

N° D'ORDRE : 1120 -

Utep 6834

4

THESE

PRESENTEE

DEVANT L'UNIVERSITE PAUL SABATIER DE TOULOUSE (SCIENCES)

EN VUE DE L'OBTENTION

DU GRADE DE DOCTEUR D'ETAT - Sciences -

Spécialité : Biologie Animale

PAR

Panayotis KATSOYANNOS

✓

RECHERCHES SUR LA BIOLOGIE DE QUELQUES ESPECES DE COCCINELLIDAE (COLEOPTERA) PREDATEURS DE COCHENILLES (HOMOPTERA, COCCOIDEA) DANS LA REGION MEDITERRANEENNE ORIENTALE

✓
Soutenue le 17 Décembre 1983 devant la Commission d'Examen

MM. J. BITSCH

Président

E. ANGELIER

P. CASSAGNAU

P. JOURDHEUIL

G. IPERTI

M. CANARD

} Examineurs



THESE

PRESENTEE

DEVANT L'UNIVERSITE PAUL SABATIER DE TOULOUSE (SCIENCES)

EN VUE DE L'OBTENTION

DU GRADE DE DOCTEUR D'ETAT - Sciences -

Spécialité : Biologie Animale

PAR

Panayotis KATSOYANNOS

RECHERCHES SUR LA BIOLOGIE DE QUELQUES ESPECES DE COCCINELLIDAE (COLEOPTERA) PREDATEURS DE COCHENILLES (HOMOPTERA, COCCOIDEA) DANS LA REGION MEDITERRANEEENNE ORIENTALE

Soutenu le 17 Décembre 1983 devant la Commission d'Examen

MM. J. BITSCH	Président
E. ANGELIER	} Examineurs
P. CASSAGNAU	
P. JOURDHEUIL	
G. IPERTI	
M. CANARD	

UNIVERSITE PAUL SABATIER

PRESIDENCE

M. BANCEL Président
M. MADAULE Vice-Président - Sciences
.....

ORDRE DES SCIENCES

HONORARIAT

M. AGID Professeur honoraire
M. BEDOS Professeur honoraire
M. BLAIZOT Doyen honoraire
M. CAPDECOMME .. Doyen honoraire, Recteur honoraire,
Correspondant de l'Institut,
Professeur honoraire
Mlle De FERRE Professeur honoraire
M. DUPOUY Membre de l'Institut, Doyen honoraire,
Directeur honoraire du C.N.R.S.,
Professeur honoraire
M. DURAND Emile .. Doyen honoraire, Professeur honoraire
M. FERT Professeur honoraire
M. GALLAIS Professeur honoraire, Membre de l'Institut
M. HURON Professeur honoraire
M. LAFOURCADE .. Professeur honoraire
M. LESBRE Professeur honoraire
M. MARGULIS Professeur honoraire
M. MASDUPUY Professeur honoraire
M. MATHIS Doyen honoraire
M. MIGNONAC Professeur honoraire
M. ORLIAC Professeur honoraire
M. PERRIER Professeur honoraire
M. PILOD Professeur honoraire
M. TEISSIE-SOLIER . Professeur honoraire
M. TRICHE Professeur honoraire

EMERITAT

M. AGID M. GALLAIS
M. CAPDECOMME M. LESBRE
Mlle De FERRE M. ORLIAC
M. FERT

CORPS ENSEIGNANT

PROFESSEURS DE CLASSE EXCEPTIONNELLE ET DE 1^{ère} CLASSE

M. LEDOUX Zoologie Appliquée
M. MATHIS Chimie
M. ANGELIER Zoologie
M. FARRAN Minéralogie et Géotechnique
M. LAUDET Physique Théorique et Calcul Numérique
M. LAGASSE Electrotechnique
M. BLANC Physique Nucléaire
M. LEREDDE Botanique
M. LELUBRE Géologie

M. LALAGUE Mathématiques Générales
M. BOUIGUE Astronomie
M. ASSELINEAU Chimie Biologique
M. MAURET Chimie Systématique
M. MONTANT Cryptogamie
M. GAUTIER Physique
M. CRUMEYROLLE . Mathématiques
M. GOURINARD Géologie
M. PULOU Minéralogie
M. CAMBOU Physique Spatiale
M. LACOSTE Electrotechnique
M. THIBAUT Mécanique Rationnelle et Appliquée
M. MASCART Mathématiques
M. MEDIONI Psychophysiologie
M. RAYNAUD P. Physiologie Animale
M. ZALTA Chimie Biologique
M. SEVELY Electrotechnique
M. POMMIEZ Mathématiques
M. REY Paul Biologie Végétale
M. COULOMB Physique
M. TRINQUIER Physique
M. MARONI Chimie
M. BEETSCHEN Biologie Générale
M. DERACHE Physiologie Animale
M. SATGE Chimie Organique
M. LATTES Chimie
M. VEDRENNE Géophysique
M. DURAND-DELGA Géologie, Correspondant de l'Institut
M. CARRARA Physique
M. MAHENC Chimie
M. MIROUSE Géologie
M. BITSCH Zoologie
M. DEGEILH Physique
M. MARTIN J.C. Génie Electrique
M. REY Gérard Génie Electrique
M. SICARD Biologie Génétique
M. SOUQUET Géologie
M. TOUZE Physiologie Végétale
M. FRASNAY Mathématiques (Algèbre et Combinatoire)
M. CASSAGNAU Zoologie
M. CAUSSINUS Mathématiques Appliquées (Statistiques
Appliquées)
M. PESCIA Physique
M. PICCA Physique de l'Atmosphère
M. BAUDIERE Botanique Fondamentale et Pyrénéenne
M. BARRANS Chimie Physique Organique
M. POILBLANC Chimie Minérale
M. PERENNOU Informatique
M. ATTEIA Mathématiques
M. CASTAN Informatique
M. COLLETTE Physique
M. REME Mesures Physiques
M. CUPPENS Mathématiques
M. BAUDRAS Chimie Biologique
M. BEAUFILS Informatique
M. CALVET Mécanique des Fluides
M. LETAC Mathématiques
M. BOUDET Physiologie Végétale

PROFESSEURS DE 2ème CLASSE

M. MERIC Mathématiques Appliquées
 Mme LECAL Zoologie
 M. LARROQUE Physique
 Mme LAUDET- Mathématiques - Informatique
 LAPEYRE
 M. BERTRAND Chimie
 M. DESQ Mathématiques
 M. ROCARD Electronique
 M. GUERIN Mathématiques
 M. SCHNEIDER Biologie Cellulaire
 M. de LOTH Chimie Physique
 M. SAPORTE Physique
 M. THENOZ Génie Civil
 M. DURAND Ph. Physique
 M. FONTAN Physique Nucléaire
 M. PAGANI Physique
 M. BERTHELEMY ... Zoologie
 M. TERJANIAN Mathématiques
 M. MORUCCI Génie Biologique et Médical
 M. SOTIROPOULOS . Chimie Organique
 M. VERDIER Physique
 M. ETTINGER Mathématiques
 M. BONNET Louis ... Biologie
 M. JOSSERAND Mesures Physiques
 M. ROUTIE Génie Chimique
 M. COTTU Génie Mécanique
 M. HURAU Physique
 Mme GERVAIS Chimie Inorganique
 M. BANCEL Mathématiques
 M. LOUARN Génétique
 M. HERAULT Chimie
 M. GRANDET Génie Civil
 Mlle BARBANCE Mathématiques
 M. GILLY Génie Mécanique
 M. MARAL Mesures Physiques
 M. LEGRAND Génie Civil
 M. ABATUT Electronique, Electrotechnique, Automatique
 M. MAUSS Mécanique
 M. BETOURNE Informatique
 M. CAMPAN Psychophysiologie
 M. CLERC Mécanique
 M. GRIFONE Mathématiques
 M. COUOT Mathématiques, Analyse Numérique
 M. NGUYEN THANH VAN
 M. TRAVERSE Problèmes Chimiques de l'Energie
 M. ALRAN Génie Chimique
 M. REY J. Géologie Sédimentaire et Paléontologie
 M. DARTIGUENAVE . Chimie Minérale Moléculaire
 M. PRADINES Mathématiques
 M. GALINIER Informatique
 M. VIGNOLLE Informatique
 M. DEPARIS Embryologie
 M. CAVALIE Physiologie Végétale
 M. MASSOL Chimie des Composés Organiques
 et Organominéraux d'intérêt biologique
 M. HARTMANN Mécanique
 M. ROUSSET Chimie Appliquée (Matériaux)
 M. HOLLANDE Biologie Cellulaire
 M. DUGAS Physique des Energies Nouvelles
 M. BENOIT-CATTIN . Physique
 M. COMTAT Chimie Appliquée
 M. LANEELLE Biochimie
 M. LUGUET Informatique Fondamentale et Appliquée
 M. BONNET J.J. Chimie Minérale
 M. PERAMI Minéralogie et Matériaux
 M. AUDOUNET Mathématiques
 M. PERIE Chimie Organique
 M. AMBID Physiologie
 M. AURIOL Biologie
 M. COURVOISIER .. Electronique, Electrotechnique, Automatique
 M. FORTUNE Géologie
 Mlle RIVIERE Chimie
 M. TIRABY Biologie
 M. BARONNET Thermodynamique Energétique
 M. COMBES Génie Electrique
 M. DUBAC Mesures Physiques
 M. GUMOWSKI Mécanique
 M. RAUGI Mathématiques
 M. HIRIART- Mathématiques
 URRUTY
 M. BALLADORE Electronique et Electrotechnique
 M. HARAN Chimie Minérale

M. RENUCCI Physique du Solide et Cristallographie
 Mme VAUCLAIR Astronomie, Physique Spatiale, Géophysique
 M. COLOMBEL Zoologie et Ecologie
 M. DURRIEU Biologie
 M. SAINT-MARC ... Mesures Physiques
 M. CORDIER Génie Mécanique
 M. JOFFROY Génie Electrique

CHERCHEURS DU C.N.R.S.

DIRECTEURS DE RECHERCHE

M. BUI AI
 M. ESTEVE Daniel
 M. GALY Jean
 M. GIRALT Georges
 M. LABARRE Jean-François
 M. LAURENT Jean-Pierre
 M. LEGRIS
 M. MARTINOT Henri
 M. MAZEROLLES
 M. PRADAL
 M. WOLF Robert

MAITRES DE RECHERCHE

M. AGUILAR-MARTIN José
 Mme ASSELINEAU Cécile
 M. AYROLES René
 M. AZEMA Pierre
 Mme BENAZETH Nicole
 M. BUXO Jean
 Mme DARTIGUENAVE M.
 Mme DUPRAT Anne-Marie
 M. FORT Bernard
 M. HAWKES Peter
 M. HOUALLA Doureid
 M. JEREBZOFF
 M. MALRIEU J.P.
 Mme MARONI Yvette
 Mme MATHIS
 M. MAYOUX Christian
 M. MUNOZ Aurélio
 M. NAVECH
 M. PRAJOUX Roland
 M. SEVELY Jean
 M. VACQUIE Serge
 M. VAUCLAIR Gérard
 M. VIDALLON Claude

CORPS DES OBSERVATOIRES ASTRONOMIQUES
 ET INSTITUTS DE PHYSIQUE DU GLOBE

Mme ANDRILLAT Y. Astronome titulaire
 M. AZZOPARDI M. ... Astronome adjoint
 M. COUPINOT G. ... Astronome adjoint
 M. LEROY J.L. Astronome adjoint
 M. MIANES Astronome adjoint
 M. MULLER R. Astronome adjoint
 M. PEDOUSSAUT A. . Astronome adjoint
 M. QUERCI F. Astronome adjoint
 M. ROBLEY R. Physicien titulaire
 M. ROZELOT J.P. ... Physicien adjoint
 M. SAISSAC J. Physicien titulaire
 M. ZAHN J.P. Astronome titulaire

ADMINISTRATION

M. PRINEAU Secrétaire Général de l'Université

Avant de présenter plus en détail les résultats obtenus, j'ai l'agréable devoir de remercier ceux, hommes et structures, qui ont permis ou facilité sa réalisation.

Dans l'ordre chronologique c'est au Ministère de l'Agriculture Hellénique, à la F.A.O., puis plus tard à la Communauté Européenne que je dois d'avoir pu travailler dans de bonnes conditions. Les conseils, directives, encouragements, me sont venus de diverses personnes. Au Docteur Y. LAUDÉHO et au Professeur F. STRONG, Experts F.A.O., aux Docteurs P. JOURDHEUIL, Directeur de Recherches à l'I.N.R.A., et M. CANARD, Maître-Assistant à l'Université Paul Sabatier de Toulouse et Expert F.A.O., à Monsieur G. IPERTI, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., je dois beaucoup. Qu'ils en reçoivent tous ici ma profonde gratitude.

Au cours des échanges scientifiques dont j'ai pu bénéficier auprès d'autres laboratoires, j'ai pu apprécier l'importance des contacts établis, avec le Professeur K.S. HAGEN de l'Université de Californie, Berkeley et avec le Professeur J. BITSCH de l'Université Paul Sabatier de Toulouse. A ce dernier, je dois exprimer ma reconnaissance d'avoir accepté la présidence de ce jury. Que Messieurs E. ANGELIER et P. CASSAGNAU, Professeurs à l'Université Paul Sabatier de Toulouse soient aussi remerciés pour avoir consacré un peu de leur temps à juger ce mémoire.

Je remercie aussi chaleureusement tout le personnel des divers laboratoires où j'ai séjourné, pour leur accueil et leur aide.

SOMMAIRE

	page
- Prologue	13
- Liste et résumé des publications et des rapports antérieurs	17
- Mémoire original : Etude d'un prédateur de <u>Coccidae (Homoptera)</u> : <u>Rhizobius forestieri</u> MULSANT (Coleoptera, <u>Coccinellidae</u>) en cours d'introduction pour son acclimatation en zone méditerranéenne	27
 <u>CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES COCCIDAE NUISIBLES</u> <u>ET LES CULTURES CONCERNEES.</u>	
1 - INTRODUCTION	29
2 - L'OLIVIER EN GRECE	30
3 - SURFACES ET ZONES CLIMATIQUES CONSACREES A L'OLEICULTURE	30
4 - L'IMPORTANCE ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION OLEICOLE	35
5 - GENERALITES SUR LES AGRUMES EN GRECE	35
6 - GENERALITES SUR LA PRODUCTION DE FIGUES EN GRECE	38
7 - LES PRINCIPALES COCHENILLES DES ARBRES FRUITIERS	40
8 - LES ENNEMIS NATURELS DE <u>S. OLEAE</u>	41

CHAPITRE II : GENERALITES AU SUJET DE
RHIZOBIUS FORESTIERI MULSANT.

1 - HISTORIQUE	45
2 - PHYLOGENIE	46
3 - TAXONOMIE	48
4 - LES FORMES PREIMAGINALES	50
5 - DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE	52

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE.

1 - AU LABORATOIRE.....	55
1.1. - <u>Le végétal</u>	56
1.2. - <u>Les proies</u>	56
1.3. - <u>Le prédateur</u>	58
A - Phase de ponte	
B - Phase de développement larvaire	
C - Phase de conservation des adultes	
D - Possibilités de parasitisme par les parasitoïdes indigènes	
1.4. - <u>L'unité de multiplication</u>	59
1.5. - <u>Autres techniques d'étude</u>	62
2 - DANS LA NATURE	
2.1. - <u>Origine de la souche</u>	62
2.2. - <u>Le voltinisme</u>	62
2.3. - <u>Installation des prédateurs sur l'olivier</u>	64
A - Région de Delphes	
B - Région d'Athènes	
C - Ile de Chios	
D - Autres biotopes	
2.4. - <u>Modalités des lâchers du prédateur</u>	65
2.5. - <u>Evaluation de l'efficacité</u>	65

ETUDE BIOLOGIQUE DE R. FORESTIERI.

- INTRODUCTION	67
----------------------	----

CHAPITRE IV : L'ALIMENTATION DE R. FORESTIERI.

1 - ASPECT QUALITATIF DE L'ALIMENTATION	70
2 - ASPECT QUANTITATIF DES BESOINS ALIMENTAIRES IMAGINAUX	73

CHAPITRE V : LA FECONDITE DE R. FORESTIERI.

1 - LE DEPOT DE L'OEUF	78
2 - LA FECONDITE JOURNALIERE	80
3 - LA FECONDITE TOTALE	80
4 - COMPARAISON DES ELEMENTS DE LA FECONDITE AVEC LES AUTRES COCCINELLES	82

CHAPITRE VI : LA LONGEVITE IMAGINALE DE R. FORESTIERI.

1 - LONGEVITE DANS LA NATURE	87
2 - LONGEVITE AU LABORATOIRE	89
3 - DISCUSSION ET COMPARAISON	89

CHAPITRE VII : LES MODALITES DU DEVELOPPEMENT DE
R. FORESTIERI.

1 - ACTION DE LA PHOTOPERIODE	93
2 - DEVELOPPEMENT DANS LA NATURE	94
3 - LES SEUILS THERMIQUES	94
4 - COMPARAISONS AVEC LES AUTRES ESPECES PREDATRICES DE <u>S. OLEAE</u>	99

CHAPITRE VIII : INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE
DEVELOPPEMENT DES STADES PREIMAGINAUX DE R. FORESTIERI.

1 - LA DUREE DU DEVELOPPEMENT ET LES EXIGENCES THERMIQUES MINIMALES DE <u>R. FORESTIERI</u>	101
2 - COMPARAISON AVEC LES AUTRES COCCINELLES	105
3 - LES LIMITES THERMIQUES SUPERIEURES	108

CHAPITRE IX : INFLUENCE DE LA PHOTOPERIODE SUR LA
DUREE DU DEVELOPPEMENT LARVAIRE DE R. FORESTIERI.

CHAPITRE X : INFLUENCE DE L'ALIMENTATION DES LARVES
DE R. FORESTIERI SUR LEUR DEVELOPPEMENT.

1 - LES PROIES LARVAIRES	115
2 - EFFET DES NOURRITURES DE REMPLACEMENT EN LABORATOIRE	115
3 - ASPECT QUANTITATIF DE L'ALIMENTATION LARVAIRE	117
4 - COMPARAISON AVEC LES AUTRES COCCINELLES	119

CHAPITRE XI : RELATIONS ENTRE LES PRINCIPAUX PARASITES
DES COCCINELLES INDIGENES ET LES STADES PREIMAGINAUX
DE R. FORESTIERI.

1 - LES ESSAIS EFFECTUES	121
2 - RESULTATS ET DISCUSSION	122

INTERVENTIONS BIO-ECOLOGIQUES A L'AIDE DE R. FORESTIERI.

- INTRODUCTION	123
----------------------	-----

CHAPITRE XII : ETUDES ECOLOGIQUES DE BASE.

1 - DISTRIBUTION SPATIALE DE <u>R. FORESTIERI</u>	125
2 - VOLTINISME DE <u>R. FORESTIERI</u>	127
3 - STRUCTURES DES POPULATIONS DE <u>R. FORESTIERI</u> SELON LA SAISON	129
4 - LES FACTEURS DE LIMITATION DES POPULATIONS DE <u>R. FORESTIERI</u>	
4.1. - <u>Facteurs climatiques</u>	130
4.2. - <u>Facteurs biologiques</u>	132
4.3. - <u>Facteurs trophiques et anthropiques</u>	136

CHAPITRE XIII : INTERVENTIONS BIO-ECOLOGIQUES.

1 - INTRODUCTION	139
2 - ESSAIS DESTINES A L'INTRODUCTION DE <u>R. FORESTIERI</u>	
2.1. - <u>Les lâchers</u>	144
2.2. - <u>Le contrôle de l'installation</u>	144
3 - EVALUATION DE L'EFFICACITE PREDATRICE DE <u>R. FORESTIERI</u> SUR OLIVIERS	
3.1. - <u>Description de l'oliveraie choisie</u>	149
3.2. - <u>Les étapes de l'intervention</u>	149
3.3. - <u>Evolution de la population de S. oleae</u>	150
3.4. - <u>Evolution de la population des prédateurs</u>	152
3.5. - <u>Efficacité de R. forestieri</u>	158
CONCLUSIONS GENERALES	161
BIBLIOGRAPHIE	165



PROLOGUE

Sous cette jaquette sont regroupés les travaux que j'ai effectués personnellement et en collaboration avec d'autres chercheurs grecs et étrangers depuis maintenant un peu plus de 10 ans sur les Coccinelles, le rôle qu'elles jouent dans diverses cultures et les précautions ou manipulations à prendre à leur égard en vue d'accroître leur efficacité. Ils ont tout d'abord été menés (de 1972 à 1976) dans le cadre du projet des Nations-Unies (F.A.O.) : "Recherches sur les ravageurs et maladies de l'olivier en Grèce continentale, Crète et Corfou" (U.N.D.P./F.A.O./GRE 69-525), puis continués (1978-1981) lors du déroulement du deuxième projet relevant de la même autorité mixte et intitulé "Programme de développement de systèmes de lutte intégrée pour l'oléiculture", et enfin jusqu'à ce jour sous la responsabilité du Ministère de l'Agriculture Hellénique, Institut phytopathologique Bénaki et avec l'aide périodique de la Commission des Communautés Européennes dans son "Programme pour la Lutte biologique et intégrée des ravageurs".

Qu'il me soit permis à cette occasion de remercier tous ceux qui ont de près ou de loin, souvent ou occasionnellement, guidé mon travail, participé à l'élaboration de ces résultats, soutenu mon activité, aplani les inévitables difficultés que rencontre toute recherche .

Au cours des années, les travaux se sont diversifiés dans plusieurs directions. Depuis un inventaire faunistique des Coccinelles présentes dans le pays, on est passé à l'étude de la faune prédatrice susceptible de jouer un rôle efficace dans la limitation de l'un des ravageurs essentiels de l'olivier la Cochenille noire Saissetia oleae OLIVIER. La gestion rationnelle des espèces-clés dans ce domaine que sont Exochomus quadripustulatus L. et Chilocorus bipustulatus L. nous a mené à analyser les éléments de la biologie de ces insectes et plus particulièrement les problèmes relatifs à leur diapause et à leur voltinisme qui étaient alors perçus à travers la littérature de manière confuse et contradictoire. Cette première étape a donné lieu fin 1976 à la soutenance d'une thèse de Docteur-Ingénieur devant l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier, France). Le travail s'est poursuivi ultérieurement sans que l'on puisse toutefois envisager dans le contexte d'alors des utilisations pratiques à grande échelle et la mise en application de résultats généralisables, principalement du fait de l'incapacité de ces prédateurs à évoluer de façon permanente (univoltinisme) et en grande quantité en été et en automne (parasitisme).

C'est pourquoi l'idée de l'introduction d'une espèce exotique susceptible d'assurer un rôle efficace tout au long de l'année s'est petit à petit dessinée, puis imposée. A la suite d'un stage de longue durée effectué à l'Université californienne de Berkeley, j'ai eu l'opportunité de faire revenir à cet usage une espèce d'origine australienne, non encore importée en Europe : Rhizobius forestieri MULSANT. C'est l'étude de cette dernière qui a été entreprise et qui continue à se dérouler dans des conditions convenables. Elle semble, comme le lecteur pourra en juger, prometteuse de résultats encourageants pour ce qui est de son acclimatation en zone méditerranéenne orientale.

Une grande partie de l'ensemble de ces travaux a déjà été publié. Il ne nous a pas semblé utile de reprendre ici en détail les textes originaux puisqu'ils sont disponibles. Néanmoins, pour faciliter la compréhension générale du problème des Coccinelles dans la zone méditerranéenne, ainsi que pour donner une vue plus exacte de l'évolution progressive de mon travail, de sa ligne directrice, j'ai tout d'abord donné en première partie une liste chronologique complète des publications faites à ce sujet, avec un résumé substantiel des résultats acquis lors de chaque étape.

De ce fait le mémoire original présenté en deuxième partie est réduit aux généralités économiques sur les cultures concernées par les **Coccidae** et aux résultats nouveaux relatifs à l'espèce exotique importée qui n'a fait jusqu'à ce jour l'objet que de mentions sommaires. Compte tenu de l'expérience acquise au cours des travaux réalisés sur les Coccinelles indigènes E. quadripustulatus et C. bipustulatus, les études préliminaires de laboratoire ont été écourtées ; il est en effet apparu d'emblée que cette nouvelle espèce avait le profil désiré pour ce qui est du voltinisme, de la voracité, de la fécondité, de l'absence d'affinités parasitaires nettes avec les ennemis naturels les plus redoutables des autres Coccinelles. Dans le souci d'aller droit au but concret, c'est-à-dire la protection des arbres contre les Cochenilles **Coccidae**, les opérations de lâchers d'implantation ont donc été entreprises en divers points de Grèce dès la fin de la période de quarantaine. Qu'il me soit permis d'espérer un succès dans ce domaine et par là une amélioration de la production agricole qui marche de pair avec une diminution de la pollution de l'environnement par les produits phytosanitaires.



Liste et résumé des publications et des rapports antérieurs

I - PUBLICATIONS.

- 1 - P. KATSOYANNOS & Y. LAUDEHO, 1975 - Périodes d'activité des principaux insectes entomophages indigènes de Saissetia oleae BERN. sur l'olivier, en Grèce continentale. Fruits, 30 271-274, 2 figures, 3 références.

Compte-tenu de l'évolution annuelle de S. oleae, il est fait mention des périodes d'activité :

- des deux principaux parasites de la Cochenille : Metaphycus helvolus et Scutellista cyanea. Le premier évolue de septembre à novembre et durant mars et avril ; le second n'est rencontré qu'en juin et juillet,
- des principales coccinelles : Chilocorus bipustulatus et Exochomus quadripustulatus. La première intervient de février à mai ; elle est relayée dans son action par la seconde qui évolue d'avril jusqu'en été.

La présence de ces entomophages ne doit pas être négligée dans l'établissement des programmes de lutte chimique contre les ravageurs de l'olivier.

- 2 - P. KATSOYANNOS, 1976 - Etude d'un prédateur : Exochomus quadripustulatus L. (Col., Coccinellidae) en vue d'une éventuelle utilisation contre Saissetia oleae OLIVIER (Hom., Coccoidea, Coccidae) dans les oliveraies de la Grèce. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc (France), 114 pp., 28 figures, 7 planches, 23 tableaux, 89 références.

E. quadripustulatus est un insecte qui présente sur l'olivier en Grèce une évolution annuelle du type univoltin et pour lequel un arrêt marqué d'activité peut être mis en évidence pendant la période estivale. Cet arrêt d'activité (diapause) se traduit dans la nature par une absence d'évolution de la coloration et des organes reproducteurs et par un comportement caractéristique entraînant la formation de groupes d'insectes adultes. Après la période automnale un arrêt d'activité d'un autre type (quiescence) apparaît pendant les mois les plus froids.

C. bipustulatus présente des générations imbriquées qui sont à l'origine de l'existence de tous les stades larvaires dans l'oliveraie jusqu'à la fin du mois de septembre. Ultérieurement, seuls des stades adultes du prédateur peuvent être trouvés dans les oliviers où ils subissent un arrêt d'activité hivernal (quiescence).

C. bipustulatus demeure presque exclusivement coccidiphage et s'alimente essentiellement sur les Diaspines. Pour sa part, on doit souligner une plus grande diversité dans le choix des proies d'E. quadripustulatus dont le régime trophique s'accomode non seulement des cochenilles (Lécánines et Pseudococcines) mais s'étend même aux aphides (Aphis nerii KALT. et Aphis fabae SCOP. par exemple).

Dans la nature, les adultes d'E. quadripustulatus vivent un peu moins d'un an et présentent une période d'activité de reproduction printanière pendant laquelle ils peuvent déposer journallement au plus 28 oeufs. En un mois la fécondité moyenne totale (influencée par la nourriture) atteint près de 200 oeufs.

Au laboratoire, sous les conditions de 25°C, 16 heures de lumière par jour et 60 à 70 % H.R., E. quadripustulatus développe quatre stades larvaires et un stade nymphal en un mois environ. Sous ces conditions, chez les jeunes adultes s'installe une véritable dormance. L'existence d'un stade sensible pendant le développement pré-imaginal n'a pas pu être mis en évidence. Pour accélérer le déclenchement artificiel de l'oviposition chez les adultes (réactivation), il s'avère nécessaire de les exposer pendant un certain temps à 8 heures d'éclairement par jour. Ce résultat expérimental trouve son application dans la mise en oeuvre d'un procédé destiné à obtenir une reprise d'activité plus précoce des adultes. Il consiste à conserver les coccinelles pendant 40 jours à 20°C, 70-80 % H.R. et 8 heures de lumière par jour, en présence d'une abondante nourriture essentielle avant de les placer à 25°C, 60-70 % d'H.R. et 16 heures d'éclairement ; la ponte survient alors de 18 à 20 jours plus tard.

La mélanisation progressive des élytres semble plus précisément déterminée par l'action des basses températures que par celle des courtes photopériodes. Mais, de toute évidence, il existe une relation entre la pigmentation des adultes et une reprise normale de leur activité. Cette dernière se traduit par un changement de leur physiologie (les phénomènes d'ovogénèse commencent à se manifester) et par une modification de leur comportement naturel (les groupements deviennent moins durables).

Les adultes artificiellement réactivés au laboratoire et relâchés dans la nature au début de l'automne se multiplient normalement. Rien ne semble s'opposer à une intégration convenable de leur descendance auprès des populations naturelles d'E. quadripustulatus. Bien entendu un phénomène physiologique aussi complexe que celui de l'arrêt et de la reprise d'activité demeure sous l'étroite dépendance d'agents directeurs hormonaux.

- 3 - L.C. ARGYRIOU & P. KATSOYANNOS, 1976 - Establishment Metaphycus helvolus COMPERE in Kerkyra (Corfu) on Saissetia oleae OLIVIER. Ann.Inst.Phytopath.Benaki, (N.S.) 11 : 200-208, 1 figure, 4 tableaux, 4 références.

Metaphycus helvolus COMPERE est un endoparasite de la Cochenille noire de l'olivier, Saissetia oleae OLIVIER. Il a été importé des Etats-Unis en avril et en novembre 1968 et lâché dans les oliveraies de Corfou.

Le parasite installé a été recapturé à l'automne 1969 dans la partie centrale du Nord de Corfou. Trois ans plus tard, on peut estimer que son installation couvre la totalité de l'île. Jusqu'à présent, il a pu survivre à cinq hivers.

L'installation rapide et la dispersion spontanée de ce parasite suggèrent qu'il s'adapte bien dans les conditions écologiques de Corfou et qu'il peut devenir un facteur important de la lutte biologique contre S. oleae.

- 4 - Y. LAUDEHO & P. KATSOYANNOS, 1977 - Lâcher en fin d'été sur une population de Saissetia oleae OLIV. (Hom., Coccidae) d'Exochomus quadripustulatus L. (Col., Coccinellidae) après réactivation en laboratoire. Fruits, 32 (9) : 562-567. 3 figures, 6 références.

E. quadripustulatus qui présente en Grèce un développement de type univoltin avec diapause estivale a été, après sa réactivation artificielle au laboratoire, l'objet d'un lâcher sur des oliviers infestés par S. oleae. On réalise ainsi artificiellement une deuxième génération du prédateur à une époque de l'année où celui-ci n'existe dans la nature qu'à l'état d'adultes en arrêt d'activité. Les adultes libérés ont déposé des oeufs. Les stades préimaginaux ont évolué normalement aux dépens de la Cochenille et ont donné naissance à des adultes viables. Un parasitisme important a été noté sur les stades préimaginaux de la génération artificiellement réalisée (en particulier sur les larves âgées).

- 5 - P. KATSOYANNOS & Y. LAUDEHO, 1977 - Contribution à la mise au point de l'élevage d'Exochomus quadripustulatus (Col. Coccinellidae), Biologia Gallo-Hellenica, 6 (2) : 251-258.
1 figure, 1 tableau, 2 références.

L'élevage d'Exochomus quadripustulatus L. prédateur de la Cochenille noire de l'olivier a été réalisé au laboratoire pour produire des adultes prêts à pondre dans le but de les lâcher dans les oliveraies pendant une période de l'année ou dans la nature ; cet entomophage en Grèce se trouve en diapause.

La Cochenille Planococcus citri RISSO a été offerte comme proie. Quatre phases peuvent être distinguées dans la production de l'insecte

- la réactivation, si nécessaire, des adultes collectés dans la nature par leur exposition à 20°C et 8 heures de lumière par jour,
- la multiplication de l'insecte, (reproduction des adultes et développement larvaire) à 25°C et 16 heures de lumière quotidienne,
- le stockage, si nécessaire, des adultes produits par leur conservation sous conditions estivales de 25°C et 16 heures de lumière et,
- enfin, la réactivation des adultes produits avant le lâcher, par leur exposition aux conditions de 20°C et 8 heures de lumière par jour.

- 6 - L.C. ARGYRIOU & P. KATSOYANNOS, 1977 - Coccinellidae species found in the olive-groves of Greece. Annls.Inst.Phytopath. Benaki, (N.S.) 11 : 331-345, 2 figures, 3 tableaux, 17 références.

Au cours des échantillonnages systématiques faits dans les principales régions oléicoles de la Grèce, vingt huit espèces de Coccinellidae ont été trouvées sur des oliviers infestés par la Cochenille noire de l'olivier, Saissetia oleae OLIVIER. Certaines d'entre elles, telles que Chilocorus bipustulatus L., Exochomus quadripustulatus L., Rhizobius (Lindorus) lophantae BLAISD., Scymnus subvillosus GOEZE, ont été élevées au laboratoire sur S. oleae et elles s'y sont reproduites avec succès.

Quatre d'entre les vingt-huit espèces : Nephus (Sidis) jordanensis FURSCH., Nephus flagellisiphonatus FURSCH., Pharoscyrnus ovoideus SICARD et Stethorus punctillum WS., n'avaient pas été jusqu'à présent signalé de Grèce.

De plus, sont donnés des détails concernant la biologie des espèces les plus importantes et plus particulièrement au sujet de C. bipustulatus.

- 7 - G. IPERTI, P. KATSOYANNOS & Y. LAUDEHO, 1977 - Etude comparative de l'anatomie des Coccinelles aphidiphages et coccidiphages et appartenance d'Exochomus quadripustulatus L. à l'un de ces groupes entomophages (Col., Coccinellidae). Annls.Soc.Ent.Fr. (N.S.), 13(3) : 427-437, 4 figures.

Les structures morphologiques et anatomiques du tube digestif, des organes génitaux mâles et femelles et du système nerveux de quelques Coccinelles appartenant au groupe des espèces aphidiphages (Semiadalia undecimnotata SCHN.) et des coccidiphages (Chilocorus bipustulatus L.) sont comparées. E. quadripustulatus est à tous points de vue intermédiaire entre ces deux types extrêmes.

- 8 - E. FYTIZAS & P. KATSOYANNOS, 1979 - Consommation d'oxygène chez Exochomus quadripustulatus L. sous l'influence de la température et de la lumière. Med.Fac.Landbouww.Rijksunir Gent, 44(1) : 81-85. 2 figures, 9 références.

L'action de deux stimuli, la température et la lumière, sur la respiration des insectes en diapause et en activité est examinée au moyen d'un appareil WARBURG. La lumière est sans effet quelque soit l'état physiologique des insectes. Par contre, la température stimule la respiration

des insectes de deux lots. La courbe reliant la température à la consommation de l'oxygène est une ligne droite, pour le cas des insectes en activité, et une ligne brisée, pour celui des insectes en diapause.

- 9 - P. KATSOYANNOS & K.S. HAGEN, 1980 - Comparative phenology and diapause of the predator Exochomus quadripustulatus L. in California and Greece. Proc.16th Int.Cong.Ent., Kyoto 1980.

Exochomus quadripustulatus qui est une Coccinelle paléarctique a été introduit en Californie en 1915 depuis l'Italie. Le biotype qui s'est installé en Californie, ne présente pas la forme pâle (variété floralis) qui se présente à 100 p.100 dans la population grecque chaque année.

L'espèce en Grèce est univoltine. Les adultes après l'induction de leur diapause estivale en juin restent sous la forme pâle jusqu'à la fin de la diapause et ils commencent à se mélaniser et donc à acquérir leur forme typique à partir du mois d'octobre. Les populations restent en groupement diffus jusqu'en février ou même se dispersent.

En Californie, une partie seulement de la population est univoltine et se met en diapause estivale, mais elle ne se présente jamais sous la forme pâle. Les courtes photopériodes amènent la fin de la diapause. Larves nymphes et adultes sont présents dans la nature pendant toute la durée de l'année. Ce dernier point atteste bien que les populations californiennes sont en partie multivoltines.

- 10 - P. KATSOYANNOS - Some data on the restoration of density and activity of Exochomus quadripustulatus L. (Col., Coccinellidae) in a biotope at Delfi. Biologia Gallo-Hellenica (sous presse).
1 figure, 3 tableaux, 4 références.

Pendant la période de 1972 jusqu'à 1981, dans la région de Delphes, les insectes entomophages de S. oleae recensés sont :

- dans la zone littorale d'Itea, les Hyménoptères Metaphycus helvolus COMPERE et Scutellista cyanea MOTSCH. ainsi que la Coccinelle Chilocorus bipustulatus L. ;

- dans la zone d'altitude plus élevée d'Arachova, la Coccinelle Exochomus quadripustulatus.

Des lâchers de cette dernière espèce ont été faits sur une parcelle de l'oliveraie d'Arachova. Ils ont contribué à la formation d'une population d'adultes de nouvelle génération d'une densité quatre fois plus élevée que celle de la population homologue recensée sur le terrain témoin.

En juillet, les progrès enregistrés jusque là ont été interrompu à cause d'un traitement insecticide aérien dirigé contre Dacus oleae qui eut comme conséquence l'extermination de la population d'E. quadripustulatus sur les deux terrains.

- 11 - E. FYTIZAS & P. KATSOYANNOS, 1982 - Quotient et rythme respiratoire chez les adultes de Exochomus quadripustulatus L. en activité, quiescence et diapause. Med.Fac.Landbouww. Rijksuniv. Gent, 47(2) : 557-562, 1 figure, 1 tableau, 16 références.

La consommation d'oxygène, le quotient respiratoire et le rythme respiratoire furent examinés chez les adultes de Exochomus quadripustulatus L. dans le but d'explorer l'éventualité de leur utilisation comme critères de distinction de trois différents états physiologiques (activité, diapause et quiescence) qui se succèdent pendant le cycle biologique annuel de cet insecte. Les mesures furent effectuées au moyen d'un respiromètre WARBURG ordinaire et d'un analyseur de CO₂ à I.R..

