C. RESULTATS

I. Taux d'éclosion

Le tableau IV donne le taux d'éclosion pour chaque lot.

On note le faible taux d'éclosion du premier lot d'oeufs étudié (lot A) par rapport aux autres lots. A ce stade de l'étude, on n'a pas pu conclure sur l'origine de cette différence : moindre fertilité en début de ponte, ou artefact de manipulation en début d'élevage ?

Tableau V : Mortalité observée aux différents stades de développement de *Curinus coeruleus*, exprimée en nombre d'individus et en pourcentage (Lx : larve au stade x; py : pré-nymphé; Ny : nymphe)

Stade	Lot A	Lot B	Lot C	Lot D	Total	Mortalité dans le stade	Contribution à la mortalité	Mortalité cumulée
Oeuf	23/33	11/31	11/36	26/92	71/192	37,0 %	37,0%	37,0%
L1	2/10	4/20	1/25	3/66	10/121	8,3 %	5,2%	42,2%
L2	1/8	0/16	3/24	4/63	8/111	7,2 %	4,2%	46,4%
L3	0/7	1/16	0/21	6/59	7/103	6,8 %	3,6%	50,0%
L4 mobile	2/7	0/15	1/21	3/53	6/96	6,3 %	3,1%	53,1%
py	0/5	1/15	0/20	2/50	3/90	3,3 %	1,6%	54,7%
L4 total	2/7	1/15	1/21	5/53	9/96	9,4%	4,7%	54,7%
Ny	0/5	0/14	1/20	0/48	1/87	1,1 %	0,5%	55,2%

Tableau VI : Durée du développement pré-Imaginal de *Curinus coeruleus* élevé en laboratoire (exprimée en jours)

	Oeuf	L1	L2	L3	L4 mobile	Pré-nymphe	Total L4	Nymphe	Total
Population totale (effectif N = 81)									
Minimum	5,50	2,50	1,50	2,50	5,50	0,50	7,50	6,50	31,00
Maximum	9,00	5,00	4,00	4,50	9,00	3,50	11,00	8,00	37,00
Médiane	7,50	3,50	3,00	3,50	7,00	2,00	9,00	7,00	33,50
Moyenne	7,28	3,67	2,91	3,62	6,99	2,01	9,00	7,23	33,72
Ecart-type	0,64	0,50	0,41	0,38	0,78	0,44	0,76	0,33	1,26
Femelles (effectif N = 46)									
Médiane	7,50	3,50	3,00	3,50	6,50	2,00	8,50	7,00	33,00
Moyenne	7,21	3,59	2,91	3,59	6,87	1,99	8,86	7,22	33,37
Ecart-type	0,60	0,47	0,38	0,34	0,76	0,43	0,75	0,31	1,10
Mâles (effectif N = 35)									
Médiane	7,50	3,50	3,00	3,50	7,50	2,00	9,50	7,00	34,00
Moyenne	7,37	3,78	2,91	3,66	7,14	2,06	9,20	7,24	34,17
Ecart-type	0,68	0,52	0,44	0,43	0,79	0,45	0,74	0,35	1,33

Ce faible taux d'éclosion des oeufs du lot A influe nettement sur le taux d'éclosion total ; mais même si ce lot n'est pas pris en compte, le taux d'éclosion total (0.70) est encore inférieur à celui obtenu par RAUF et al. en 1990 (0.86). Par contre il se rapproche des résultats obtenus par NAPOMPETH et al. (1990) qui rapportent un taux d'éclosion de 0.69.

Afin de compléter l'étude, les oeufs pondus le 15/03, 16/03, 17/03, et 18/03, sont conservés. Les résultats obtenus se rapprochent cette fois de ceux de RAUF et al. (1990). Compte tenu de l'ensemble des essais, le taux moyen d'éclosion de *C. coeruleus*, établi sur un effectif total de 321 oeufs est de 0.72.

Cette étude sera reprise et complétée par le suivi des pontes issues de la cohorte élevée pour l'établissement de la table de vie et de fécondité (paragraphe IV. B. 1.)

2. Taux sexuel

Après l'émergence de tous les adultes, on obtient 50 femelles et 36 mâles. Le taux sexuel (rapport du nombre de mâles sur le nombre de femelles et de mâles) est de 0.58. Il montre un excédent de femelles, ce qui est surprenant puisque les auteurs considèrent que le taux sexuel de *C. coeruleus* est de 0.50 (RAUF et al., 1990 ; NAPOMPETH et al., 1990). On peut se demander si ce résultat est lié à la souche, aux facteurs nutritionnels, ou aux conditions d'expérimentation. La température et l'hygrométrie étant mal précisées par les auteurs, il est difficile d'aller plus loin.

Remarque : N'ont pas été pris en considération pour l'analyse statistique des durées de développement de chaque stade :

- la dernière femelle apparue, malformée et dont les durées de développement de chaque stade sont très différentes de celles des autres individus ;
- deux femelles et un mâle dont la première mue larvaire est passée inaperçue ;
- une femelle dont la fixation pré-nymphale est passée inaperçue.

On retiendra donc pour cette analyse 46 femelles et 35 mâles, tandis que les calculs de taux sexuel et de taux de mortalité par stade sont réalisés sur l'effectif total obtenu, soit 50 femelles et 36 mâles.

3. Taux de mortalité :

Le tableau V nous indique la mortalité observée pour chaque stade et pour chaque lot. Le premier chiffre indique le nombre d'individus morts et le second, l'effectif pour le stade considéré. On remarque l'importance de la mortalité au stade "oeuf" ainsi que la diminution de la mortalité au fur et à mesure du développement.

NAPOMPETH et al (1990) obtiennent des résultats analogues, mais aucune mort n'est rapportée au stade pré-nymphé. Dans nos conditions d'élevage, la mortalité à ce stade a cependant été observée à diverses reprises.

4. Durée de développement :

La durée du développement pour chaque stade est donnée dans le tableau VI. Le stade le plus court est le deuxième stade larvaire, tandis que le plus long est le quatrième (dans lequel est prise en compte la période pré-nymphale).

Selon la règle empirique de Cochran, les distributions des durées totales de développement des femelles (effectif = 46 ; coefficient d'assymétrie = 0,79), des mâles (effectif = 35 ; coefficient d'assymétrie = -0,27), et de la population totale (effectif = 81 ; coefficient d'assymétrie = 0,33) peuvent être considérées comme normales. En effet, l'effectif de chaque population étudiée est supérieur à vingt cinq fois le carré du coefficient d'assymétrie et la taille de l'échantillon est donc suffisante pour éliminer l'effet de l'assymétrie.

L'analyse de variance montre qu'au seuil de signification de 5 p.cent, la durée totale de développement des mâles est supérieure à celle des femelles ($F = 8,8$). C'est la durée totale du quatrième stade larvaire (période "mobile" plus période pré-nymphale) qui fait la différence : elle est plus longue pour les mâles au seuil 5 p. cent ($F = 4.2$). Il n'y a pas de différence statistique entre les moyennes des durées des autres stades larvaires.