A partir des résultats numériques et des enregistrements de la libération du CO₂, on constate que la consommation d'oxygène est caractéristique pour chaque état ; on peut même discerner la diapause de la quiescence, distinction, d'ailleurs, obtenue au moyen du rythme respiratoire. Par contre, les résultats obtenus sur le quotient respiratoire comme critère de distinction sont négatifs ; la difficulté de la mise en évidence de différences significatives dans le quotient respiratoire comme critère de distinction pourrait être attribué à la particularité du cycle biologique de l'insecte utilisé dans nos essais.

- 12 - P. KATSOYANNOS, 1982 - The introduction of an exotic coccinellid predator, Rhizobius forestieri MULS. (Col., Coccinellidae) into Greece as a control agent for the Black scale, Saissetia oleae OLIVIER (Hom., Coccidae) on olive trees. Comm.Réunion Experts, Chania, Crète, Mars 1982. 1 figure, 7 références.

En Grèce pendant l'été, on assiste à une réduction de l'activité prédatrice totale de la part des principales Coccinelles indigènes entomophages de la Cochenille noire de l'olivier. Les causes sont :

- d'une part la diapause estivale d'Exochomus quadripustulatus L.;
- et d'autre part, la faible mobilité et le taux élevé du parasitisme sur les stades préimaginaux des deuxième et troisième générations de Chilocorus bipustulatus L..

L'espèce exotique Rhizobius forestieri MULS. a été introduite de Californie en mai 1981 dans le but d'améliorer cette situation. En août, un lâcher pilote a été réalisé sur un terrain de l'oliveraie de la région de Delphes où l'espèce s'est installée.

Les études préliminaires de sa phénologie qui ont été faites dans des cages, à l'extérieur du laboratoire, à Athènes, ont montré que R. forestieri se trouve en pleine activité pendant l'été, l'automne et l'hiver. Plusieurs générations qui se chevauchent ont été observés ainsi que la présence continue de tous les stades préimaginaux.

13 - E. FYTIZAS & P. KATSOYANNOS - Phénomènes d'homéostasie chez les larves, les pupes et les adultes de Rhizobius forestieri MULS.. Med.Fac.Landbouww.Rijksuniv. Gent (sous presse).

On a examiné la réaction des larves, des nymphes et des adultes de R. forestieri aux changements thermiques et, notamment, aux hautes températures proche des valeurs létales. La réaction fut exprimée par la consommation d'oxygène et mesurée au moyen d'un respiromètre WARBURG.

Tous les stades de l'insecte possèdent un mécanisme d'homéostasie qui se déclenche au-dessus de 30°C et au-dessous de 15°C ; au-dessus de 40°C, l'effet léthal de la température élimine tout mécanisme de défense. Dans la zone des températures comprise entre 35 et 40°C, après une courte période d'excitation, un équilibre thermique s'établit l'homéostasie atteignant là sa valeur maximale.

- 14 - TH. BROUMAS, C. LIAROPOULOS, P. KATSOYANNOS, C. YAMVRIAS, G. HANIOTAKIS & F. STRONG, 1982 - Control of the Olive fruit fly in a pest management trial in olive culture. Proc.Int.Symp. Fruit-Flies of Ec.Import., Athènes 1982, p. 109.

La démonstration d'une opération de lutte intégrée a été entreprise en 1981 dans une région de Béotie, à 100 km au Nord-Ouest d'Athènes. Le but fondamental était de montrer que par l'application des informations déjà connues, une protection satisfaisante des oliviers contre la Mouche de l'olivier, Dacus oleae GMELL. (Diptera, Trypetidae) pourrait être assurée en même temps que la réduction des traitements insecticides.

Dans l'olivieraie d'essai on a placé sur les oliviers, le 27 juillet, 1 200 pièges englués de couleur jaune, combinés avec des attractifs formés d'une dilution de la phéromone sexuelle de D. oleae et d'hydroxyde d'ammonium (1 piège par 9 arbres). En dehors de ce système de piégeage établi dans le but de maintenir à un faible niveau la population de D. oleae, la zone d'essai a reçu un seul traitement chimique aérien tandis qu'il y en eut 3 dans la zone-témoin.

Au début de la récolte, le pourcentage des fruits infestés par D. oleae était de 16,5 p.100 dans la zone d'essai et 1,6 p.100 dans la zone témoin. Mais quand les données de rendement ont été comparées, il n'y a pas eu de différence significative de revenu par arbre entre les deux zones.

II - RAPPORTS.

- 1 - P. KATSOYANNOS, 1979 - Mass rearing of Exochomus quadripustulatus L. (Col., Coccinellidae). Rapport à l'Annual Meeting of the Joint Program Government of Greece/U.N.D.P./F.A.O., Corfu, 1979, p. 12.

Dans le but d'assurer la production de populations d'Exochomus quadripustulatus L. nécessaires aux lâchers dans les oliveraies contre Saissetia oleae OLIVIER, on a procédé à l'aménagement de sa phase de multiplication au laboratoire.

L'arrangement d'un élevage de la proie (Planococcus citri RISSO) sur de petites courges (japonaises) dans un calendrier en rotation de quatre semaines a permis une production journalière régulière de 50 à 75 g de P. citri.

Les stades préimaginaux d'E. quadripustulatus se développent dans des enceintes qui contiennent de 200 à 250 individus, après l'éclosion des oeufs quotidiennement retirés des cages dans lesquelles se trouvent les populations maternelles (à raison de 100 à 150 adultes par cage).

L'élevage de stades préimaginaux a été réalisé sur la base d'une fourniture de 5 à 10 g de proie par repas distribué sur du papier filtre chaque trois jours.

Ces techniques ont permis l'obtention du cycle de développement complet depuis l'oeuf jusqu'à l'adulte avec un pourcentage de réussite atteignant 89 p.100.

- 2 - TH. BROUMAS, C. LIAROPOULOS, P. KATSOYANNOS, CH. YAMVRIAS, G. HANIOTAKIS & F. STRONG, 1981 - Field demonstration trial insect pest management in olive culture. Rapport préparé pour la Division de la Protection de Plantes du Ministère de l'Agriculture Grecque.



ETUDE D'UN PREDATEUR DE COCCIDAE (HOMOPTERA)

***RHIZOBIUS FORESTIERI* MULSANT**

(COLEOPTERA, COCCINELLIDAE)

EN COURS D'INTRODUCTION POUR SON

ACCLIMATATION DANS LA ZONE MEDITERRANEENNE



CHAPITRE I

Généralités sur les Coccidae nuisibles et les cultures concernées

I - INTRODUCTION.

Les Cochenilles à carapace de la famille des **Coccidae** (ou Lécánines) constituent en de nombreux points du monde un problème important pour les cultures. La zone méditerranéenne n'échappe pas à cette règle et en ce qui concerne la Grèce qui nous intéresse ici, les principales lécanines susceptibles d'y être rencontrées sont une quinzaine. Ce sont :

- parmi les **Filippiinae** : Filippia folicularis TARG.
Filippia viburni SIGN.
Eufilippia olivina BERL. & SILV.
- parmi les **Coccinae** : Coccus hesperidum L.
Coccus aegeus DE LOTTO.
Chloropulvinaria floccifera WESTW.
Pulvinaria vitis L.
Anapulvinaria pistaciae BORCHS.
Parthenolecanium corni BOUCHE.
Parthenolecanium persicae F.
Eulecanium tiliae L.
Sphaerolecanium prunastri FONSC.
Saissetia oleae OLIV.
Saissetia hemisphaerica TARG.
- parmi les **Ceroplastinae** : Ceroplastes rusci L.
Ceroplastes sinensis DEL G..

Nombreuses sont celles qui sont peu répandues et mal connues, tant par leur répartition que par leurs exigences bio-écologiques.

Certaines de ces lécanines interfèrent avec l'arboriculture fruitière, vivant sur l'olivier, les citrus, le figuier, le pistachier, les Rosacées, le noyer, etc.. Mais ce n'est que lorsqu'elles pullulent à la suite de conditions climatiques exceptionnelles ou en conséquence à des interventions phytosanitaires inadaptées qu'elles présentent un réel danger. C'est le cas en oléiculture, en agrumiculture, et à moindre titre, dans la culture des figuiers de Smyrne. Pour des raisons à la fois d'importance économique et circonstancielle (programme d'affectation), l'essentiel de nos études a porté sur le contrôle de la Cochenille noire S. oleae dans les oliviers. Ceci n'exclut évidemment pas une extension à d'autres cas de pullulation de cochenilles, comme on a pu la commencer au printemps 1983, de même qu'une transposition de l'expérience préliminaire acquise en Grèce vers le bassin de la Méditerranée occidentale.

II - L'OLIVIER EN GRECE.

La culture de l'olivier paraît remonter à la plus haute antiquité en Méditerranée et plus particulièrement dans sa zone d'origine, sans doute située entre la Grèce et la Syrie (DE CANDOLLE, 1883).

L'olivier cultivé Olea europea L. appartient à la famille des Oleacées dont on recense de nombreuses variétés dans le monde. En Grèce on différencie au moins 31 cultivars ; certaines variétés servent à produire de l'huile et d'autres approvisionnent le marché en olives de table (ANAGNOSTOPOULOS, 1939).

Ces variétés présentent des caractéristiques très diverses du point de vue physiologie. Cela se traduit par des variations de leur rendement en fruits et en huile, de leur régularité végétative qui entraîne parfois une forte alternance dans la production fruitière, des exigences climatiques ou agronomiques particulières ou même de leur plus ou moins grande sensibilité aux maladies ou aux attaques des principaux ravageurs.

III - SURFACES ET ZONES CLIMATIQUES CONSACREES A L'OLEICULTURE.

Le grand nombre des variétés confère une très grande plasticité écologique à l'oléiculture grecque qui s'étend dans les "sous-zones"

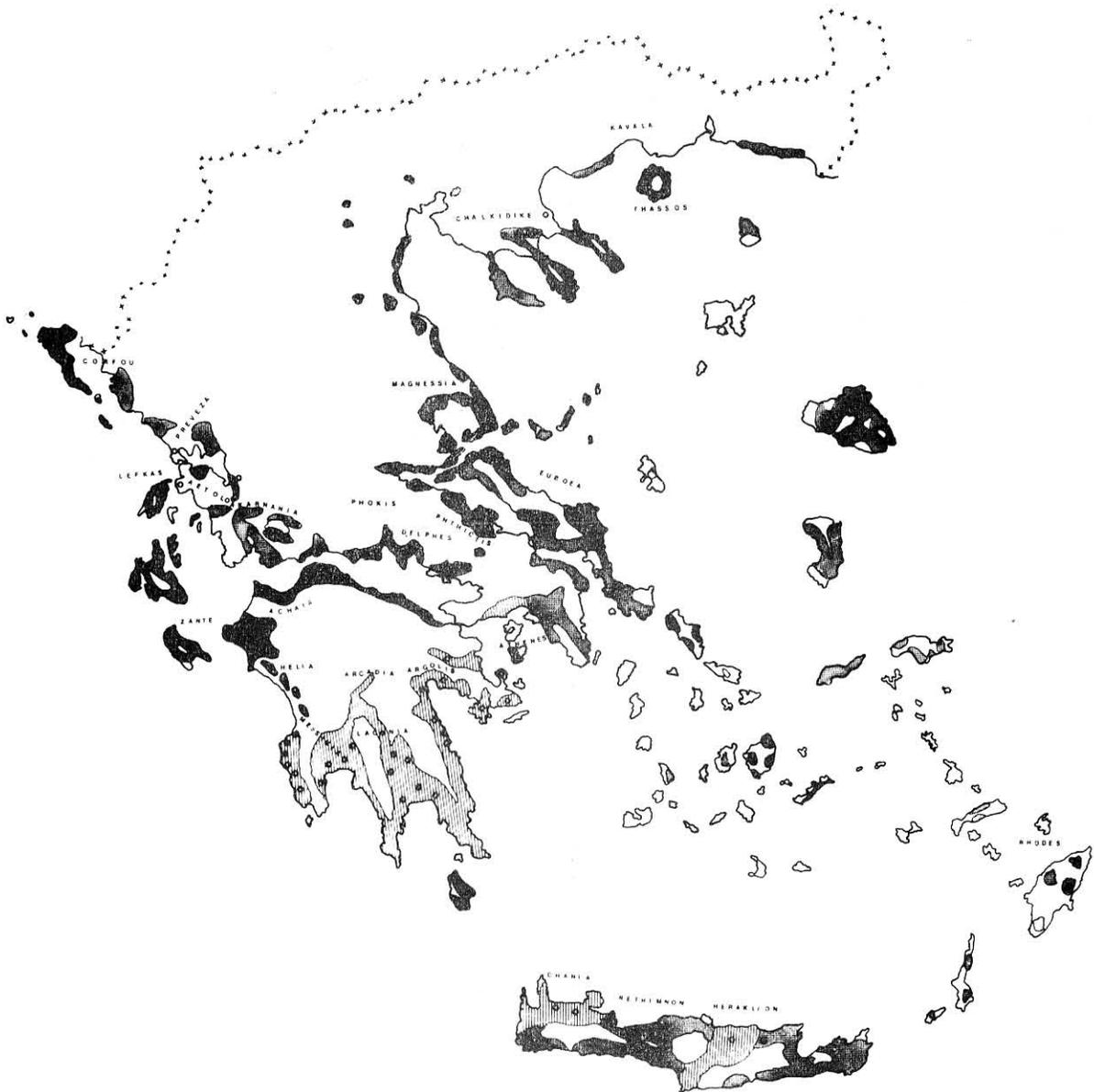


Figure 1 - Carte de la répartition des oliviers en Grèce et modalités des interventions phytosanitaires réalisées contre Dacus oleae GMEL.

- ▨ par avion
- ▨ par pulvérisation } depuis le sol
- par couverture }
- biotope visité pour dresser l'inventaire des Coccinelles.

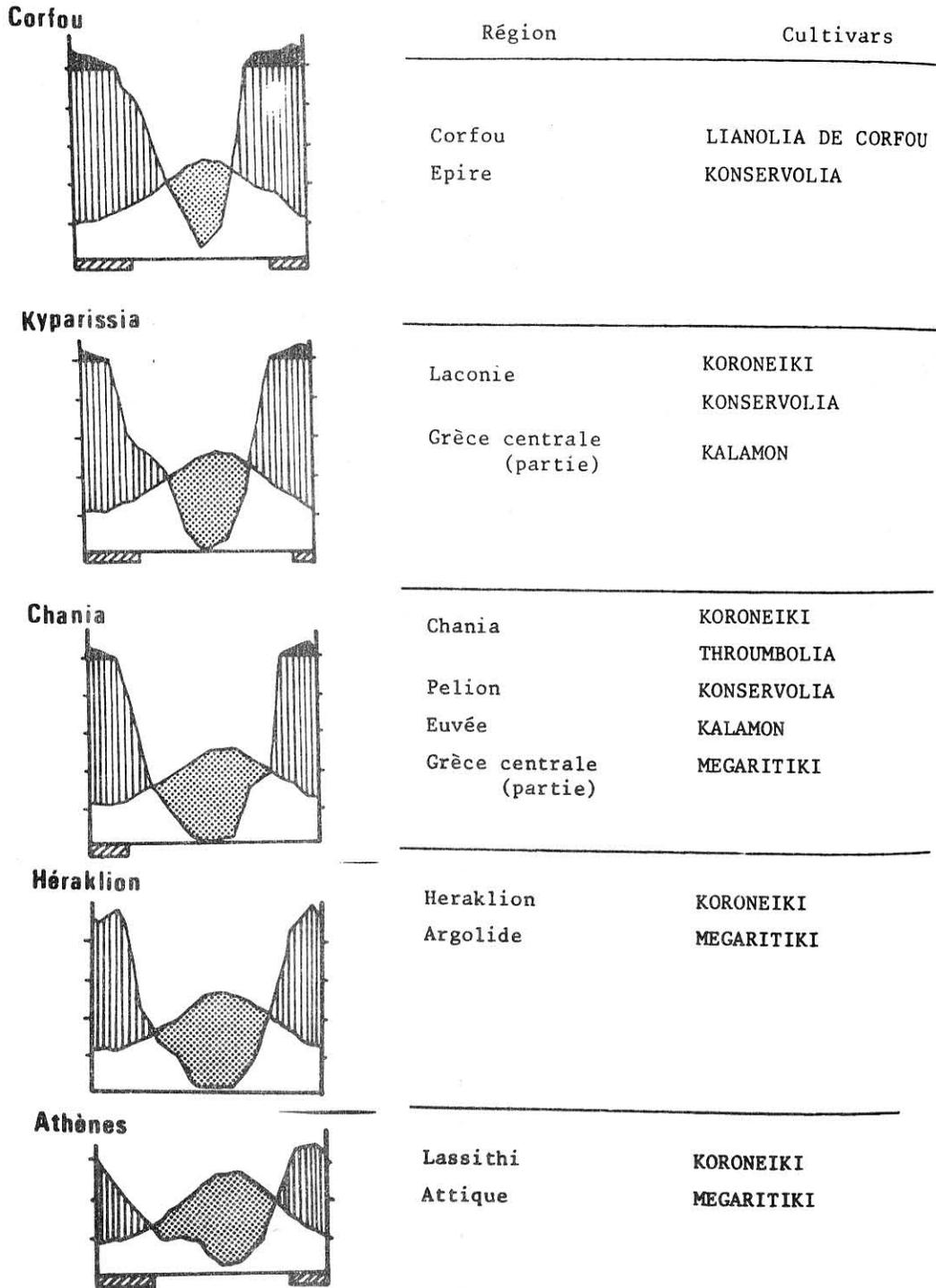


Figure 2 - Répartition de quelques cultivars d'olivier en Grèce en fonction des conditions climatiques (Klimadiagram de WALTER & LEITH).

OLEO-CERATONION et QUERCION-ILICIS de la "zone méditerranéenne de végétation" (ZERLENDIS, comm.pers.) (Fig. 1). Dans ces régions règnent des climats très arides ou les précipitations annuelles atteignent 200 mm mais aussi d'autres plus humides pouvant avoir une pluviométrie de 1 200 à 1 400 mm (Fig. 2). Les oliveraies s'étagent depuis le niveau de la mer jusqu'à 850 mètres d'altitude. On les trouve dans des régions au sol pauvre, dans les collines ou même les montagnes, mais aussi dans des zones aux sols profonds et plus riches des plaines.

En ce qui concerne ses exigences agronomiques, l'olivier, plante très robuste, peut dans certaines conditions de culture n'être l'objet que de soins très réduits, voire inexistant de la part de l'agriculteur, à l'exception de la récolte et des opérations effectuées à cette occasion. Toutefois, certaines plantations de type industriel peuvent être remarquablement entretenues. Entre ces deux extrêmes, il est possible, en Grèce, de rencontrer tous les intermédiaires. Les meilleurs sols étant de préférence réservés à d'autres cultures d'un revenu plus élevé, ceux sur lesquels est pratiquée l'oléiculture se caractérisent principalement par une pauvreté marquée en matière organique, azote total et acide phosphorique assimilable (KATAKOUZINOS, 1969). Donc, des apports fertilisants sont nécessaires si l'on veut atteindre un haut niveau de productivité. D'autre part, bien qu'indispensable à l'obtention de hauts rendements (PSYLLAKIS, 1975), l'irrigation n'est pratiquée en Grèce que dans moins de 10 p.100 des olivettes. Enfin, à l'exception d'une taille de formation sur les nouvelles plantations ou d'un recépage très sévère pour la régénération des vieilles oliveraies, la taille de l'olivier ne se pratique que lors de la récolte (taille d'éclaircissage de l'arbre), c'est-à-dire, compte-tenu de l'alternance de la production, une fois chaque deux ans.

Les traitements phytosanitaires pratiqués sur les oliviers sont de deux ordres. Ceux qui visent la Mouche de l'olive Dacus oleae GMEL. sont effectués directement par les services spécialisés du Ministère de l'Agriculture (Fig. 1). De ce fait, la situation phytosanitaire se présente en Grèce de manière très différente de ce qu'elle est dans les autres pays producteurs du monde occidental, les décisions, le choix des produits, des doses et des modalités de traitement (Fig. 1) étant du domaine de l'état par l'intermédiaire d'un grand nombre d'agronomes responsables des secteurs.

TABLEAU I

Production et exportations de l'oléiculture grecque
(huile et olives de table, exprimées en tonnes)
de 1971 à 1980.

	HUILE		OLIVES DE TABLE	
	Production	Exportations	Production	Exportations
1971	197.784	3.776	42.222	16.358
1972	182.900	9.071	76.906	22.845
1973	249.500	3.457	60.699	28.458
1974	192.374	5.069	67.257	30 090
1975	236.572	10.763	67.339	36.611
1976	224.000	12.761	95.000	42.088
1977	234.000	2.837	102.000	38.684
1978	240.000	51.971	139.000	41.162
1979	246.000	23.075	66.500	46.597
1980	246.00	10.556	197.300	47.914

A l'inverse, les éventuels traitements entrepris contre la Teigne de l'olivier Prays oleae BERN. ou la Cochenille noire sont à l'initiative des agriculteurs et sont faits depuis le sol à l'aide de produits choisis dans une gamme de matières actives autorisées.

4 - L'IMPORTANCE ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION OLEICOLE.

Sur un total de 3.601.100 hectares de terres cultivées, l'arboriculture intéresse 831.200 ha, c'est-à-dire près de 23 p.100 des surfaces mises en culture, dont 631.074 ha (76 p.100) sont consacrés à l'olivier. L'oléiculture couvre donc en Grèce 17,5 p.100 du total des terres cultivées. Actuellement on compte 96.523.500 arbres en production auxquels viennent s'ajouter 12.511.000 arbres de jeunes plantations.

La production moyenne en Grèce des oliviers dont la récolte est destinée aux huileries représente 2,8 kg d'huile par arbre et par an. Avec le tonnage récolté ces dernières années (tableau I), la Grèce se trouve à la troisième place des pays producteurs d'huile (15 p.100 environ de la production mondiale). D'autre part, les oliviers destinés à la production d'olives de table donnent une récolte annuelle moyenne de 18 kg par arbre. Cela place la Grèce à la troisième place des pays producteurs d'olives de table avec environ 11 p.100 de la production mondiale.

A titre indicatif, nous signalerons que le nombre d'huileries, officiellement recensées en 1980 en Grèce est de 3.780 et que 80 conserveries se partagent le traitement des olives de table.

Le tableau I rend compte de l'évolution de l'importance annuelle de la production et des exportations d'huile et d'olives de conserve durant les 10 dernières années et souligne, si l'on rapproche ces chiffres du nombre des jeunes plantations d'oliviers réalisé, l'effort accompli en Grèce pour l'extension de cette culture.

5 - GENERALITES SUR LES AGRUMES EN GRECE.

La culture des agrumes est assez ancienne en Grèce. L'espèce Citrus medica L. est citée (KIPTON) par THEOPHRASTE en 300 avant J.C.. Le citronnier, Citrus limon BURM.. L'oranger amer, Citrus aurantium L. ainsi que l'espèce Citrus aurantifolia SWING. ont été introduits dans divers pays du Bassin méditerranéen par les Arabes entre 1.000 à 1.200.

L'introduction de l'oranger, Citrus sinensis L. dans les régions méditerranéennes se place entre le 14^{ème} et le 16^{ème} siècle et sa dispersion est due aux marchands italiens et portugais. Le mandarinier Citrus reticulata BLANCO qui vient du Japon et dont le premier spécimen a été introduit dans le jardin botanique de Palerme en 1800, et enfin le pamplemousse Citrus paradisi MACF. ont été introduits dans les régions méditerranéennes au début du 20^{ème} siècle.

Il faut noter que jusqu'au milieu du 19^{ème} siècle il n'existait pas réellement de vergers d'agrumes dans les pays méditerranéens. L'Espagne et l'Italie ont été des pays pionniers pour développer leur culture sous cette forme qui, après la première guerre mondiale s'est aussitôt répandue dans d'autres pays. Après la deuxième guerre mondiale, cette culture a connu une grande expansion et entre temps, plusieurs variétés ont été développées et répandues.

En Grèce, les principales variétés d'orangers cultivés sont les : Washington Navel, Valencia, Sanguina et Giafa. Les variétés de citronniers qui dominent sont les : Maglino, Carystino et Polyforo et en ce qui concerne les mandariniers, la plupart d'entre eux sont des variétés locales avec pépins.

Les problèmes phytosanitaires du domaine entomologique qui se posent aux agrumes sont de deux ordres. Tout d'abord, il y a la Mouche méditerranéenne des fruits Ceratitis capitata WIED. pour laquelle la lutte présente souvent en Grèce un rapport étroit avec la lutte contre la Mouche de l'olivier (voir précédemment). Ce sont ensuite les Cochenilles qui constituent les ravageurs les plus importants des agrumes parce que leur action entraîne des dommages autant sur la valeur commerciale des fruits (et surtout pour les exportations), que sur le volume de la récolte. Parmi elles, peuvent être citées des Pseudococcines (Planococcus spp.), des Diaspines (Aonidiella aurantii MASK., Chrysomphalus spp., etc...) ainsi que des Lécánines (principalement S. oleae). Dans la plupart des cas, des traitements chimiques sont appliqués par les agrumiculteurs contre les Cochenilles.

Dans la pratique culturale, on remarque assez fréquemment que les arbres sont plantés trop serrés pour permettre un développement harmonieux du feuillage et le plus souvent une fertilisation azotée et potassique en excès s'opère à contre-saison.

TABLEAU II

Surface cultivée, nombre d'arbres
production et exportations de l'agrumiculture grecque
de 1971 à 1979.

Années	Surface cultivée (en hectares)	Nombre d'arbres (en milliers)	Production (en tonnes)	Exportations (en tonnes)
1979	47.500	22.628	510.654	130.893
1978	47.100	22.676	766.366	287.506
1977	47.100	22.582	813.355	316.432
1976	46.400	22.667	806.938	270.297
1975	45.900	22.247	810.622	282.977
1974	45.600	22.047	810.786	200.411
1973	45.100	21.948	636.290	147.364
1972	44.300	21.402	703.705	174.278
1971	43.500	20.834	530.416	141.016

Les exigences de tous les agrumes en eau sont bien reconnues. Par conséquent, le développement des systèmes d'irrigations se trouve développé sur beaucoup de terres agricoles ; ils ont été installés pendant les dernières décades. Enfin, l'existence de milieux écologiques favorables à l'agrumiculture, ont bien aidé son extension.

Sur un total de 831.200 hectares de terres consacrées à l'arboriculture grecque, l'agrumiculture intéresse 47.300 ha, soit 5,7 p.100. Les cultures les plus importantes sont les orangers (30.540 ha), les citronniers (13.120 ha) et les mandariniers (3.210 ha), qui représentent respectivement 64,5 p.100, 27,7 p.100 et 6,8 p.100 de l'agrumiculture du pays.

Les principales régions de la culture d'orangers sont le Péloponnèse (53 p.100) et particulièrement son département d'Argolide (24,4 p.100), l'Arta (21,5 p.100) à l'Ouest du pays et la Crète (12,6 p.100). Les principales régions de la culture de citronniers sont le Péloponnèse (67 p.100) et particulièrement son département de Corinthe (25 p.100), la Crète (5 p.100) et les Iles de la Mer Egée (5 p.100). Pour les mandariniers, les régions productrices sont le Péloponnèse (50 p.100), les îles égéennes (19 p.100) et la Crète (17 p.100).

Une branche de l'industrie agro-alimentaire pour la transformation et la commercialisation des produits a été développée dans ces régions agrumicoles. Le tableau II rend compte de l'importance annuelle de la production et de l'exportation d'agrumes durant les dix dernières années.

6 - GENERALITES SUR LA PRODUCTION DE FIGUES EN GRECE.

La culture de figuier Ficus carica L. remonte à l'antiquité. C'est un arbre de zones arides qui pousse sur les collines et mérite l'attention à cause de sa contribution à l'amélioration des bas revenus des agriculteurs de ces régions.

Le plus souvent, les figuiers sont dispersés en mélange avec d'autres arbres, amandiers, oliviers ou plus rarement ils constituent de petits vergers formés d'un nombre réduit d'arbres. Il n'y a pas en Grèce de régions de large étendue affectées à cette culture.

TABLEAU III

Production et exportations de la culture de figuiers grecque
de 1970 à 1980.

Années	Production (en tonnes)	Exportations (en tonnes)
1980	16,516	9,405
1979	18.200	8.297
1978	16,266	11,579
1977	16,092	10,831
1976	18,849	12,130
1975	18,561	9,975
1974	15,280	7,793
1973	13,694	6,851
1972	17,019	10,460
1971	15,190	8,962
1970	18,967	11,018

Les plus importantes zones de la culture traditionnelle du figuier se situent dans le Péloponnèse et plus particulièrement au Sud, dans les départements de Messine, de Laconie et de l'Arcadie, dans l'Eubée en Istiea, en Kimi et dans l'île de Lesbos.

La plupart des arbres appartiennent à une variété locale : "Tsapelosykia" dérivée d'un clone de Smyrna. La production approche en moyenne 20 kg de figes par arbre (10 à 50).

Pour une meilleure résolution des divers problèmes posés par l'amélioration de la qualité, la désinfection, le stockage et la commercialisation des fruits, ainsi que pour le développement économique des agriculteurs concernés, une coopérative nationale des producteurs de figes a été fondée et installée à Kalamata en 1953.

Une grande partie de la production de bonne qualité est destinée aux exportations. Une autre partie alimente des distilleries pour la production d'un alcool de haute qualité. Le tableau III rend compte de l'importance annuelle de la production et des exportations de figes durant les 10 dernières années.

7 - LES PRINCIPALES COCHENILLES DES ARBRES FRUITIERS.

La Cochenille noire de l'olivier, S. oleae comme par ailleurs la Mouche de l'olive, D. oleae et la Teigne de l'olivier, P. oleae dont l'étude n'est pas envisagée ici, représente dans la plupart des zones oléicoles de Grèce un ravageur dont l'importance économique s'avère considérable, au moins durant certaines périodes.

En général, dans ce pays, le développement de la majorité des populations de S. oleae est synchrone et la Cochenille présente une génération par an : la ponte intervient en juin-juillet. Le développement larvaire s'effectue en été et les premières jeunes femelles apparaissent à partir du mois d'octobre ; l'hivernation de la plus importante partie de la population a donc lieu au dernier stade pré-imaginal.

Toutefois, dans des conditions climatiques particulières liées au lieu et à l'année considérée, on constate qu'il y a accélération du développement larvaire pour une part de la population entraînant la présence de femelles pondueuses dès l'automne (ARGYRIOU, 1963 ; VIGGIANI, 1975 SIGWALT et al., 1975). Ce dernier type d'évolution peut être rapproché d'observations similaires réalisées sur d'autres Cochenilles à tendance univoltine telles que Parthenolecanium corni BOUCHE chez qui existe une deuxième génération partielle en été suivie d'une homogénéisation durant l'hiver (CANARD, 1958). Les facteurs qui déterminent ce deuxième type d'évolution restent encore mal connus : une génération d'automne peut par exemple se manifester en un point d'une même zone climatique, tandis qu'à quelques kilomètres de là, alors que seules des variations minimales des conditions ambiantes peuvent être notées, elle n'apparaîtra pas (CANARD & LAUDEHO, 1976).

Suivant les lieux et les années, d'autres espèces parmi les Cochenilles comme Aspidiotus nerii BOUCHE, Parlatoria oleae COLVEE, Leucaspis riccae TARG. et, à un moindre degré, Pollinia pollini COSTA peuvent devenir occasionnellement des ravageurs de l'olivier d'une importance économique notable.

Les agrumes hébergent de par le monde une grande quantité de cochenilles très diverses (BODENHEIMER, 1951). Parmi les plus importantes, on peut citer : Aonidiella aurantii MASK., Aspidiotus nerii BOUCHE, Chrysomphalus aonidum L., Chrysomphalus dictyospermi MORG., S. oleae, Coccus hesperidum L., divers Pseudococcus sp. et Icerya purchasi MASK..

Le figuier est l'hôte de diverses Diaspines qui ne causent dans les conditions normales que peu de dégâts. Il peut en outre être sévèrement attaqué par des Ceroplastinae, notamment Ceroplastes rusci L.. Enfin, il faut signaler qu'on trouve occasionnellement sur diverses Rosacées des pullulations de Sphaerolecanium prunastri FONSC. et de Parthenolecanium persicae F..

8 - LES ENNEMIS NATURELS DE S. OLEAE (TABLEAU IV).

Parmi l'ensemble des auxiliaires inféodés aux homoptères cités, un complexe d'entomophages, plus particulièrement lié à la Cochenille noire de l'olivier, existe.

L'encyrtide Metaphycus helvolus COMP. est un endoparasite des deuxième et troisième stades larvaires de S. oleae ; il présente deux périodes d'activité : une au printemps (mars et avril) et une autre en automne (de septembre jusqu'à novembre) (KATSOYANNOS & LAUDEHO, 1975). C'est un parasite introduit (ARGYRIOU & DEBACH, 1968) qui a largement remplacé l'espèce indigène Metaphycus flavus HOW. (ARGYRIOU & KATSOYANNOS, 1976). Metaphycus lounsburyi HOW. joue un rôle considérable comme agent de limitation des populations de la cochenille dans le cas où cette dernière est bivoltine (CANARD & LAUDEHO, 1977).

Le ptéromalide Scutellista cyanea MOTSCH., prédateur d'oeufs, manifeste une seule période d'activité pendant les mois de juin et de juillet liée à la présence de femelles pondueuses de S. oleae (KATSOYANNOS LAUDEHO, 1975). En outre, un autre ptéromalide accidentellement introduit en Grèce (Corfou) depuis peu : Moranila californica HOW. joue un rôle limitant de même ordre. Contrairement à ce qui s'est passé en Amérique du Nord (FLANDERS, 1958), il semble ici susceptible de déplacer son homologue écologique (STRATOPOULOV et al., 1981).

Parmi les coccinelles qui s'alimentent aux dépens de S. oleae, les prédateurs les plus importants sont : Exochomus quadripustulatus L. et Chilocorus bipustulatus L. (ARGYRIOU & KATSOYANNOS, 1976). E. quadripustulatus est une espèce typiquement univoltine dans les conditions de la Grèce. Son activité de reproduction commence à partir du mois de février, à la fin de la période de quiescence hivernale. Après cette activité printanière, les jeunes adultes qui apparaissent au cours du mois de juin, manifestent assez rapidement l'installation d'une diapause estivale obligatoire qui s'achève au mois de septembre (KATSOYANNOS, 1976). C. bipustulatus espèce plurivoltine plus tardive, présente à partir du mois d'avril trois générations annuelles. Or, dès la 2ème génération, le taux de parasitisme des stades préimaginaux dû essentiellement à Homalotylus flaminus (DALM.) et Tetrastichus coccinellae (KURDJ.) s'accroît considérablement et réduit notablement son efficacité. De plus la faible mobilité déambulatoire des adultes constitue une raison supplémentaire d'amoinissement de son activité prédatrice.

TABLEAU IV

Principaux auxiliaires inféodés aux cochenilles sur Citrus et Olivier en zone méditerranéenne.

	PARASITES		PREDATEURS				
	EXOTIQUES	INDIGENES	EXOTIQUES	INDIGENES			
DIASPIDIDAE	HYMENOPT. APHELINIDAE	HYMENOPT. APHELINIDAE	COLEOPT. COCCINELLIDAE	COLEOPT. COCCINELLIDAE			
<u>Aspidiotus nerii</u> BOUCHE	<u>Aphytis chilensis</u> HOW.	<u>Aspidiotiphagus citrinus</u> CRAW.	} <u>Rhizobius lophantae</u> BLAISD.	<u>Exochomus 4 pustulatus</u> L.			
<u>Aspidiotus nerii</u> BOUCHE	-	<u>Aphytis podia</u> WALK.		<u>Chilocorus 2 pustulatus</u> L.			
<u>Ionidiella aurantii</u> MASK.	<u>Aphytis melinus</u> DE BACH	<u>Comperiella bifasciata</u> HOW		<u>Nephus 4 maculatus</u> HBST.			
<u>Chrysomphalus dictyospermi</u> MORG.	<u>Aphytis melinus</u> DE BACH	<u>Aphytis chrysomphali</u> MERCET		<u>Nephus nigricans</u> WEISE			
" "	-	<u>Aspidiotiphagus lounsburyi</u> BERL. - PAOLI		<u>Nephus jordanensis</u> FURSCH			
<u>Chrysomphalus aonidium</u> L.	<u>Aphytis holoxanthus</u> DE BACH	-		<u>Nephus flagellisiphonatus</u> FURSCH			
<u>Lepidosaphes beckii</u> NEWM	<u>Aphytis lepidosaphes</u> COMP	-		NITIDULIDAE : <u>Cybocephalus</u> sp.			
<u>Parlatoria pergandei</u> COMST.	-	<u>Aphytis maculicornis</u> MASK. <u>Aphytis hispanicus</u> MERCET <u>Prosaltella iquirenda</u> SILV.		DIPTERA CECIDOMYIIDAE: (40 especes) NEUROPTERA <u>Chrysopa carnea</u> STEPH.			
PSEUDOCOCCIDAE	HYMENOPT. ENCYRTIDAE	HYMENOPT. ENCYRTIDAE		COLEOPT. COCCINELLIDAE	DIPTERA : Cecidomyia sp.		
<u>Planococcus citri</u> RISSO	<u>Leptomastix dactylopii</u> HOW	<u>Anagyrus bohemani</u> WESTW.		<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	Ocithiphilidae : Leucopsis sp.		
		<u>Leptomastix abnormis</u> GIR. <u>Leptomastix dactylopii</u> HOW					
COCCIDAE	HYMENOPT. ENCYRTIDAE	HYMENOPT. PTEROMALIDAE	COLEOPT. COCCINELLIDAE	COLEOPT. COCCINELLIDAE			
<u>Ceroplastes rusci</u> L.	<u>Metaphycus lounsburyi</u> HOW <u>Metaphycus bartletti</u> ANN. & MYN.	<u>Scutellista cyanea</u> MOTSCH	} <u>Rhizobius forestieri</u> MULS.	<u>Exochomus 4 pustulatus</u> L.			
<u>Ceroplastes sinensis</u> DEL GUERCIO	-	APHELINIDAE <u>Coccophagus lycimnia</u> WALK			<u>LEPIDO. NOCTUIDAE</u> <u>Cocciphaga scitula</u> RBR.		
<u>Ceroplastes floridensis</u> COMST	-	EULOPHIDAE *					
<u>Saissetia oleae</u> OLIV.	<u>Metaphycus helvolus</u> COMP.	ENCYRTIDAE <u>Metaphycus flavus</u> HOW.					
" "	<u>Metaphycus zebratus</u> MERCET	PTEROMALIDAE <u>Scutellista cyanea</u> MOTSCH.					
" "	<u>Diversinervus elegans</u> SILV.	APHELINIDAE <u>Coccophagus scutellaris</u> DALM.					
" "	<u>Metaphycus bartletti</u> ANN. & MYN.						
" "	PTEROMALIDAE <u>Moranila californica</u> HOW.						
MARGAROIDAE						COLEOPT. COCCINELLIDAE <u>Rodolia cardinalis</u> MULS.	
<u>Icerya purchasi</u> MASK.						DIPTERA <u>Chryptocheotina iceryiae</u> WILL.	

¹ Tetrastichus ceroplastes GIRAULT

Donc, en résumé, les principales coccinelles indigènes, n'arrivent plus en été et en automne à maintenir leur potentiel prédateur à un niveau élevé. En conséquence, pendant la saison où S. oleae se reproduit de façon intense, correspond un affaiblissement des facteurs biotiques capables de limiter les populations du ravageur.

L'amélioration du complexe des agents régulateurs, avec des espèces susceptibles d'exercer leur activité de façon complémentaire s'impose donc. Pour y parvenir on a orienté les travaux vers la recherche de prédateurs exotiques qui présentent de telles caractéristiques écobiologiques. Parmi les espèces répertoriées, une coccinelle paraît particulièrement intéressante il s'agit de Rhizobius forestieri MULSANT ; espèce actuellement inconnue à la faune californienne, elle a fait l'objet d'une étude préliminaire lors d'un séjour effectué à Berkeley, dans le cadre de l'Université de Californie. Ces premières observations fournirent des indications suffisamment prometteuses pour tenter son introduction en Grèce.

Dans cette perspective, tour à tour, on a donc :

- 1) Créé une unité de quarantaine à l'Institut Bénaki pour accueillir les prédateurs introduits,
- 2) développé une unité de multiplication, au même endroit pour produire l'auxiliaire en quantité suffisante,
- 3) poursuivi des études essentiellement biologique et écologique pour préciser ses potentialités,
- 4) opéré des lâchers destinés :
 - + d'une part à obtenir son implantation dans les oliveraies grecques,
 - + d'autre part à déterminer, en vraie grandeur ses capacités prédatrices à l'encontre de S. oleae dans ce nouveau milieu.



CHAPITRE II

Généralités au sujet de *Rhizobius forestieri* MULSANT

Avant de procéder à une étude plus approfondie de-R. forestieri il paraît convenable de rappeler les conditions historiques qui ont permis de situer le genre auquel il appartient du point de vue phylogénique, de clarifier son identification spécifique et de situer les limites de sa distribution dans son aire d'origine.

I - HISTORIQUE.

Les difficultés rencontrées dans la caractérisation de ce prédateur prennent ici un relief tout particulier. En effet, pendant très longtemps deux espèces très proches l'une de l'autre, appartenant au même genre Rhizobius STEPHENS faisaient l'objet d'une même identification sous la dénomination commune de R. ventralis. Il a fallu attendre les travaux récents de POPE (1981) pour distinguer deux espèces dans cet ensemble, qui sont Rhizobius ventralis ERICHSON, 1842 et Rhizobius forestieri MULSANT, 1853. Pour cet auteur, elles présentent des caractéristiques morphologiques et biologiques suffisamment différentes, aux stades imaginaux et préimaginaux, pour, dorénavant, ne jamais plus être confondues. Ceci est particulièrement important lors de leur utilisation comme agents de lutte biologique, car elles ont des exigences écologiques spécifiques bien particulières.

R. ventralis originaire d'Australie, récolté sur des lécanines, a été introduit d'abord en Californie par KOEBELE en 1889, puis de nouveau en 1892. Par la suite il fit l'objet de nombreuses introductions :

- d'abord du Queensland et de la Nouvelle Galle du Sud vers la partie occidentale de l'Australie en 1898 et en 1902 (WILSON, 1960),

- ensuite, de la Nouvelle Galle du Sud vers la Nouvelle Zélande et la Tasmanie en 1899 (FROGGATT, 1902),

- puis vers l'Inde et Ceylan en 1900 (CLARKE, 1900).

A cette même époque R. ventralis s.l. est expédié en Afrique du Sud depuis la Californie (LOUNSBURY, 1901) et au Chili en 1903 (BARTLETT, 1978). Simultanément SILVESTRI (1909) l'importe de Californie ou de Hawaï en Italie continentale et MARTELLI (1913), en Sicile. Enfin, l'introduction la plus récente semble remonter à celle indiquée par VAN DER GOOT (1920) de Hawaï à Java.

A la lecture des rapports contradictoires relatant l'influence de ce prédateur dans les différentes contrées d'introduction, on s'aperçoit du rôle essentiel joué par la zone de leur prélèvement. Ces indications auraient déjà pu laisser supposer l'existence de plus d'une espèce aux aptitudes écologiques bien différentes.

Avant de procéder à leur caractérisation taxonomique, il semble intéressant de situer le genre Rhizobius sur le plan phylogénique.

2 - PHYLOGENIE.

SASAJI (1968) a établi une phylogénie des Coccinellidae basée sur une étude comparative des caractéristiques morphologiques externes des larves et des adultes.

Il distingue 6 sous-familles :

- Sticholotinae.
- Chilocorinae.
- Coccinellinae.
- Epilachninae.
- Scymninae.
- et Coccidulinae.

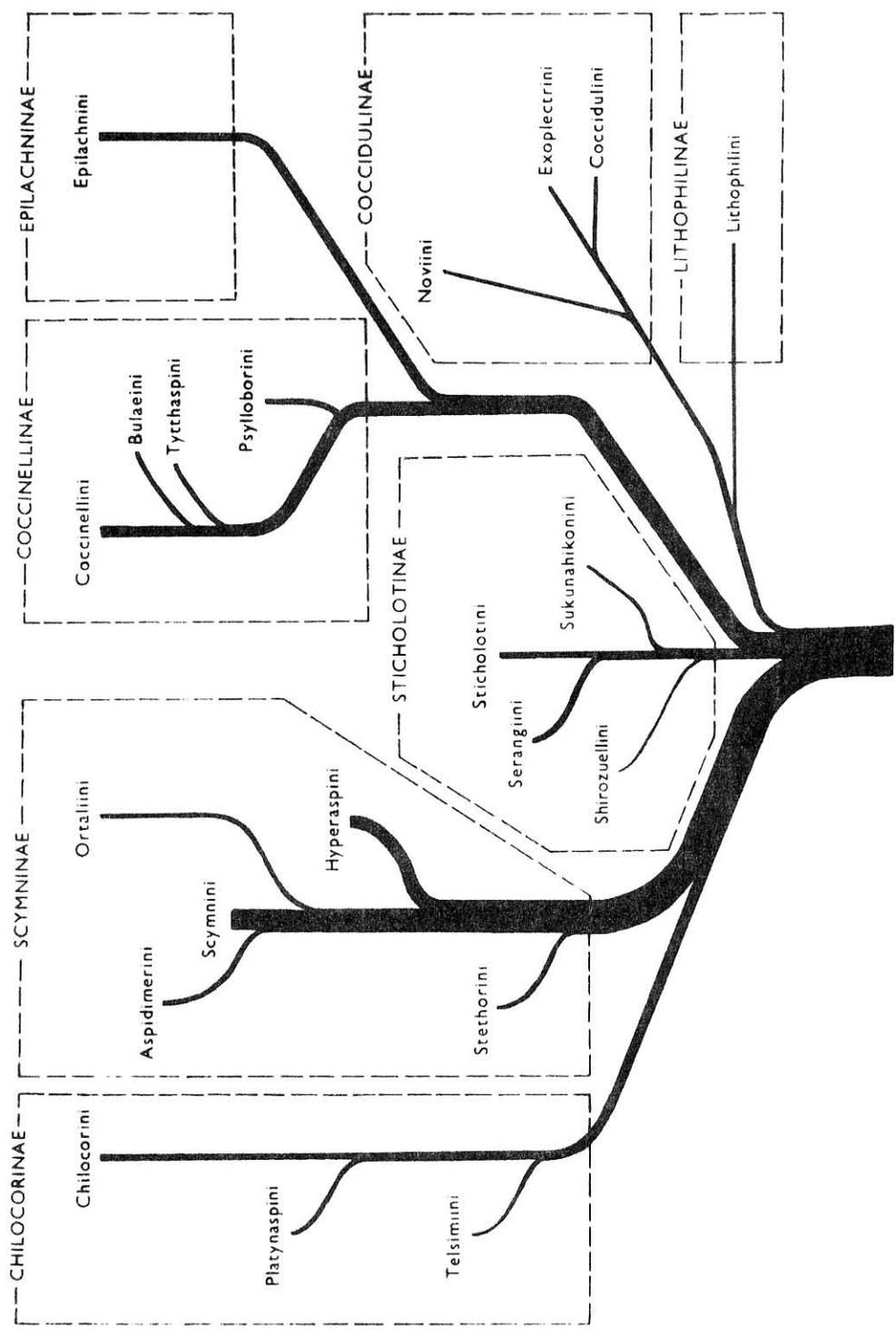


Figure 3 - Phylogénie de Coccinellidae (d'après KOVAR, 1973).

La sous-famille de Coccidulinae renferme 4 tribus :

- Noviini .
- Exoplectrini.
- Lithophilini.
- et Coccidulini (voir figure 3).

D'après POPE (1981), le genre Rhizobius, considéré comme relativement primitif dans cette classification, appartient à la tribu des Coccidulini. Il comprend des individus d'une taille moyenne à petite (de 5 à 1 mm de longueur). Ils se caractérisent par des yeux constitués de facettes de grande taille, par des antennes de onze articles, nettement plus longues que la distance qui sépare les yeux. La tête, le pronotum et les élytres sont recouverts d'une pubescence souvent formée d'un mélange de soies dressées et couchées. Les adultes des deux sexes présentent six sternites bien visibles et des tarsi cryptotétramères. Souvent un dimorphisme sexuel existe, visible notamment sur les griffes des prétarsi.

Toujours d'après le même auteur, le genre Rhizobius compte à ce jour 95 espèces. Cinquante huit sont d'origine australienne, 8 sont recensées en Amérique du Sud, 20 en Afrique, 3 en Nouvelle Guinée, 1 dans le Sud-Est asiatique et 5 dans la région paléarctique. R. forestieri provient donc de la zone qui recèle le plus grand nombre d'espèces de ce genre.

3 - TAXONOMIE.

La distinction des deux espèces couramment confondues repose sur des caractères morphologiques subtils parfois malaisés à mettre en évidence. Aussi doit-on avoir recours à un examen des génitalia pour lever toute ambiguïté.

La clé de détermination élaborée par POPE (1981) permet d'opérer clairement cette distinction à partir des critères suivants :

- Pronotum renflé aux angles antérieurs, marqué sans transition par une empreinte portant un sillon tout de suite à l'intérieur des bordures latérales relevées ; la ponctuation du pronotum beaucoup plus grosse et plus rapprochée vers les angles antérieurs qu'ailleurs :

- R. forestieri.

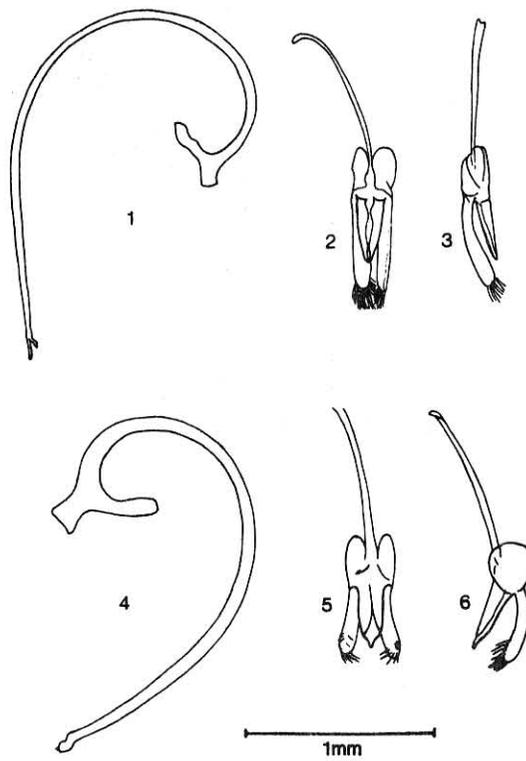


Figure 4 - Genitalia mâles de - R. ventralis : siphon (1) ; lobe médian et paramères en vue dorsale (2) et latérale (3) ; - R. forestieri : siphon (4) ; lobe médian et paramères en vue dorsale (5) et latérale (6). (D'après POPE, 1981).

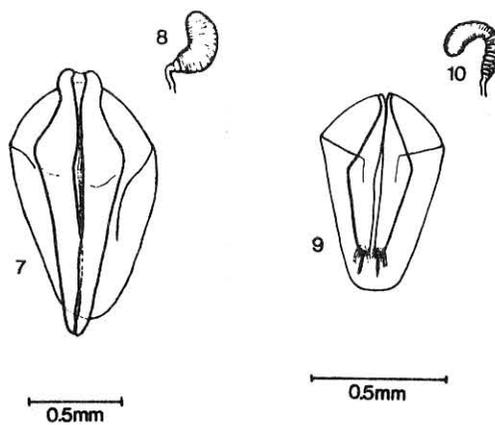


Figure 5 - Génitalia femelles de - R. ventralis : coxites et 9ème segment (7) ; spermatheque (8) ; - R. forestieri : coxites et 9ème segment (9) ; spermatheque (10). (D'après POPE, 1981).

- Pronotum quelquefois légèrement renflé aux angles antérieurs mais jamais marqué par une empreinte portant un sillon tout de suite à l'intérieur des bordures latérales ; la ponctuation du pronotum plus petite, excepté très près de la bordure latérale

- **R. ventralis.**

Entre les deux espèces, on relève des différences notables dans la morphologie des genitalia mâles et femelles.

Chez les mâles de **R. forestieri** : la crosse de l'édéage très longue est coudée près de l'apex avec une minuscule dent apicale. Le lobe médian est aussi long que les paramères et présente à la partie apicale une courte pointe légèrement recourbée. Les paramères moins aplatis que chez **R. ventralis** sont plus fortement incurvés sur une vue de profil (Fig. 4).

Chez ceux de **R. ventralis** : la crosse de l'édéage très longue est bifide à l'apex. Les paramères sont longs, aux côtés parallèles et aplatis. Le lobe médian est nettement plus court que les paramères, de forme symétrique et triangulaire (Fig. 4).

Chez les femelles de **R. forestieri** : les valves sont beaucoup plus courtes, plus larges et plus faiblement sclérifiées que chez **R. ventralis** avec les styles apicaux résiduels portant quelques longues soies. La spermathèque en forme de fer-à-cheval diffère nettement de celle observée chez l'autre espèce (Fig. 5).

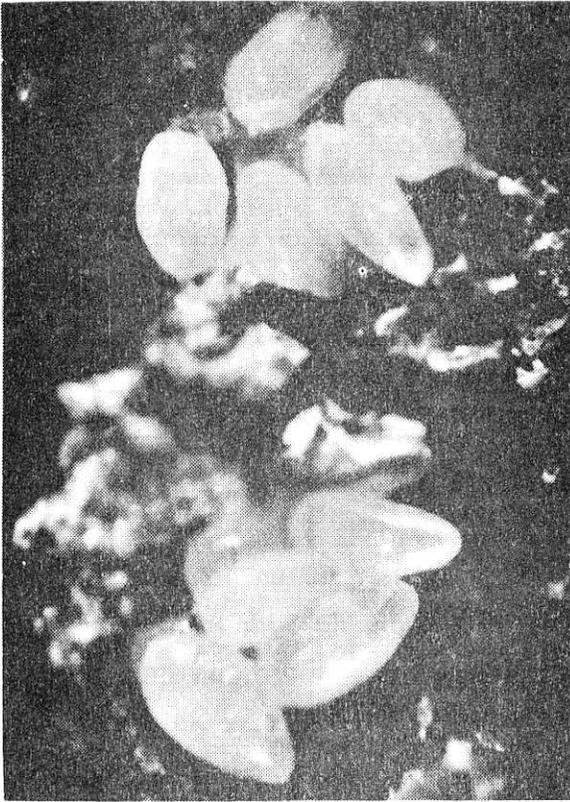
Chez celles de **R. ventralis** : les valves sont très longues, rétrécies, fortement sclérifiées, sans styles apicaux. La spermathèque plus renflée est réniforme (Fig. 5).

4 - **LES FORMES PREIMAGINALES.**

Les oeufs de **R. forestieri** sont de couleur crème, de forme ovale, ils mesurent 0,8 mm dans leur plus grande dimension et 0,35 mm de diamètre.

Comme chez toutes les coccinelles, il y a 4 stades larvaires. Ces larves sont du type classique chez les **Rhizobius**. Pour différencier les différents stades, on ne peut aboutir aisément par l'étude de la

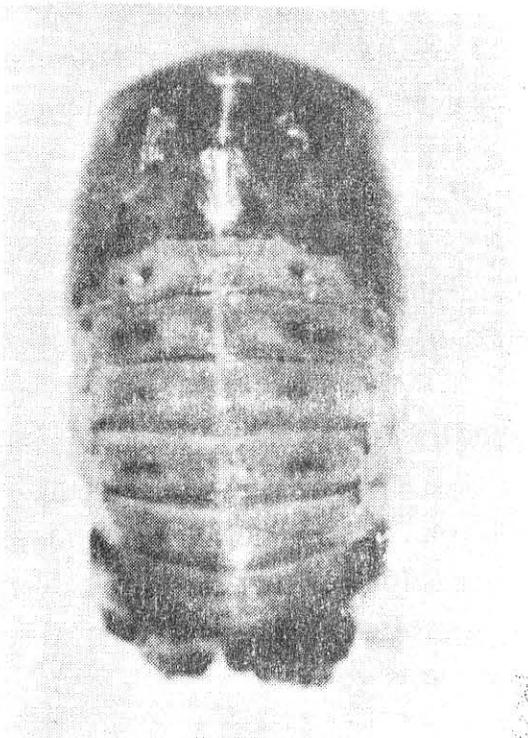
Rhizobius forestieri



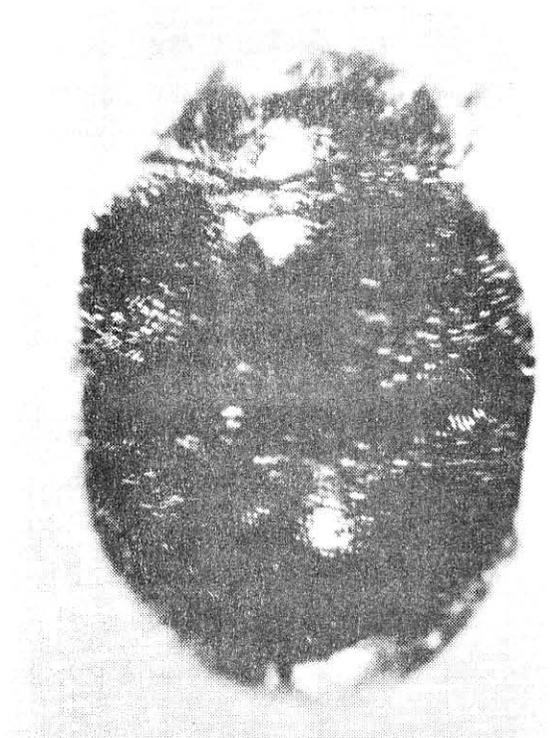
Oeufs



Larves



Nymphe



Adulte

chétotaxie telle qu'elle est appliquée couramment aux autres coccinelles (KATSOYANNOS, 1976), car le nombre des soies implantées par tubercule ne constitue pas un caractère discriminatoire assez sûr. Par contre, la largeur de la capsule céphalique et la taille des tibias diffèrent nettement pour chacun des stades larvaires et permettent une diagnose sans erreur (tableau V).

Les diverses formes préimaginales : oeufs, larves, nymphes n'ont pas fait à ce jour l'objet de descriptions morphologiques détaillées. Il n'est cependant pas dans notre intention de les présenter ici dans le cadre de cette étude essentiellement bio-écologique.

5 - DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE.

En Australie, zone d'origine de R. forestieri, on le trouve dans les provinces suivantes : Queensland, Nouvelle Galle du Sud, ACT, Victoria, Australie du Sud, Tasmanie, Australie occidentale. Son aire de distribution s'étend de façon continue le long de la côte orientale entre le 15ème et le 35ème degré de latitude Sud. Quelques îlots supplémentaires ont été repérés : certains à la même latitude comme dans la région d'Adelaïde ou beaucoup plus à l'Ouest à proximité de Perth et un autre plus méridional aux alentours du 37ème degré de latitude Sud près de Melbourne. Après les introductions dont il a fait l'objet, il peuple également la Nouvelle Zélande, la Nouvelle Calédonie, les Iles Fidji et aux U.S.A., la Californie.

Egalement originaire d'Australie R. ventralis se rencontre au Queensland, en Nouvelle Galle du Sud, ACT, dans la province de Victoria, en Australie du Sud, en Tasmanie et en Australie occidentale. On le trouve aussi en Nouvelle Zélande et aux U.S.A., en Californie.

Si l'on compare sur la carte d'Australie (Fig. 6) leurs aires de distribution respectives, on constate une plus large tolérance thermique de R. forestieri qui peut même supporter des conditions climatiques arides. Mais de toute manière, l'examen de la répartition de ces deux espèces semble également montrer une meilleure aptitude à se développer dans des écosystèmes situés à proximité des régions littorales.

TABLEAU V

Etude biométrique des stades préimaginaux de R. forestieri
(capsules céphaliques et tibias).

Stades larvaires	Mensurations en mm			
	Capsules Céphaliques	Tibia 1ère paire	Tibia 2ème paire	Tibia 3ème paire
L ₁ n=20	\bar{x} SD 0,26 0,09	\bar{x} SD 0,14 0,01	\bar{x} SD 0,14 0,01	\bar{x} SD 0,14 0,01
L ₂ n=20	\bar{x} SD 0,37 0,01	\bar{x} SD 0,18 0,01	\bar{x} SD 0,21 0,01	\bar{x} SD 0,21 0,01
L ₃ n=20	\bar{x} SD 0,52 0,01	\bar{x} SD 0,29 0,01	\bar{x} SD 0,32 0,01	\bar{x} SD 0,32 0,01
L ₄ n=20	\bar{x} SD 0,70 0,02	\bar{x} SD 0,43 0,04	\bar{x} SD 0,49 0,03	\bar{x} SD 0,49 0,03

Une analyse statique des résultats obtenus avec le test "t" de STUDENT montre qu'ils sont tous hautement significatifs au seuil de 0,01.

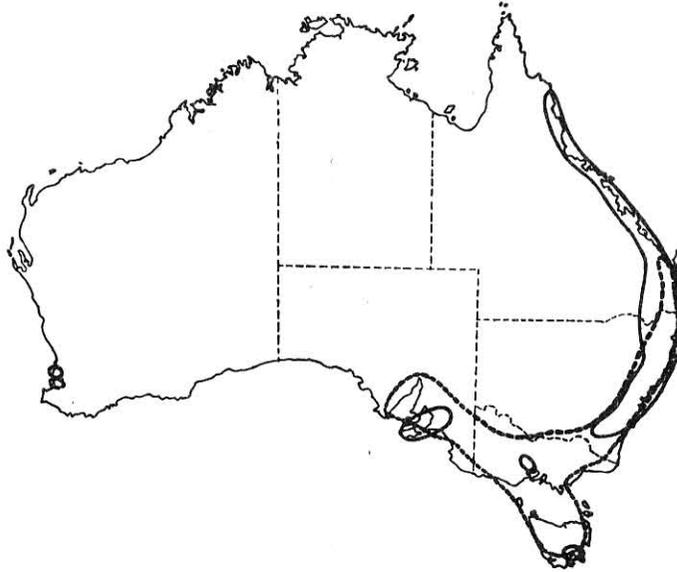


Figure 6 - Distribution de R. ventralis (en tiré) et de R. forestieri (en continu) en Australie (d'après POPE, 1981).

La réussite ou l'échec des introductions réalisées depuis près d'une centaine d'années dépendait certes de l'existence de conditions climatiques plus ou moins favorables, mais sans nul doute, aussi, de la présence de nourritures essentielles pour permettre leur développement.



CHAPITRE III

Matériel et méthodes d'étude

Pour procéder à l'étude de R. forestieri différents matériels et diverses méthodes furent mis en oeuvre au laboratoire et dans les conditions naturelles :

- pour accueillir les souches du prédateur introduit,
- pour le multiplier,
- pour étudier certains aspects anatomiques, bioécologiques et physiologiques,
- et, pour l'installer dans les oliveraies.

I - AU LABORATOIRE (voir Planche photographique pp. 60 et 61)

L'introduction d'un entomophage dans une nouvelle contrée nécessite avant tout et obligatoirement, l'installation d'une unité de quarantaine (DE BACH, 1964). Cette dernière poursuit les buts suivants :

- accueillir les prédateurs,
- les élever en permanence, afin de produire des souches saines, indemnes de maladies et de parasites,
- et les faire parvenir vivants sur les lieux d'introduction pour tenter leur acclimatation (IPERTI & BRUN, 1969).

Dès leur réception les prédateurs sont mis en élevage pour conserver les souches. La mise en oeuvre d'une unité d'élevage implique une triple production permanente et simultanée :

- l'obtention et la conservation des végétaux,
- La production de la proie,
- et la multiplication du prédateur.

1.1. Le végétal.

Pour produire les cochenilles on utilise différentes variétés de Cucurbitacées. Sur une surface d'un demi-hectare, cette culture produit chaque année 7 à 10 tonnes de fruits. Cette quantité suffit pour couvrir les besoins annuels de l'unité de multiplication des prédateurs. On les conserve dans un local où règnent des conditions thermiques relativement stables ($18 \pm 2^\circ\text{C}$), éclairé naturellement par deux fenêtres.

On élève également certaines cochenilles sur de jeunes plants de Nerium oleander L.. Parfois, pour les besoins bien particuliers de l'élevage, on prélève directement de la nature des rameaux d'olivier bien infestés par S. oleae.

Pour produire les pucerons, on cultive de jeunes plantes de Vicia faba L. var. minor selon la méthode développée à la Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes (PRUDENT, 1978).

1.2. Les proies.

A l'exception d'Aphis fabae SCOP., la majorité des proies employées appartiennent à la famille des cochenilles :

- Coccus hesperidum L. (Hom., Coccidae) s'élève sur les fruits de Cucurbitacées selon les techniques classiques de production décrites par BARTLETT et LAGACE (1961).

- Quadraspidotus perniciosus COMST., Aspidiotus nerii (Hom. Diaspididae) et Planococcus citri RISSO (Hom., Pseudococcidae) s'obtiennent selon des techniques voisines de celles mentionnées ci-dessus, sur des supports végétaux appropriés, selon la proie élevée.

On multiplie l'ensemble de ces cochenilles à l'intérieur de plusieurs locaux, dans des conditions thermiques, hygrométriques et photopériodiques

TABLEAU VI

Conditions d'élevage de R. forestieri
(ambiance et nourriture)

Proies	Conditions d'ambiance		Végétaux servant à la production des cochenilles
	Température en °C	Photopériode en heures de lumière/jour	
essentielles			
<u>Saissetia oleae OLIV.</u>	25 ± 2	16	<u>Olea europea L.</u> <u>Nerium oleander L.</u>
<u>Coccus hesperidum L.</u>	25 ± 2 20 ± 2	16 12	courges
de remplacement			
<u>Planococcus citri RISSO</u>	25 ± 2	16	courges
<u>Quadraspidiotus perniciosus COMST.</u>	25 ± 2	16	"
<u>Aspidiotus nerii BOUCHE</u>	25 ± 2	16	"
rejetées			
<u>Aphis fabae SCOP.</u>	25 ± 2	12	<u>Vicia faba L.</u>

contrôlées ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\text{p.100 H.R.}$ et 16 H de lumière par jour) ; elles développent alors leur cycle selon une durée variable selon l'espèce (entre 4 et 6 semaines).

1.3. - Le prédateur : R. forestieri (tableau VI).

L'élevage du prédateur s'opère dans des conditions d'ambiance semblables à celles maintenues pour produire les proies. Il se scinde en 3 phases bien distinctes : - la ponte, le développement larvaire et la conservation des adultes.

A. Phase de ponte :

Dans un cylindre en matière plastique de 0,4 cm d'épaisseur, de 30 cm de diamètre et de 50 cm de longueur fermé à chacune de ses extrémités par une toile de mousseline à maille fine, on introduit environ 60 adultes. On les alimente, de préférence, en offrant une courge bien infestée avec C. hesperidum. Afin de récupérer les pontes du prédateur, on glisse à l'intérieur du cylindre des rameaux d'olivier portant des carapaces vides de S. oleae. Avant leur insertion on procède à une opération destinée à tuer toute forme de vie active en plaçant ces branchettes, pendant 4 heures au moins, à l'intérieur d'une étuve chauffée à $80-90^\circ\text{C}$. Les jeunes femelles de la coccinelle âgées de plus de 6 jours déposent alors leurs oeufs sous les carapaces vides de la Cochenille noire de l'olivier. On procède au remplacement des branchettes tous les 3 jours. Cette opération permet de récupérer les oeufs et de passer à la séquence suivante.

B. Phase de développement larvaire :

Dans un nouveau cylindre renfermant également une courge infestée avec C. hesperidum, on introduit environ 300 oeufs dont la durée d'incubation ne dépasse pas 6 jours dans les conditions habituelles de l'élevage. Les quatre stades larvaires et la nymphose demandent 3 semaines et demi pour se développer dans la même enceinte. Il importe de surveiller leur évolution pour les mettre constamment en présence d'une abondante nourriture. Généralement on doit renouveler cette alimentation 2 fois avant d'obtenir une nouvelle génération.

C. Phase de conservation des adultes.

Une partie des jeunes adultes produits sert à l'approvisionnement de nouvelles cages de ponte. Le reste doit faire l'objet d'une conservation jusqu'au moment de leur utilisation dans la nature. Pour y parvenir on les enferme dans des cylindres semblables à ceux décrits précédemment et contenant également les mêmes proies. Toutefois, la différence majeure réside dans le fait qu'on les place dans une enceinte où règnent des conditions particulières susceptibles de ralentir considérablement leur évolution ($11 \pm 3^\circ\text{C}$, 65 ± 5 p.100 H.R. et 12 H de lumière par jour).

D. Possibilités de parasitisme par les parasitoïdes indigènes.

Après récolte dans la nature des principaux parasites des coccinelles indigènes liées à S. oleae, on a procédé à des essais de parasitisme forcé. Les larves cibles des coccinelles sont alimentées périodiquement à l'aide de stades préimaginaux de C. hesperidum et les parasites, par des gouttelettes de miel. L'expérience a lieu dans des tubes de verre de 3 cm de diamètre et de 15 cm de long, disposés dans les cellules standard de l'élevage de jours longs. Elle dure de 15 à 20 jours.

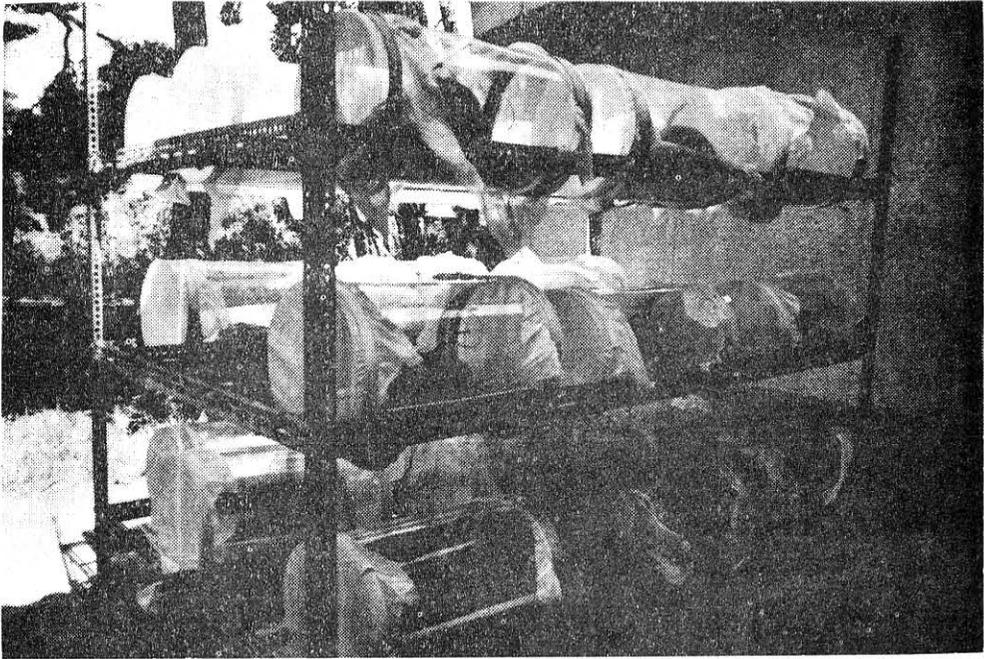
1.4. - L'unité de multiplication.

L'unité de multiplication de R. forestieri mise en place à l'Institut phytopathologique Bénaki a nécessité le déploiement de moyens relativement importants. Elle se compose de 5 locaux distincts :

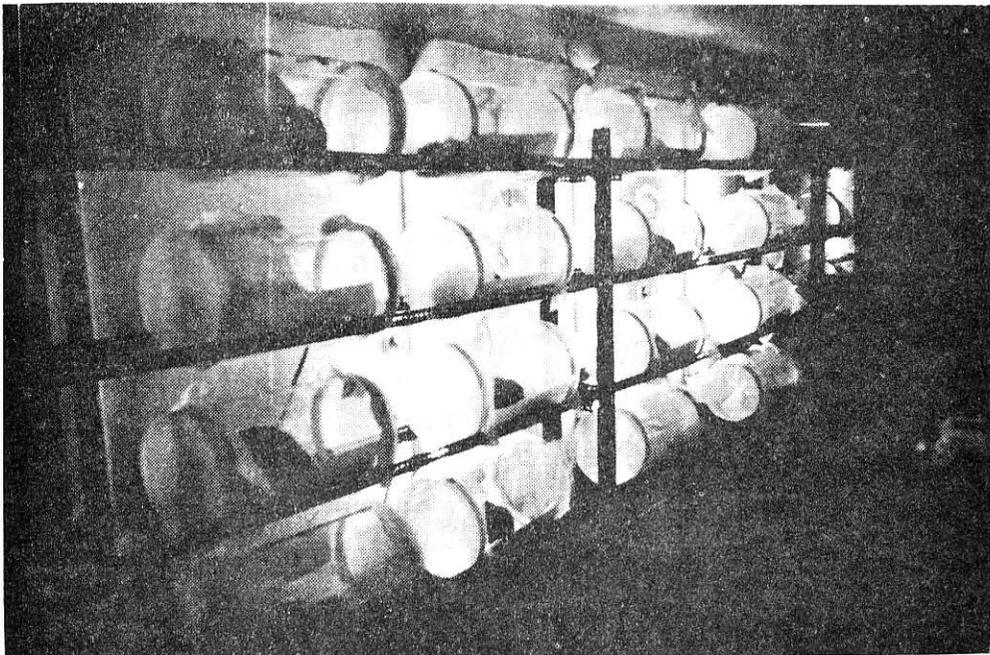
- un pour conserver les courges,
- un second pour les contaminer avec des cochenilles,
- un troisième pour le développement des proies,
- un quatrième pour la multiplication des prédateurs,
- et un cinquième pour leur conservation.

En 1982, pour obtenir 10.000 adultes de R. forestieri en 6 générations dans une trentaine de cylindres en service, on a utilisé environ 1 tonne de courges. Or, pour mener rapidement à bien l'installation de ce prédateur, il faudrait accroître les possibilités de cette unité de multiplication en doublant au moins le volume de sa production.