Tableau VII : Température et humidité relative ambiantes mesurées
 en insectarium pendant l'étude de la table de vie et de fécondité de
Curinus coeruleus

	T min (°C)	T max (°C)	T moy (°C)	H min (%)	H max (%)	H moy (%)
Moyenne	24,3	25,4	24,9	71	77	74
Minimale	22	23	22	53	60	58
Maximale	26	27	26	87	91	89

IV. ETUDE DU TAUX D'ACCROISSEMENT THEORIQUE DE *CURINUS COERULEUS* : TABLE DE VIE

A. MATERIEL ET METHODES

1. Conditions de l'élevage

L'élevage a été mené à Nouméa en insectarium, en conditions tamponnées pour la température, et en éclairage naturel, du 03/04/1991 au 18/08/1991. La température et l'humidité relative mesurées au cours de l'étude sont résumées dans le tableau VII.

2. Formation des couples

Les 30 femelles constituant la cohorte, et les mâles qui leurs sont accouplés, sont issus des individus obtenus après l'étude de la durée de développement. Les couples sont formés au fur et à mesure de l'émergence des adultes et élevés dans des boîtes parallélépipédiques (90 x 60 x 20 mm) en plastique, dont le fond est tapissé de papier filtre et dont le couvercle est grillagé.

Tout comme la fécondité, la mortalité est observée chaque jour pour chacun des sexes. Lorsqu'un mâle meurt, il est remplacé. Les observations sont menées jusqu'à la mort des dernières femelles.

3. Alimentation

Des oeufs, larves et nymphes d'*H. cubana* sont apportés chaque jour en large excès sur de jeunes pousses de *Leucaena*. On note que *C. coeruleus* est prédateur d'autres insectes, tel *Aphis gossypii* Glover (Homoptère : *Aphidae*), mais *H. cubana* est sa proie préférée (NAPOMPETH et al., 1990).

4. Ponte

Les pousses de la veille sont retirées chaque jour, afin de permettre le comptage des oeufs qui y ont été pondus, et donc la détermination de la fécondité par femelle.

MANGOENDIHARDJO (1990) mentionne les bons résultats obtenus en utilisant des tiges de bambou fendues en guise de pendoirs. Un essai, qui consiste à placer une demi tige de bambou dans chaque boîte a donc été mené en début d'élevage. Cette technique a été abandonnée car si certaines femelles de *C. coeruleus* pondent parfois sur la tige de bambou, on n'y retrouve pas l'intégralité de la ponte, qui se répartit dans l'ensemble de la boîte : il n'y avait donc aucun gain de temps dans nos conditions d'élevage.

Afin d'éviter que le papier filtre ne soit trop humide lorsque les jeunes pousses de *Leucaena* apportées sont mouillées par la pluie, une couche de feuilles âgées (donc non porteuses de psylles), séchées, est intercalée entre le papier filtre et les jeunes pousses. Il s'avère que la ponte est importante sur ces feuilles séchées ; elles sont donc rajoutées systématiquement dans les boîtes lors de chaque apport de nourriture.

Tableau VIIIa : Eclosion des oeufs de *Curinus coeruleus* au laboratoire
(résultats obtenus pendant l'étude du développement pré-imaginal)

Date de ponte	Nombre d'oeufs étudiés	Taux d'éclosion
du 28/02 au 18/03/1991	321	0,72

Tableau VIIIb : Eclosion des oeufs de *Curinus coeruleus* au laboratoire
(résultats obtenus pendant l'étude du taux d'accroissement théorique)

Date de ponte	Age moyen * des femelles (en jours)	Nombre d'oeufs étudiés	Taux d'éclosion
15/04/1991	44	60	0,83
23/04/1991	52	97	0,63
06/05/1991	65	144	0,28
14/05/1991	73	64	0,77
21/05/1991	80	68	0,48
28/05/1991	86	66	0,54
04/06/1991	93	66	0,71
11/06/1991	100	99	0,43
18/06/1991	107	75	0,64
25/06/1991	113	56	0,80
02/07/1991	121	66	0,51
10/07/1991	126	45	0,58
Total		906	0,57

* Durée du développement pré-imaginal + durée de vie depuis l'émergence de l'adulte

5. Taux d'éclosion

Une fois par semaine, les oeufs pondus par une dizaine de femelles sont récoltés et conservés en boîtes de plastique jusqu'à l'éclosion. On cherche ainsi à mettre en évidence une éventuelle variation du taux d'éclosion en fonction de l'âge de la femelle lors de la ponte. En effet, une telle variation pourrait nous amener à corriger la table de vie et de fécondité établie au laboratoire.

En toute rigueur, une mesure quotidienne serait nécessaire pour corriger la table de vie, mais la durée de développement relativement longue de *C. coeruleus* nous a incité à espacer d'une semaine ces mesures.

B. PARAMETRES INTERVENANT DANS LA DYNAMIQUE DE L'ESPECE

I. Paramètres obtenus par l'étude du développement pré-imaginal

a. Taux d'éclosion

A l'issue de l'étude du développement pré-imaginal, on considère que le taux d'éclosion de *C. coeruleus* est de 0,72 (cf. paragraphe III. C. 1.). De nombreux auteurs conservent cette première estimation de la valeur du paramètre dans leurs tables de vie. Toutefois, dans nos conditions d'élevage, une étude complémentaire a été menée sur la cohorte suivie pour l'estimation du taux d'accroissement théorique ; le taux d'éclosion a donc été corrigé en fonction des nouvelles données.

Les taux d'éclosion observés lors des différents essais sont consignés dans le tableau VIII ; les données détaillées correspondant au tableau VIIIb sont jointes en annexe I.

La grande variabilité des taux d'éclosion obtenus montre qu'il n'y a pas de corrélation entre ce facteur et l'âge des femelles lors de la ponte. On adoptera donc pour la suite de l'étude un taux d'éclosion moyen de 0,60 (compte tenu de l'ensemble des oeufs étudiés, soit $321 + 906 = 1227$ oeufs).

b. Survie larvaire et nymphale

Dans les conditions de l'élevage, la mortalité à chaque stade larvaire est très inférieure à celle observée au stade oeuf. Le taux de survie calculé pour l'ensemble des stades (de la L1 à l'adulte) est de 0,71 pour la cohorte étudiée.

c. Taux sexuel

Le taux sexuel observé (rapport du nombre de femelles sur le nombre de femelles et de mâles) est de 0,58 (cf. paragraphe III. C. 2.).

2. Paramètres obtenus après l'établissement de la table de vie et de fécondité

a. Etablissement de la table

La table de vie et de fécondité de la cohorte des 30 femelles réunit deux paramètres :

- l'âge x depuis la ponte de l'oeuf (en jours) ;
- la probabilité l_x d'être en vie à l'âge x .