Vue générale de l'élevage de R. forestieri :

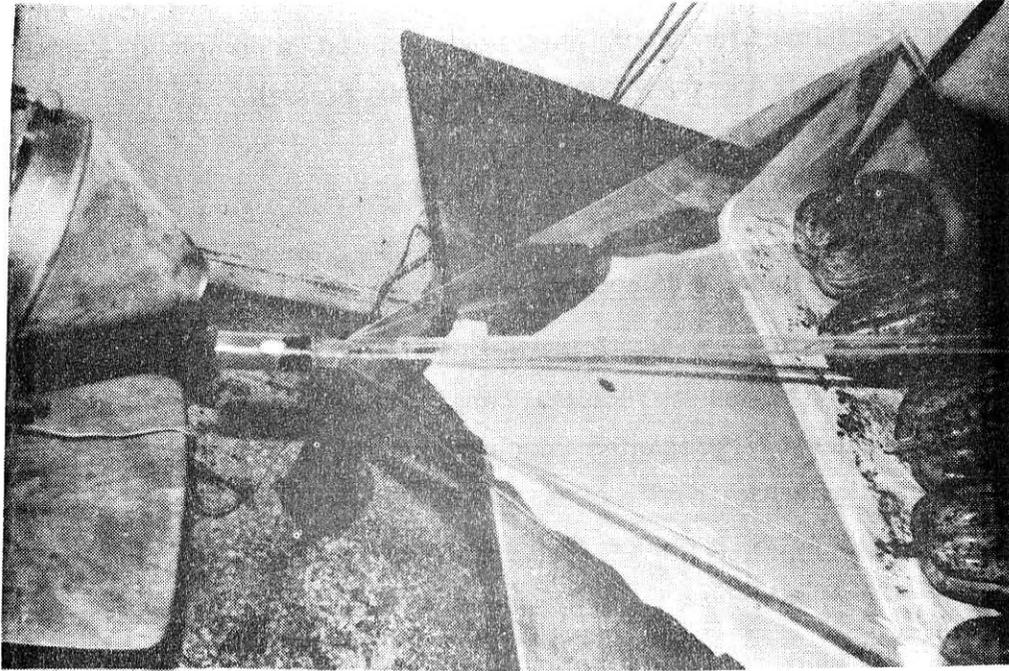


à l'extérieur

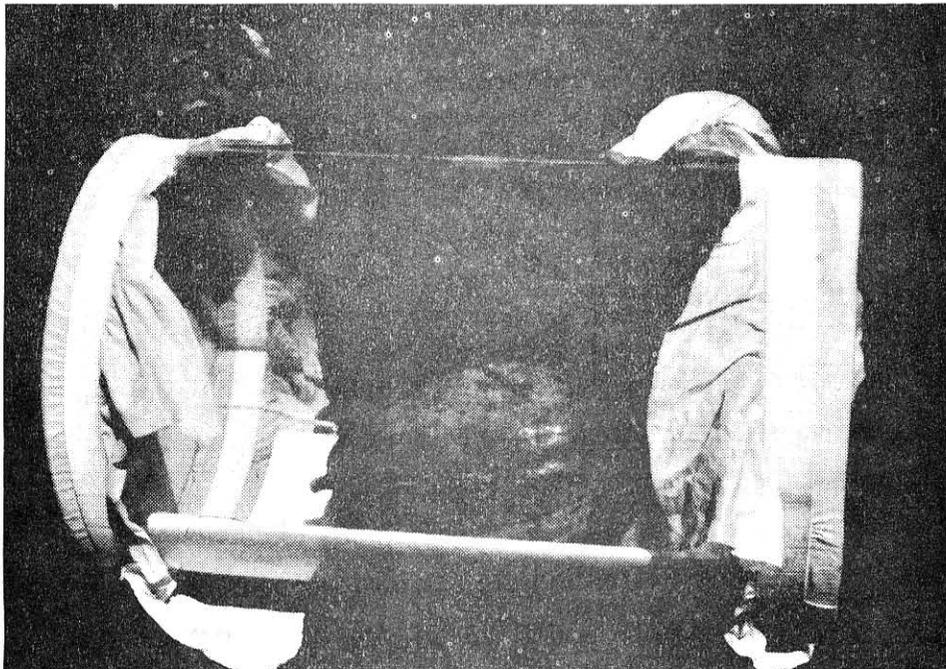


à l'intérieur

Elevage de R. forestieri :



Contamination des courges



Prédateurs dans un cylindre d'élevage

1.5. - Autres techniques d'étude.

L'examen morphologique et anatomique de cette coccinelle procède des méthodes classiques de dissection, de fixation, de coloration et de montage précédemment utilisées (KATSOYANNOS, 1976). De plus, pour analyser certaines fonctions physiologiques, on a employé l'appareil de WARBURG (FYTIZAS et KATSOYANNOS, sous presse).

II - DANS LA NATURE (voir pp. 60 et 61).

2.1. - Origine de la souche.

Les adultes de R. forestieri * introduits en Grèce proviennent de Californie. On les a récoltés dans la région d'Oakland par frappage sur des arbustes de Pyracantha coccinea ROEM. infestés avec la Cochenille Eulecanium kunoense KAW.. Les trente adultes récoltés et placés dans un tube de verre en présence de P. citri en guise de proie furent apportés en Grèce le 18 mai 1981.

A partir de cette date et une fois la période de quarantaine obligatoire écoulee, des études préliminaires à son installation purent débuter :

- pour connaître son voltinisme,
- pour préciser ses possibilités d'installation sur les oliviers,
- pour déterminer les modalités de lâchers du prédateur dans les conditions naturelles,
- pour évaluer son efficacité.

2.2. - Le voltinisme.

Pour étudier son voltinisme, on a installé à l'extérieur du laboratoire un élevage de R. forestieri. Les méthodes utilisées sont tout à fait semblables à celles décrites dans le paragraphe consacré au mode de fonctionnement de l'unité de multiplication. La seule différence réside dans l'attention particulière apportée à retirer périodiquement les oeufs et à séparer nettement les générations successives. (Fig. 7).

(*) Détermination confirmée par R.D. POPE que nous remercions chaleureusement.

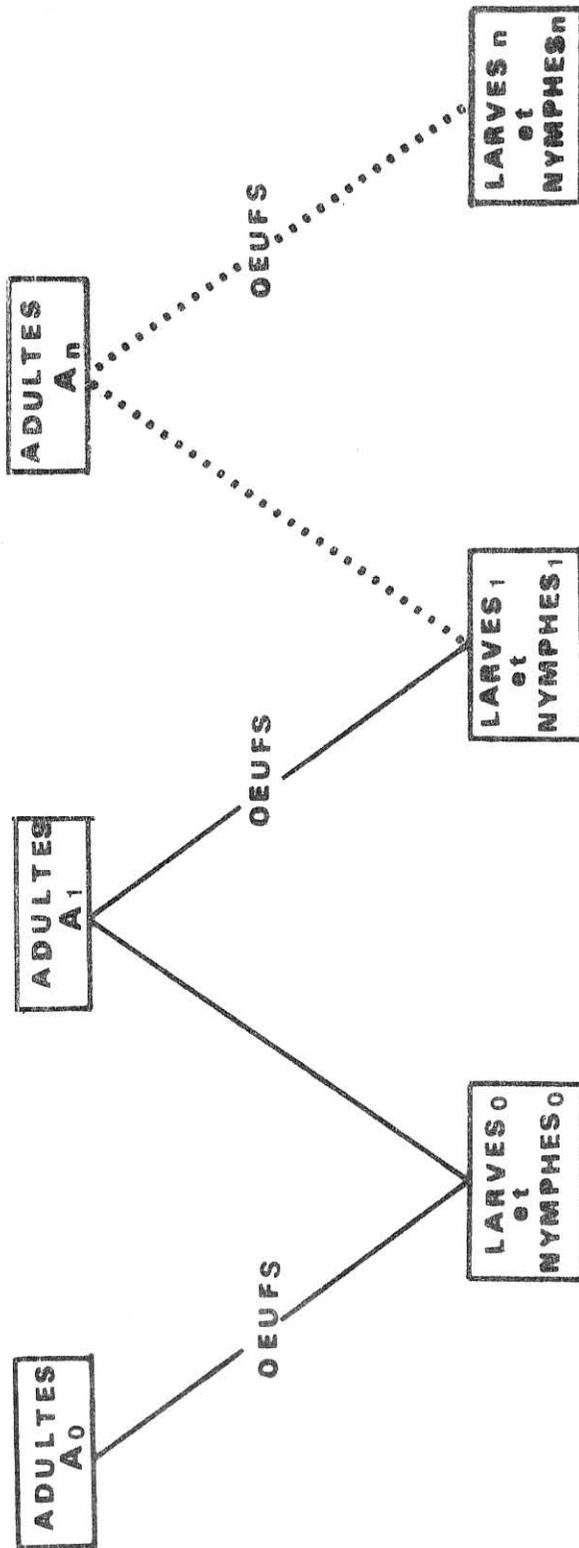


Figure 7 - Modalités d'élevage de *R. forestieri* dans la nature pour étudier son voltinisme.

2.3. - Installation des prédateurs sur l'olivier.

Pour détecter les possibilités d'installation des prédateurs sur l'olivier en Grèce, on a effectué de nombreux lâchers dans des zones oléicoles qui diffèrent par leur implantation géographique, par leur topographie, par la variété, l'âge et la taille des oliviers, par le degré d'infestation du à S. oleae par la végétation avoisinante, etc... Les principaux lieux d'installation de R. forestieri peuvent se présenter de la façon suivante

A. Dans la région de Delphes (Arachova), la culture de l'olivier s'étend de façon continue de 300 à 800 mètres d'altitude. Pour effectuer les lâchers, on a choisi des oliviers cultivés en terrasse et situés sur les pentes d'une petite vallée, orientée face à l'Ouest et dont l'altitude varie de 500 à 540 mètres. Les plantations remontent à plus de 50 ans ; les arbres sont souvent de taille moyenne et parfois plus grands ; ils produisent des olives destinées à la confiserie (variété Kothreiki). Le niveau d'infestation de S. oleae très faible en haut de la vallée s'aggrave sensiblement vers le fond de celle-ci.

B. Dans la région d'Athènes (Marathon) près de la mer, dans un site abrité. Les plantations d'arbres âgés de plus de 50 ans produisent des fruits destinés aux huileries. Elles avoisinent des cultures maraîchères. Les oliviers supportent une forte infestation de S. oleae.

C. Dans l'île de Chios, l'olivieraie située près de la mer, dans une plaine exposée au vent du nord, est constituée d'arbres jeunes (8 à 10 ans) de petite taille parfois même moyenne. On y récolte des fruits destinés à la fabrication de l'huile (variété Megaritiki). L'infestation de S. oleae s'avère élevée. Tout autour s'étendent des plantations d'agrumes.

D. Autres biotopes.

Dans le reste du pays, on a choisi les lieux de lâcher pour couvrir de façon relativement régulière l'ensemble des oliveraies situées dans les parties littorales, centrales et septentrionales de la Grèce, sans négliger pour autant la présence d'un nombre suffisant de proies sur les arbres (voir Fig. 21).

2.4. - Modalités des lâchers du prédateur.

Pour réaliser les lâchers de R. forestieri, on a utilisé des adultes. On les a transportés à l'intérieur de tubes en plastique de 25 cm³ de volume, contenant un morceau de papier filtre légèrement humide et fermé à sa partie supérieure par une mousseline à maille fine. Une fois arrivés sur le biotope d'installation, les tubes débouchés sont accrochés, à l'abri de l'ensoleillement direct, à hauteur d'homme sur la face méridionale de la couronne des arbres. Progressivement, la trentaine d'adultes contenus dans chaque récipient s'en échappe pour s'installer sur la frondaison.

2.5. - Evaluation de l'efficacité.

On a effectué un échantillonnage des populations de Coccinellidae en utilisant deux méthodes différentes.

- L'une dérivée de celle préconisée par ROSEN et GERSON (1965) permet un grand nombre d'observations pendant un temps relativement réduit. Elle consiste en une observation directe du feuillage, du pourtour de la couronne des arbres pendant un temps déterminé. La couronne de l'olivier a été examinée à hauteur d'homme pendant cinq minutes par arbre. De cette façon, on peut noter la présence d'individus vivants à tous les stades de leur évolution, à savoir les adultes, les larves et les nymphes.

- L'autre méthode destinée à contrôler la population de coccinelles utilise le frappage des branches, de la couronne de l'arbre avec un bâton après avoir placé au-dessous d'elles une toile d'un mètre carré pour récolter les insectes.

En conclusion, on serait incomplet si au cours d'une étude écologique on ne prenait pas en considération les données météorologiques. Aussi a-t-on obtenu les informations générales concernant le climat à partir des données diffusées par le Service National de la Météorologie Hellénique. En plus, de simples postes météorologiques comprenant en général seulement un thermo-hygromètre enregistreur ont été placés dans certains des biotopes d'introduction de R. forestieri. Ce fut en particulier le cas dans la région de Delphes (Arachova), ainsi que dans celle de l'Attique, à Kifissia.



ÉTUDE BIOLOGIQUE

DE *R. FORESTIERI*

I - INTRODUCTION.

La confusion des deux Rhizobius sous la même dénomination porte jusqu'à nos jours un préjudice considérable à la connaissance biologique précise de chacune de ces deux espèces. Fréquemment citées comme agents de lutte biologique, elles n'ont inspiré à ce jour que bien peu de travaux fondamentaux. Les seuls renseignements qui tiennent compte de la distinction à effectuer entre ces deux prédateurs font l'objet de 2 publications récentes parues toutes deux en 1981, l'une de POPE, l'autre de RICHARDS. Indépendamment des résultats sommaire de ces travaux, beaucoup d'études restent à entreprendre pour connaître les potentialités biologiques de R. forestieri et déterminer l'influence des principaux facteurs biotiques et abiotiques sur son développement imaginal et préimaginal.



CHAPITRE IV

L'alimentation de *R. forestieri*

L'utilisation raisonnée telle que nous l'envisageons de R. forestieri pour combattre la Cochenille noire de l'olivier implique tout d'abord l'analyse de certains aspects biologiques essentiels des adultes parmi lesquels

- les besoins alimentaires qualitatifs et quantitatifs,
- la fécondité et les modalités de la ponte,
- la longévité,

constituent des éléments d'un intérêt immédiat pour notre objectif. Ils font l'objet des chapîtres IV, V et VI.

En raison du rôle que les coccinelles jouent dans la limitation des Homoptères inféodés aux plantes cultivées de nombreux auteurs ont étudié leur régime alimentaire. Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une vaste mise au point effectuée par HODEK (1973). Ils accumulent beaucoup plus de renseignements chez les espèces aphidiphages que chez les espèces coccidiphages. Dans ce dernier cas, on constate une notable insuffisance de données sur les prédateurs de lécanines exceptées celles que l'on doit à PANTYUKHOV (1968) sur Chilocorus rubidus HOPE, prédateur d'Eulecanium caraganae BORCHS., à KATSOYANNOS (1976) puis à LAMBLIN (1979) sur E. quadripustulatus prédateur de la Cochenille noire de l'olivier.

I - ASPECT QUALITATIF DE L'ALIMENTATION.

Les proies prospectées, identifiées et ingérées par R. forestieri dans la nature sont relativement mal connues pour diverses raisons et beaucoup d'observations à ce propos sont sujettes à caution du fait de la confusion dont elle a fait longtemps l'objet. Aussi n'avons-nous retenu dans le tableau VII que les données récentes et qui sont sans ambiguïté. On voit que dans sa zone originelle d'Australie, R. forestieri s'attaque à de nombreuses espèces de cochenilles appartenant à diverses familles Coccidae, Pseudococcidae, Eriococcidae, Monophlebiidae et même Diaspididae. Toutefois, on ignore dans quel contexte alimentaire, notamment en ce qui concerne le choix et l'abondance des proies, ces observations ont été faites et quelles sont les affinités réelles de R. forestieri et des proies citées. En outre, il est bien évident que le peu de recul quant à son introduction en Grèce ne permet pas encore de connaître l'ensemble des sites et proies prospectées en zone méditerranéenne orientale.

La mise en évidence des proies essentielles au sens d' HODEK (1968), même si elles ne constituent pas un régime naturel reste un souci majeur pour pouvoir procéder utilement à l'élevage des prédateurs. Seules en effet les proies essentielles constituent une nourriture susceptible d'assurer un développement convenable aux stades préimaginaux et l'obtention d'adultes féconds. A ce jour pour R. forestieri, on peut classer dans cette catégorie, parmi les espèces de lécanines dont on est en mesure d'effectuer actuellement l'élevage permanent : S. oleae et C. hesperidum qui sont à la base des élevages que l'on pratique (KATSOYANNOS, 1982), et Ceroplastes rubens MASK. utilisé par RICHARDS (1981).

Certaines nourritures de remplacement ont pu être utilisées au laboratoire avec succès. Ce sont les cochenilles suivantes : les lécanines Coccus viridis GREEN. et Parthenolecanium persicae P., les pseudococcines Gossyparia casuarinae MASK. et Planococcus citri RISSO ainsi qu'un Eriococcus sp. non identifié, toutes utilisées par RICHARDS (1981), et par nous-même (KATSOYANNOS, 1982), P. citri et les diaspidines Quadraspidiotus perniciosus COMST. et Aspidiotus nerii BOUCHE..

TABLEAU VII
Végétaux et proies prospectées par R. forestieri.

Cochenilles-hôtes	Végétaux-hôtes	Lieux	Références
<u>Eulecanium kunoense</u> KAW	<u>Pyracantha coccinea</u> ROEM.	Oakland, Californie	KATSOYANNOS, 1982
<u>Saissetia oleae</u> OLIV.	<u>Olea europea</u> L.	Grèce	KATSOYANNOS, 1982
	<u>Nerium oleander</u> L.	"	" "
	<u>Citrus</u> spp. non mentionné	"	" non publié
<u>Paralecanium frenchii</u> MASK.	"	Sydney Australie	RICHARDS, 1981
<u>Parthenolecanium persicae</u> F.	"	New South Walles Australie	"
<u>Coccus longulus</u> DOUGLAS	<u>Citrus</u> spp.	Queensland Australie	"
<u>Coccus viridis</u> GREEN.	"	" "	"
<u>Ceroplastes destructor</u> NEWST.	"	" "	"
<u>Ceroplastes rubens</u> MASK.	"	" "	"
<u>Ceroplastes rusci</u> L.	<u>Ficus carica</u> L.	Grèce	KATSOYANNOS, non publié
<u>Planococcus citri</u> RISSO	<u>Citrus</u> spp. non spécifié	South Australia	RICHARDS, 1981
<u>Dysmicoccus brevipes</u> COCK.	"	"	"
<u>Eriococcus ironsidei</u>	<u>Macadamia integri- folia</u>	Queensland Australie	"
<u>Nipaecoccus filamentasus</u> COCK.	non spécifié	"	"
<u>Nipaecoccus nipae</u> MASK.	non spécifié	"	"
<u>Rhizococcus casuarinae</u>	<u>Casuarina</u> sp.	New South Walles Australie	"
<u>Gossyparia casuarinae</u>	" "	" "	"
<u>Monophlebulus</u> sp.	"	" "	"
<u>Icerya purchasi</u> MASK.	"	" "	"
<u>Cryptes baccatus</u> MASK.	<u>Acacia</u> sp.	Queensland Australie	"
<u>Aonidiella aurantii</u> MASK.	<u>Citrus</u> spp.	New South Walles Australie	"

A ce jour, aucune proie alternative qui permet la survie d'adultes non féconds n'a encore été mise en évidence. Par contre, on a pu établir que des pucerons comme Aphis fabae SCOP. s'avèrent constituer des proies catégoriquement rejetées (KATSOYANNOS, 1982).

L'expérience acquise dans ce domaine permet dès à présent de séparer parmi les différentes proies essentielles et de remplacement essayées, celles qui donnent les meilleurs résultats, dans une unité de multiplication. Dans les conditions de l'Institut phytopathologique Bénaki c'est à la Cochenille lécanine Coccus hesperidum L., d'un élevage facile et économique, que l'on fait appel ; elle constitue la base alimentaire de nos élevages de R. forestieri.

La majorité des coccinelles recensées à ce jour sont des prédateurs vrais, attaquant les mêmes proies à tous les stades de leur vie et qui représentent environ 90 p.100 des espèces connues. Si l'on reprend la classification adoptée par SASAJI (1971) et si l'on consulte les compilations bibliographiques adéquates (BALDUF, 1935 ; HODEK, 1973), on obtient une image à peu près convenable de leurs possibilités prédatrices.

A l'exception de la sous-famille des Epilachninae, essentiellement phytophage, toutes les autres coccinelles comprennent une majorité de prédateurs. Les espèces appartenant à la sous-famille des Sticholotinae attaquent surtout les cochenilles Diaspines, au même titre que celles qui entrent dans la sous-famille des Chilocorinae ; par contre, 85 p.100 des prédateurs qui font partie de la sous-famille des Coccinellinae consomment des aphides. Seule la sous-famille des Scymninae comprend des coccinelles aux régimes alimentaires diversifiés. On y trouve 62 p.100 de coccidiphages, 23 p.100 d'aphidiphages ; en outre 2 genres attaquent les Aleurodes (Clithostetus et Lioscymnus) et 6 genres s'alimentent aux dépens des Pseudococcus spp. (Diomus, Nephus, Sidis, Parasidis, Cryptolaemus et Pseudoscymnus).

Reste la sous-famille des Coccidulinae, composée essentiellement de prédateurs coccidiphages, dont plus de la moitié dévorent des Diaspididae un tiers environ des Coccidae et deux tribus, des Icerya spp. (Exoplectrini et Noviini). Cette sous-famille renferme donc les seules espèces capables d'attaquer les lécanines. Cela mérite d'être souligné car, chez les Coccinellidae,

le nombre d'espèces susceptibles de se développer aux dépens de ces ravageurs demeure extrêmement limité. C'est précisément à cette sous-famille qu'appartiennent R. ventralis et R. forestieri.

Connues pour leur polyphagie apparente les coccinelles montrent en réalité une spécificité trophique accusée si l'on envisage leurs nourritures essentielles seules capables de permettre un développement complet de l'espèce. R. forestieri n'échappe pas à cette règle dans ses relations avec les lécanines.

2 - L'ASPECT QUANTITATIF DES BESOINS ALIMENTAIRES IMAGINAUX.

L'estimation de la consommation alimentaire est l'un des éléments qui permet d'apprécier l'efficacité d'un prédateur. Pour exprimer pondéralement la valeur des proies ingérées, il faut disposer d'un matériel d'investigation approprié et développer des recherches spécialisées dans ce domaine (FERRAN, 1983). Pourtant, sans vouloir établir une stricte relation de cause à effet, on peut évaluer la valeur prédatrice de l'agent étudié en comptabilisant le nombre de proies totales nécessaire à son activité de reproduction. Cette indication préalable permet d'alimenter convenablement les souches de R. forestieri conservées dans l'unité de multiplication et du même coup d'avoir une idée globale de son efficacité prédatrice.

De cette manière on a étudié la voracité d'adultes de R. forestieri placés individuellement à une température de $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$, une humidité de 65 ± 5 p.100 H.R. et une photopériode de 16 heures de lumière par jour, à l'intérieur de récipients de 5 cm³ de volume environ, alimentés tous les trois jours avec 20 individus âgés mais non encore sclérifiés de C. hesperidum (d'une taille moyenne de 1,5 à 2,5 mm) posées sur un morceau de papier filtre légèrement humidifié.

Les essais poursuivis sur une longue période permettent d'indiquer une consommation moyenne de 25 à 30 proies par adulte et par semaine et de 4 à 5 proies par adulte et par jour. Selon l'âge de l'adulte considéré on peut distinguer deux phases principales, d'abord celle de la maturation sexuelle et de la reproduction où la consommation reste élevée et celle de la sénilité durant laquelle l'activité du prédateur diminue sensiblement (tableau VIII).

TABLEAU VIII

Voracité des adultes (n=30) de R. forestieri,
 élevés isolément sous des conditions de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ températures,
 $65 \pm 5\%$ H.R. et 16 heures de lumière/jour
 alimentés avec des jeunes femelles immatures de C. hesperidum
 distribuées en surabondance.

Temps (en semaines)	Nombre d'individus tués		
		par semaine	par jour
1 ère	\bar{x} SD	25 6,73	3
2 ème	\bar{x} SD	46 6,67	6
3 ème	\bar{x} SD	27 4,66	3
4 ème	\bar{x} SD	40 6,19	5
5 ème	\bar{x} SD	42 4,09	5
6 ème	\bar{x} SD	26 3,37	3
7 ème	\bar{x} SD	34 1,83	4
8 ème	\bar{x} SD	31 3,25	4
9 ème	\bar{x} SD	23 3,96	3
10 ème	\bar{x} SD	41 8,54	5
11 ème	\bar{x} SD	25 6,50	3
12 ème	\bar{x} SD	13 3,01	2
13 ème	\bar{x} SD	14 3,57	2
14 ème	\bar{x} SD	15 3,66	2

Cette approche préliminaire de la prédation devrait trouver son complément dans une étude plus approfondie de ses capacités d'ingestion. A cet égard R. forestieri présente un tube digestif relativement allongé (qui l'apparente aux prédateurs coccidiphages (IPERTI et al., 1977) (voir publication n° 7). Mais, de toutes façons, la transposition des résultats obtenus au laboratoire reste toujours difficile à faire dans les conditions naturelles car la mobilité des adultes rend aléatoire l'estimation de leur impact réel.

Il s'avère particulièrement difficile d'indiquer le taux de consommation de prédateurs aussi polyphages que les coccinelles. Selon la taille des proies attaquées et les conditions dans lesquelles elles sont ingérées, on enregistre le plus souvent pour chaque espèce de grandes variations. Afin de comparer les nombreux résultats enregistrés à ce jour il faudrait d'abord les convertir en terme de biomasse selon la méthode récemment définie par FERRAN (1983). Mais à partir des seules données bibliographiques on peut s'interroger sur la possibilité de mener à bien une telle entreprise.

Quel que soit leur régime, on note généralement une plus grande voracité chez les adultes des plus grosses espèces. Ainsi, chez les aphidiphages, par ordre décroissant de taille, l'adulte de Coccinella septempunctata peut dévorer journallement jusqu'à cent pucerons adultes d'Aphis fabae SCOP. (HODEK, 1957), celui d'Olla abdominalis SAY. ingère de neuf à quinze Myzus sp. (CLAUSEN, 1915) celui d'Adalia bipunctata L. de six à dix Macrosiphum pisi KALT. (CLAUSEN, 1915) et un Scymnus apetzii MULS. de quinze à vingt Longiunguis donacis PASS. (SEZER, 1969).

De la même manière, chez les coccidiphages, on note les voracités journalières moyennes suivantes : vingt à quarante Aulacaspis pentagona TARG. par adulte de Chilocorus similis ROSSI (CLAUSEN, 1915), environ trente Chrysomphalus ficus ASHM. par Chilocorus bipustulatus (var. iranensis) (LAUDEHO, 1969), cinq à six Unaspis yanonensis KUW. par Chilocorus kuwanae SILV. (KEIGO NOHARA, 1962), deux à cinq Planococcus citri par Exochomus quadripustulatus (KATSOYANNOS, 1976), et huit à douze cochenilles du 3ème stade d'Aspidiotus nerii par Rhizobius lophantae BLAISD. (SEZER, 1969).

Comparée aux espèces de grande taille R. forestieri présente une moindre voracité mais par rapport à des prédateurs plus petits, comme R. lophantae et E. quadripustulatus, elle se montre particulièrement intéressante, surtout, si l'on songe au volume assez important des cochenilles attaquées.



CHAPITRE V

La fécondité de *R. forestieri*

De nombreux facteurs déterminent le taux de reproduction des prédateurs comme cela a été précisé par exemple pour *Rhizobius lophantae* BLAISD. (SEZER, 1969). Ce potentiel dépend d'abord chronologiquement des conditions de vie et d'alimentation rencontrées par les larves durant leur développement, puis par les adultes chez lesquels il se manifeste anatomiquement par le nombre plus ou moins élevé d'ovarioles des femelles. On appelle ici "fécondité théorique journalière" celle qui correspond à la production quotidienne d'un ovocyte par ovariole (IPERTI, comm.pers.). Comme chez les femelles bien constituées de *R. forestieri* on a 14 ovarioles par gonade, cette fécondité théorique journalière est de 28 oeufs.

Pour analyser les capacités reproductrices d'un prédateur, une étude exhaustive des divers facteurs concernés serait nécessaire. Mais notre principal souci est de nous limiter dans ce travail au seul critère de la "fécondité" vue telle qu'elle peut s'exprimer dans les conditions écologiques normales. Dans cette optique, nous considérerons comme première analyse indispensable :

- la modalité du dépôt des oeufs,
- la fécondité journalière moyenne,
- et la fécondité totale.

I - LE DEPOT DES OEUFS.

Les femelles de R. forestieri déposent généralement leurs oeufs en groupe sous les carapaces vides de S. oleae. Un tel comportement n'est pas exceptionnel chez les coccinelles coccidiphages. Au moment de la ponte, les glandes collétériques sécrètent un abondant liquide qui, une fois solidifié, relie les oeufs d'une même ponte entre eux de façon plus ou moins étroite.

Un comptage régulier des pontes observées sous les carapaces de S. oleae a permis de préciser quelques éléments du comportement d'oviposition. Il a porté sur 3.153 pontes, déposées par 20 femelles élevées individuellement avec un mâle et que l'on contrôle deux fois par semaine depuis le début de l'activité reproductrice jusqu'au vingt-troisième relevé, c'est-à-dire sur une durée de 4 mois environ. Comme le montre la figure le nombre d'oeufs par ponte varie considérablement, allant de 1 à 45 oeufs. Mais les pontes très importantes sont toutefois extrêmement rares, celles de 10 oeufs et plus représentant moins de 10 p.100 de l'effectif total. La fréquence prédominante (76 p.100) est celle qui correspond à un nombre d'oeufs émis simultanément allant de 2 à 5.

Si l'on considère les dates de dépôt de ces pontes au cours de la vie de chaque femelle (Fig. 8), plusieurs constatations s'imposent. Tout d'abord, à l'exception d'une seule femelle (femelle n° 11 sur la Figure 10) qui a eu une ponte totale très faible, toutes les femelles déposent plus ou moins fréquemment des groupes d'oeufs importants. Si certaines d'entre elles le font plus souvent lorsqu'elles sont jeunes (par exemple, femelle n° 18), d'autres le font épisodiquement tout au long de leur vie imaginale (femelle n° 6) ou même seulement à la fin de leur vie (femelle n° 3). On ne peut donc pas avec les données disponibles établir une relation directe entre le regroupement des oeufs lors de l'oviposition et l'âge des femelles pondeuses. Lorsqu'on analyse la répartition des pontes importantes au cours de la vie de chaque femelle, on constate par contre qu'il existe une corrélation entre ce regroupement et le nombre d'oeufs déposés journallement par les femelles. Celles qui pondent peu d'oeufs à la fois (moins de 5) sont aussi celles dont la fécondité quotidienne est la plus faible : pour moitié d'entre elles on note moins de 5 oeufs émis par jour. A l'inverse, lorsque les femelles déposent fréquemment des pontes renfermant une plus grande quantité d'oeufs, leur fécondité quotidienne moyenne est élevée. Ceci

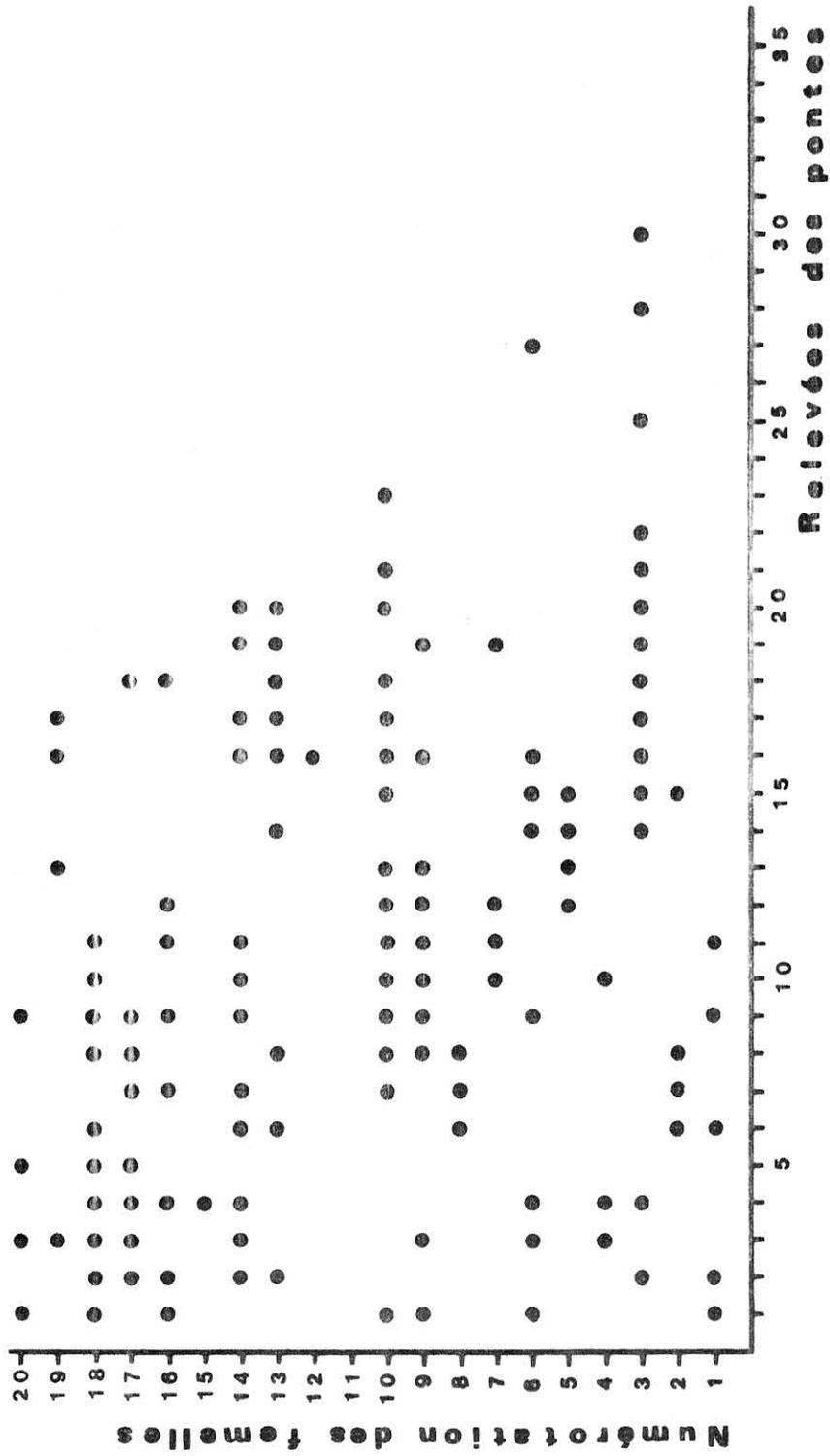


Figure 8 - Répartition dans le temps des paquets d'oeufs d'un effectif supérieur à 10 lors des relevés effectués au cours de la ponte au laboratoire de 20 femelles.

suggère que le nombre de séquences d'oviposition est relativement constant et qu'un petit nombre d'oeufs agglomérés traduit plus fidèlement la faible potentialité d'une femelle pondreuse qu'une grande dispersion spatiale de sa descendance.

2 - FECONDITE JOURNALIERE.

Dès l'émergence les jeunes adultes ne sont pas aptes à pondre. C'est après une courte période de maturation sexuelle qui varie de 4 à 6 jours dans des conditions trophiques et climatiques favorables, que les femelles fécondées commencent à pondre. En l'absence d'accouplement, les femelles élevées isolément pondent des oeufs, mais en nombre réduit et de manière irrégulière.

Le nombre d'oeufs déposés chaque jour varie considérablement, de 1 à 50 unités ; le plus fréquemment la ponte quotidienne se situe aux alentours des 5 oeufs (environ 37 p.100 des pontes). Mais il faut noter aussi que près de 25 p.100 de ces pontes atteignent environ la production réelle d'oeuf dans les conditions expérimentales pratiquées qui ne dépasse que très rarement 20 unités (Fig. 9).

Par ailleurs, comme les femelles de R. forestieri dispersent assez largement leur ponte puisqu'elles déposent chaque jour leurs oeufs en 2 ou 3 sites d'oviposition différents, on peut déduire que leur efficacité sera bonne, même et surtout à l'encontre de ravageurs qui se manifestent en populations elles-mêmes dispersées comme on le constate souvent avec S. oleae ou d'autres lécanines de même type (ARGYRIOU, 1963 ; SIGWALT, 1975 ; VIGGIANI et al, 1975). Pour un prédateur et une proie présents toute l'année sur le même arbre comme c'est le cas dans le couple R. forestieri/S. oleae, le synchronisme spatio-temporel des protagonistes revêt beaucoup moins d'importance que dans d'autres cas.

3 - LA FECONDITE TOTALE.

On doit tout d'abord rappeler qu'il existe une grande variabilité individuelle de la fécondité totale chez les Coccinellidae (HODEK, 1973), il en est aussi ainsi chez R. forestieri. L'élevage de couples isolés de cette espèce placés à $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 65 ± 5 % H.R. et 16 heures de lumière par jour

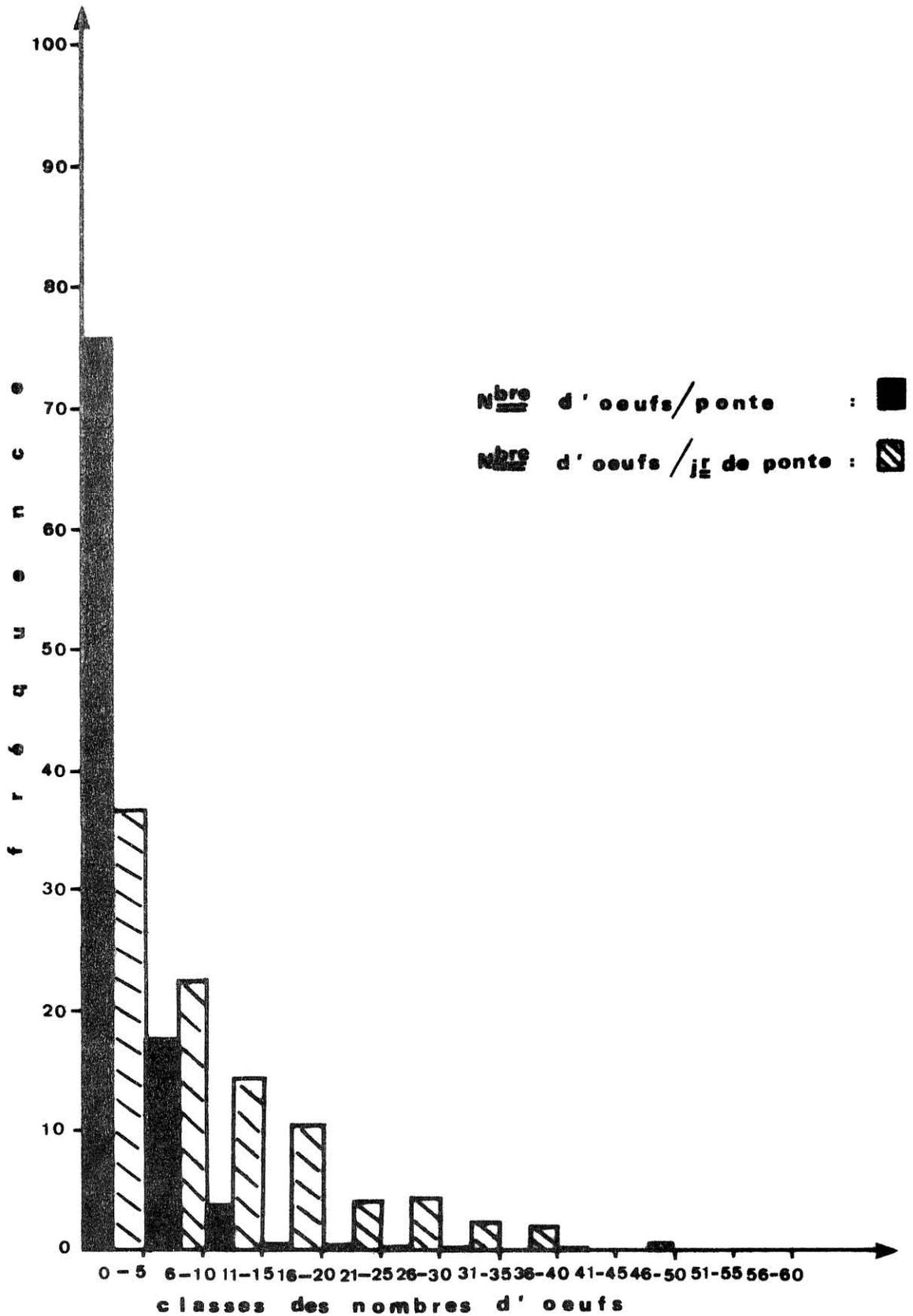


Figure 9 - Les pontes de R. forestieri à $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $65 \pm 5\%$ d'H.R. et 16 heures de lumière par jour.

et alimentés avec C. hesperidum fournissent les résultats résumés sur la figure 10).

Les femelles les plus prolifiques peuvent déposer au cours de leur vie jusqu'à 1 310 oeufs. A l'opposé l'un des individus ne dépasse pas 60 oeufs. Si l'on représente graphiquement les courbes individuelles de la fécondité cumulée des 20 femelles en fonction de la durée de la ponte, on peut assez nettement les diviser en 3 catégories dès le premier mois de ponte. On isole ainsi :

- des femelles très prolifiques qui déposent plus de 1.000 oeufs (20 p.100 environ),
- des femelles qui présentent une faible fécondité de moins de 400 oeufs (20 p.100 environ),
- et enfin une majorité de femelles (60 p.100 environ) qui dépose de 400 à 1.000 oeufs (voir Figure 10).

Le déterminisme de l'appartenance à l'un ou l'autre de ces groupes est probablement pour partie d'ordre génétique. Son existence prend une valeur toute particulière dans le cas d'un entomophage en cours d'introduction. Car elle permet de rassurer l'importateur sur la valeur de l'échantillon prélevé dans la zone d'origine et sa représentativité par rapport à la population naturelle.

4 - COMPARAISON DES ELEMENTS DE LA FECONDITE AVEC LES AUTRES COCCINELLES.

La majorité des coccinelles aphidiphages dépose des pontes groupées de 10 à 100 oeufs, disposés verticalement, généralement sous les feuilles, toujours à proximité immédiate des colonies de pucerons (tribu des Coccinellini) (IPERTI, 1983). Par contre, chez les coccinelles coccidiphages (tribu des Chilocorini par exemple) les femelles insèrent leurs oeufs presque isolément sous le bouclier des cochenilles diaspines. R. forestieri adopte un comportement comparable, à cette différence près que la femelle dépose ses oeufs en grappe sous la carapace des femelles mortes de S. oleae qui peut en contenir jusqu'à trente.

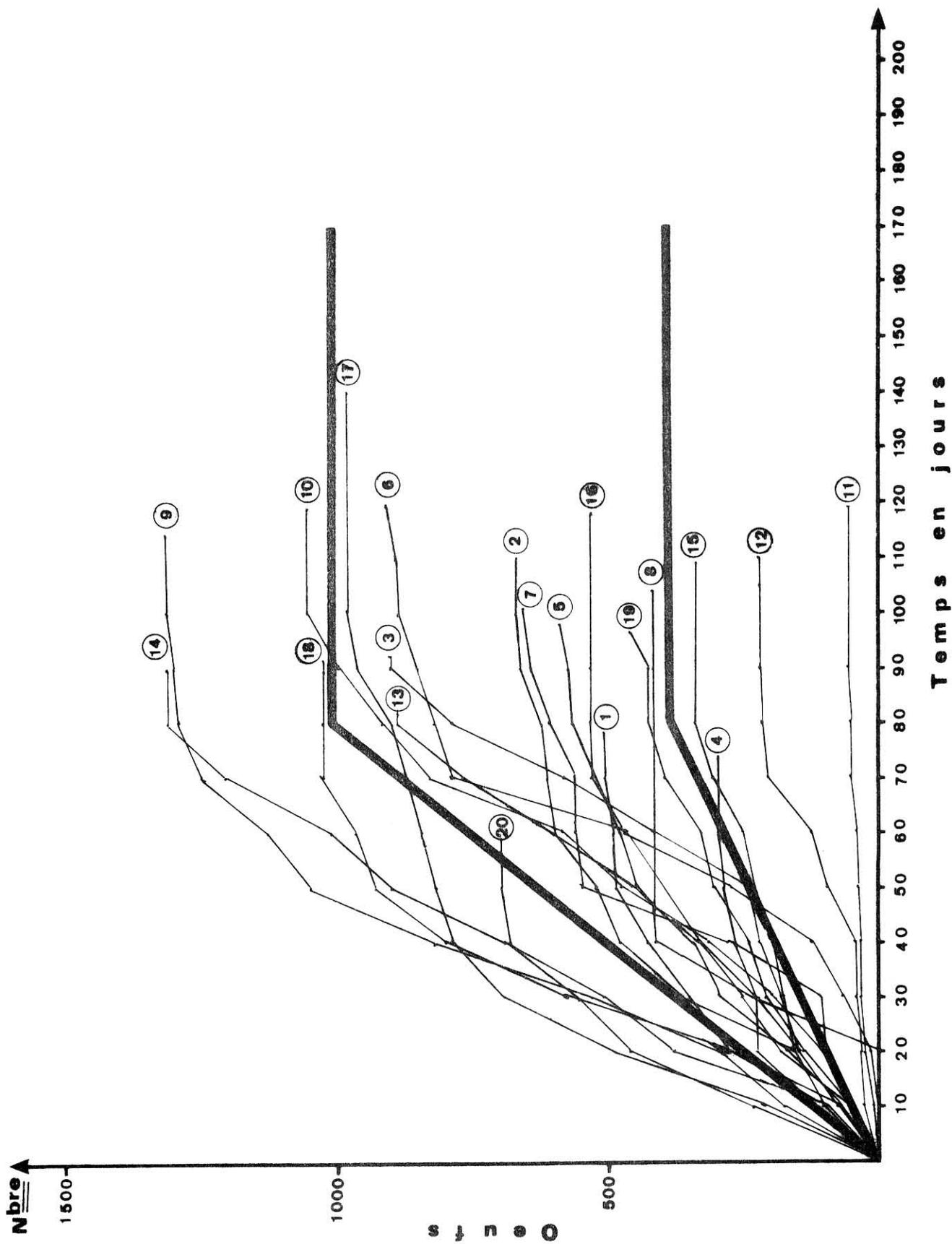


Figure 10 - Fécondité cumulée de 20 femelles de R. forestieri (mêmes conditions que fig. 9).

Bien évidemment, le nombre d'ovarioles détermine en tout premier lieu la fécondité des femelles. Ce nombre est élevé chez les phytophages (atteignant cinquante ovarioles par ovaire chez les Epilachninae) et chez les aphidiphages (jusqu'à cinquante et un ovarioles par ovaire chez les Coccinellinae), il est en règle générale plus réduit chez les prédateurs (ce cochenilles (de dix à dix-huit ovarioles par ovaire chez les Chilocorinae) et chez les insectes mycophages (de huit à vingt) (IPERTI et al., 1977). Le nombre des ovarioles recensés chez R. forestieri l'apparente sans équivoque au groupe des coccidiphages.

Si l'on s'attarde sur la capacité de reproduction des différentes espèces étudiées, on note en général de plus grandes possibilités de multiplication chez les prédateurs d'aphides. Durant sa vie, une femelle de ce premier type peut déposer plus de mille oeufs : mille huit cents oeufs en cinquante jours chez Semiadalia undecimnotata SCHN. (KREITER, 1981), mille deux cents oeufs en douze jours chez Propylea quatuordecimpunctata L. (QUILICI, 1981), mille cinq cent cinquante oeufs chez Hippodamia convergens GUERIN (CARNES, 1912), mille cinq cents oeufs chez Coccinella septempunctata L., Adalia bipunctata L. et Coccinella quinquepunctata L. (HAMALAINEN et al., 1975) ; même chez une petite espèce comme Scymnus apetzi MULS. on note une fécondité maximum de près de mille deux cents oeufs (SEZER, 1969). Chez les coccidiphages, cette capacité de multiplication reste sensiblement plus faible. Elle ne dépasse pas six cents oeufs chez Chilocorus bipustulatus L. var. iranensis (LAUDEHO, 1969) et atteint quatre cent cinquante oeufs chez Pharoscyms numidicus PIC. (KEHAT, 1967), tous deux prédateurs de Parlatoria blanchardi TARG.. Chez d'autres espèces coccidiphages comme Exochomus quadripustulatus L., la ponte totale n'excède pas cinq cents oeufs (KATSOYANNOS, 1976) ; elle varie entre deux cent et trois cent cinquante oeufs par femelle de Rodolia cardinalis MULS., selon la saison (BODENHEIMER, 1932). Seule exception à cette tendance de moindre prolificité, Rhizobius lophantae BLAISD. dont la ponte totale se situe entre six cent et huit cent cinquante oeufs et peut même parfois avoisiner mille deux cents oeufs (SEZER, 1969). Pour ce caractère, R. forestieri s'apparente beaucoup à cette dernière espèce.

Selon le régime alimentaire adopté par les prédateurs, on constate également des différences sensibles du nombre d'oeufs qui constitue la ponte élémentaire déposé lors d'une séquence d'oviposition. Chez les aphidiphages

ce nombre s'avère notablement plus élevé, trois à cinquante oeufs chez Adalia bipunctata L., cinq à vingt-sept oeufs chez Cycloneda sanguinea L. quatorze à dix-sept oeufs chez Hippodamia convergens (BALDUF, 1935), cinq à trente oeufs chez Semiadalia undecimnotata (KREITER, 1981), etc.. Par contre, chez les coccidiphages, il se situe à un niveau inférieur. Un à sept oeufs chez Chilocorus bipustulatus L. var. iranensis (LAUDEHO, 1969), un à huit oeufs chez Pharoscyms numidicus PIC. (KEHAT, 1967), un à huit oeufs chez Rhizobius lophantae BLAISD. (SEZER, 1969), quatre à douze oeufs chez Cryptolaemus montrouzieri MULS., etc.. (BALDUF, 1935).

Les coccinelles aphidiphages déposent donc généralement en une seule fois une quantité d'oeufs plus importante. On ne peut s'empêcher de voir là un type d'adaptation qui permet à ces espèces d'exploiter sans retard des pullulations aphidiennes dont on connaît les manifestations occasionnelles et la fugacité dans le temps et dans l'espace.

En résumé, en ce qui concerne les quelques critères caractéristiques de la fécondité choisis ici, R. forestieri qui possède un nombre moyen d'ovarioles, comme les prédateurs de cochenilles, présente quand même une fécondité totale élevée, comme les espèces aphidiphages et disperse ses oeufs dans de nombreuses pontes de moindre importance comme les espèces coccidiphages.



CHAPITRE VI

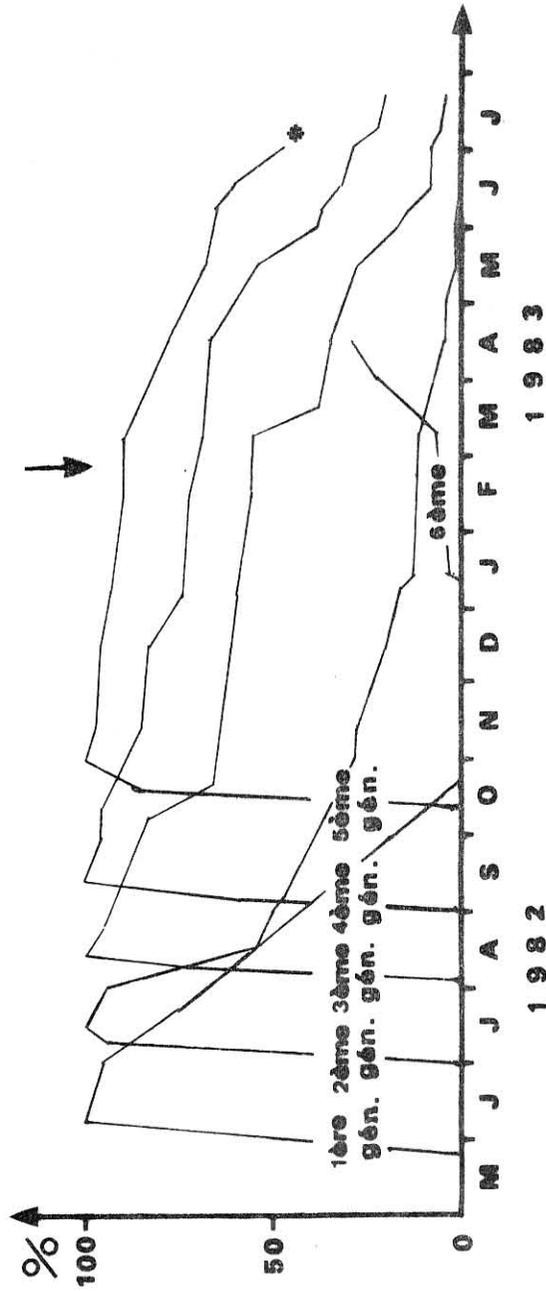
La longévité imaginale de *R. forestieri*

1 - LONGEVITE DANS LA NATURE.

Appartenant à une espèce plurivoltine (voir chap. XII), les adultes de *R. forestieri* vivent plus ou moins longtemps suivant les générations. On sait qu'en règle générale la survie est plus courte chez les adultes des diverses coccinelles issues des premières générations qui se déroulent dans des conditions plutôt estivales et que la durée de la vie s'allonge chez ceux qui appartiennent aux générations plus tardives (QUILICI, 1981).

Chez *R. forestieri*, on peut observer la représentation de la longévité imaginale sur la figure 11. Dans le premier cas (les deux premières générations, pour lesquelles $n = 68$ et $n = 58$) les adultes meurent pour la plupart en été, au bout de 1 à 5 mois, et 50 p.100 de leur effectif disparaît en moins de 3 mois. Cependant une petite fraction de la deuxième génération dont l'émergence a eu lieu dans la première décade de juillet subsiste en hiver. Les adultes subissent une mortalité moyenne, passant de 17 p.100 de survivants au mois de décembre à 10 p.100 à la fin mars. Le dernier survivant (1 femelle) disparaît à la mi-juin, ayant donc vécu près d'un an à l'état imaginal.

Dans le second cas ($n = 76$, $n = 87$, $n = 68$), la majorité des adultes passent l'hiver. On note une survie supérieure à 50 p.100 de la population initiale de l'ensemble de ces 3 générations au mois d'avril de l'année suivante.



* : lot accidenté

Figure 11 - Proportion des adultes des diverses générations de *R. forestieri* qui survivent à la fin de la saison. La flèche indique la période de froid intense.

La troisième génération régresse plus rapidement au cours du printemps et s'étend au plus jusqu'à la mi-juillet (longévité maximale de plus de 11 mois). La quatrième et la cinquième génération possèdent encore respectivement 33 et 47 p.100 de leur effectif en juin. On peut voir qu'il existe en outre une génération très partielle dont les premiers imagos commencent à apparaître en plein hiver.

2 - LONGEVITE AU LABORATOIRE.

Avec des conditions d'ambiance contrôlées ($23 \pm 1^\circ\text{C}$, 65 ± 5 p.100 H.R. et 16 heures de lumière par jour), on observe généralement une longévité à peu près équivalente à celle que possèdent les adultes de première génération dans les conditions naturelles (tableau IX). Tous les individus vivent plus de 50 jours. Dans les deux sexes, la moitié des adultes disparaît au bout de 3 mois environ. La longévité maximale enregistrée est de 133 jours chez les mâles et de 140 jours chez les femelles à l'insectarium. On notera que dans ces conditions, les femelles ont le plus souvent une période de sénescence caractérisée pendant laquelle la ponte cesse. Chez les femelles à faible fécondité, elle est en moyenne de 26,0 jours; chez les femelles moyennement prolifiques, elle concerne la moitié de l'effectif et chez ces individus, atteint la même valeur moyenne (26,0 jours) tandis qu'elle est nettement plus courte (16,5 jours) chez les femelles fortes pondeuses (Fig. 10).

On a essayé de trouver une corrélation entre la fécondité et la longévité, mais le trop petit nombre d'individus observés n'a pas permis de tirer des conclusions définitives dans ce sens.

3 - DISCUSSION ET COMPARAISON.

La mise en évidence d'une durée de vie imaginale relativement longue chez R. forestieri constitue un facteur non négligeable des caractéristiques biologiques de ce prédateur susceptible de faciliter son installation. En effet, très rapidement le chevauchement des générations successives facilite dans les populations naturelles le brassage génétique ; de plus, il permet, durant la saison froide, la survie d'un nombre accru d'adultes appartenant à 4, voire à 5 générations différentes capables de reprendre leur activité à tout moment dès que les conditions climatiques reviennent favorables.

TABEAU IX

Longévité des adultes de *P. forestieri* au laboratoire (n=40)
 sous les conditions de 23 ± 2°C de température 65 ± 5 % H.R.
 et 16 Heures de lumière/jour, alimentés en abondance avec
C. hesperidum.

LONGEVITE (en jours)	MALES (en nombre)	FEMELLES (en nombre)
51 - 60	0	1 (5 %)
61 - 70	1 (5 %)	0
71 - 80	2 (10 %)	2 (10 %)
81 - 90	0	1 (5 %)
91 - 100	5 (25 %)	5 (25 %)
101 - 110	3 (15 %)	5 (25 %)
111 - 120	7 (35 %)	5 (25 %)
121 - 130	1 (5 %)	0
131 - 140	1 (5 %)	1 (5 %)
141 - 150	0	0

En règle générale la longévité des adultes varie beaucoup selon le mode de développement des espèces concernées et la saison de l'année. Elle dépend avant tout des possibilités d'arrêt de développement spécifique telle que diapause ou quiescence.

Chez les espèces franchement univoltines ou à tendance univoltine, qui développent une diapause estivo-hivernale, la longévité des adultes peut atteindre un an comme par exemple chez Semiadalia undecimnotata SCHN., Coccinella septempunctata L. et Adalia bipunctata L. (HAWKES, 1920) parmi les espèces aphidiphages (IPERTI G., 1961) ; elle est d'environ neuf mois chez Hippodamia convergens GUERIN (PALMER, 1914), de sept mois chez Hippodamia tredecimpunctata L. (CUTRIGHT, 1924) ainsi que chez Exochomus quadripustulatus L. parmi les espèces coccidiphages (KATSOYANNOS, 1976).

Cette longévité s'avère en règle générale plus courte chez celles qui hivernent en quiescence : elle ne dépasse guère six mois chez Adonia variegata GOEZE, Propylea quatuordecempunctata L. ou Chilocorus bipustulatus L. (IPERTI, 1961). Il s'agit là d'espèces plurivoltines qui développent au moins une génération estivale sur trois qu'elles ont dans l'année. Durant la saison chaude, ces adultes vivent évidemment moins longtemps, comme par exemple Chilocorus similis ROSSI qui vit alors environ trente cinq jours (NAKAYAMA, 1912).

Bien que ne manifestant aucun réel arrêt de développement mais tout au plus une faible quiescence thermique limitée aux heures les plus froides des journées hivernales (voir chap. VII), R. forestieri présente quand même, une longévité au moins égale à celle montrée chez les espèces qui hivernent en quiescence et comparable à celle observée chez les espèces qui développent une diapause pendant la saison froide. Par ailleurs,

comparées aux autres espèces plurivoltines, les générations estivales de R. forestieri vivent nettement plus longtemps et sont capables de passer l'hiver. Enfin, durant les deux saisons défavorables et dans des limites thermiques assez larges (de + 8 à + 42°C) (voir Chap. VII), cette espèce présente l'avantage, presque unique, de poursuivre sans discontinuité son activité de reproduction.



CHAPITRE VII

Les modalités du développement de *R. forestieri*

L'activité de la plupart des adultes de coccinelles se manifeste surtout au printemps. Lorsque les conditions climatiques deviennent défavorables, ils réagissent généralement par des possibilités d'adaptation à ces situations, soit par un simple quiescence, soit par un ralentissement marqué de l'ensemble de l'activité, qui peut avoir lieu sur place ou après une migration (HODEK, 1973).

1 - ACTION DE LA PHOTOPERIODE.

On sait l'action primordiale qu'a la durée quotidienne de la lumière sur la plupart des insectes originaires des zones tempérées et éventuellement tropicales. Aussi bien pour gérer rationnellement les élevages et le stockage de *R. forestieri* que pour avoir des idées précises sur son type de développement dans la nature, on a dû dans les études préliminaires essayer l'action éventuelle des diverses photopériodes.

On a étudié lors de la mise en place de l'élevage de multiplication l'influence des durées de jour de 8, 12 et 16 heures, combinées respectivement aux températures de 20°C pour la première, 25 et 30°C pour les deux autres photopériodes. Chaque lot comportait 65 individus. Les résultats sont homogènes et font état d'une possibilité généralisée de développement continu. Aucun phénomène d'arrêt de type diapause n'a pu être ainsi mis en évidence. Sur ce point, *R. forestieri* se comporte comme d'autres espèces subtropicales telles que *Rodolia cardinalis* MULS. (BODENHEIMER, 1932) ou *Rhizobius lophantae* BLAISD. (SEZER, 1969).

2 - DEVELOPPEMENT DANS LA NATURE.

Les adultes de R. forestieri ne présentent pas de la même façon d'arrêt de développement structuré anticipant les conditions défavorables lorsqu'ils sont soumis aux conditions naturelles de la Grèce. Tous les élevages, mêmes faits à l'extérieur durant les deux hivers consécutifs 1981-82 et 1982-83 et portant sur environ 3.000 individus ont montré que toutes les femelles ont une activité motrice certes parfois réduite ou même nulle, mais ne cessent de déposer des oeufs, sauf si la température moyenne s'abaisse au-dessous de 8°C. Elles sont toujours gravides comme l'atteste toutes les dissections qu'on a pu en faire à diverses dates.

3 - LES SEUILS THERMIQUES.

Les observations préliminaires citées au paragraphe précédent montre que l'activité d'oviposition cesse dans la nature lorsque la température passe au-dessous d'un seuil estimé à 8°C. Cette valeur-seuil de développement thermique minimum, confirmée par l'étude de la consommation d'oxygène (voir plus loin), est relativement basse pour un insecte d'origine subtropicale et traduit bien les aptitudes de R. forestieri a une multiplication, ralentie certes mais réelle, pendant l'hiver méditerranéen dans les zones littorales.

En outre, les températures exceptionnellement basses qui ont sévi au cours de l'hiver 1982-83 (en février 1983, il y a eu dans la zone de contrôle de Kifissia 7 jours de gel, la température moyenne a été de 6,5 °C et le minimum absolu a été de - 5°C) n'ont pas provoqué de mortalité significative dans les élevages extérieurs dont l'effectif total était alors de 158 adultes (Fig. 11).

En été, les adultes présentent une activité de reproduction permanente sans possibilité de mécanisme de mise au repos sous forme d'estivation. On peut de ce fait se poser des questions au sujet des réactions et de la tolérance de R. forestieri aux températures élevées qui sont habituelles dans de nombreuses parties de la Grèce, tout au moins dans les zones de l'oléiculture traditionnelle et de la culture du figuier. Aussi, avons-nous entrepris en collaboration avec le laboratoire de Physiologie des Insectes de l'Institut phytopathologique Bénaki, une étude plus précise des conditions de résistance de R. forestieri aux hautes températures.

Les résultats complets font l'objet de la publication n° 13 citée en première partie de ce mémoire. Le critère de la réaction des insectes aux changements thermiques est leur activité totale exprimée par les quantités d'oxygène consommé et mesurée au moyen d'un Warburg ordinaire. Afin d'éviter les excès de respiration produits par le vol ou le déplacement, les insectes ont été enfermés dans des petites cagettes en grille fine limitant ainsi leur déplacement tout en permettant l'échange gazeux. Furent utilisés cinq manomètres dont les fioles contenaient une cagette de cinq nymphes ou dix adultes ou cinq larves. L'essai a duré cinq heures et les mesures étaient prises toutes les heures. Dans le cas où les différences des mesures par heure n'étaient pas statistiquement significatives, le taux d'oxygène consommé a été calculé d'après la moyenne de 20 mesures (cinq fioles pendant les quatre dernières heures) ; dans le cas contraire, le calcul de la moyenne s'effectuait séparément par groupe des mesures (par heure) similaires.

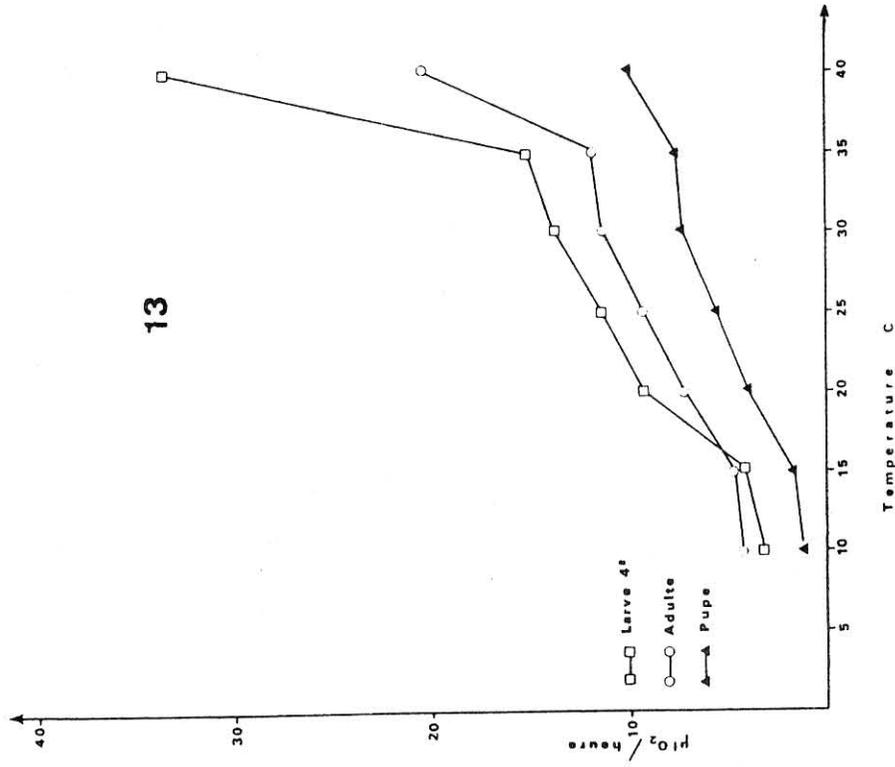
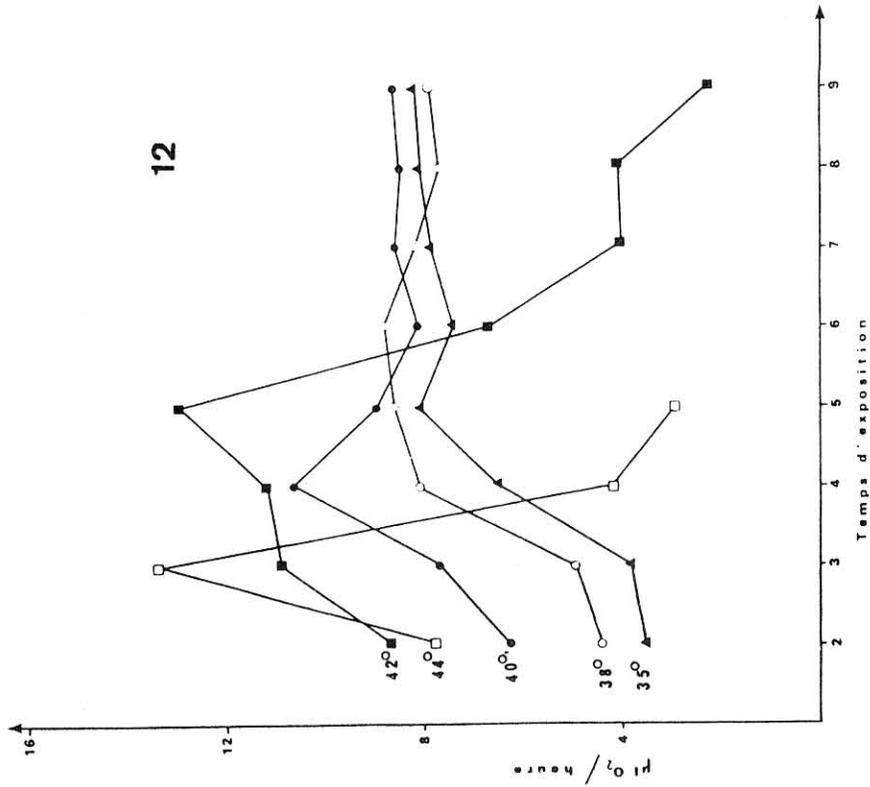
Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 12 à 15 et permettent d'arriver aux constatations suivantes au sujet des adultes. Sur la figure 13, on constate que le coefficient de température Q_5 (changement de la quantité d'oxygène consommé correspondant à un changement de température de 5°C) est très élevé pour les adultes dans l'intervalle de 15 à 20°C et très faible dans les intervalles de 10 à 15° et de 30 à 35°C. Ainsi, la réaction de l'insecte contre les changements thermiques se déclenche au-dessous de 15° et au-dessus de 30° ; ces niveaux de température peuvent être considérés comme niveaux-seuil pour l'activation du mécanisme de l'homéostasie. Le Q_5 augmente énormément entre 35 et 40° pour tous les stades, mais essentiellement chez les adultes ; la montée en flèche de la consommation d'oxygène serait liée à la phase d'excitation qui précède la mort.

Comme critères de la mort, on a retenu le pourcentage des adultes morts dans les premières 24 heures après l'essai. La relation entre la mortalité et le temps d'exposition pour différentes températures est donnée par la figure 14 en exprimant le temps d'exposition en logarithme et en transformant la mortalité en unité probits. De ces courbes on peut calculer le temps d'exposition qui cause la mort de la moitié des insectes faisant partie des essais ; le calcul de ce temps permet la mise en relation des

températures létales et du temps d'exposition (Fig. 15). On s'aperçoit à l'observation des deux figures que la différence quant à la sensibilité aux températures létales est grande entre les différents stades : les adultes seraient les plus vulnérables et suivraient, par ordre décroissant, les larves et les nymphes. D'ailleurs, la pente de la courbe de mortalité n'est pas la même pour tous les stades et toutes les températures (Fig. 16); il y aurait donc une différence de comportement des individus constituant un lot, l'échelle du temps d'exposition étant quelquefois très réduite et la totalité de ces insectes mourant à peu près au même temps d'exposition ; dans le cas contraire (une pente plus inclinée et une échelle plus large), le comportement des insectes est différent et les possibilités pour la survie sont plus grandes.

R. forestieri possède donc un mécanisme d'homéostasie qui se déclenche au-dessous de certaines limites des températures qui lui sont défavorables. Dans la zone des températures comprises entre 35 et 40°C, malgré l'excitation qui suit les premières heures de l'effet de la température, l'insecte arrive à trouver un certain équilibre thermique et l'homéostasie atteint son plus haut degré puisque le Q_5 devient égal à zéro. Au-dessus de 40°C, l'arrivée de la mort complique l'interprétation de la réaction de l'insecte aux hautes températures létales ; on pourrait, pourtant, émettre l'hypothèse que l'insecte ayant subi un choc thermique trop brusque devient incapable de se défendre et serait "un esclave passif du milieu ambiant" selon l'expression de PARHON (1909) et malgré son avis. Ainsi, l'absence d'un abaissement profond du métabolisme induisant une vraie ou fausse diapause serait compensée chez R. forestieri par une réaction homéostatique de courte durée.

Par contre, chez E. quadripustulatus, la réaction de l'insecte aux conditions défavorables se manifeste par des modifications profondes du métabolisme, une partie de la vie d'adulte étant en état de diapause et de quiescence (KATSOYANNOS, 1976) ; des adultes en activité et en diapause subissent l'effet de différentes températures au laboratoire sans montrer de réaction homéostatique (FYTIZAS & KATSOYANNOS, 1979). Cette coccinelle serait donc bien adaptée dans les conditions climatiques de la Grèce. La différence existant entre R. forestieri et E. quadripustulatus



Figures 12 et 13 - Consommation d'oxygène chez R. forestieri : des adultes à différentes températures en fonction du temps d'exposition (12) ; des divers stades en fonction de la température (13).

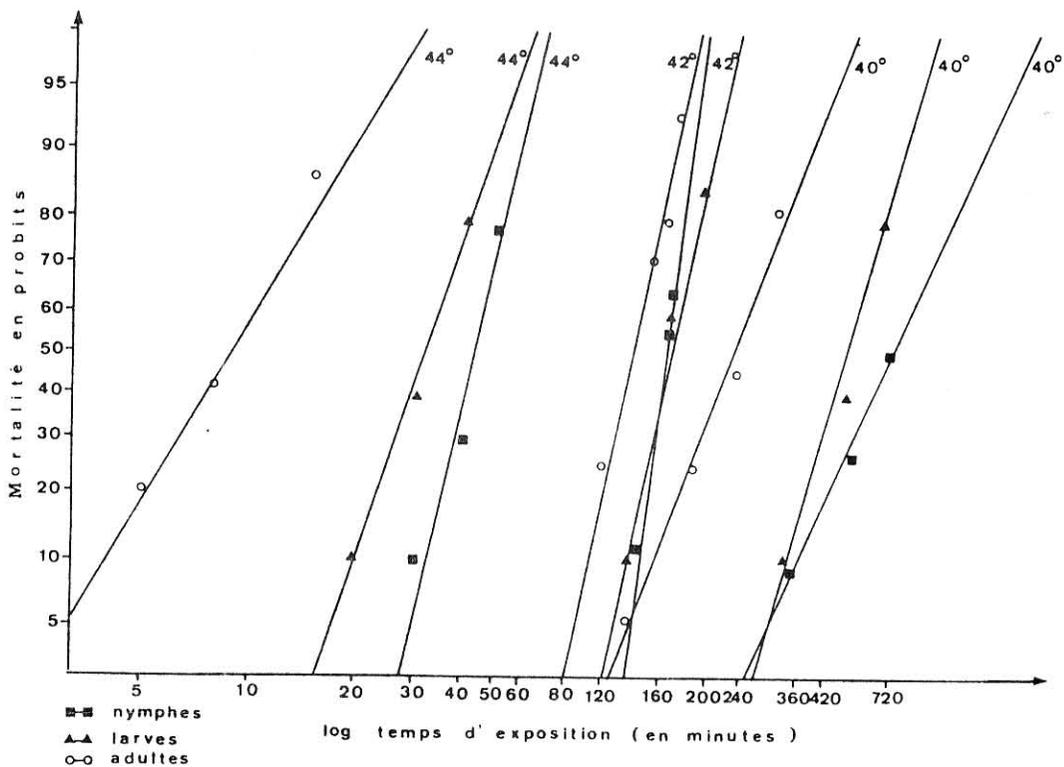


Figure 14 - Relation entre la mortalité des divers stades de R. forestieri et le temps d'exposition à haute température.

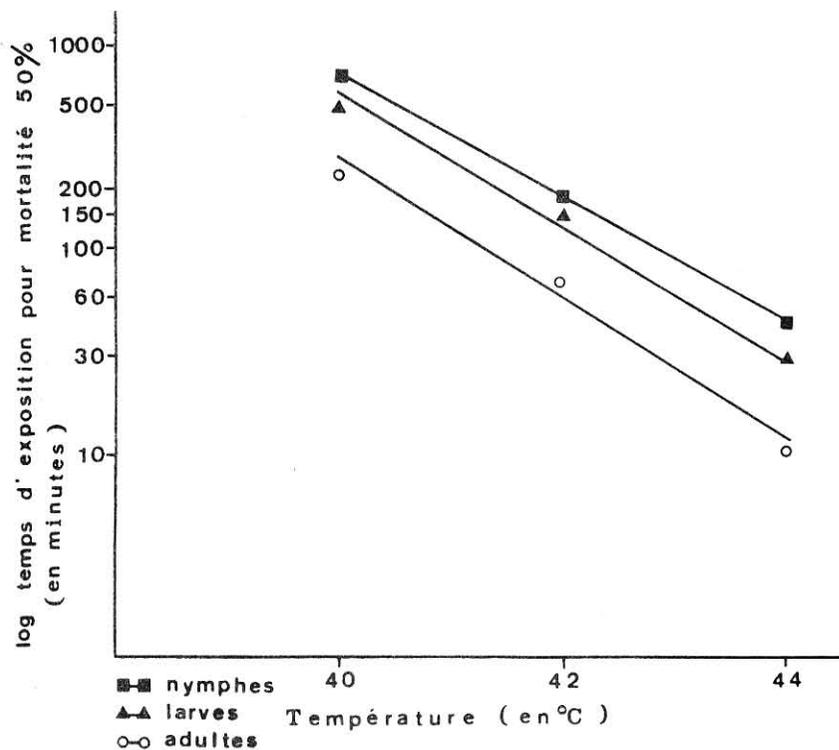


Figure 15 - Relation entre les hautes températures et le temps d'exposition provoquant la mort de R. forestieri.

pourrait résulter de la différence entre espèces univoltines et plurivoltines et espèces eurythermes et stenothermes (BULLOCK, 1955). Dans ces deux cas, l'absence de mécanisme d'homéostasie ou l'absence d'une modification du métabolisme n'enlève pas la capacité de la survie chez les insectes; l'un des types de défense suffit pour assurer la survie des insectes.

4 - COMPARAISON AVEC LES AUTRES ESPECES PREDATRICES DE S. OLEAE.

Sans vouloir dresser un tableau exhaustif des différentes voies adoptées par les coccinelles, on se limitera ici aux espèces utiles inféodées à l'olivier. Les adultes d'E. quadripustulatus qui développent une diapause estivo-hivernale échappent aux contraintes du climat pendant les deux saisons critiques. Il faudrait que les maximums de températures s'élèvent durablement en été au-dessus de 50°C pour provoquer leur mort (KATSOYANNOS 1976). Paradoxalement, c'est en automne qu'ils sont les plus vulnérables car, en l'absence de nourriture en quantité suffisante pour leur permettre de constituer des réserves graisseuses, ils courent le danger de mal supporter les intempéries de l'hiver.