A ces paramètres s'ajoutent deux expressions de la fécondité :

- m_x , qui est la moyenne du nombre d'oeufs pondus entre l'âge $x-1$ et l'âge x qui donneront des femelles (compte tenu du taux d'éclosion, du taux de survie de la L1 à l'adulte et du taux sexuel);
- le produit $l_x \cdot m_x$.

b. Calcul des paramètres démographiques

Plusieurs indices numériques ont été proposés pour quantifier le potentiel de multiplication d'une espèce dans des conditions d'environnement définies, lorsque sa population a atteint une distribution d'âge stable (BIRCH, 1948) :

- la multiplication par génération ("net reproductive rate")

$$R_0 = l_x \cdot m_x$$

- le taux intrinsèque d'accroissement r_m ("Innate capacity for increase", équivalent à l' "intrinsic rate of increase" de Lotka), qui est solution de l'équation

$$\sum l_x \cdot m_x \cdot e^{-r_m \cdot x} = 1$$

- la durée moyenne d'une génération ("mean length of a generation")

$$T = \frac{\text{Log } R_0}{r_m}$$

- le taux de multiplication par femelle et par jour ("finite rate of increase per day")

$$\lambda = e^{r_m}$$

L'intérêt de ces indices, et tout particulièrement du taux intrinsèque d'accroissement, est d'intégrer l'ensemble des paramètres biologiques généralement mesurés : durée du cycle de développement, survie pré-imaginale, taux sexuel, longévité des femelles et fécondité. L'appréciation de la contribution de chaque paramètre à l'accroissement d'une population en un temps donné est en effet délicate.

Tableau IX : Fécondité et longévité des femelles de *Curinus coeruleus*
(effectif n = 30)

	Ponte totale (oeufs)	Longévité des femelles (jours)	Ponte journalière (oeufs/femelle/jour)
Médiane	391	102	3,5
Moyenne	411,7 ($\sigma = 212,3$)	105,6 ($\sigma = 25,1$)	3,9 ($\sigma = 1,7$)
Maximum	1171	165	8,8 (Max. absolu : 40)
Minimum	77	66	0,8 (Min. absolu : 0)

Tableau X : Paramètres tirés de la table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*

r_m	=	0,059 femelle/femelle/jour
R_0	=	45,50
T	=	64,4 jours
λ	=	1,061
r_c	=	0,055
$R_{(69)}$	=	22,70
T_c	=	69 jours

LAUGHLIN (1965) a toutefois souligné la signification biologique complexe de ces indices, et proposé le calcul plus simple d'une capacité d'accroissement ("capacity for increase") :

$$r_c = \frac{\text{Log } R_o}{T_c}$$

où T_c est l'âge des femelles de la cohorte au moment où 50 p. cent des oeufs qui donneront des femelles sont pondus. La valeur calculée de la capacité d'accroissement est toujours nettement inférieure à celle du taux intrinsèque d'accroissement et ne peut lui être substituée dans le cas d'une distribution d'âge stable. LAUGHLIN estime qu'elle est un paramètre intéressant pour caractériser le développement des 3 premières générations colonisant un nouvel espace, ou comme une approximation précédant le calcul du r_m .

C. RESULTATS

1. Longévité et fécondité des femelles

Les résultats sont résumés dans le tableau IX.

La durée de vie moyenne des femelles est de 105,6 jours ; la durée maximale de vie étant de 165 jours et la minimale de 66 jours. A l'âge de 102 jours, 50 p.100 des femelles sont encore en vie. On note que la durée de vie moyenne des mâles est beaucoup plus longue : 50 p.100 des mâles sont encore en vie à l'âge de 132 jours.

Le début de la ponte intervient en moyenne 11 jours après l'émergence de la femelle, la période de pré-oviposition varie entre 8 et 18 jours. Chaque femelle pond en moyenne 411,7 oeufs pendant sa vie, avec une fécondité journalière moyenne de 3,9 oeufs par femelle et par jour

Il existe une corrélation positive faible entre la durée de vie des femelles et leur ponte totale (calcul sur les logarithmes des données). Le coefficient de corrélation linéaire ($r = 0,45$) diffère significativement de zéro au seuil 5 p.100 ($t_r = 2,68 > 2,05$ pour $v = 28$).

2. Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*

La table de vie et de fécondité de *C. coeruleus* est jointe en annexe 2. Les paramètres tirés de cette table de vie sont résumés dans le tableau X. Le calcul du r_m est fait par itérations à l'aide d'un tableur (approximations successives de la valeur 1).

Théoriquement, et dans les conditions de l'étude, *C. coeruleus* accroît sa population 45,5 fois en une génération de 64,4 jours.

Tableau XI : Comparaison des paramètres démographiques
de *Curinus coeruleus* et *Olla v-nigrum*.

	<i>C. coeruleus</i> (Napompeh & al., 1990)	<i>C. coeruleus</i> (Rauf & al., 1990)	<i>C. coeruleus</i> (nos résultats)	<i>O. v-nigrum</i>
T. moyenne (°C)	31	?	24,9	25,8
HR moyenne (%)	65	?	74	81
Taux d'éclosion	0,69	0,86	0,60	0,76
Taux de survie pré-imaginal	0,72	0,98	0,71	0,85
Taux sexuel	0,50	0,50	0,50	0,50
r_m	0,058	0,103	0,057	0,147
R_0	26,38	189,74	39,23	125,11
T (jours)	56,4	51,0	64,6	32,8
λ	1,060	1,108	1,058	1,158
r_c	0,054		0,053	0,121
T_c (jours)	61,0		69	40,0
λ_c	1,055		1,054	1,128

D. DISCUSSION

I. Comparaison avec les résultats connus sur *Curinus coeruleus*

a. Taux sexuel

Selon les auteurs (NAPOMPETH et al, 1990 ; RAUF et al, 1990) le taux sexuel de *C. coeruleus* est de 0,50. On note que RAUF utilise dans ses calculs une valeur du taux sexuel de 0,50 bien qu'à l'issue de son étude du développement pré-imaginal il obtienne 36 femelles et 47 mâles, soit un taux sexuel de 0,43. NAPOMPETH ne précise pas le nombre de femelles et de mâles obtenus et considère dès le départ (stade oeuf) que les femelles représentent la moitié de l'effectif.

Il semble que la valeur du taux sexuel de *C. coeruleus* soit variable selon les essais, et il peut donc sembler arbitraire d'utiliser la valeur du taux sexuel obtenue à l'issue de l'étude du développement pré-imaginal (soit une seule cohorte étudiée) dans le calcul du r_m . C'est pourquoi, afin de faciliter les comparaisons entre nos résultats et ceux obtenus par différents auteurs, une seconde table de vie et de fécondité, qui tient compte d'un taux sexuel de 0,50 (au lieu de 0,58) est proposée pour la discussion (annexe III). Le tableau XI présente les nouvelles valeurs calculées des indices démographiques.

b. Taux d'éclosion

La mesure régulière du taux d'éclosion sur la descendance de la cohorte suivie n'est pas toujours réalisée lors de l'évaluation du taux d'accroissement théorique. Les auteurs utilisent alors le résultat obtenu lors de leur étude du développement pré-imaginal. C'est ainsi que RAUF et al. (1990) adoptent un taux d'éclosion de 0,86 ; tandis que NAPOMPETH et al. (1990) retiennent un taux d'éclosion de 0,69.

Les résultats des mesures des taux d'éclosion des 1227 oeufs conservés lors de 20 essais (cf tableaux IV et VIII) montrent la grande variabilité du taux d'éclosion de *C. coeruleus*. Nous avons donc choisi d'utiliser, pour l'évaluation du m_x , une valeur moyenne calculée en intégrant les résultats observés sur la cohorte elle-même, soit 0,60. La valeur du r_m varie bien sûr considérablement selon que l'on utilise l'une ou l'autre de ces valeurs, et il semble qu'une seule mesure du taux d'éclosion soit insuffisante pour cette espèce, sous peine de sur-estimer ou au contraire sous-estimer grandement le nombre de descendants de la cohorte.

c. Paramètres démographiques

Les travaux publiés sur la biologie de *C. coeruleus* sont peu nombreux (NAKAHARA et al., 1987 ; RAUF et al., 1990 ; NAPOMPETH et al., 1990). Les méthodes d'élevage sont voisines, mais non identiques ; les conditions de températures et d'humidité ne sont pas toujours précisées. Nous avons cependant tenté de comparer nos résultats avec ceux des auteurs cités (Tableau XI).

NAKAHARA et al. (1987) ne donnent que la durée du développement pré-imaginal (30,5 jours), observée dans des conditions non précisées : cette durée est très longue par rapport à celle du psylle ; les résultats ultérieurs, dont les nôtres, confirment la lenteur de ce développement.

RAUF et al. (1990) ne précisent pas davantage les conditions de température de leur étude, mais la brièveté des durées observées pour le développement pré-imaginal (29,5 jours), ainsi que la durée calculée d'une génération (51 jours) permet de penser qu'elle était très supérieure à 25°C. La multiplication par génération R_0 proposée par ces auteurs ne tient pas compte de la mortalité des oeufs, larves et nymphes, mais il est facile de le corriger en fonction des données fournies : avec 84 p. cent de survie, $R_0 = 159,38$. Si l'on applique à leurs données la valeur de la mortalité pré-imaginale observée au cours de notre étude (43 p. cent, soit 57 p. cent de survie), on obtient encore un R_0 proche de 81, soit 2 fois supérieur au nôtre. Deux hypothèses peuvent être avancées pour interpréter une différence aussi forte : *C. coeruleus* est très sensible aux conditions d'élevage ; ou bien la variabilité des souches est très grande.

Les résultats obtenus par NAPOMPETH et al. (1990) sont beaucoup plus proches des nôtres. Les auteurs ne donnant que les indices de LAUGHLIN, nous avons recalculé les paramètres démographiques de BIRCH à partir de leurs données. La température de l'étude (31°C.) est supérieure, et la durée d'une génération est nettement plus courte ($T = 56,4$ jours ; $T_c = 61$ jours); ce facteur vient compenser une multiplication par génération plus faible, et les taux d'accroissement sont en définitive légèrement supérieurs aux nôtres. Cela conduit à compléter les hypothèses faites sur l'origine de nos divergences avec RAUF : il est possible que la température de son étude ait correspondu à un optimum de développement, situé entre 25°C. et 31°C.

2. Comparaison avec *Olla v-nigrum*

En 1989, une étude du taux d'accroissement théorique d'*O. v-nigrum* (premier auxiliaire introduit en Nouvelle-Calédonie pour lutter contre *H. cubana*) a été réalisée par le Laboratoire de Zoologie Appliquée du Centre ORSTOM de Nouméa (CHAZEAU & al., 1989). La procédure suivie pour l'établissement de la table de vie et de fécondité de *C. coeruleus* a été appliquée aux données acquises au cours de cette étude ; les paramètres qui en sont tirés sont résumés dans le tableau XI.

Le taux d'éclosion mesuré chez *C. coeruleus* ne diminue pas sensiblement avec l'âge de la cohorte, contrairement à ce qui avait été observé pour *O. v-nigrum*, au cours d'un essai plus réduit. Mais, dans des conditions de laboratoire très voisines et sur la même proie exclusive, la durée du développement pré-imaginal de *Curinus* est double, et la mortalité observée au cours de ce développement beaucoup plus forte. La fécondité journalière brute de *Curinus* (nombre d'oeufs pondus) n'étant pas supérieure, les paramètres démographiques obtenus sont donc moins favorables : taux intrinsèque d'accroissement et multiplication par génération nettement plus faibles, durée théorique d'une génération beaucoup plus longue.

O. v-nigrum peut donc, théoriquement, augmenter ses effectifs beaucoup plus rapidement que ne le ferait *C. coeruleus* dans les mêmes conditions. En plein champ, exploitant la même proie, et en l'absence d'un parasite qui diminuerait sensiblement son potentiel d'accroissement, elle devrait dominer numériquement de façon très nette.

CONCLUSION

Face à l'invasion de la Nouvelle-Calédonie par le psylle *Heteropsylla cubana*, ravageur du "faux-mimosa" *Leucaena leucocephala*, une stratégie de lutte biologique par l'utilisation d'entomophages a été mise en place. En 1987, le coccinellide auxiliaire *Olla v-nigrum* a été introduit sur le territoire; et, en 1991, *Curinus coeruleus* est venu renforcer le complexe des prédateurs du psylle.

L'étude menée à l'occasion des élevages en laboratoire qui ont précédé et accompagné les lâchers du nouvel auxiliaire, a permis de préciser sa biologie. La qualité des mesures faites sur les taux d'éclosion et de mortalité pré-imaginale a une grande influence sur la valeur calculée pour le taux d'accroissement. Cette qualité semble étroitement liée aux effectifs et à l'étendue des observations. Les prévisions que l'on en tire doivent être considérées avec prudence.

Les paramètres issus de la table de vie et de fécondité montrent cependant, sans ambiguïté, que l'espèce est beaucoup moins dynamique qu'*O. v-nigrum* dans les mêmes conditions d'élevage. On en conclut que l'établissement de l'auxiliaire sera difficile dans les milieux où *O. v-nigrum* sera déjà implantée. La dominance de *C. coeruleus* aux Hawaii s'explique seulement lorsqu'on tient compte de la diminution du potentiel reproducteur d'*O. v-nigrum*, fortement parasitée.

Les observations faites dans le sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie pendant notre étude (sur la presqu'île Nou, à Dumbéa, à Païta, au Col de la Pirogue), semblent indiquer qu'*O. v-nigrum* occupe de mieux en mieux l'espace "*Leucaena*". Plus de 4 ans après son introduction, elle ne montre aucune tendance à diversifier ses proies. Il semble donc prévisible que, si l'introduction de *C. coeruleus* réussit, c'est-à-dire si ses populations se développent et se maintiennent de façon permanente sur le territoire, *O. v-nigrum* continuera localement à jouer le premier rôle parmi les ennemis naturels d'*H. cubana*.