A cet égard, les adultes de C. bipustulatus manifestent une plus grande fragilité estivale. Le fait que les nutriments absorbés soient orientés vers la production ovocytaire risque dans le cas de dénutrition de conduire la femelle à un état de faiblesse et à un déficit en réserves tels qu'ils pourraient compromettre ultérieurement la survie hivernale. Un mécanisme de ce type est cependant parfois évité dans certaines conditions par une diminution ou même un arrêt complet de la ponte (LAUDEHO, 1969). En revanche, leur résistance aux conditions défavorables de l'hiver en état de quiescence ne semble poser aucun problème, tout au moins dans l'ensemble du Bassin méditerranéen.

En ce qui concerne R. forestieri les adultes peuvent aussi pour la même raison d'ordre trophique souffrir d'un manque de proies et en mourir. La diminution de la photopériode ne peut comme on l'a vu jouer un rôle régulateur sur le développement et sur la capacité de reproduction, au contraire des conditions thermiques. Les faibles températures inférieures à 8°C installent, faiblement et très momentanément, un arrêt de reproduction semblable à une faible quiescence thermique. Par contre, on n'enregistre aucun blocage physiologique lorsque les températures supérieures

dépassent assez longtemps 43°C. De ce fait, les adultes meurent rapidement. Cette barrière thermique constitue une limite au-delà de laquelle il ne faut pas songer acclimater cette espèce. Mais, les pays qui bordent le Bassin méditerranéen échappent pour la plupart à une telle contrainte.



CHAPITRE VIII

Influence de la température sur le développement des stades préimaginaux de *R. forestieri*

La rapidité de développement des stades préimaginaux augmente avec la température, dans un intervalle thermique favorable (UVAROV, 1931). Il existe donc une relation entre ce paramètre et la durée du cycle d'un insecte. Ceci peut s'exprimer sous diverses formes mathématiques, depuis les travaux de base de PEAIRS (1913) et BLUNNCK (1914) qui ont été utilisés en particulier par BODENHEIMER et NEUMARK (1955) pour étudier différentes espèces de coccinelles.

I - LA DUREE DU DEVELOPPEMENT ET LES EXIGENCES THERMIQUES MINIMALES DE R. FORESTIERI.

On a essayé quatre températures constantes : 11 ± 3 , 20 ± 1 , 25 ± 1 et $30 \pm 1^\circ\text{C}$ pour évaluer l'influence du facteur thermique sur la durée des stades préimaginaux de R. forestieri, toutes les autres conditions restant semblables : une humidité relative de 65 ± 5 p.100, une photopériode de 12 heures de lumière par jour et une abondante alimentation constituée de C. hesperidum. Les résultats chiffrés sont résumés dans le tableau X. Ils montrent à l'évidence une corrélation qui ne diffère en rien des lois générales classiques pour les trois séries effectuées à 20, 25 et 30°C (Fig.16). Cependant, il faut remarquer que la température basse de 11°C entraîne des modifications qui ne sont pas seulement de l'ordre du ralentissement. En effet, le quatrième stade larvaire subit un effet dépressur

TABEAU X

Influence de 4 températures constantes sur la durée de développement des stades préimaginaux de R. forestieri (n=30) avec une humidité de 65 % H.R. \pm 5 et une photopériode de 12 H de lumière/jour.

Stades	Durée (en jours)	Températures (en degrés C)			
		11 \pm 3	20 \pm 1	25 \pm 1	30 \pm 1
Oeuf (incubation)	\bar{x} D	29,00	8,00	5,00	4,00
	I/D	0,03	0,12	0,20	0,25
	S D	2,00	0,50	0,50	0,50
L ₁	\bar{x} D	25,80	5,00	3,70	3,10
	I/D	0,04	0,20	0,27	0,32
	S D	6,30	1,10	1,06	0,63
L ₂	\bar{x} D	18,60	5,00	3,20	2,00
	I/D	0,05	0,19	0,30	0,49
	S D	5,67	1,02	0,66	0,19
L ₃	\bar{x} D	16,40	6,60	3,70	2,90
	I/D	0,06	0,15	0,27	0,33
	S D	1,14	2,06	1,14	0,92
L ₄	\bar{x} D	65,20	10,70	8,20	5,90
	I/D	0,03	0,09	0,12	0,16
	S D	4,52	1,29	1,51	1,82
Nymphe	\bar{x} D	26,90	8,00	5,80	4,20
	I/D	0,04	0,12	0,17	0,23
	S D	3,15	0,62	0,67	0,51
Total préimaginal		181,90	43,30	29,60	22,10

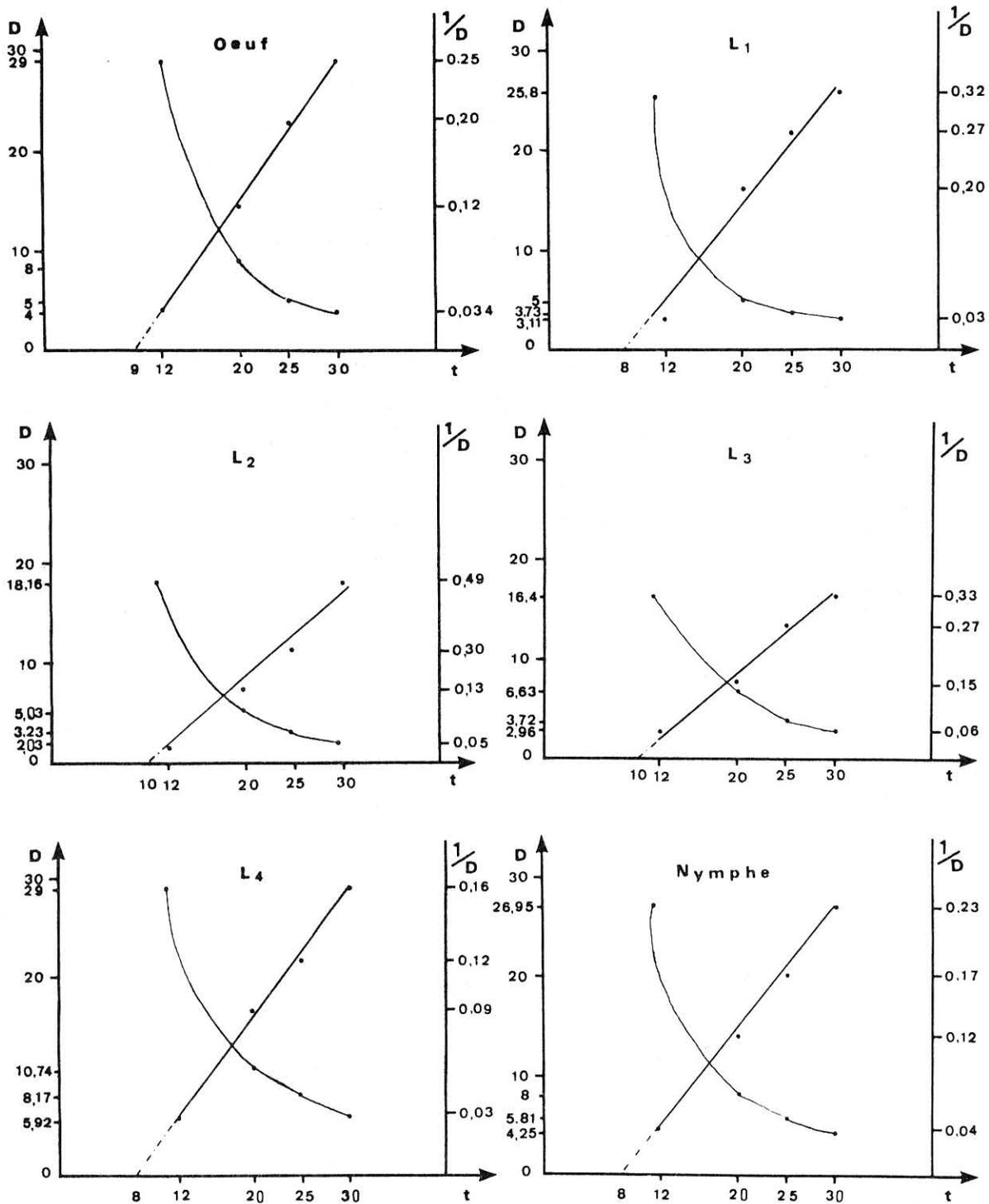
plus important que les précédents stades puisqu'il occupe à lui seul près de 36 p.100 du temps total du développement préimaginal alors que dans les autres situations, 24 à 27 p.100 seulement de la durée lui sont consacrés. Un tel phénomène ne peut pas être encore interprété dans l'état actuel de nos connaissances sur la biologie de R. forestieri. Cette particularité n'est sans doute pas étrangère à l'exceptionnelle résistance au froid que l'on a enregistrée au cours de l'hiver particulièrement rigoureux de 1982-83.

Pour évaluer la quantité de chaleur indispensable au développement d'un cycle complet de R. forestieri, il s'avère nécessaire, au préalable, de déterminer les divers seuils thermiques inférieurs de développement de chaque stade, déjà abordé pour l'activité imaginale, par l'analyse de la consommation d'O₂ (voir Chap. VII). On a eu recours ici, d'une part à une méthode d'estimation graphique, et d'autre part aux calculs mathématiques classiques appropriés.

Les résultats enregistrés permettent de construire pour chaque stade une courbe d'évolution, de forme hyperbolique (Fig. 16) dont l'inverse, qui représente la vitesse de croissance des individus, dans les limites du domaine de valence, est une droite. Si l'on prolonge cette droite, elle coupe l'axe des températures en un point situé à proximité du seuil thermique inférieur. Les données obtenues par l'utilisation de cette méthode indiquent un seuil inférieur de développement : de 9°C pour l'oeuf et les larves des premier et deuxième stades, de 10°C pour le 3ème stade larvaire et seulement de 8°C pour les 4ème stades larvaires et pour la nymphe.

Ces dernières indications se trouvent en partie confirmées par les résultats obtenus mathématiquement. Pour y parvenir on a utilisé la formule de SANDERSON et PEAIRS (1913) déjà utilisée pour apprécier les potentialités biologiques chez d'autres espèces de coccinelles, par différents auteurs dont BODENHEIMER et NEUMARK déjà citées à ce propos. Elle postule que le produit de la température effective par la durée de développement est constant et se traduit par l'équation suivante :

$$D_n (T_n - a) = C$$



D : Durée de développement

t : Températures en °C

Figure 16 - Effet de la température sur la durée du développement des stades préimaginaux de R. forestieri.

ou D_n est la durée du développement à la température T_n ,
 T_n est la température de l'essai,
 a est le seuil thermique inférieur,
et C : est la constante thermique.

En procédant de cette façon on aboutit aux seuils thermiques inférieurs suivants, pour chaque stade considéré :

- 8,9°C pour l'oeuf,
- 9,7°C pour les deux premiers stades larvaires,
- 10,3°C pour le troisième stade larvaire,
- 7,9°C pour le quatrième stade larvaire et
- 8,9°C pour le stade nymphal.

En résumé, l'analyse des résultats obtenus selon les deux méthodes utilisées concordent. Les températures diffèrent quelque peu selon le stade envisagé. Le seuil thermique inférieur s'avère nettement plus faible chez les larves du quatrième stade (8°C) et pour l'ensemble des autres stades on peut le situer entre 8 et 10°C. L'obtention de ces données permet ainsi de calculer la constante thermique chez R. forestieri qui atteint 478 degrés-jours.

2 - COMPARAISON AVEC LES AUTRES COCCINELLES.

La plupart des coccinelles développent quatre stades larvaires pendant une durée relativement brève et sans jamais présenter de diapause à ce stade : chez ces insectes, seul l'imago peut entrer en dormance ou manifester un arrêt du développement. La période nécessaire au développement préimaginal est évidemment variable avec la température et s'avère toutefois relativement plus courte chez les espèces aphidiphages. Ainsi, par exemple, chez Adalia bipunctata L. la durée d'évolution des stades larvaires demande de onze à dix-huit jours (CLAUSEN, 1915), de neuf à seize jours chez Cycloneda sanguinea L. (BURGESS, 1903), de dix à vingt-huit jours chez Hippodamia convergens GUERIN (PALMER, 1914), de cinq à vingt-neuf jours chez Propylea quatuordecimpunctata L. (QUILICI, 1981), de neuf à trente jours chez Scymnus apetzi MULS. (SEZER, 1969), de huit à dix-neuf jours chez Semiadalia undecimnotata SCHN. (TREPANIER-BLAIS, 1972) dans des conditions expérimentales voisines.

Chez les espèces coccidiphages la durée du développement larvaire est toujours plus longue puisqu'elle atteint et dépasse même couramment un mois. Elle est de trente-trois jours chez Chilocorus similis (NAKAYANA, 1912), de dix-sept à vingt-sept jours chez Chilocorus bipustulatus L. (IPERTI, 1982), de onze à trente-cinq jours chez Rhizobius lophantae BLAISD. (SEZER, 1969), de dix-neuf à vingt-neuf jours chez Exochomus quadripustulatus L. (KATSOYANNOS, 1976).

Dans certain cas, lorsqu'il s'instaure une faible quiescence thermique dans les populations hivernales, on peut enregistrer un allongement de la durée des stades larvaires. Ainsi, chez Cycloneda sanguinea L. MILLER et THOMPSON (1927) constatent des variations dans la durée d'évolution qui passe de dix-neuf à trente-quatre jours en mars, à treize et seize jours en avril, à dix jours en mai et dure de dix à vingt jours en octobre. Chez Rodolia cardinalis MULS., BODENHEIMER (1932) enregistre un écart beaucoup plus important qui va de seize jours à 28°C jusqu'à quatre-vingt-six jours à 13,8°C.

Par ses performances, R. forestieri s'apparente beaucoup à cette dernière espèce, et manifeste la possibilité d'allonger considérablement la durée de son développement larvaire pendant les hivers peu rigoureux qui règnent fréquemment sur le littoral méditerranéen. Mais, en dessous d'une température-seuil, l'évolution des larves ne peut plus se produire. Il s'agit d'une donnée importante à connaître pour mieux cerner les potentialités biologiques de cet insecte.

Chez les coccinelles étudiées en vue de leur utilisation en lutte biologique, on s'est attaché à déterminer avec précision ce seuil thermique inférieur du développement ainsi que la constante thermique. Ils sont respectivement de 12,8°C et 297 degrés-jours chez Coccinella septempunctata L. (BODENHEIMER, 1943), de 12,4° et 323 degrés-jours chez Synharmonia conglobata L. et de 9,1°C et 390 degrés-jours chez Adalia decempunctata L. (BODENHEIMER & NEUMARK, 1955), de 13,3°C et de 280 degrés-jours chez Propylea quatuordecempunctata L. (QUILICI, 1981). Toutes ces données correspondent à des espèces aphidiphages. Chez Chilocorus bipustulatus L., prédateur de cochenilles, ces valeurs sont respectivement de 10,6°C et de 697 degrés-jours (BODENHEIMER & NEUMARK, 1955) et chez Rhizobius lophantae BLAISD. de 10°C et de 450 degrés-jours (SEZER, 1969).

TABLEAU XI

Mortalité (%) des divers stades de
R. forestieri
sous l'influence des hautes températures.

Tempé- ratures (°C)	Durée h.mn	STADES						
		Oeufs (n=40)	L1 (n=20)	L2 (n=10)	L3 (n=10)	L4 (n=20)	Nymphes (n=20)	Adultes (n=20)
38	2.00	0	0	0	0	0	0	0
	4.00	0	0	0	0	0	0	0
	6.00	0	0	0	0	0	0	0
	8.00	0	0	0	0	0	0	0
40	2.00	0	0	0	0	0	0	50
	4.00	0	60	0	0	0	0	80
	6.00	15	80	n.c	n.c	10	10	100
	8.00	30	100	n.c	n.c	10	30	100
42	2.00	0	60	20	5	5	0	80
	4.00	100	100	100	100	100	100	100
	6.00	100	100	100	100	100	100	100
	8.00	100	100	100	100	100	100	100
44	0.30	0	100	n.c	n.c	40	0	100
	1.00	100	100	100	100	100	100	100
	1.30	100	100	100	100	100	100	100
	2.00	100	100	100	100	100	100	100

n.c : non contrôlé.

Par rapport aux coccinelles précédentes R. forestieri présente un seuil thermique inférieur de développement relativement bas et une constante thermique de valeur intermédiaire entre celle notée chez les aphidiphages et celle observée chez les coccidiphages. De telles caractéristiques biologiques confèrent à R. forestieri une bonne plasticité et des potentialités qui correspondent à celles manifestées par les insectes inféodés aux régions méditerranéennes. A cet égard, ce prédateur ressemble beaucoup dans ses aptitudes écologiques à Rhizobius lophantae BLAISD., longtemps cantonné sur la frange côtière méditerranéenne et que l'on peut maintenant retrouver couramment dans la région de Manosque située en France dans le département des Alpes de Haute-Provence (BIANCHI, comm.pers.).

3 - LES LIMITES THERMIQUES SUPERIEURES.

En ce qui concerne les seuils thermiques supérieurs de développement, on peut obtenir une réponse par une étude expérimentale. En effet, il suffit de soumettre tous les stades préimaginaux à des températures élevées constantes (38, 40, 42, 44°C), en présence d'une source d'humidité suffisante pour éviter une déshydratation marquée, afin de déterminer leur degré de résistance en fonction d'une exposition croissante. Les observations sont faites toutes les deux heures, excepté pour 44°C où l'intervalle est ramené à 30 minutes.

Les résultats présentés dans le tableau XI et sur les figures 14 et 15 montrent que le seuil thermique supérieur létal se situe au voisinage de 42°C. On voit que les oeufs tout d'abord, les nymphes et à moindre titre les larves âgées manifestent une plus grande résistance que les larves de premier stade et les adultes.

La plupart du temps les Coccinelles ne se reproduisent pas durant les saisons froides de l'année. En été, il en est tout autrement. Des températures trop élevées peuvent entraîner la mortalité des larves de coccinelles. Mais, trop peu de données existent dans ce domaine pour établir d'intéressantes comparaisons (HODEK, 1973). Tout au plus, peut-on profiter des relevés écologiques effectués dans la nature pour indiquer une tendance de la sensibilité des stades préimaginaux aux températures élevées suivant que l'on récolte ou non des larves de telle ou telle espèce. Ainsi, selon ce critère très approximatif, le seuil thermique supérieur de développement des espèces plurivoltines (Adonia variegata GOEZE, Propylea quatuor-

decempunctata L.) semble se situer à un niveau plus élevé que celui des espèces à tendance univoltine (Semiadalia undecemnotata SCHN., Coccinella septempunctata L., Adalia bipunctata L.), dont les adultes migrent ailleurs. De même, les larves coccidiphages (tribu de Chilocorini) résistent mieux à la chaleur que celles aphidiphages (tribu des Coccinellini). Enfin, on peut dire que les stades préimaginaux des petites coccinelles de taille inférieure à 3 mm (tribus des Scymnini et des Pharoscyminini) s'accommodent relativement bien de températures fort élevées ; ce n'est généralement pas le cas chez ceux des grosses coccinelles de taille supérieure à 3 mm (tribu des Coccinellini) (IPERTI, comm.pers.).

Par rapport à l'espèce voisine Rhizobius lophantae BLAISD., elle aussi originaire d'Australie, dont le seuil thermique supérieur de développement se situe aux alentours de 30°C (SEZER, 1969), R. forestieri semble donc bénéficier d'une résistance beaucoup plus importante, puisque ses limites sont voisines de 42°C. Cette aptitude devrait lui permettre de coloniser une grande partie du Bassin méditerranéen occidental, central et septentrional, à l'exception peut-être, de la partie méridiano-orientale.



CHAPITRE IX

Influence de la photopériode sur la durée du développement larvaire *R. forestieri*

Depuis la découverte de l'influence de la photopériode sur l'installation et la levée de la diapause imaginale, bien des travaux ont été entrepris dans ce domaine chez de nombreuses espèces de Coccinelles comme Coccinella septempunctata L. (HODEK, 1962), Chilocorus bipustulatus L. (ZASLAVSKII, 1970), Coccinella novemnotata HEERBST. (MacMULLEN, 1967), Semiadalia undecimnotata SCHN. (IPERTI, 1976), Exochomus quadripustulatus L. (KATSOYANNOS, 1976), etc... Dans ces cas, la photopériode sert le plus souvent de signal à l'installation de la diapause imaginale. Aussi, les études menées dans ce domaine s'appliquent à connaître la sensibilité des stades préimaginaux soumis à diverses photophases quant aux effets différés sur l'activité des adultes obtenus, comme ont procédé par exemple TADMOR et APPLEBAUM (1971) pour Chilocorus bipustulatus L.. Le critère le plus souvent utilisé pour connaître le moment où le stade préimaginal demeure encore sensible consiste à mesurer la période de préoviposition des imagos malgré l'imprécision inhérente à cette méthode (HODEK, 1971). Mais, encore faut-il étudier une espèce capable de développer un type de dormance. Comme on l'a vu précédemment, ce n'est pas le cas de R. forestieri, espèce avec laquelle on peut donc étudier sans contrainte l'influence directe et non différée de la photopériode sur le développement. Un cas aussi rare que celui de R. forestieri dans le groupe des Coccinelles méritait donc une investigation dans ce domaine.

TABLEAU XII

Durée du développement larvaire actif
de R. forestieri sous l'influence de
différentes photopériodes (n = 30).

Température (°C)	Photopériodes (heures de lumière/jour)	Durées de Développement (en jours) *	
25 ± 1	16	\bar{x} SD	19,10 1,04 (a)
25 ± 1	8	\bar{x} SD	19,45 1,46 (a)
25 ± 1	0 (obscurité totale)	\bar{x} SD	17,42 0,62 (b)

* De l'éclosion au début de la nymphose.

Différence (a), (b) significative au seuil de 0.01.

On a donc procédé à une expérience avec trois lots de trente larves de R. forestieri placées dès l'éclosion dans des conditions thermiques et hygrométriques identiques ($25^{\pm 1}^{\circ}\text{C}$ et $65^{\pm 5}$ p.100 H.R.), mais soumises à des conditions de lumière différentes : 16 heures et 8 heures de photophase par jour et l'obscurité totale. On nourrit en abondance les trois lots avec C. hesperidum.

Le tableau XII rend compte des résultats obtenus. Il indique de façon indiscutable que la photopériode, quand elle existe, longue ou courte, n'a aucune influence sur la durée du développement préimaginal. Par contre, dans l'obscurité totale on constate, sans parvenir toutefois à l'expliquer, un développement sensiblement plus rapide (d'environ 10 p.100) des larves. Cette observation préliminaire mérite de trouver un prolongement par des études plus approfondies destinées, entre autres conséquences, à favoriser les modalités de fonctionnement d'une unité de multiplication. Mais dans des conditions d'élevage si inhabituelles, il ne faudrait pas négliger la possibilité d'apparition d'une souche aux potentialités nouvelles, ne présentant par ailleurs aucun avantage écologique intéressant.



CHAPITRE X

Influence de l'alimentation des larves de *R. forestieri* sur leur développement

1 - LES PROIES LARVAIRES.

Bien que n'ayant pas fait l'objet d'un recensement méthodique, on peut dire que les proies larvaires ne se différencient guère ou pas de celles que l'on a pu attribuer aux adultes dans la nature. La liste des hôtes prospectés par R. forestieri (à l'exception des observations ambiguës pouvant avoir trait à R. ventralis s.str.) est dressée dans le tableau VII.

2 - EFFET DES NOURRITURES DE REMPLACEMENT AU LABORATOIRE.

Au laboratoire, on doit noter une moindre convenance de certaines proies que celle constatée pour les adultes. Leur qualité inégale entraîne diverses conséquences parmi lesquelles on retient le taux de mortalité des jeunes larves et la durée du développement préimaginal. De telles conséquences ont pu être mise en évidence par l'emploi de deux nourritures de remplacement : P. citri et Q. perniciosus, offertes en surabondance aux jeunes larves de R. forestieri, dès leur éclosion. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau XIII. Ils montrent une mortalité importante et comparable avec les deux nourritures offertes. Par contre, la durée de développement des stades préimaginaux augmente dans les deux cas, d'environ 6 p.100 avec P. citri et de 9 p.100 avec Q. perniciosus. Les effets néfastes d'une alimentation larvaire inadéquate apparaissent donc beaucoup

TABLEAU XIII

Comparaison de la qualité alimentaire
de deux nourritures de remplacement
(à $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $65 \pm 5\%$ H.R.
et 16 heures de lumière par jour).

Proies	Nombre d'individus au départ	Nombre de morts (%)	Moyenne de la durée de développement larvaire actif (en jours) * .
<u>P. citri</u>	38	11 (29 %)	19,9
<u>Q. perniciosus</u>	36	10 (28 %)	20,5
Témoin <u>C. hesperidum</u>	30	0	18,8

* De l'éclosion au début de la nymphose.

plus comme élément réducteur de l'effectif que comme ralentisseur de l'évolution des individus survivants. L'impact général sur l'espèce n'a pas été encore envisagé dans les études préliminaires faites à ce jour. L'incidence dépressive sur le potentiel de multiplication d'une nourriture larvaire, puis imaginale inappropriée risque d'avoir de bien plus lourdes conséquences sur l'espèce. Ce point de vue ouvre la discussion au sujet de la survie de R. forestieri dans le cas d'une disparition effective, plus ou moins durable, dans un biotope, des proies de bonne qualité.

3 - ASPECT QUANTITATIF DE L'ALIMENTATION LARVAIRE.

Comme chez les adultes, la quantité de proies sacrifiées peut se déterminer de différentes manières. On a utilisé dans un premier temps la méthode la plus simple qui consiste à donner quotidiennement un nombre précis de C. hesperidum, d'une taille comparable, et à calculer la quantité ingérée en comptant régulièrement et périodiquement les proies laissées intactes. Les résultats obtenus avec 30 individus isolés chacun dans un récipient de 5 cm³, placés à une température de 23[±] 1°C, à une humidité relative de 65[±] 5 p.100 et à une photopériode de 16 heures de lumière par jour sont consignés dans le tableau XIV.

Une analyse des données indique une activité prédatrice globale à peu près comparable et légèrement croissante des trois premiers stades larvaires. Par contre, la voracité s'accroît considérablement, pendant la durée du quatrième stade : Elle représente 54 p.100 de la quantité de proies tuées pendant la totalité du développement préimaginal. En définitive, dans les conditions de l'expérience, le nombre moyen de jeunes femelles immatures de C. hesperidum attaquées pendant la totalité du cycle, atteint 55 individus avec un écart assez réduit compte tenu de la taille de la proie par rapport au prédateur.

Comme on peut le voir, les jeunes larves ont une voracité moyenne apparemment disproportionnée, "consommant" presque autant de cochenilles au premier stade qu'au troisième. Cela ne correspond pas bien sûr à une réalité de consommation pondérale car, chez les Coccinelles étudiées à cet égard, la consommation est liée au poids de l'individu et le rendement alimentaire varie peu au cours du développement ontogénique (FERRAN, 1983). Cela montre bien par contre que les jeunes larves ont une voracité réelle vue comme efficacité prédatrice, bien supérieure à leurs besoins

TABLEAU XIV

Voracité des larves de R. forestieri
 (n = 30) à 23[±] 1°C de température,
 65[±] 5 % H.R. et 16 heures de lumière par jour,
 alimentées avec de jeunes femelles immatures
 de C. hesperidum distribuées en surabondance.

Stade	Nombre de proies tuées par stade	
L ₁	\bar{x} SD	7,17 (13 %) 1,44
L ₂	\bar{x} SD	8,40 (15 %) 2,04
L ₃	\bar{x} SD	9,96 (18 %) 1,47
L ₄	\bar{x} SD	29,70 (54 %) 4,13
Total larvaire	\bar{x}	55,23

alimentaires, qu'elles gaspillent beaucoup, attaquant de nombreuses proies qu'elles laissent non terminées. Leur mobilité et leur capacité à découvrir les cochenilles constituent dans ces conditions un élément non négligeable de leur efficacité.

4 - COMPARAISON AVEC LES AUTRES COCCINELLES.

Généralement, les larves de Coccinelles présentent une bonne spécialisation trophique et consomment une importante quantité de proies. Chez les espèces aphidiphages, durant la vie larvaire, Coccinella septempunctata L. dévore de 200 à 500 individus du puceron Aphis fabae (HODEK, 1973), Hippodamia convergens GUERIN, de 260 à 570 aphides (CLAUSEN, 1915), Semiadalia undecimnotata SCHN. 140 mg de Myzus persicae d'après TREPANIER-BLAIS (1972) et 98,35 mg du même d'après FERRAN (1983), Propylea quatuordecimpunctata L., de 40 à 60 femelles de M. persicae (QUILICI, 1981), Cycloneda limbifer CASEY de 46 à 50 mg d'A. fabae (PRUDENT, 1978). Chez les espèces coccidiphages, Chilocorus kuwanae SYLV. ingère de 50 à 130 Unaspis yanonensis (KEIGO NOHARA, 1962), Chilocorus bipustulatus L., de 160 à 500 Aonidiella aurantii MASK. des premier et deuxième stades, plus 200 à 400 A. aurantii de troisième stade et adulte (EL-ZGHARI, 1978), Exochomus quadripustulatus L., de 600 à 1.200 S. oleae du premier stade, de 360 à 900 S. oleae du deuxième stade, de 2 à 80 S. oleae du troisième stade (KATSOYANNOS, 1976), Rhizobius lophantae BLAISD., de 75 à 150 Aspidiotus nerii VALLOT (SEZER, 1969).

Les consommations exprimées en nombre de proies, dont le stade et la taille diffèrent fréquemment, rend difficile la comparaison des résultats, aussi hétérogènes. Sans vouloir établir un parallèle entre les aphidiphages et les coccidiphages on peut donc, par rapport à ces dernières espèces, reconnaître à R. forestieri une voracité moyenne.



CHAPITRE XI

Relations entre les principaux parasites des coccinelles indigènes et les stades préimaginaux de *R. forestieri*

On sait que les larves et nymphes de Coccinelles sont en beaucoup de circonstances fortement parasitées par divers hyménoptères parasitoïdes. Dans les conditions de la Grèce, sur les deux principales coccinelles prédatrices de *S. oleae* : Chilocorus bipustulatus L. et Exochomus quadripustulatus L., ce sont :

- Homalotylus flaminus DALM. (Encyrtidae) qui attaque les larves et les nymphes, principalement d'E. quadripustulatus..

- Tetrastichus coccinellae KURDJ. (Eulophidae) qui attaque les larves et les nymphes de préférence celles de C. bipustulatus,

- et à moindre titre : Pachyneuron coccorum FORST. (Pteromalidae).

Il est donc important de connaître la compatibilité parasitaire entre ces divers organismes et la nouvelle espèce introduite. Pour ceci, on a pratiqué au laboratoire, des essais de parasitisme forcé.

1 - LES ESSAIS EFFECTUES.

Les parasitoïdes ont été obtenus à partir de larves de coccinelles récoltées dans la nature qui, à la suite d'un élevage au laboratoire, ont donné naissance à des hyménoptères adultes. Ceux-ci sont alors conservés dans des tubes d'élevage, alimentés comme dit précédemment (voir Chap.II).

Ils sont ensuite mis en contact avec les stades préimaginaux de R. forestieri qui sont d'âge échelonné depuis le deuxième stade jusqu'à la nymphe, pendant une durée de 15 jours environ. Chaque lot contient 6 à 8 parasitoïdes confrontés à 20 à 25 larves et nymphes de R. forestieri. On fait trois répétitions pour H. flaminus et deux pour T. coccinellae. Les essais de parasitisme ont été effectués dans les conditions standard de l'élevage.

2 - RESULTATS ET DISCUSSION.

On n'a jamais obtenu de parasitisme de la part de ces deux parasitoïdes dans les conditions expérimentales utilisées. En aucun cas les parasitoïdes n'ont pu parasiter les larves ou nymphes de R. forestieri dont ils disposaient. Un tel phénomène n'est pas unique : ainsi l'espèce voisine R. lophantae, elle aussi originaire d'Australie vit dans certains milieux comme la plaine de Rabat-Salé au Maroc sans y rencontrer un ennemi parmi les parasites naturels normalement présents qui déciment les populations de C. bipustulatus (SMIRNOFF, 1950).

Enfin il faut ajouter que dans son aire d'origine, malgré des prospections abondantes et récentes, on ne connaît aucun cas de parasitisme de R. forestieri de même qu'en Californie (ESSIG, 1910). Son homologue en mélange, R. ventralis, est attaqué en Australie par l'Encyrtide Anagyrus australiensis HOW. (POPE, 1981). Dans les observations anciennes concernant toujours l'Australie, on peut citer Homalotylus sp. sur R. ventralis s.l. (KOEBELE, 1893) et Heterarthrellus australiensis HOW. sur Rhizobius debilis BLACKBURN (HOWARD, 1898).



INTERVENTIONS BIO-ÉCOLOGIQUES

A L'AIDE DE *R. FORESTIERI*

INTRODUCTION.

La confusion-spécifique opérée jusqu'à nos jours entre *R. ventralis* et *R. forestieri*. Justifie pleinement la nécessité d'entreprendre aussi des études écologiques à leur sujet. *R. forestieri* étant un prédateur de Lécanines dont le nombre recensé à ce jour reste fort limité, il importe avant tout de déterminer ses potentialités écologiques avant de l'utiliser de façon raisonnée dans le milieu naturel. On a donc été conduit à réaliser d'abord quelques études écologiques de base, avant de pratiquer ensuite des interventions bio-écologiques dans les oliveraies tout d'abord, puis dans d'autres cultures fruitières. Même avec cet essai d'extension, *S. oleae* reste la cible privilégiée dans notre programme en raison de l'importance que présente cette cochenille dans l'économie agricole méditerranéenne.



CHAPITRE XII

Etudes écologiques de base

Les connaissances acquises à ce jour sur S. oleae permettent de caractériser ce ravageur comme un insecte univoltin et prolifique. Le complexe des ennemis naturels indigènes manque d'efficacité, surtout dans la deuxième partie de l'année, à l'époque de l'apparition et du développement de la nouvelle génération de la cochenille. Pour le renforcer de façon notable, la nécessité d'évaluer les potentialités du nouveau prédateur introduit s'impose, afin de définir la stratégie à mettre en oeuvre, pour ramener les populations de la cochenille au-dessous de son seuil de nuisibilité économique et pour le maintenir à un faible niveau.

Certaines caractéristiques d'un entomophage paraissent plus particulièrement nécessaires à mettre en évidence. Il s'agit avant tout de préciser leur strate d'activité et leur voltinisme, d'estimer les fluctuations de leurs populations dans le milieu naturel et de recenser les facteurs limitants.

1 - DISTRIBUTION SPATIALE DE R. FORESTIERI.

Dans sa zone d'origine, en Australie, on le trouve plus particulièrement sur les arbres (tableau VII) : agrumes, acacias, noyers du Queensland, diverses espèces de Casuarina, Schefflera actinophylla, etc... (RICHARDS, 1981). En Californie, il fréquente les mêmes espèces végétales

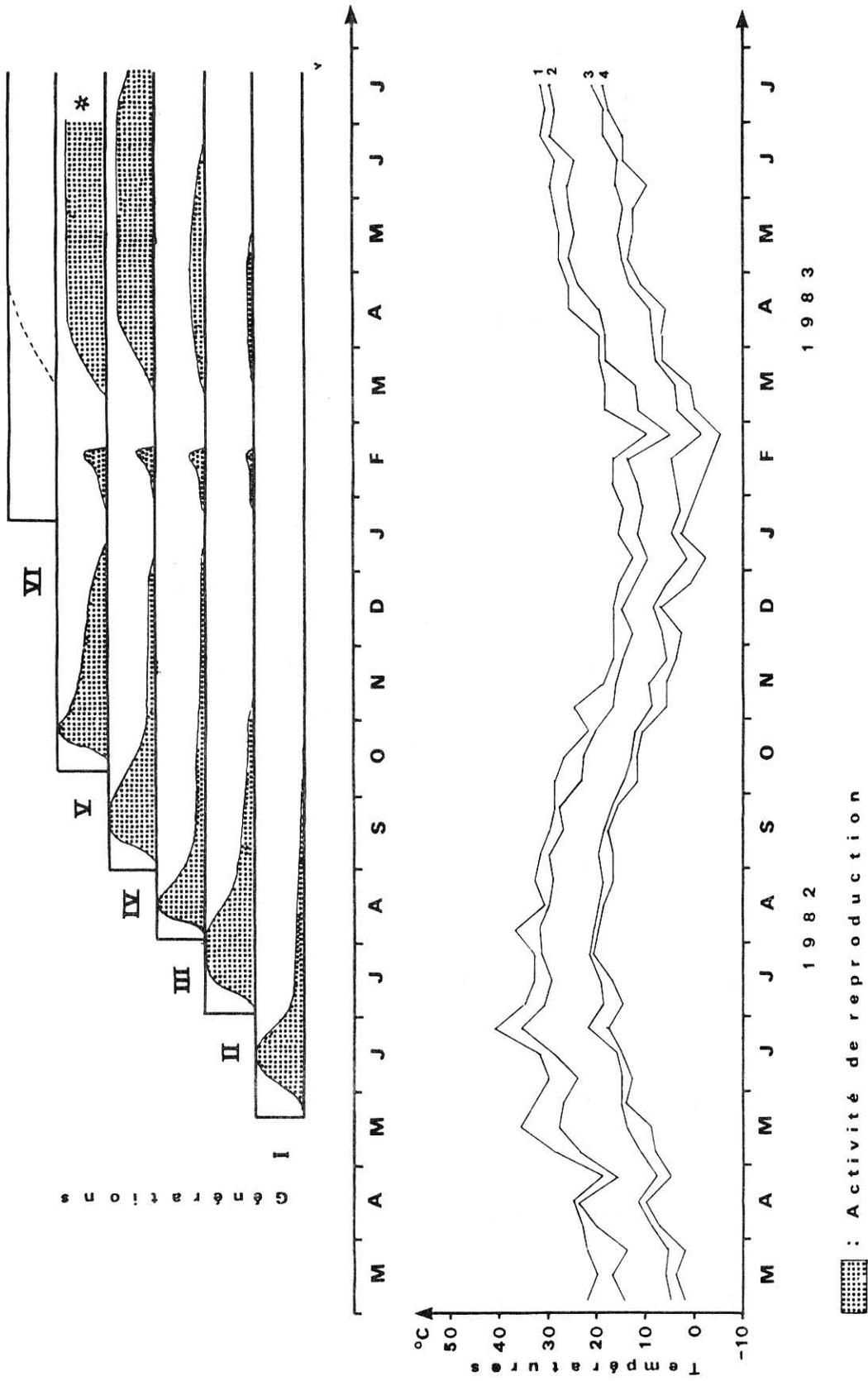


Figure 18 - Voltinisme et périodes d'activité de reproduction de R. forestieri en fonction des saisons.