Mais la contribution des facteurs climatiques est très importante pour l'évolution du système *Leucaena - Heteropsylla - Olla*. Il est donc possible que le nouvel auxiliaire trouve sa place dans l'écosystème, s'il exploite des proies de substitution différentes de celles d'*O. v-nigrum*, ou auxquelles il soit mieux adapté; ou s'il met à profit les lacunes observées chez son concurrent dans l'occupation du milieu (CHAZEAU et al., 1989), pour s'établir dans ces lacunes à partir de biotopes refuges, comme par exemple des adventices porteuses d'Homoptères. Une étude de terrain sur la dynamique des populations des deux coccinelles auxiliaires et de leur proie commune, sera nécessaire pour vérifier ces hypothèses.

Remerciements

Je remercie le personnel de l'ORSTOM pour sa collaboration, et en particulier J. CHAZEAU pour le temps qu'il m'a consacré.

Cette étude a bénéficié d'un soutien de la CORDET (Action 90/156).

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1964. Aperçu sur quelques légumineuses Calédoniennes. Rev. agric. Nouvelle-Calédonie, 1964 : 10 - 15.
- BARRION A. T., AGUDA R.M., LITSINGER J.A., 1987. The natural enemies and chemical control of the *Leucaena* Psyllid, *Heteropsylla cubana* Crawford (Hemiptera Psyllidae), in the Philippines. *Leucaena Res. Rep.*, 7 (2) : 45 - 49.
- BIRCH L. C., 1948. The Intrinsic rate of natural increase of an Insect population. *J. Anim. Ecol.*, 17 : 15 - 26.
- BRAY R. A., 1987. Genetic control options for Psyllid resistance in *Leucaena*. *Leucaena Res. Rep.*, 7 (2) : 32 - 34.
- BRAY R. A., SANDS D. P. A., 1987. Arrival of the *Leucaena* psyllid in Australia : impact, dispersal and natural enemies. *Leucaena Res. Rep.*, 7 (2) : 61-65.
- BRAY R. A., WOODROFFE T.D., 1988. Resistance of some *Leucaena* species to the *Leucaena* psyllid. *Trop. Grassl.*, 22 (1) : 11 - 16.
- BREWBAKER J. L., 1987. Species in the genus *Leucaena*. *Leucaena Res. Rep.*, 7 (2) : 6 - 20.
- BURCKHARDT D., 1986. Nomenclatorial note on *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera, Psyllolidea), a new pest in Pacific countries. *Rev. Suisse Zool.*, 93 (4) : 1023 -1024
- CHAZEAU J., 1987. Le psylle du faux-mimosa en Asie du sud-est et dans le Pacifique : état du problème et perspectives de lutte (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit - *Heteropsylla cubana* Crawford). *Rev. Elev. Méd. vét. Nouvelle-Calédonie*, 9 : 23-27.
- CHAZEAU J., BOUYE E., BONNET DE LARBOGNE L., 1989. Lutte biologique contre le psylle *Heteropsylla cubana*, ravageur du faux-mimosa *Leucaena leucocephala* en Nouvelle-Calédonie. Nouméa : ORSTOM, Ser. Conventions, Sciences de la Vie, 82 p. multigr.
- FUNASAKI G. Y., LAI P. Y., NAKAHARA L. M., 1990. Status of natural enemies of *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera : psyllidae) in Hawaii. In : *Leucaena* psyllid, problems and management, Proceedings of an international workshop held January 16-21, 1989 in Bogor Indonesia. Winrock International / IDRC / NFTA : 153 - 158.
- HAMMES C., PUTOA R., 1986. Catalogue des insectes et acariens d'intérêt agricole en Polynésie Française. Tahiti : ORSTOM. Ser. Notes et Documents, 2, 259 p. multigr.
- LAUGHLIN R., 1965. Capacity for increase : a useful population statistic. *J. Anim. Ecol.*, 34 : 77 - 91.
- Mc CLAY A.S., 1990. Distribution of *Leucaena* Psyllid and its natural enemies in Mexico : implications for biological control. In : *Leucaena* psyllid, problems and management, Proceedings of an international workshop held January 16-21, 1989 in Bogor Indonesia. Winrock International / IDRC / NFTA : 139 - 143.

- MANGOENDIHARDJO S., 1990. Some notes on the mass production and establishment of *Curinus coeruleus* Mulsant (Col. : Coccinellidae) in Central Java. In : Biological control of pests in tropical agricultural ecosystems, BIOTROP Special Publ., 36. Bogor, SEAMED - BIOTROP : 313 - 317.
- MORAT P., JAFFRE T., VEILLON J.-M., Mc KEE H.S., 1981. Végétation (notice de la carte). In : Atlas de la Nouvelle-Calédonie. Paris, ORSTOM, Pl. 15.
- NAKAHARA L., NAGAMINE W., MATAYOSHI S., KUMASHIRO B., 1987. Biological control program on the *Leucaena* psyllid, *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera : Psyllidae) in Hawaii. *Leucaena Res. Rep.*, 7 (2) : 39-44.
- NAPOMPETH B., MANEERATANA T., 1990. Biological and partial ecological life tables of *Heteropsylla cubana* Crawford and its predator *Curinus coeruleus* Mulsant, in Thailand. In : *Leucaena* psyllid, problems and management, Proceedings of an international Workshop held January 16-21, 1989 in Bogor Indonesia. Winrock International / IDRC / NFTA : 130 - 138.
- NAPOMPETH B., WINOTAI A., SOMMARTYA P., 1990. Utilization of natural enemies for biological control of *Leucaena* Psyllid in Thailand. In : *Leucaena* psyllid, problems and management, Proceedings of an international Workshop held January 16-21, 1989 in Bogor Indonesia. Winrock International / IDRC / NFTA : 175 - 180.
- NIELSEN I., 1983. Légumineuses Mimosées. Flore de la Nouvelle-Calédonie et Dépendances, 12 : 3 - 103.
- OKA I. N., BAHAGIAWATI A. H., 1988. Comprehensive program towards integrated control of *Leucaena* psyllid, a new insect pest of *Leucaena* trees in Indonesia. IARD Jour. 10(1) : 23-30.
- RAUF A., RASYID S., NURMANSYAHULUR A., 1990. Laboratory life table of *Curinus coeruleus* Mulsant (Coleoptera : Coccinellidae), an introduced predator for controlling *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera : Psyllidae). In : *Leucaena* psyllid, problems and management, Proceedings of an international workshop held January 16-21, 1989 in Bogor Indonesia. Winrock International / IDRC / NFTA : 119 - 121.
- SORENSSON C.T., BREWBAKER J.L., 1987. Psyllid resistance of *Leucaena* hybrids and species. *Leucaena Res. Rep.*, 7 (2) : 29 -31.
- WAAGE J., 1990. Exploration for biological control agents of *Leucaena* Psyllid in Tropical America. In : *Leucaena* psyllid, problems and management, Proceedings of an international workshop held January 16-21, 1989 in Bogor Indonesia. Winrock International / IDRC / NFTA : 144 - 152.
- WATERHOUSE D. A., NORRIS K. R., 1987. Biological control. Pacific Prospects. Melbourne : Inkata Press, 454 p.
- YAO A.L., HWANG Y.S., WANG W.Y., 1990. Natural enemies and biological control of *Heteropsylla cubana* on *Leucaena leucocephala* in Taiwan. In : *Leucaena* psyllid, problems and management, Proceedings of an international workshop held January 16-21, 1989 in Bogor Indonesia. Winrock International / IDRC / NFTA : 162.

ANNEXES

Annexe 1 : Eclosion des oeufs de *C. coeruleus* au laboratoire

ESSAI 1 Température moyenne (°C): 23,4 (22,7 / 24,1)
 du 15/04 au 25/04 Hygrométrie moyenne (%) : 75,3 (71,4 / 79,1) Total

jour de vie	46	46	44	43	43	44	43		44
nbre d'oeufs	18	13	15	10	2	1	1		60
L1 écloses	17	11	15	7	0	0	0		50
% d'éclosion	94,4	84,6	100	70	0	0	0		83,3

ESSAI 2 Température moyenne (°C): 24,7 (24,1 / 25,2)
 du 23/04 au 03/05 Hygrométrie moyenne (%) : 77,2 (74,8 / 79,6) Total

jour de vie	54	54	52	51	51	51	51	51	52
nbre d'oeufs	13	12	30	16	1	2	3	20	97
L1 écloses	10	7	26	1	1	0	3	13	61
% d'éclosion	76,9	58,3	86,7	6,3	100	0	100	65	62,9

ESSAI 3 Température moyenne (°C): 25,5 (25,1 / 25,9)
 du 06/05 au 16/05 Hygrométrie moyenne (%) : 74,1 (70,9 / 77,3) Total

jour de vie	67	65	64	64	65	64	64		65
nbre d'oeufs	10	23	34	18	5	22	32		144
L1 écloses	5	9	6	1	3	11	6		41
% d'éclosion	50	39,1	17,7	5,6	60	50	18,8		28,5

ESSAI 4 Température moyenne (°C): 25,5 (25,0 / 26,1)
 du 14/05 au 24/05 Hygrométrie moyenne (%) : 77,5 (74,9 / 80,1) Total

jour de vie	75	73	72	72	72	72	72		73
nbre d'oeufs	14	22	1	10	3	4	10		64
L1 écloses	12	17	1	6	3	2	8		49
% d'éclosion	85,7	77,3	100	60	100	50	80		76,6

ESSAI 5 Température moyenne (°C): 25,3 (24,7 / 25,8)
 du 21/05 au 31/05 Hygrométrie moyenne (%) : 79,5 (77,6 / 81,4) Total

jour de vie	82	80	79	79	80	79	79		80
nbre d'oeufs	16	2	5	1	12	17	15		68
L1 écloses	2	2	3	1	4	13	8		33
% d'éclosion	12,5	100	60	100	33,3	76,5	53,3		48,5

Annexe 1 : Eclosion des oeufs de *C. coeruleus* au laboratoire
(suite)

ESSAI 11 Température moyenne (°C): 25,4 (24,9 / 25,9)
du 02/07 au 12/07 Hygrométrie moyenne (%) : 69,6 (68,0 / 71,1) Total

jour de vie	122	121	121	119	121	119	121
nbre d'oeufs	6	21	9	18	1	11	66
L1 écloses	2	21	1	9	0	1	34
% d'éclosion	33,3	100	11,1	50	0	9,1	51,5

ESSAI 12 Température moyenne (°C): 25,4 (24,9 / 25,9)
du 10/07 au 20/07 Hygrométrie moyenne (%) : 69,5 (67,4 / 71,7) Total

jour de vie	128	125	126	126	126
nbre d'oeufs	21	3	11	10	45
L1 écloses	17	0	5	4	26
% d'éclosion	80,9	0	45,4	40	57,8

Annexe 2 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,58)

Jour x	N. Oeufs	N.fem.	l_x	m_x	$l_x \cdot m_x$	$l_x \cdot m_x \cdot \exp^{-r_m \cdot x}$	$r_m = 0,0593$
1			1				
2			1				
3			1				
4			1				
5			1				
6			1				
7			1				
8			0,63				
9			0,63				
10			0,63				
11			0,63				
12			0,58				
13			0,58				
14			0,54				
15			0,54				
16			0,54				
17			0,54				
18			0,50				
19			0,50				
20			0,50				
21			0,50				
22			0,50				
23			0,50				
24			0,50				
25			0,47				
26			0,47				
27			0,45				
28			0,45				
29			0,45				
30			0,45				
31			0,45				
32	0	7	0,45	0	0	0	
33	0	20	0,45	0	0	0	
34	0	27	0,45	0	0	0	
35	0	29	0,45	0	0	0	
36	0	29	0,45	0	0	0	
37	0	30	0,45	0	0	0	
38	0	30	0,45	0	0	0	
39	1	30	0,45	0,0082	0,0037	0,0004	
40	0	30	0,45	0	0	0	
41	21	30	0,45	0,1730	0,0774	0,0068	
42	24	30	0,45	0,1977	0,0884	0,0073	
43	25	30	0,45	0,2059	0,0921	0,0072	
44	54	30	0,45	0,4447	0,1989	0,0146	
45	169	30	0,45	1,3919	0,6226	0,0431	
46	178	30	0,45	1,4660	0,6557	0,0428	
47	144	30	0,45	1,1860	0,5305	0,0326	
48	265	30	0,45	2,1825	0,9763	0,0566	

Annexe 2 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,58)

49	224	30	0,45	1,8449	0,8252	0,0451
50	328	30	0,45	2,7014	1,2083	0,0622
51	342	30	0,45	2,8167	1,2599	0,0611
52	283	30	0,45	2,3308	1,0426	0,0477
53	312	30	0,45	2,5696	1,1494	0,0495
54	220	30	0,45	1,8119	0,8105	0,0329
55	190	30	0,45	1,5648	0,7000	0,0268
56	305	30	0,45	2,5120	1,1236	0,0405
57	245	30	0,45	2,0178	0,9026	0,0307
58	201	30	0,45	1,6554	0,7405	0,0237
59	217	30	0,45	1,7872	0,7994	0,0241
60	251	30	0,45	2,0672	0,9247	0,0263
61	213	30	0,45	1,7543	0,7847	0,0210
62	230	30	0,45	1,8943	0,8473	0,0214
63	216	30	0,45	1,7790	0,7957	0,0189
64	189	30	0,45	1,5566	0,6963	0,0156
65	260	30	0,45	2,1414	0,9578	0,0203
66	307	30	0,45	2,5285	1,1310	0,0225
67	232	29	0,43	1,9766	0,8547	0,0160
68	285	29	0,43	2,4282	1,0499	0,0186
69	232	29	0,43	1,9766	0,8547	0,0143
70	214	29	0,43	1,8233	0,7884	0,0124
71	264	29	0,43	2,2493	0,9726	0,0144
72	306	29	0,43	2,6071	1,1273	0,0157
73	166	29	0,43	1,4143	0,6115	0,0080
74	111	29	0,43	0,9457	0,4089	0,0051
75	165	28	0,42	1,4560	0,6079	0,0071
76	204	26	0,39	1,9386	0,7515	0,0083
77	242	26	0,39	2,2997	0,8915	0,0092
78	120	26	0,39	1,1404	0,4421	0,0043
79	137	26	0,39	1,3019	0,5047	0,0047
80	157	26	0,39	1,4920	0,5784	0,0050
81	131	26	0,39	1,2449	0,4826	0,0039
82	172	26	0,39	1,6345	0,6336	0,0049
83	136	24	0,36	1,4001	0,5010	0,0036
84	151	23	0,34	1,6221	0,5563	0,0038
85	168	23	0,34	1,8048	0,6189	0,0040
86	126	23	0,34	1,3536	0,4642	0,0028
87	183	23	0,34	1,9659	0,6742	0,0039
88	142	23	0,34	1,5255	0,5231	0,0028
89	123	23	0,34	1,3213	0,4531	0,0023
90	90	23	0,34	0,9668	0,3316	0,0016
91	61	22	0,33	0,6851	0,2247	0,0010
92	172	21	0,31	2,0237	0,6336	0,0027
93	120	19	0,28	1,5605	0,4421	0,0018
94	108	18	0,27	1,4825	0,3979	0,0015
95	110	18	0,27	1,5099	0,4052	0,0014
96	89	18	0,27	1,2217	0,3279	0,0011