En bas, températures enregistrées (voir légende, fig. 20).

(ESSIG, 1931) mais aussi des arbustes comme Pyracantha coccinea ROEM. (KATSOYANNOS, 1982). En Grèce, il semble s'installer sans difficulté sur les oliviers et sur les lauriers roses Nerium oleander L..

2 - VOLTINISME DE R. FORESTIERI.

En Australie RICHARDS (1981) pense que R. forestieri présente sans doute deux générations annuelles ; Pour étudier son voltinisme en Grèce, on a procédé à une étude de sa phénologie, selon la méthode décrite dans le chapitre consacré à ce sujet (voir Chap. II). Les résultats obtenus font l'objet d'une représentation graphique (Fig. 18). Ils indiquent sans contestation le caractère plurivoltin de cette espèce qui peut développer jusqu'à 6 générations par an dans les conditions climatiques de Kifissia et un large chevauchement de celles-ci. Les adultes de la première génération apparaissent au printemps, à la fin du mois de mai. Durant l'été trois autres générations peuvent se succéder à raison d'une par mois, puis la cinquième s'observe en automne, à la mi-octobre. Enfin, en plein hiver, on peut noter la manifestation d'une sixième génération partielle. A partir de la fin de l'année, tous les adultes issus des différentes générations (excepté la première génération printanière) se trouvent mélangés dans les populations naturelles (Fig. 11).

Cette situation particulière ne peut entraîner que des conséquences bénéfiques, telles que : - l'existence permanente d'un potentiel de reproduction élevé, le maintien d'un haut niveau de la prédation et la conservation de la richesse du patrimoine génétique introduit.

Tout au long des différentes générations, les adultes en mélange se reproduisent pratiquement de façon continue (Fig. 19). On sait que chez les femelles de R. forestieri, il n'existe pas de diapause (voir précédemment). Mais, bien évidemment, selon la saison, sa fécondité subit des fluctuations. Très intense du mois d'avril au mois d'août, elle s'amointrit en hiver et peut s'arrêter complètement lorsque les températures minimales descendent au-dessous du seuil thermique d'activité.

Certes, le voltinisme des Coccinelles constitue une caractéristique bien spécifique. Mais les conditions climatiques qui règnent dans les différentes régions où elles vivent peuvent parfois le modifier. Depuis

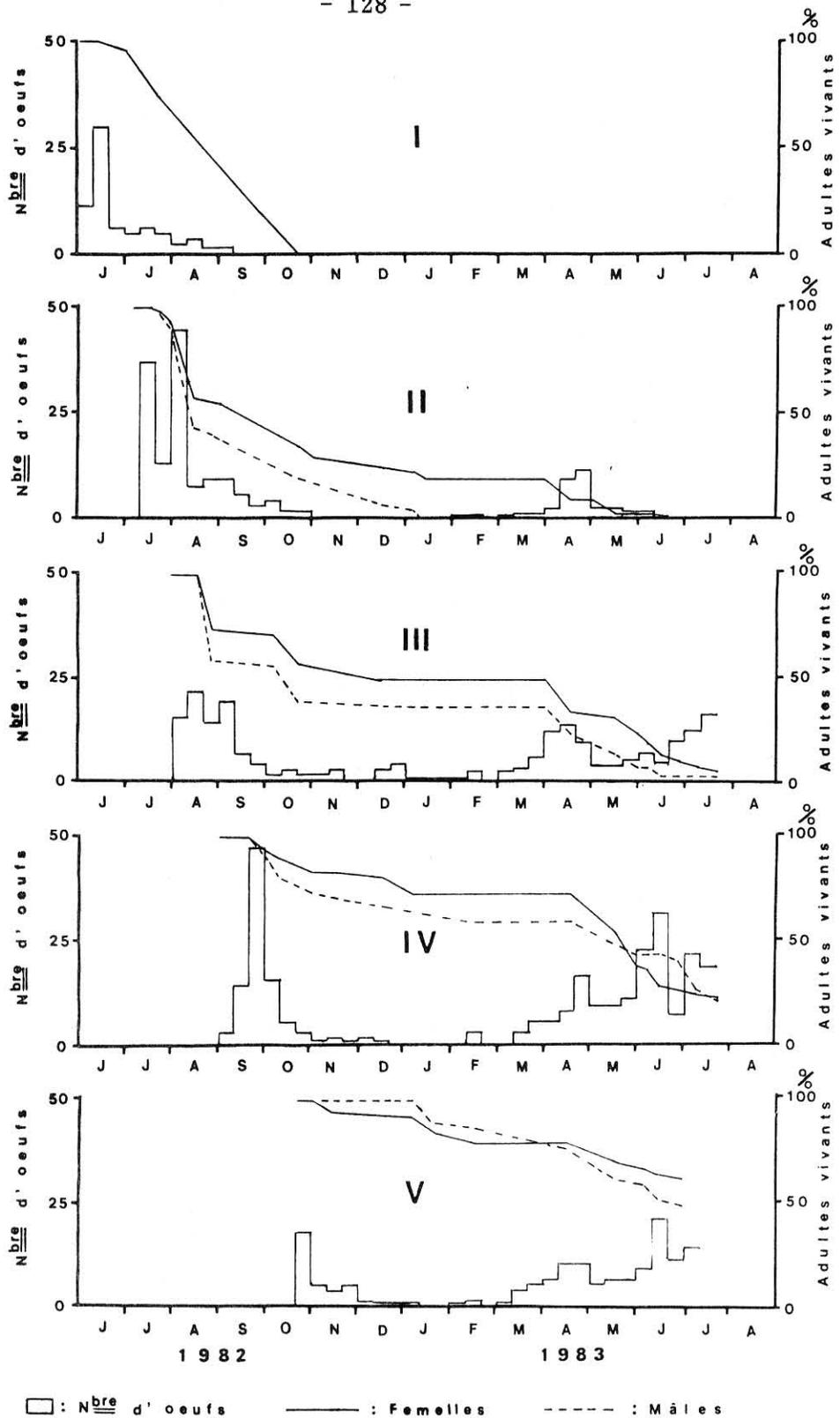


Figure 19 - Activité de reproduction de R. forestieri dans les conditions naturelles : nombre d'oeufs pondus par femelle et par décade. Taux de survie des mâles (en tiré) et des femelles (en continu).

les espèces strictement univoltines, jusqu'aux plurivoltines, le nombre de cycles développés peut varier d'une à onze générations par an, comme l'ont observé CRESSMAN et DUMESTRE (1930) en Louisiane avec Rodolia cardinalis MULS.. En Palestine (BODENHEIMER, 1932) n'observe avec ce même prédateur que six ou sept générations annuelles.

Dans les zones au climat tempéré ou méditerranéen, les Coccinelles indigènes développent rarement plus de trois générations par an : ainsi en est-il pour Adonia variegata GOEZE, Propylea quatuordecimpunctata L., par exemple, chez les aphidiphages et Chilocorus bipustulatus L. chez les coccidiphages ; certaines ne produisent toutefois qu'une seule génération durant le même laps de temps comme Semiadalia undecemnotata SCHN. et Exochomus quadripustulatus L..

Dans ces mêmes conditions climatiques, seules les espèces récemment introduites et acclimatées peuvent développer plus de trois générations par an, comme Cryptolaemus montrouzieri MULS. et Rhizobius lophantae BLAISD. (SEZER, 1969). Indiscutablement, R. forestieri se classe dans ce dernier groupe presque à égalité de voltinisme avec Rodolia cardinalis MULS. dont la réussite et l'efficacité ne sont plus à vanter. Le plurivoltinisme important, relevé chez cette espèce, entraîne des conséquences notables sur la structure saisonnière de sa population.

3 - STRUCTURE DES POPULATIONS DE R. FORESTIERI SELON LA SAISON.

Comme les adultes peuvent se reproduire tout au long de l'année, on peut donc toujours observer dans la nature une population de R. forestieri composée d'individus appartenant à tous les stades de son cycle évolutif. Naturellement, leur proportion diffère selon la saison. Une étude réalisée dans ce sens a permis de suivre la fluctuation mensuelle des différents stades préimaginaux et imaginaux.

Dans les expériences destinées à analyser la phénologie de l'espèce, on a été dans l'impossibilité de garder toute la descendance issue des générations au cours desquelles l'activité de multiplication des adultes revêtait une trop forte intensité. Par contre, en automne, en hiver et au printemps, depuis le mois d'octobre jusqu'à la mi-avril, toutes les jeunes larves obtenues furent mises en élevage. Si bien que les résultats contenus dans le

tableau XV, sans refléter exactement la réalité de la situation, telle qu'elle pourrait être observée dans la nature, donne quand même une image approximative, mais suffisamment représentative, pour suivre l'évolution mensuelle de la structure des populations de R. forestieri. A ce propos, quelques particularités méritent d'être signalées.

On note une proportion très importante de larves aux mois de mai, de juillet et d'août ; (elle se situe entre 2/3 et 3/4 de la population globale). Ce pourcentage atteint encore 55 p.100 au mois de septembre. En revanche, à partir du mois d'octobre et durant tout l'hiver jusqu'au mois de mars de l'année suivante, la proportion des stades préimaginaux s'abaisse considérablement jusqu'à moins de 10 p.100 de la population totale, pour ne jamais dépasser 1/3 de cette dernière. Différents facteurs peuvent contribuer au changement de structure d'une population de prédateurs parmi lesquels les facteurs de limitation des populations.

4 - LES FACTEURS DE LIMITATION DES POPULATIONS DE R. FORESTIERI.

De nombreux facteurs climatiques, trophiques, biotiques et anthropiques peuvent influencer la limitation des populations de R. forestieri.

4.1. - Facteurs climatiques.

Dans la nature les populations de R. forestieri rencontrent parfois des conditions climatiques difficiles essentiellement en hiver mais aussi en été. L'absence de tout mécanisme de blocage physiologique chez cette espèce doit trouver une certaine compensation dans un arrêt momentané de toute activité, comme l'a montré SEZER (1969) lors d'une étude écologique effectuée sur Rhizobius lophantae BLAISD., espèce également introduite et très voisine de R. forestieri.

Les arrêts d'activité se manifestent d'abord chez les Coccinelles par une interruption de la ponte des femelles durant les mois de janvier et de février, lorsque les températures moyennes mensuelles atteignent ou demeurent inférieures au seuil minimum du développement déjà mentionné. R. forestieri hiverne cependant à tous les stades de son cycle. On peut même assister en hiver à l'apparition de nouveaux adultes. De ce fait, le stade imaginal constitue la majorité des individus qui composent la population hivernale. On note pendant cette époque un comportement

TABLEAU XV

Structure (%) de la population de R. forestieri
au cours de l'année, dans les conditions naturelles.

Mois	n	Adultes des générations précédentes	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	Nymphes	Adultes récemment sortis
Mars 1982	133	62,2	0	2,4	6,3	20,5	8,7	4,7
Avril 1982	139	48,2	23,7	6,5	3,6	5,7	5,7	6,5
Mai 1982	267	21,3	6,7	10,5	15,3	20,2	22,5	3,4
Juin 1982	1067	4,6	1,0	4,2	8,6	24,5	4,2	52,8 F ₁
Juillet 1982	388	16,7	7,7	8,0	11,8	29,9	9,0	16,7 F ₂
Août 1982	572	11,9	0,3	1,0	8,9	47,2	15,2	15,4 F ₃
Septembre 1982	453	20,5	6,6	5,5	26,7	15,9	0	24,7 F ₄
Octobre 1982	407	46,4	0	0	2,4	9,8	22,8	18,4 F ₅
Novembre 1982	234	91,9	3,0	0,4	1,7	3,0	0	0
Décembre 1982	256	80,8	7,4	4,7	1,6	2,7	2,7	0
Janvier 1983	249	80,3	8,8	3,2	2,0	2,8	2,0	0,8
Février 1983	234	63,7	3,4	4,3	3,8	4,3	0,4	0,8 F ₆

particulier des imagos pour lesquels il n'est pas rare d'observer des agrégations dont le volume varie et augmente lorsque la température diminue. Les adultes se regroupent alors à l'intérieur d'abris très étroits, situés généralement sur le tronc à la partie inférieure des arbres. Ainsi, rencontre-t-on des regroupements d'importance variable de 2 à 3 individus jusqu'à près de 50 individus. Leur agglutination prend l'aspect d'un empilement. Elle témoigne de la recherche d'un thigmotactisme aussi complet que possible dont l'obtention joue un rôle dans leur immobilisation réflexe : pattes repliées sous l'abdomen et tête légèrement incurvée sous le thorax (Fig. 20 A et B).

En été lorsque les températures dépassent un certain seuil (voir précédemment), on enregistre une mortalité notable des individus. La sensibilité des différents stades dépend à la fois de l'intensité de la chaleur à laquelle ils sont soumis, mais également de la durée d'exposition. Outre les conditions climatiques défavorables, d'autres facteurs empêchent R. forestieri de se développer convenablement en particulier ceux d'ordre biologique.

4.2. - Facteurs biologiques.

Il existe un grand nombre d'ennemis naturels susceptibles d'attaquer les espèces indigènes des Coccinelles. Mais l'avantage d'introduire une espèce dans une nouvelle contrée d'acclimatation tient à l'absence durable de toute attaque d'éventuels hyperparasites. Cette loi assez générale s'applique jusqu'ici convenablement à tous les prédateurs dont l'installation fut réussie : par exemple Rodolia cardinalis MULS. (THORPE, 1930), Cryptognatha nodiceps MARS. (TAYLOR, 1935) et Chilocorus bipustulatus L. var. iranensis en Mauritanie (IPERTI et al., 1970).

Depuis la date de son introduction en Grèce en 1981 et son installation dans de nombreux biotopes, on n'a, à ce jour, encore recensé aucun parasitisme. Des essais effectués au laboratoire avec deux parasites habituels des stades préimaginaux des Coccinellidae : Homalotylus flaminus DALM. et Tetrastichus coccinellae KURDJ. se sont soldés par des échecs sur les larves et les nymphes de R. forestieri (voir Chap. XI). De même, à ce jour, on n'a signalé aucune maladie. Seuls certains prédateurs risquent de causer des dégâts à leur population.

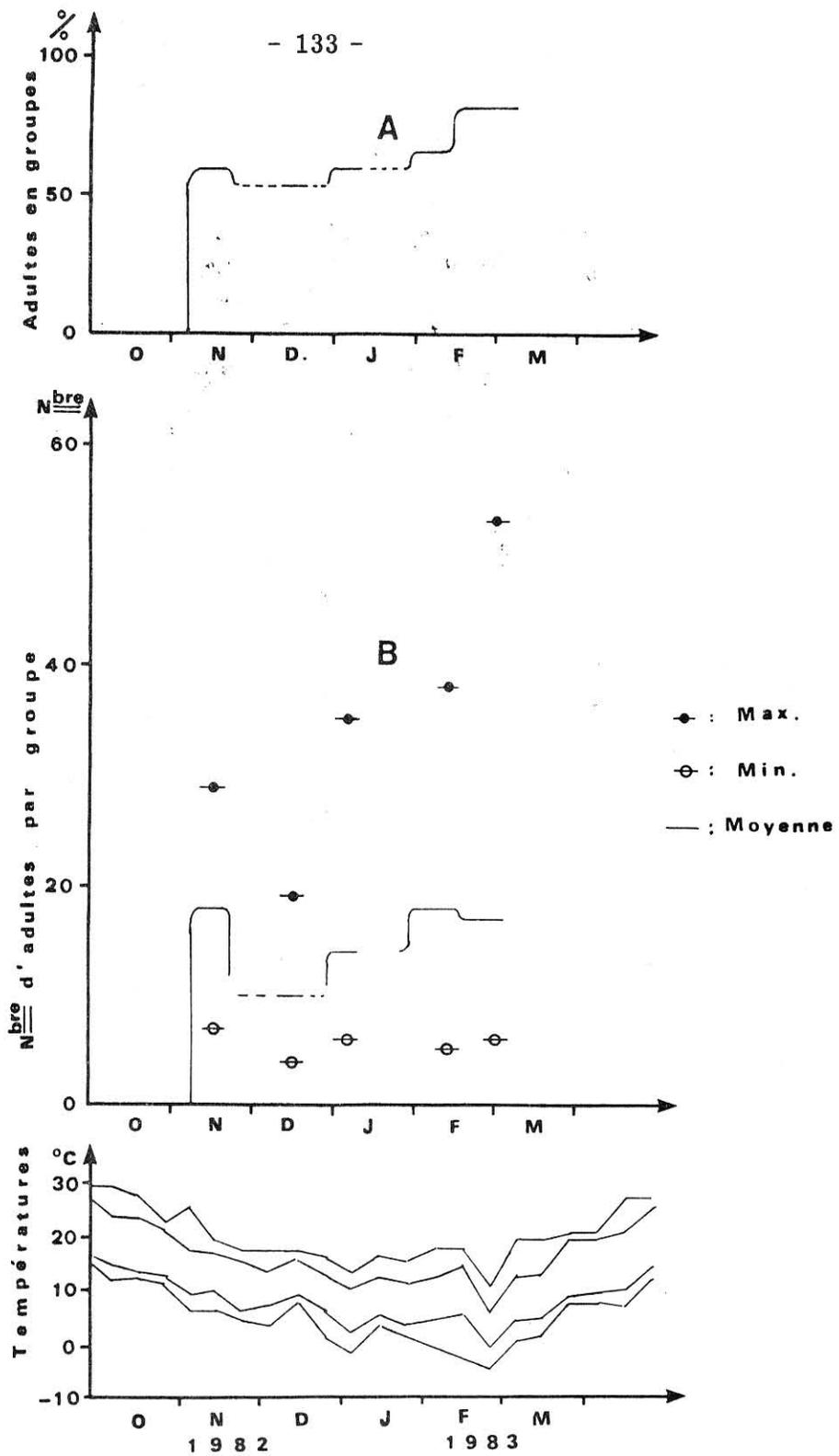


Figure 20 - Agrégation hivernale de R. forestieri dans les conditions naturelles : pourcentage de la population d'adultes concernés (A) ; densité des agrégations (B) ; en bas, températures enregistrées, dans l'ordre : minimale absolue, minimale moyenne, maximale moyenne, maximale absolue.

A ce propos, on connaît maintenant assez bien les parasites qui peuvent attaquer les Coccinelles (DOMENICHINI, 1956 ; IPERTI, 1964 SEMYANOV, 1965 ; KLAUSNITZER, 1966). Par contre les données précises sur la nature et l'action réelle des prédateurs font souvent défaut, à l'exception de celles que l'on trouve dans la contribution déjà ancienne apportée par SCHIDLER et SCHILDER (1928). Dans cette dernière les auteurs ont recensé des ennemis naturels qui appartiennent à 80 ordres différents dont des oiseaux, des rongeurs, des araignées, mais aussi des insectes parmi lesquels Mantis religiosa L. qui attaque Adalia signata, des fourmis comme Solenopsis molesta SAY. qui dévorent Ceratomegilla maculata TIMB. et Pheidole punctulata MAYR. qui font de même des Cryptolaemus montrouzieri MULS. ; les Asilides jouent aussi un rôle prédateur non négligeable. Enfin des acariens et des araignées sont susceptibles de dévorer les oeufs de coccinelles, même lorsqu'ils sont déposés sous les carapaces de lécanines comme c'est le cas de R. forestieri.

Mais la longue liste des prédateurs plus ou moins occasionnels n'est pas pour autant close. Dans certaines situations, des prédateurs qui sont par ailleurs du même ordre que les Coccinelles, aphidiphages et/ou coccidiphages, peuvent aussi s'attaquer à celles-ci, le plus souvent d'ailleurs à leurs oeufs. Ainsi, des larves de Syrphidae peuvent se nourrir des oeufs d'Hyperaspis signata OLIV. et celles de Chrysopes attaquent parfois les oeufs de R. ventralis (ESSIG, 1910) ; (SMIRNOFF, 1956) jusqu'à devenir un facteur limitant pour cette dernière espèce en Afrique du Nord.

L'impact réel de tous ces antagonistes n'a pas été jusqu'à présent chiffré de manière réaliste. Mais on ferait preuve de légèreté en n'en tenant pas compte lors de la mise en place et du bilan primaire de futures interventions biologiques. Dans ce domaine, en outre, doivent être envisagés les agents pathogènes qui se sont en certaines occasions révélés fort dangereux pour les Coccinelles (IPERTI, 1964).

En ce qui concerne les fourmis, les relations trophiques qui existent entre les Homoptères et les représentants de ce groupe s'avèrent fort complexes et mériteraient une étude plus approfondie avant de se prononcer sur leur rôle accidentellement prédateur pour les Coccinelles (QUILICI, 1981).

TABLEAU XVI

Facteurs de limitation des populations
de R. forestieri.

Endroits où après des lâchers on n'a pas retrouvé de <u>R. forestieri</u> en 1982	Causes supposées de leur non installation	
	Trophiques (insuffisance de nour- riture)	Anthropiques (traitements chimi- ques)
Acarnanie, Potamoula	+	
Acarnanie, Spolaïta	+	
Acarnanie, Myrtia	+	
Acarnanie, Peratia	+	
Acarnanie, Paleros	+	
Thassos, Potamia	+	
Chios, Pyrgi	+	
Veria		+

4.3. - Les facteurs trophiques et anthropiques.

Le rôle de l'alimentation, précédemment développé dans le chapitre de la biologie consacré à cette question reste bien sûr prépondérant à la fois sur le plan qualitatif et quantitatif. Le tableau XVI répertorie les lieux d'introduction où les nouveaux prédateurs ont présenté de sérieuses difficultés d'installation. Si l'on recherche la cause de ces échecs, on trouve dans la plupart des cas une raison trophique. Dans toutes les localités incriminées (Potamoula, Spolaita, Myrtia, Peratia, Paleros dans l'Étoloakarnanie, Potamia dans l'île de Thassos et Pyrgi dans l'île de Chios), l'apport des prédateurs s'est effectué à une période où les populations de S. oleae étaient en voie de disparition, ceci laisse donc à penser :

- que les coccinelles sont sédentaires, un point qui n'est jamais abordé ;
- qu'elles sont incapables de trouver d'autres sources de nourriture: comme Ceroplastes sur figuier ou platane, Coccus hesperidum L. sur divers végétaux, Filippia spp., Anapulvinaria sur Pistacia... ou Pseudococcines variées ;
- ou qu'il n'y avait pas de zone-refuge.

Dans un seul biotope, à Veria, l'échec enregistré provient de l'application d'un traitement insecticide réalisé immédiatement après le lâcher des prédateurs.

En résumé, l'étude des facteurs de limitation des populations de R. forestieri montre, sans négliger le rôle néfaste que peuvent jouer les insecticides couramment utilisés, l'importance des facteurs climatiques qui semblent limiter leur installation aux seules zones littorales.

En conclusion, l'étude écologique de R. forestieri a permis d'acquies des données essentielles sur ses potentialités dans les conditions naturelles. Elles sont résumées dans le tableau XVII. Une rapide analyse permet d'indiquer les principales qualités du prédateur introduit. Outre l'absence de tout parasitisme, pour le moment, son aptitude à développer une activité dans une large gamme de températures, sa spécificité assez étroite vis-à-vis des Lécánines, son grand nombre de générations annuelles par rapport à celui de S. oleae, sa proie essentielle qui est univoltine constituent autant de raisons de le considérer comme un auxiliaire fort utile pour renforcer de façon décisive le complexe des agents régulateurs des Lécánines.

TABLEAU XVII
Comparaison des potentialités bio-écologiques
d'E. quadripustulatus, de C. bipustulatus et de R. forestieri.

	<u>E. quadripustulatus</u>	<u>C. bipustulatus</u>	<u>R. forestieri</u>
Nombre de générations	1	3	6
Période d'intense reproduction	Mars à Juin (4 mois)	Avril à Septembre (6 mois)	Mars à Octobre (9 mois)
Mode d'hivernation	Quiescence	Quiescence	Faible activité
Mode d'estivation	Diapause	Activité	Activité
Seuil thermique supérieur	50°C	-	42° C
Seuil thermique inférieur	9,5°C	10,5°C	8°C à 10° C
Activité des ennemis naturels	Faible à la fin du printemps sur les stades préimaginaux	Importante en été sur les stades préimaginaux	Néant
Voracité des adultes	2 à 5 <u>P. citri</u> / jour	30 <u>Chrysomphalus ficus</u> /jour	3 à 5 <u>C. hesperidum</u> /jour
Fécondité totale	600 oeufs	480 oeufs	500 à 1.000 oeufs
Nombre d'oeufs par ponte	1 à 20	1 à 7	1 à 44
Habitat	Arbres et arbustes	Arbres et arbustes	Arbres et arbustes
Proies essentielles	Lécánines Pseudococcines et Aphides	Diaspines et Lécánines	Lécánines
Capacité de recherche des proies	Bonne	Moyenne	Bonne

De plus, comme il paraît particulièrement bien inféodé à la strate des arbres, son utilisation pour assumer une meilleure protection intégrée des oliveraies semble une entreprise tout à fait raisonnable.



CHAPITRE XIII

Interventions bio-écologiques

1 - INTRODUCTION.

Dans le cadre des interventions de lutte biologique réalisées au cours des cent dernières années et basées sur la seule introduction d'entomophages, les Coccinelles occupent une place privilégiée. On ne peut passer sous silence le premier et spectaculaire succès remporté dans ce domaine par RILEY et KOEBOLE en 1888 et 1889 avec l'importation de Rodolia cardinalis MULS. en provenance d'Australie pour lutter en Californie contre la Cochenille floconneuse des agrumes Icerya purchasi MASK.. L'emploi de cette coccinelle permit d'enregistrer des réussites du même type dans 29 contrées du monde (DE BACH, 1964).

Par la suite, l'emploi d'autres espèces de Coccinelles, toutes coccidiphages, donnèrent des résultats plus ou moins probants mais toujours intéressants dans 40 p.100 des cas où l'on envisagea d'apporter une solution biologique aux difficiles problèmes posés par la protection des arbres contre les attaques des Cochenilles, surtout des diaspines et à moindre titre des pseudococcines. Le tableau XVIII dresse un bilan des résultats enregistrés dans ce domaine de 1885 à nos jours.

TABLEAU XVIII

Résultats des interventions menées en Lutte Biologique contre les Homoptères à l'aide de Coccinelles.
(C = Réussite complète ; S = Réussite substantielle ; P = Réussite partielle).

Ravageurs	Plantes hôtes	Lieux d'introduction	Prédateurs introduits	Dates	Origines	Résultats	Importateurs
COCHENILLES :							
<u>Aspidiotus destructor</u> SIGN.	Cocotiers	Nouvelles Hébrides	<u>Lindorus pulchellus</u> M.	1964	Fidji	C	COCHEREAU P. 1969
<u>Aspidiotus destructor</u> SIGN.	Cocotiers	Fidji	<u>Cryptognatha nodiceps</u> MSHLL.	1928	Trinidad	C	TAYLOR T.H.G. 1935
<u>Aspidiotus destructor</u> SIGN.	Cocotiers	Afrique de l'Ouest	<u>Cryptognatha nodiceps</u> MSHLL.	1955	Trinidad	C	SIMMONDS F.S. 1960
<u>Aspidiotus destructor</u> SIGN.	Cocotiers	Ile Maurice	<u>Chilocorus politus</u> MULS.	1937	Java	C	MOUTRA et HAMET 1946
<u>Aspidiotus destructor</u> SIGN.	Cocotiers	Ile Maurice	<u>Chilocorus nigritus</u> F.	1939	Ceylan	C	- item -
<u>Chrysomphalus aonidum</u> L.	Citrus	Seychelles	<u>Chilocorus nigritus</u> F.	1938	Indes	S	VESEY FITZGERALD 1953
<u>Echinaspis longirostris</u> SIGN.	Cocotiers	Seychelles	<u>Chilocorus nigritus</u> F.	1938	Indes	S	- item -
<u>Echinaspis longirostris</u> SIGN.	Cocotiers	Seychelles	<u>Chilocorus distigma</u> KLUG.	1936	Afrique de l'Est	S	- item -
<u>Parlatoria blanchardi</u> TARG.	Palmier-dattiers	Mauritanie	<u>Chilocorus bipustulatus</u> L. var. <u>iranensis</u>	1967	Iran	S	IPERTI G. 1970
<u>Pinnaspis buxi</u> BOUCHE	Palmiers divers	Seychelles	<u>Chilocorus nigritus</u> F.	1938	Indes	S	VESEY FITZGERALD 1953
<u>Pseudaulacaspis pentagona</u> TARG.	Papayers-Lauriers roses	Porto-Rico	<u>Chilocorus cacti</u> L.	1938		S	WOLCOTT G.N. 1958
<u>Saissetia oleae</u> OLIV.	Oliviers	Grèce	<u>Rhizobius forestieri</u> MULS.	1981	U.S.A. Californie	S	KATSOYANNOS P.1983
<u>Pulvinaria psidii</u> MASK.	Arbustes d'ornement	Porto-Rico	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	1911	"	P	WOLCOTT G.N. 1958
<u>Eriococcus coriaceus</u> MASK.	Eucalyptus	Nouvelle Zélande	<u>Rhizobius ventralis</u> ER.	1905	Australie	C	MILLER CLARK DUMBLETON 1936
<u>Asterolecanium pustulans</u> CKLL	Arbustes d'ornement	Porto-Rico	<u>Chilocorus cacti</u> L.	1937	Cuba Louisiana Texas	P	WOLCOTT G.N. 1958
<u>Pseudococcus citri</u> RISSO	Citrus	U.S.A. Californie	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	1891-92	Australie	P	RILEY C.V. 1893
<u>Pseudococcus citri</u> RISSO	Citrus	France	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	1918	U.S.A. Californie	S	MARCHAL
<u>Pseudococcus citri</u> RISSO	Citrus	Italie	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	1924	-	S	SILVESTRI F. -
<u>Pseudococcus citri</u> RISSO	Citrus	Espagne	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	1932	-	S	-
<u>Pseudococcus iceryoides</u> GREEN	Caféier	Iles Célèbres	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	1920	Java	S	VANDER VEELT J.1953
<u>Pseudococcus spp.</u>	Citrus	Australie de l'Ouest	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> MULS.	1902	Nouvelle Galles du Sud	S	WILSON F. 1960
<u>Icerya aegyptiaca</u> DOUGL.	Avocatier	Iles Carolines	<u>Rodolia pumila</u> WESTW.	1947-49	Mariannes	S	PEMBERTON C.E. 1954
<u>Icerya montserratensis</u> R.H.	Citrus	Equateur	<u>Rodolia cardinalis</u> MULS.	1941	U.S.A.	S	RODRIGUEZ L. 1942
<u>Icerya purchasi</u> MASK.	Citrus	U.S.A. Californie	<u>Rodolia cardinalis</u> MULS.	1888-89	Australie	C	RILEY C.V. 1893
<u>Icerya purchasi</u> MASK.	Citrus	Italie	<u>Rodolia cardinalis</u> MULS.	1899	Australie	C	SILVESTRI F. 1909
<u>Icerya purchasi</u> MASK.	Citrus	France	<u>Rodolia cardinalis</u> MULS.	1912	Italie	C	MARCHAL -
<u>Icerya palmera</u> R.H.	Mimosas	Chili	<u>Rodolia cardinalis</u> MULS.	1931	U.S.A. Californie	P	GRAF MARIN, CORTES PEÑA 1949
<u>Icerya seychellorum</u> WESTW.	Citrus	Seychelles	<u>Rodolia cardinalis</u> MULS.	1939	Iles Maurice	P	VESEY FITZGERALD 1953
<u>Orthozia insignis</u> DOUGL.	Arbres fruitiers Plantes ornementales	Kenya	<u>Hyperaspis jocoba</u> MULS.	1948	Hawaii	S	LE PELLEY 1955
APHIDES :							
<u>Aphis sacchari</u> ZEHN.	Canne à sucre	Hawaï	Un complexe de parasites et de prédateurs dont les Coccinelles.	1966-23	Variées	P	PEMBERTON C.E. 1948
<u>Therioaphis maculata</u> BUCKT	Luzerne	U.S.A. Californie	Especies de coccinelles indigènes, de maladies et de parasites importés	1959	U.S.A. Californie	P	VAN DEN BOSCH et al. 1959

Un examen critique de ces données conduit à formuler des remarques intéressantes. Tout d'abord, par rapport aux 12 succès remportés avec des coccidiphages, les Coccinelles aphidiphages font figure de parent pauvre. En effet, elles se trouvent reléguées au fond de ce tableau car elles n'apparaissent uniquement qu'en deux occasions : - pour lutter contre Aphis sacchari ZEHNTNER sur la canne à sucre à Hawaï (PEMBERTON, 1948), et contre Therioaphis maculata BUCKTON sur luzerne en Californie (VAN DEN BOSCH et al., 1959) ; dans ce dernier cas, le prédateur n'agit d'ailleurs qu'au sein d'un complexe d'entomophages comprenant aussi des parasites. Ensuite, parmi les cochenilles attaquées par les Coccinelles, le nombre d'exemples ayant trait aux Lécanines s'avère excessivement réduit : - il n'existe qu'un seul exemple avec R. ventralis s.l. pour combattre Eriococcus coriaceus MASK. sur Eucalyptus en Nouvelle Zélande (MILLER et al., 1936).

Curieusement par ailleurs, dès le début des essais d'introduction, on a découvert les possibilités de R. ventralis s.l. pour combattre les cochenilles noires. Mais comme il fut introduit à l'époque en Californie en même temps que R. cardinalis (par KOEBOLE), pour lutter contre la seule I. purchasi, son action remarquable contre les Saissetia spp. passa à peu près inaperçue. On peut même dire que le succès de Rodolia éclipsa totalement les potentialités offertes par R. ventralis s.l. dans un tout autre domaine (COQUILLET, 1893). Mais, il n'est jamais trop tard pour réexaminer son statut et lui permettre dès maintenant de jouer pleinement son rôle dans les zones où il peut rendre d'utiles services aux agriculteurs et en particulier aux oléiculteurs et aux agrumiculteurs du Bassin méditerranéen.

Dans ce but, depuis 1981 on procède à des interventions de deux types. Les premières sont destinées à introduire le nouvel agent biologique dans un réseau de biotopes répartis aussi largement que possible pour couvrir géographiquement les zones susceptibles de fournir des conditions d'acclimatation satisfaisantes, tant au nord qu'au sud du pays (Fig. 21) ; les secondes sont consacrées à l'étude de l'efficacité prédatrice de la coccinelle, en procédant à des lâchers de masse, en des endroits précis où existent des fortes populations de cochenilles.



Figure 21 - Lieux de lâchers de R. forestieri en Grèce à la date du 1er juillet 1983.

2 - ESSAIS DESTINES A L'INTRODUCTION DE R. FORESTIERI.

2.1. - Les lâchers.

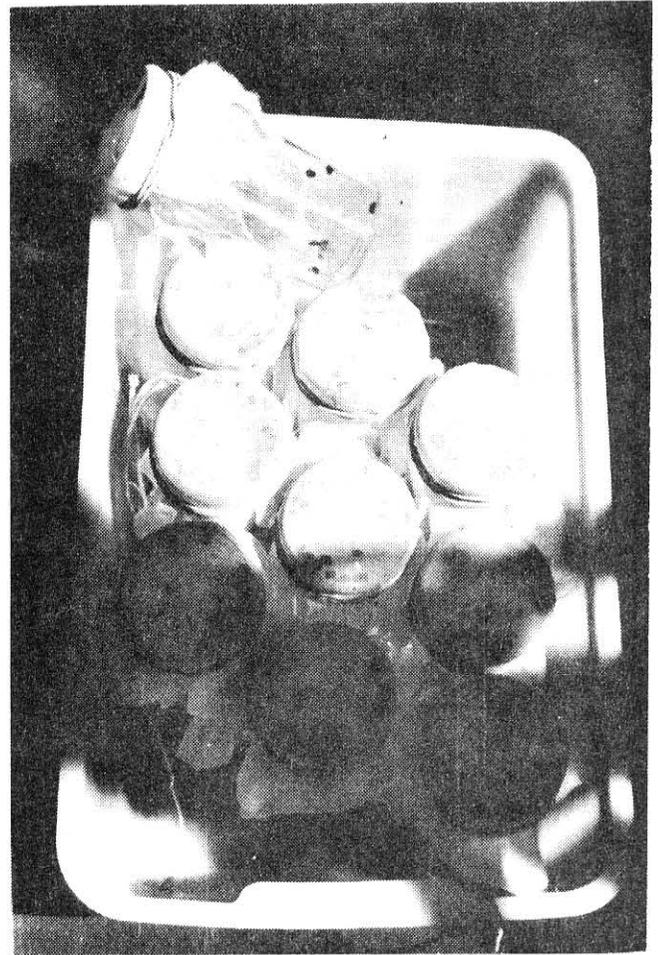
Pour réaliser les lâchers d'introduction de R. forestieri, on a pris en considération différents facteurs. Indépendamment des conditions liées à l'implantation géographique, topographique et climatologique des principales oliveraies de la Grèce et d'autres vergers (Citrus, amandiers, figuiers), sans négliger les variétés, l'âge et la taille des arbres, ni leur environnement végétal (voir Chap. II), un facteur essentiel a guidé leur implantation :
- il s'agit du degré d'infestation de S. oleae, ou d'autres lécanines :
Sphaerolecanium prunestri sur amandiers et Ceroplastes rusci sur figuiers.

A l'exception d'un premier lâcher pilote effectué sur oliviers dans la région de Delphes à la fin de l'été 1981, tous les autres furent réalisés aux printemps 1982 et 1983. Le tableau XIX précise pour chaque intervention la date et le nombre des adultes de R. forestieri libérés, la richesse de la faune des Coccinelles indigènes présente dans chacun des biotopes classés selon l'importance du ravageur visé et selon leur région d'implantation.

A cet égard, on doit signaler que 1982 et 1983 constituent des années où en particulier les oliviers ont échappé pour la plupart aux fortes infestations de la Cochenille noire, à l'exception de celles observées à Marathon (Attique), à Cambos-Chios (1981) et à Evreti-Chios sur les agrumes (1983). Evidemment, leur enrichissement en agents biologiques a tenu compte de la gravité des attaques notées à ce moment-là, mais, également, de celles enregistrées au cours des trois dernières années. Ainsi, dans chaque zone d'introduction, on a lâché le plus souvent 40 adultes par arbre, seulement sur un, deux, trois et au plus quatre sujets, rarement plus.