Annexe 2 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,58)

97	95	18	0,27	1,3040	0,3500	0,0011
98	67	18	0,27	0,9197	0,2468	0,0007
99	97	17	0,25	1,4098	0,3573	0,0010
100	127	17	0,25	1,8458	0,4679	0,0012
101	70	16	0,24	1,0810	0,2579	0,0006
102	72	16	0,24	1,1119	0,2652	0,0006
103	69	14	0,21	1,2178	0,2542	0,0006
104	82	14	0,21	1,4472	0,3021	0,0006
105	38	12	0,18	0,7824	0,1400	0,0003
106	81	12	0,18	1,6678	0,2984	0,0006
107	55	12	0,18	1,1325	0,2026	0,0004
108	47	11	0,16	1,0557	0,1731	0,0003
109	53	11	0,16	1,1905	0,1953	0,0003
110	106	11	0,16	2,3810	0,3905	0,0006
111	104	11	0,16	2,3360	0,3831	0,0005
112	49	11	0,16	1,1006	0,1805	0,0002
113	19	11	0,16	0,4268	0,0700	0,0001
114	42	10	0,15	1,0377	0,1547	0,0002
115	90	10	0,15	2,2237	0,3316	0,0004
116	38	9	0,13	1,0432	0,1400	0,0001
117	58	9	0,13	1,5923	0,2137	0,0002
118	53	9	0,13	1,4550	0,1953	0,0002
119	52	9	0,13	1,4276	0,1916	0,0002
120	45	9	0,13	1,2354	0,1658	0,0001
121	46	8	0,12	1,4207	0,1695	0,0001
122	30	8	0,12	0,9266	0,1105	0,0001
123	32	7	0,10	1,1295	0,1179	0,0001
124	30	7	0,10	1,0589	0,1105	0,0001
125	21	7	0,10	0,7412	0,0774	0,0000
126	47	7	0,10	1,6590	0,1731	0,0001
127	0	7	0,10	0	0	0
128	25	6	0,09	1,0295	0,0921	0,0000
129	1	6	0,09	0,0412	0,0037	0,0000
130	42	5	0,07	2,0755	0,1547	0,0001
131	24	5	0,07	1,1860	0,0884	0,0000
132	1	5	0,07	0,0494	0,0037	0,0000
133	5	5	0,07	0,2471	0,0184	0,0000
134	0	3	0,04	0	0	0
135	3	3	0,04	0,2471	0,0111	0,0000
136	0	3	0,04	0	0	0
137	0	3	0,04	0	0	0
138	13	3	0,04	1,0707	0,0479	0,0000
139	0	3	0,04	0	0	0
140	0	3	0,04	0	0	0
141	5	3	0,04	0,4118	0,0184	0,0000
142	0	3	0,04	0	0	0
143	6	3	0,04	0,4942	0,0221	0,0000
144	18	3	0,04	1,4825	0,0663	0,0000

Annexe 2 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,58)

145	0	3	0,04	0	0	0
146	5	3	0,04	0,4118	0,0184	0,0000
147	20	3	0,04	1,6472	0,0737	0,0000
148	5	3	0,04	0,4118	0,0184	0,0000
149	19	3	0,04	1,5648	0,0700	0,0000
150	0	3	0,04	0	0	0
151	12	3	0,04	0,9883	0,0442	0,0000
152	1	3	0,04	0,0824	0,0037	0,0000
153	0	3	0,04	0	0	0
154	0	1	0,01	0	0	0
155	0	1	0,01	0	0	0
156	0	1	0,01	0	0	0
157	0	1	0,01	0	0	0
158	0	1	0,01	0	0	0
159	1	1	0,01	0,2471	0,0037	0,0000
160	0	1	0,01	0	0	0
161	0	1	0,01	0	0	0
162	0	1	0,01	0	0	0
163	0	1	0,01	0	0	0
164	0	1	0,01	0	0	0
165	0	1	0,01	0	0	0
T.oeufs			12352	R0 =	45,50	1,0001

Annexe 3 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,50)

Jour x	N.Oeufs	N.Fem.	l_x	m_x	$l_x \cdot m_x$	$l_x \cdot m_x \cdot \exp^{-r_m x}$	$r_m = 0,0568$
1			1				
2			1				
3			1				
4			1				
5			1				
6			1				
7			1				
8			0,63				
9			0,63				
10			0,63				
11			0,63				
12			0,58				
13			0,58				
14			0,54				
15			0,54				
16			0,54				
17			0,54				
18			0,50				
19			0,50				
20			0,50				
21			0,50				
22			0,50				
23			0,50				
24			0,50				
25			0,47				
26			0,47				
27			0,45				
28			0,45				
29			0,45				
30			0,45				
31			0,45				
32	0	7	0,45	0	0	0	
33	0	20	0,45	0	0	0	
34	0	27	0,45	0	0	0	
35	0	29	0,45	0	0	0	
36	0	29	0,45	0	0	0	
37	0	30	0,45	0	0	0	
38	0	30	0,45	0	0	0	
39	1	30	0,45	0,0071	0,0032	0,0003	
40	0	30	0,45	0	0	0	
41	21	30	0,45	0,1491	0,0667	0,0065	
42	24	30	0,45	0,1704	0,0762	0,0070	
43	25	30	0,45	0,1775	0,0794	0,0069	
44	54	30	0,45	0,3834	0,1715	0,0141	
45	169	30	0,45	1,1999	0,5367	0,0417	
46	178	30	0,45	1,2638	0,5653	0,0415	
47	144	30	0,45	1,0224	0,4573	0,0317	
48	265	30	0,45	1,8815	0,8416	0,0552	

Annexe 3 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,50)

49	224	30	0,45	1,5904	0,7114	0,0441
50	328	30	0,45	2,3288	1,0417	0,0610
51	342	30	0,45	2,4282	1,0861	0,0600
52	283	30	0,45	2,0093	0,8988	0,0469
53	312	30	0,45	2,2152	0,9909	0,0489
54	220	30	0,45	1,5620	0,6987	0,0326
55	190	30	0,45	1,3490	0,6034	0,0266
56	305	30	0,45	2,1655	0,9686	0,0403
57	245	30	0,45	1,7395	0,7781	0,0306
58	201	30	0,45	1,4271	0,6383	0,0237
59	217	30	0,45	1,5407	0,6892	0,0242
60	251	30	0,45	1,7821	0,7971	0,0264
61	213	30	0,45	1,5123	0,6765	0,0212
62	230	30	0,45	1,6330	0,7304	0,0216
63	216	30	0,45	1,5336	0,6860	0,0192
64	189	30	0,45	1,3419	0,6002	0,0159
65	260	30	0,45	1,8460	0,8257	0,0206
66	307	30	0,45	2,1797	0,9750	0,0230
67	232	29	0,43	1,7040	0,7368	0,0164
68	285	29	0,43	2,0933	0,9051	0,0191
69	232	29	0,43	1,7040	0,7368	0,0147
70	214	29	0,43	1,5718	0,6796	0,0128
71	264	29	0,43	1,9390	0,8384	0,0149
72	306	29	0,43	2,2475	0,9718	0,0163
73	166	29	0,43	1,2192	0,5272	0,0084
74	111	29	0,43	0,8153	0,3525	0,0053
75	165	28	0,42	1,2552	0,5240	0,0074
76	204	26	0,39	1,6712	0,6479	0,0087
77	242	26	0,39	1,9825	0,7686	0,0097
78	120	26	0,39	0,9831	0,3811	0,0045
79	137	26	0,39	1,1223	0,4351	0,0049
80	157	26	0,39	1,2862	0,4986	0,0053
81	131	26	0,39	1,0732	0,4160	0,0042
82	172	26	0,39	1,4091	0,5462	0,0052
83	136	24	0,36	1,2070	0,4319	0,0039
84	151	23	0,34	1,3984	0,4796	0,0041
85	168	23	0,34	1,5558	0,5335	0,0043
86	126	23	0,34	1,1669	0,4002	0,0030
87	183	23	0,34	1,6947	0,5812	0,0042
88	142	23	0,34	1,3150	0,4510	0,0031
89	123	23	0,34	1,1391	0,3906	0,0025
90	90	23	0,34	0,8335	0,2858	0,0017
91	61	22	0,33	0,5906	0,1937	0,0011
92	172	21	0,31	1,7446	0,5462	0,0029
93	120	19	0,28	1,3453	0,3811	0,0019
94	108	18	0,27	1,2780	0,3430	0,0017
95	110	18	0,27	1,3017	0,3493	0,0016
96	89	18	0,27	1,0532	0,2826	0,0012

Annexe 3 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,50)

97	95	18	0,27	1,1242	0,3017	0,0012
98	67	18	0,27	0,7928	0,2128	0,0008
99	97	17	0,25	1,2154	0,3081	0,0011
100	127	17	0,25	1,5912	0,4033	0,0014
101	70	16	0,24	0,9319	0,2223	0,0007
102	72	16	0,24	0,9585	0,2287	0,0007
103	69	14	0,21	1,0498	0,2191	0,0006
104	82	14	0,21	1,2476	0,2604	0,0007
105	38	12	0,18	0,6745	0,1207	0,0003
106	81	12	0,18	1,4378	0,2572	0,0006
107	55	12	0,18	0,9763	0,1747	0,0004
108	47	11	0,16	0,9101	0,1493	0,0003
109	53	11	0,16	1,0263	0,1683	0,0003
110	106	11	0,16	2,0525	0,3366	0,0007
111	104	11	0,16	2,0138	0,3303	0,0006
112	49	11	0,16	0,9488	0,1556	0,0003
113	19	11	0,16	0,3679	0,0603	0,0001
114	42	10	0,15	0,8946	0,1334	0,0002
115	90	10	0,15	1,9170	0,2858	0,0004
116	38	9	0,13	0,8993	0,1207	0,0002
117	58	9	0,13	1,3727	0,1842	0,0002
118	53	9	0,13	1,2543	0,1683	0,0002
119	52	9	0,13	1,2307	0,1651	0,0002
120	45	9	0,13	1,0650	0,1429	0,0002
121	46	8	0,12	1,2248	0,1461	0,0002
122	30	8	0,12	0,7988	0,0953	0,0001
123	32	7	0,10	0,9737	0,1016	0,0001
124	30	7	0,10	0,9129	0,0953	0,0001
125	21	7	0,10	0,6390	0,0667	0,0001
126	47	7	0,10	1,4301	0,1493	0,0001
127	0	7	0,10	0	0	0
128	25	6	0,09	0,8875	0,0794	0,0001
129	1	6	0,09	0,0355	0,0032	0,0000
130	42	5	0,07	1,7892	0,1334	0,0001
131	24	5	0,07	1,0224	0,0762	0,0000
132	1	5	0,07	0,0426	0,0032	0,0000
133	5	5	0,07	0,2130	0,0159	0,0000
134	0	3	0,04	0	0	0
135	3	3	0,04	0,2130	0,0095	0,0000
136	0	3	0,04	0	0	0
137	0	3	0,04	0	0	0
138	13	3	0,04	0,9230	0,0413	0,0000
139	0	3	0,04	0	0	0
140	0	3	0,04	0	0	0
141	5	3	0,04	0,3550	0,0159	0,0000
142	0	3	0,04	0	0	0
143	6	3	0,04	0,4260	0,0191	0,0000
144	18	3	0,04	1,2780	0,0572	0,0000

Annexe 3 : Table de vie et de fécondité de *Curinus coeruleus*
(taux sexuel = 0,50)

145	0	3	0,04	0	0	0
146	5	3	0,04	0,3550	0,0159	0,0000
147	20	3	0,04	1,4200	0,0635	0,0000
148	5	3	0,04	0,3550	0,0159	0,0000
149	19	3	0,04	1,3490	0,0603	0,0000
150	0	3	0,04	0	0	0
151	12	3	0,04	0,8520	0,0381	0,0000
152	1	3	0,04	0,0710	0,0032	0,0000
153	0	3	0,04	0	0	0
154	0	1	0,01	0	0	0
155	0	1	0,01	0	0	0
156	0	1	0,01	0	0	0
157	0	1	0,01	0	0	0
158	0	1	0,01	0	0	0
159	1	1	0,01	0,2130	0,0032	0,0000
160	0	1	0,01	0	0	0
161	0	1	0,01	0	0	0
162	0	1	0,01	0	0	0
163	0	1	0,01	0	0	0
164	0	1	0,01	0	0	0
165	0	1	0,01	0	0	0
T.oeufs	<u>12352</u>			R0 =	<u>39,23</u>	<u>1,0001</u>