2.2. - Le contrôle de l'installation.

Par la suite, un contrôle de l'installation du prédateur dans cette première série a été réalisé avant l'hiver qui a suivi le lâcher (en 1982) et en été pour les lâchers faits au printemps 1983. Les résultats font l'objet du tableau XX. Outre la tendance suivie par l'infestation des Cochenilles, il indique celle adoptée par la faune des principaux prédateurs : les deux principales coccinelles indigènes et l'exotique. Déjà certains enseignements majeurs découlent de leur analyse.



Opérations de lâchers de
R. forestieri.
Emballage de transport.
Conteneur de lâcher en place.
Contrôle de présence.

Sur les oliviers, dans la majorité des cas, quatre à cinq mois après la libération de R. forestieri, on note partout, sans exception, une tendance à la baisse des populations de S. oleae.

Sur les agrumes et les figuiers la durée du temps entre les dates des lâchers et celles des contrôles, de 69 et 26 jours respectivement, n'est pas assez longue pour permettre une appréciation plus précise de l'installation en rapport avec la tendance évolutive de la population de cochenilles. Cependant, sur les agrumes à Evreti-Chios à la date du contrôle, le 17.7.1983, on observe la présence d'une forte infestation de S. oleae comparable à celle qu'on a notée avant le lâcher qui se caractérisait le 7.4.1983 par la présence en moyenne de 30 larves des deuxième et troisième stades de S. oleae par feuille (8-142) et de 172 des mêmes larves (110-246) fixées tout au long des rameaux de 30 cm de longueur.

Sur les figuiers, à Kalamata, à la date du contrôle le 12.7.1983, on a aussi observé une infestation grave de Ceroplastes rusci, comparable à celle qui sévissait avant le lâcher de R. forestieri, qui était le 16.6.1983 sur les feuilles en moyenne de 132 larves (15-375) des premier et deuxième stades de la cochenille, fixées dans les limites d'un cercle fait sur le support d'un diamètre de 3 cm. A titre indicatif, on a compté 6.184 larves sur la surface supérieure d'une feuille. Sur les rameaux se trouve la partie de la population adultes comprenant en moyenne, sur des fragments de 25 cm de long, 22 individus (13-48).

Sur les amandiers à Veria en 1982, un traitement insecticide effectué par le fermier notamment pour lutter contre les pucerons, d'une part n'a pas permis l'installation de R. forestieri et d'autre part a pu tuer une partie (jeunes larves) de la population de la forte infestation de Sphaerolecanium prunastri existante.

Parmi les quinze biotopes examinés, R. forestieri s'est installé en sept endroits. Il s'est multiplié abondamment à Marathon et Cambos-Chios sur les oliviers et à Evreti-Chios sur les agrumes, là où existait une grave infestation de cochenilles. Il s'est maintenu à Kalamata sur figuiers, ainsi qu'à Arachova, à Limenas-Thassos, là où subsistait une faible infestation de cochenilles. C'est en ces lieux que malgré une forte densité de proies, les coccinelles indigènes restent à un niveau assez constant. On assiste donc à un certain déplacement de la faune prédatrice au bénéfice de R. forestieri.

TABLEAU XX
Contrôles de l'installation de *R. forestieri* aux endroits où il a été lâché.

Lieux	Dates des contrôles	Degré d'infestation des arbres	Tendance de la population de la cochenille	Nombre de <i>R. forestieri</i> trouvés		Tendance de la population de <i>R. forestieri</i>	Nombre des coccinelles indigènes récupérées						Tendance de la population des coccinelles indigènes	
				Adultes	Larves		<i>E. quadripustulatus</i>	Adultes	Larves	<i>C. bipustulatus</i>	Adultes	Larves		<i>Scymnus spp.</i>
Thassos, Potamia	8.10.82	Sans infestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Région des Delphes, Arachova	2.03.82	Faible	↗	2	0	→	2	2	0	0	0	0	0	↗
Acarmanie, Myrtia	13.10.82	Très faible	↗	0	0	0	1	0	5	0	3	0	0	↗
Acarmanie, Potamoula	13.10.82	"	↗	0	0	0	1	0	9	0	0	0	0	↗
Acarmanie, Paleros	14.10.82	"	↗	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	↗
Chios, Pyrgi	6.10.82	"	↗	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	↗
Thassos, Limenas	8.10.82	Faible	↗	5	1	→	3	0	24	1	3	0	0	↗
Acarmanie, Astakos	12.10.82	Très faible	↗	1	0	→	0	0	23	6	9	0	2	↗
Acarmanie, Peratia	14.10.82	"	↗	0	0	0	0	0	37	1	0	0	0	↗
Acarmanie, Spoliata	14.10.82	"	↗	0	0	0	0	0	14	2	1	0	2	↗
Attique, Marathon	13.08.82	Grave	↗	70	31	↗	0	0	1	2	0	0	0	↗
Peloponèse, Kalamata	12.07.83	Traitement insecticide	→	11	0	→	3	3*	2	3	2	0	1	↗
Chios, Exreti	17.07.83	"	→	22	21	↗	4	1	2	33	8	0	3	↗
Chios, Cambos	6.10.83	Moyenne	↗	50	10	↗	0	0	22	6	10	0	1	↗
Veria	28.07.83	Traitement insecticide	?	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	↗

Par contre, R. forestieri semble en voie de régression à Astakos (Acarnanie) là, où pourtant on a eu une infestation moyenne de cochenilles rapidement suivie d'une décroissance causée sans doute par l'existence simultanée d'un grand nombre de prédateurs indigènes.

Dans les huit autres biotopes, R. forestieri semble à première vue avoir disparu. En Acarnanie (Myrtia et Potamoula) comme à Chios (Pyrgi) parce que la proie, déjà en faible nombre au départ, a pratiquement disparu par la suite. De même, dans deux autres biotopes d'Acarnanie (Peratia et Spolaïta), parce que l'infestation moyenne au moment des lâchers a été combattue efficacement, avec l'aide d'une importante population de coccinelles indigènes, avant de disparaître presque totalement. Enfin dans le Nord de la Grèce, à Veria, suite au traitement insecticide effectué sur les amandiers déjà mentionné.

Il reste encore quatre biotopes à contrôler, tous situés en Chalcidique (Calithea, Siviri, Agios Nicolaos et Pyrgadicia). Sans préjuger de l'issue des contrôles à venir, si l'on tient compte du degré d'infestation de S. oleae noté lors des lâchers correspondants, on peut envisager l'obtention de résultats comparables à ceux enregistrés en Acarnanie, c'est-à-dire des difficultés notables, voire une impossibilité d'installation par la méthode utilisée.

En résumé, les premières données des interventions bioécologiques destinées à installer R. forestieri en Grèce apportent déjà d'intéressantes précisions. Outre une bonne aptitude à s'installer sur les oliviers et éventuellement sur d'autres arbres, cette coccinelle présente la capacité de se reproduire rapidement. Pour ces raisons, elle est déjà d'une importance particulière au sein du complexe des ennemis naturels qui limitent les populations de S. oleae et des autres lécanines nuisibles.

Déjà à travers ces premiers essais réalisés dans la nature, on peut deviner une efficacité prédatrice de cette coccinelle qui nécessite une étude plus approfondie réalisée à l'occasion des interventions bioécologiques effectuées à Chios en vue de combattre S. oleae sur les oliviers et les agrumes.

3 - EVALUATION DE L'EFFICACITE PREDATRICE DE R. FORESTIERI SUR OLIVIER.

Pour étudier le rôle régulateur de R. forestieri, on a recherché les conditions les plus favorables à une telle détermination. Dans ce but, on a choisi une jeune oliveraie supportant une forte infestation de S. oleae et située en plaine dans l'île de Chios. Sur ces arbres, on a effectué de réelles interventions biologiques, avant de procéder à des contrôles périodiques de l'évolution des populations du ravageur, de ses principaux prédateurs indigènes et de R. forestieri, pour évaluer l'efficacité prédatrice de ce dernier.

3.1. - Description de l'oliveraie choisie.

L'oliveraie de Cambos-Chios a déjà fait l'objet d'une brève description dans le chapitre consacré aux matériels et aux méthodes (voir Chap. II). Plus précisément, elle comprend 97 oliviers de la variété Megaritiki, de trois à quatre mètres de haut, âgés de sept à huit ans et plantés régulièrement en carré de cinq mètres de côté. La parcelle, située au niveau de la mer, a une forme rectangulaire dont l'axe est pratiquement orientée d'Est en Ouest. Elle se trouve entourée de tous côtés par des murs de trois mètres de haut, excepté sur la face exposée au Nord ouverte sur des cultures maraîchères. Ailleurs, tout autour, se trouvent des vergers d'agrumes.

L'infestation moyenne par S. oleae est de haut niveau, mais la répartition des foyers de cochenilles est irrégulière, plus importante au centre de la parcelle que sur les bordures (Fig. 22 A). La fumagine est présente sur les arbres les plus contaminés. Le sol est presque nu, travaillé plusieurs fois par an. Les arbres sont irrigués. On n'observe pas d'autres cochenilles sur les arbres.

3.2. - Les étapes de l'intervention.

Trois lâchers de très jeunes adultes de R. forestieri ont été effectués dans l'oliveraie, toujours le matin. Au cours de la première intervention qui a eu lieu le 18 juin 1982, on a libéré 150 adultes sur cinq arbres situés dans la partie centrale du verger. Les oliviers, fortement infestés par S. oleae comptaient en moyenne 150 à 200 larves par feuille, en majorité au premier stade et portaient sur les rameaux une abondante population de femelles pondueuses, de 4 à 20 (en moyenne 17) individus par fraction de 10 cm de rameau.

Au cours de la deuxième intervention, réalisée le 14 juillet 1982, on a libéré 750 adultes sur trente et un arbres. Ces derniers subissaient toujours une grave attaque de S. oleae. Chaque feuille portait en moyenne de 150 à 200 individus, encore en majorité au premier stade et sur les rameaux, le niveau de la population des femelles avoisinait celui indiqué précédemment (Fig. 22, tableau XXI).

La dernière intervention eut lieu le 7 avril 1983. Destinée à diminuer de façon décisive la population de S. oleae dans l'olivieraie, elle se traduisit par un lâcher de 900 adultes de R. forestieri ; sur vingt-huit arbres supportant de faibles ou de moyennes infestations (3 à 25 cochenilles par feuille plutôt du 3ème stade) (Fig. 22, tableau XXI).

3.3. - Evolution de la population de S. oleae.

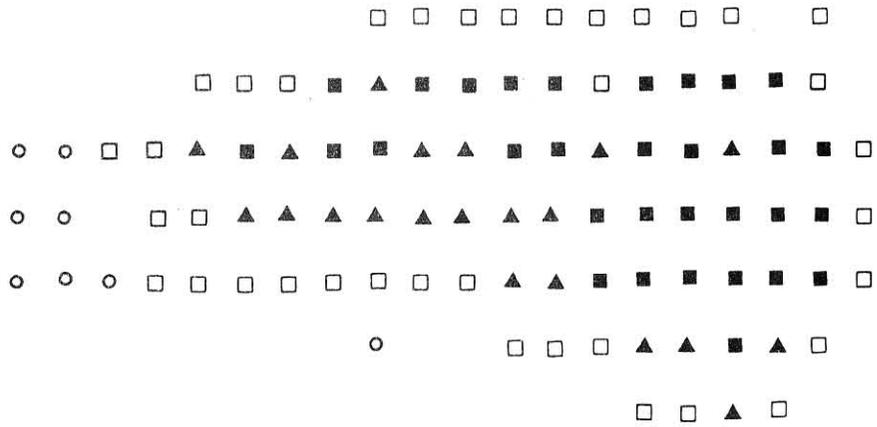
Les résultats de l'évolution de la population de la cochenille font l'objet du tableau XXI et de la figure 17. Leur analyse permet de suivre les changements du niveau d'infestation de S. oleae intervenus dans l'olivieraie pendant cette première année d'activité de la coccinelle. Elle repose sur un examen précis des échantillons prélevés au hasard, respectivement :

- le 14 juillet 1982, prélèvement préliminaire de 25 feuilles,
- le 24 novembre 1982, prélèvement de 211 feuilles et
- le 7 avril 1983, prélèvement de 390 feuilles.

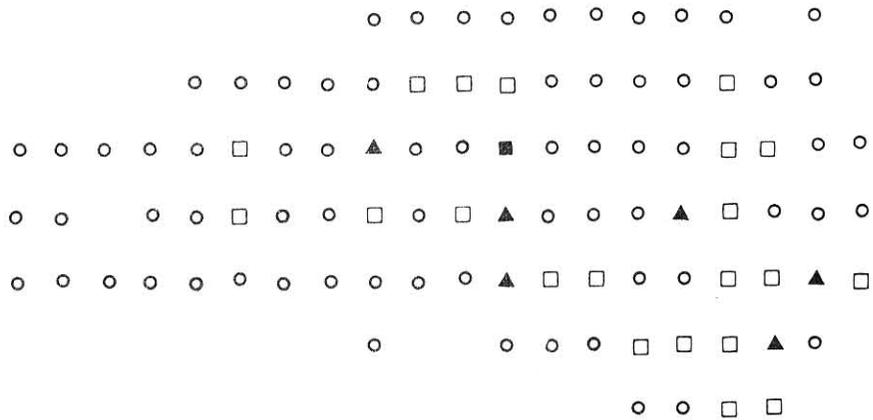
On a en outre pratiqué la méthode des notations visuelles globales du degré d'infestation de l'ensemble des arbres du verger effectuée le 14 juillet 1982, le 7 avril 1983 et le 15 juillet 1983 (Fig. 22 A et B).

Il apparaît dans le tableau XXI après calcul que les moyennes \bar{x} ne sont pas significatives ($SD \geq \bar{x}$ dans la plupart des cas). En effet, comme on le verra plus loin, la répartition des larves de cochenille n'est pas gaussienne. Dans le premier échantillonnage analysé, plus de la moitié des feuilles hébergent une population très élevée (le mode est compris entre 150 et 200 S. oleae) et le quart porte une quantité de larves bien supérieure, voisine de 400 à 450 larves par feuille. Il est bien évident qu'une telle population est constituée de jeunes larves fixées, essentiellement de premier stade (67,5 p.100), moins fréquemment de deuxième stade (32,4 p.100) et rarement plus âgées. Cette situation démographique est normale pour la saison. Comme il est fréquent, voire de règle chez les cochenilles à faible dispersion à l'éclosion, la répartition de type contagieux apparaît nettement dans cette première analyse.

A. 14 Juillet 1982



B. 7 Avril 1983



Degré d'infestation des arbres	Notation visuelle de 14 Juillet 1982 (N ^{bre} d'arbres) A.	Notation visuelle de 7 Avril 1983 (N ^{bre} d'arbres) B.
■ : Infestation grave (>28 cochenilles/feuille)	31 (32%)	1 (1%)
▲ : Infestation moyenne (9-27 cochenilles/feuille)	21 (22%)	6 (6%)
□ : Infestation faible (3-8 cochenilles/feuille)	37 (38%)	21 (22%)
○ : Infestation très faible (1-2 cochenilles/feuille)	8 (8%)	69 (71%)

Figure 22 - Relevés topographiques de l'infestation par S. oleae effectués dans l'olivieraie de Cambos-Chios.

Lors des prélèvements ultérieurs, la structure de la population est totalement modifiée, tant par l'aspect de l'équilibre démographique des stades, situation de normalité en rapport avec la saison, que par la quantité totale de larves présentes. En novembre, on a des pourcentages de L_1 , L_2 et L_3 qui sont respectivement de 1,0 - 45,7 et 53,3 p.100 et en avril, de 0 - 7,3 et 92,7 p.100. Le dernier prélèvement de juillet 1983, plus facilement comparable à celui de l'année précédente donne un véritable bilan de l'opération.

Simultanément, les notations visuelles du degré d'infestation de chaque olivier fournissent des informations concordantes. Au moment des premiers lâchers, 54 p.100 des oliviers étaient gravement infestés (plus de 28 cochenilles par feuille) ou moyennement infestés (9 à 27 cochenilles par feuille). Neuf mois plus tard, cette tendance s'est complètement renversée puisque 93 p.100 des oliviers ne portaient en moyenne qu'une très faible (1 à 2 cochenilles par feuille) ou une faible infestation (3 à 8 cochenilles par feuille).

Donc, environ un an après la première intervention biologique, on observe un assainissement notable de l'état phytosanitaire du verger. Il est certes normal qu'une pullulation de S. oleae régresse puis disparaisse. Mais, en l'absence d'intervention chimique ou biologique telle que nous l'avons réalisée, ce retour à une situation de basse densité de cochenilles est beaucoup plus long, jamais inférieur à 3 ans (données non publiées). De plus, il est souvent la conjonction de plusieurs facteurs parmi lesquels le parasitisme tout d'abord et la diminution de la surface foliaire disponible après accumulation de fumagines et chute des feuilles, jouent des rôles importants. Il n'en est rien ici, les arbres étant plus "propres" qu'en pareil cas, et le parasitisme insignifiant (tableau XXI). Assuré essentiellement par l'encyrtide Metaphycus helvolus COMPERE, importé et établi, on remarque que le taux est réduit et la répartition non homogène sur les feuilles prélevées.

3.4. - Evolution de la population des prédateurs.

Au cours des prospections écologiques effectuées dans l'olivieraie de Cambos-Chios on a procédé, aussi, aux dates indiquées précédemment, à un échantillonnage de la population des prédateurs par battage des branches au-dessus d'une toile de 1m². De cette manière, on obtient à

TABLEAU XXI

Evolution de la population de *S. oleae* à Cambos-Chios en 1982-1983.

Dates	Nombre de feuilles examinées	Nombre de feuilles sans infestation	Nombre moyen de larves (L ₁ , L ₂ , L ₃) <i>S. oleae</i> fixées par feuille infestée						Nombre de femelles <i>S. oleae</i> pondueuses par rameau de 35 cm de longueur	
			Vivantes	Mortes			de cause non reconnue	Vivantes	Mortes	
				Attaquées (1) par prédateurs	Parasitées					
14 Juil. 82	25	0	\bar{x} 312,3 SD 124,34 129 - 533	\bar{x} 18,0 SD 14,18	0	\bar{x} 27,5 SD 15,53	\bar{x} 61,0 SD 29,40	\bar{x} 6,8 SD 3,56		
24 Nov. 82	211	61 (28,9 %)	\bar{x} 16,7 SD 20,84 1 - 93	\bar{x} 16,3 SD 16,82	\bar{x} 0,6 SD 1,22	\bar{x} 4,8 SD 5,52	-	-		
7 Avr. 83	390	190 (48,7 %)	\bar{x} 3,2 SD 3,40 1 - 27	\bar{x} 1,1 SD 1,47	\bar{x} 0,5 SD 0,75	\bar{x} 2,5 SD 2,25	\bar{x} 0,6 SD 0,54	\bar{x} 7,8 SD 5,01		
17 Juil. 83	250	129 (51,6 %)	\bar{x} 10,0 SD 11,65 1 - 89	\bar{x} 0,6 SD 2,17	0	\bar{x} 0,6 SD 1,27	\bar{x} 1,6 SD 2,89	\bar{x} 3,8 SD 6,88		

(1) Uniquement celles dont les restes sont visibles sur le support.

la fois des adultes et des larves des coccinelles indigènes, surtout C. bipustulatus et E. quadripustulatus, ainsi que les stades correspondant de l'espèce en voie d'installation R. forestieri. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau XXII et dans la figure 23. Ils montrent une relative abondance des deux principaux prédateurs indigènes de S. oleae et durant les quatre mois qui ont suivi l'introduction de R. forestieri et un très net accroissement de la population de cette dernière. En effet, un mois après le lâcher préliminaire, les adultes constituent 2,4 p.100 et les larves 75,2 p.100 de l'ensemble des coccinelles vues. En août et en octobre, les adultes forment respectivement 63,6 et 60,4 p.100 de l'effectif contrôlé tandis que les larves en constituent alors 38,0 et 68,2 p.100. En novembre, les adultes de coccinelles sont pour 71 p.100 d'entre eux des R. forestieri et les seules larves trouvées sont celles de cette espèce. A partir de ce moment, la progression quantitative ne peut plus suivre la même accélération, car la réduction drastique du nombre des proies disponibles sur place est telle que R. forestieri se trouve alors dans une situation de raréfaction de la nourriture. La coccinelle qui semble avoir été jusqu'alors sédentaire, se trouve dans l'alternative de régresser quantitativement sur place, de trouver une nourriture de substitution ou de rechercher des proies essentielles dans d'autres biotopes. Les phénomènes de ce type n'ont pas été encore abordés en raison du peu de temps qui s'est écoulé depuis l'installation primaire. Ils feront comme de bien entendu, l'objet d'études ultérieures sur : - le potentiel de recherche et de découverte des proies en situation de rareté, - l'amplitude de la dispersion individuelle de l'espèce en ce cas.

De plus, on constate, en été, la disparition des larves d'E. quadripustulatus qui se transforment en adultes. Le nombre de ceux-ci reste à peu près constant mais ils ne pondent pas du fait de leur état de diapause estivo-hivernale.

De même, chez C. bipustulatus, si la population larvaire augmente sensiblement en août, elle diminue puis disparaît pratiquement à partir du mois d'octobre, après avoir donné naissance à une nouvelle génération d'adultes qui va entrer en quiescence hivernale. Par contre, on observe des populations importantes de larves et d'adultes de R. forestieri dont l'activité se poursuit durant presque toute l'année. Cette aptitude remarquable rend cet auxiliaire particulièrement intéressant car il occupe alors une niche écologique laissée vide par tous les prédateurs indigènes et continue d'exercer sur les troisièmes stades de S. oleae sa pression réductrice.

TABLEAU XXII
 Résultats des échantillonnages des populations des principaux prédateurs de
S. oleae réalisés sur les oliviers de Cambos - Chios.

Dates des lâchers <u>R. forestieri</u>	Nombre d'adultes <u>R. forestieri</u> lâchés	Dates des contrôles	Nombre de m 2 (trappage)	Nombre de <u>R. forestieri</u> trouvés		Nombre des coccinelles indigènes trouvées									
				Adultes	Larves	<u>E. quadripustulatus</u>		<u>C. bipustulatus</u>		<u>Scymnus</u> spp.		Autres espèces			
				Adultes	Larves	Adultes	Larves	Adultes	Larves	Adultes	Larves	Adultes	Larves	Adultes	Larves
18.6.82	150	18.6.82	20	-	-	18	34	10	2	1	0	0	0	0	0
14.7.82	750	14.7.82	20	2	158	22	11	27	34	16	0	16	0	7	7
		20.8.82	13	63	49	2	0	16	80	17	0	1	0	0	0
		6.10.82	10	55	15	0	0	23	7	11	0	2	0	0	0
		24.11.82	10	35	28	1	0	11	0	0	0	2	0	0	0
7.4.83	900	7.4.83	17	6	20	12	3	14	0	2	0	2	0	2	0

TABLEAU XXIII

Taux de parasitisme des larves de Coccinelles indigènes
(E. quadripustulatus et C. bipustulatus)
dans l'oliveraie de Cambos-Chios en 1982.

Date d'échantillonnage	<u>E. quadripustulatus</u>	<u>C. bipustulatus</u>
14 Juillet 1982	2/11 (18 %)	1/35 (3 %)
20 Août 1982	-	37/80 (46 %)
6 Octobre 1982	-	71/78 (91 %)

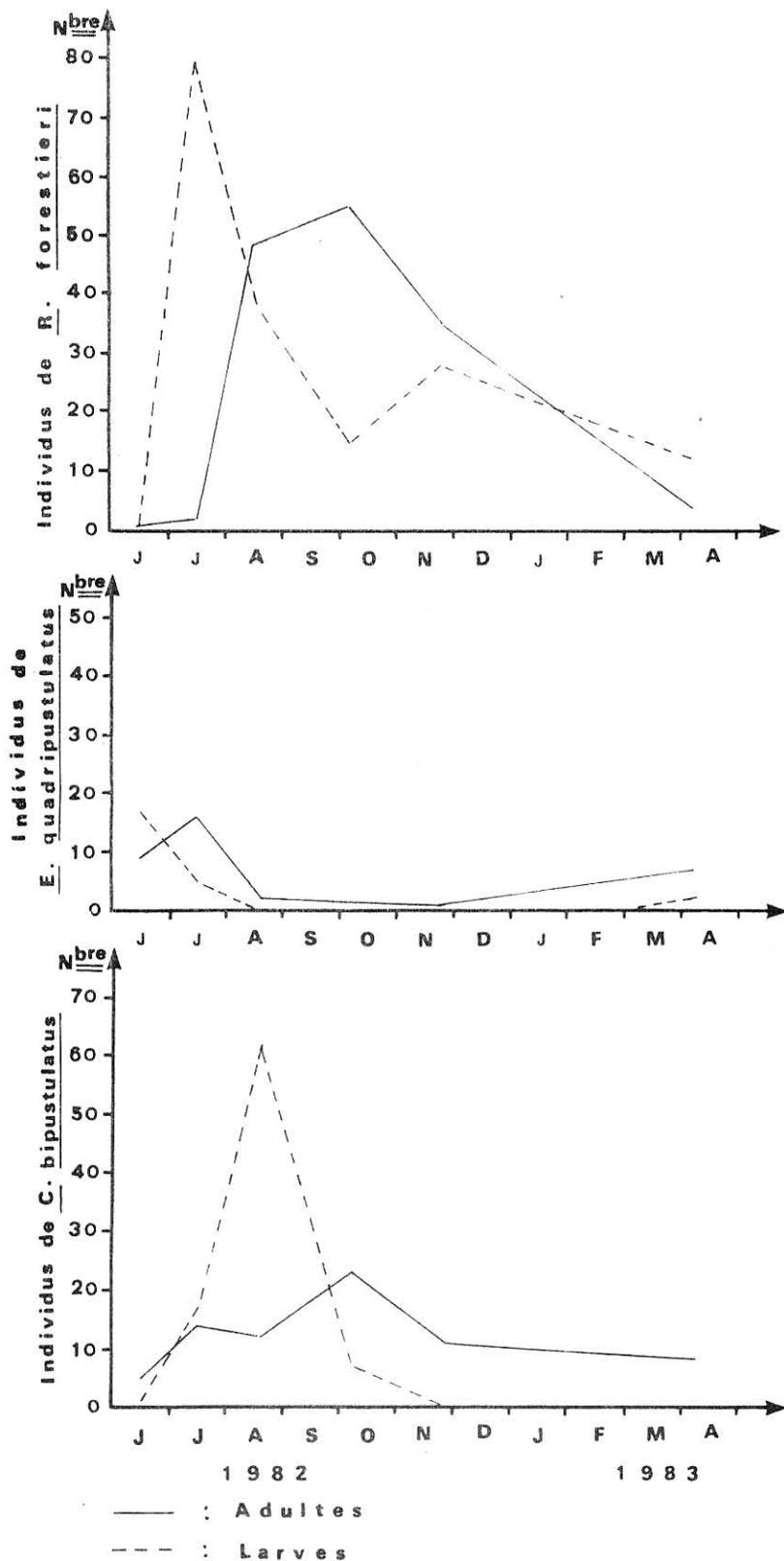
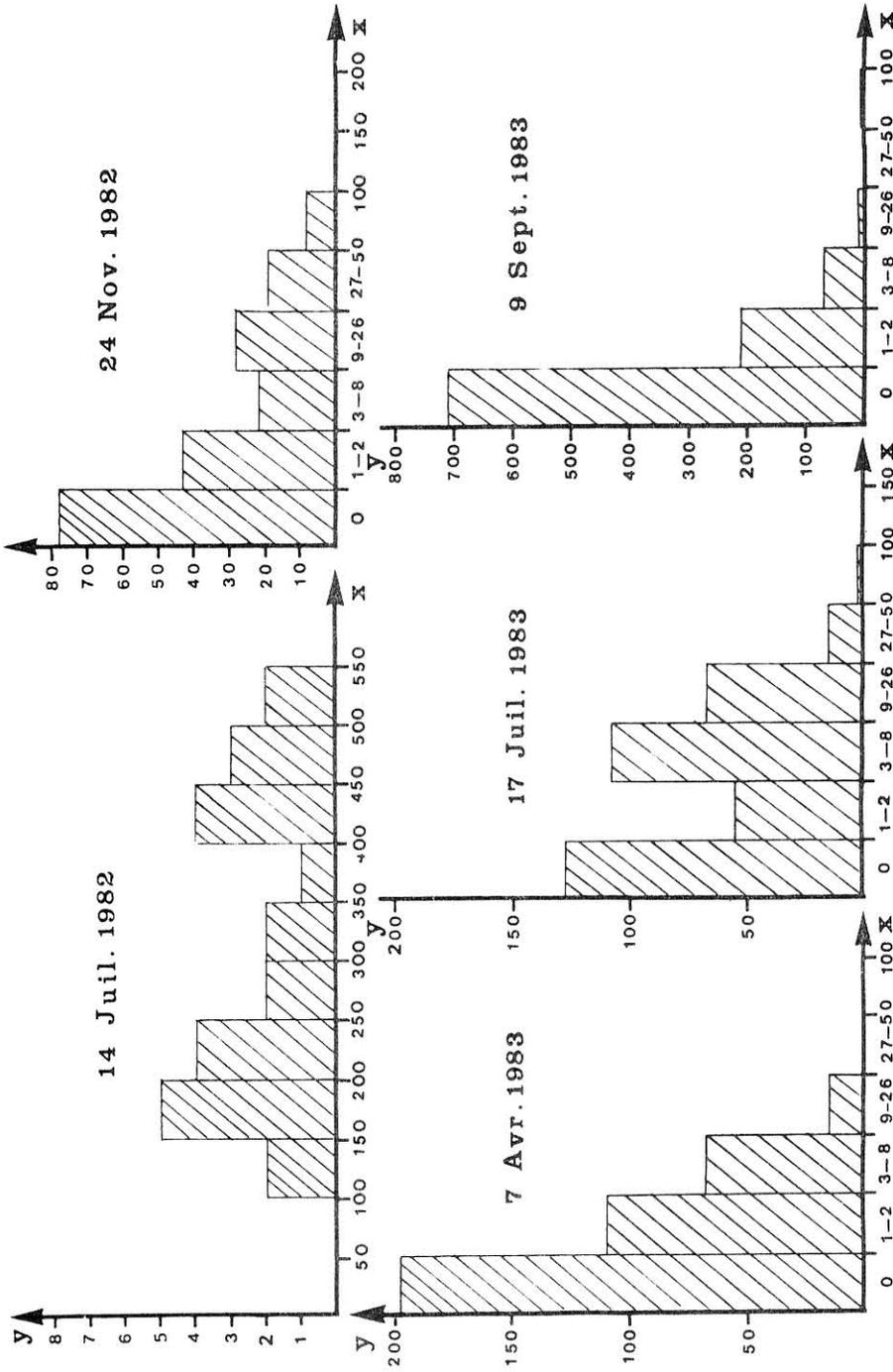


Figure 23 - Evolution des populations des principaux prédateurs de S. oleae à Cambos-Chios.

3.5. - Efficacité de *R. forestieri*.

Le contrôle de l'efficacité d'un agent biologique dans les conditions naturelles reste toujours extrêmement délicat à interpréter puisque dans ce cas il s'avère très difficile, sinon totalement impossible, d'opérer sur deux parcelles voisines, absolument identiques, l'une traitée et l'autre témoin. Cet examen devient très délicat à effectuer lorsque le nouvel auxiliaire se manifeste avec discrétion. Ce n'est heureusement pas le cas de *R. forestieri*.

Le tracé des histogrammes contenus dans la figure 24 s'appuie sur l'étude chronologique de l'évolution de la fréquence des feuilles d'oliviers qui portent un nombre croissant de cochenilles. Les résultats de leur analyse est évident. Durant les neuf premiers mois de son introduction, on assiste à une chute spectaculaire du taux d'infestation de *S. oleae*. Comme d'autre part l'importance des populations indigènes des prédateurs n'a pas varié de façon notable, que le taux du parasitisme est resté très bas (Tableau XXIV) et que les conditions climatiques durant cette période se sont avérées tout à fait acceptable pour la cochenille. En effet, les basses températures enregistrées au cours de février 1983 n'ont causé aucun dommage notable aux populations de *S. oleae* dont la diminution décisive avait déjà été notée au mois de novembre 1982. Force est donc d'attribuer la régression du ravageur au seul facteur limitant introduit alors : *R. forestieri*. On peut même attribuer, à ce prédateur, une efficacité assez exceptionnelle, tant pour ses effets antagonistes (le 14 juillet 1982, la majorité des feuilles prélevées porte de 25 à 250 cochenilles et le 7 avril 1983, la majorité d'entre elles porte moins de 8 cochenilles) que pour la rapidité avec laquelle il agit.



Y : Fréquence des feuilles infestées d'un nombre x de cochenilles

x : Nbre des larves vivantes du 2^{ème} et 3^{ème} stade de S. oleae par feuille

Figure 24 - Evolution de l'infestation par S. oleae dans l'olivieraie de Cambos-Chios après les lâchers de R. forestieri.

CONCLUSIONS GENERALES

L'étude entreprise sur R. forestieri répond aux vœux émis par le président de l'O.I.L.B. mondiale K. HAGEN qui en 1974 déplorait la méconnaissance totale du rôle joué par certaines petites espèces de Coccinelles telles que les Hyperaspis et les Scymnus dans la régulation des pullulations d'Homoptères. Les premières connaissances acquises à ce jour sur ce prédateur s'inscrivent dans ce cadre et trouvent un prolongement concret dans son implantation que l'on peut considérer en première analyse comme réussie en Grèce. Elles permettent en outre d'envisager avec optimisme son installation raisonnée dans la majeure partie du Bassin méditerranéen. Un tel projet a d'ailleurs reçu l'agrément des groupes de travail constitués par la C.E.E. sur la protection intégrée des cultures d'agrumes et d'oliviers.

1 - LES CONNAISSANCES ACQUISES A CE JOUR, SUR R. FORESTIERI,

Les connaissances acquises à ce jour sur R. forestieri d'ordre biologique et écologique entraînent des conséquences sur la technologie de son élevage et sur les modalités de son utilisation.

L'étude de sa biologie au laboratoire et en plein champ a permis d'insister sur les potentialités remarquables d'un tel auxiliaire, caractérisées notamment par :

- un grand nombre de générations annuelles (au moins 6),
- une fécondité élevée des femelles (400 à 1.000 oeufs),
- une longévité exceptionnelle des adultes (6 à 10 mois), et

- une voracité modérée à l'égard de ses proies essentielles (Lécanines) mais qui s'exerce pratiquement toute l'année.

En effet, les contraintes thermiques de l'activité qui laissent la possibilité d'une activité quasi-permanente.

A ce titre, on a pu mettre en évidence un arrêt particulier de développement chez les Coccinelles du type d'homéostasie dans la gamme des hautes températures tolérables. Cette particularité physiologique doit semble-t-il s'appliquer à des espèces connues en lutte biologique pour leur efficacité dans des climats du même type, comme : Rodolia cardinalis MULS., Cryptolaemus montrouzieri MULS. et Rhizobius lophantae BLAISD.

L'étude de son écologie a permis de mettre en évidence :

- l'absence totale en un premier temps de tout parasitisme de la part des parasitoïdes classiques des coccinelles indigènes,
- son étroite spécificité vis-à-vis de certaines proies essentielles et en tout premier lieu des Lécanines,
- la brièveté de son cycle de développement accompagnée de la rapidité d'apparition des générations estivales (à raison d'une par mois) qui entraîne leur accumulation et leur chevauchement.

La combinaison de l'ensemble de ces éléments conduit à un accroissement très rapide des populations de R. forestieri placées en présence d'une surabondance de proies essentielles. Inversement, lorsque ces dernières tendent à s'amenuiser par trop, on risque d'assister à sa raréfaction, peut-être même à sa disparition. Aussi doit-on en tenir compte dans l'élaboration des futures stratégies à mettre en oeuvre pour son utilisation raisonnée.

2 - LES RESULTATS CONCRETS ENREGISTRES A CE JOUR.

Depuis mai 1981, date de son introduction en Grèce, on peut dès à présent parler sans optimisme exagéré de son installation dans les principales oliveraies littorales, du Nord du pays, et dans les îles de Thassos et de Chios.

Durant les deux dernières années, on doit souligner l'absence de populations importantes de S. oleae dans la plupart des oliveraies grecques.

De telles circonstances ne constituaient pas des conditions très favorables à la manifestation des réelles potentialités de R. forestieri. Pourtant, dans certains cas on a déjà pu les mettre en valeur comme à Cambos-Chios par exemple.

3 - LES FUTURES POSSIBILITES D'IMPLANTATION DE R. FORESTIERI.

A partir de son implantation en cours de réalisation en Grèce, on peut s'interroger de l'opportunité de procéder à son introduction dans l'ensemble des pays méditerranéens. Dans cette perspective, deux questions viennent immédiatement à l'esprit :

- Quelles régions réunissent les conditions favorables à son accueil ?
- Comment procéder aux opérations de son introduction et de son installation ?

En ce qui concerne les régions du Bassin méditerranéen susceptibles d'accueillir R. forestieri, on songe immédiatement à celles vouées à l'agrumiculture et à l'oléiculture et concernées par de plus ou moins fortes attaques de Lécánines.

Mais, pour bénéficier des apports d'un tel auxiliaire encore faut-il trouver dans chacun des pays intéressés une structure d'accueil. Cette contrainte technologique limite sensiblement, pour l'heure, le nombre de ceux qui répondent à ces conditions.

Dans cet ordre d'idée, on pense en premier lieu à la France, où depuis cette année déjà on procède à la Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes, à son acclimatation, puis à l'Italie et à l'Espagne. En second lieu, il faudrait trouver des solutions structurelles pour permettre aux pays du Maghreb, à la Yougoslavie et à la Turquie de l'utiliser à leur tour. En dernier lieu en ce qui concerne Israël et les pays arabes situés dans la partie méridiano-orientale de la Méditerranée, il serait nécessaire d'effectuer des études bioclimatologiques précises avant de tenter son installation.

En conclusion, R. forestieri manifeste des aptitudes biologiques et écologiques très intéressantes. Les premiers résultats obtenus en Grèce montrent sa grande efficacité dans le contrôle des populations de Lécanines, sous forme de foyers localisés. Bien sûr, son implantation dans différents pays peut renforcer de façon décisive le potentiel régulateur des entomophages liés à ces derniers ravageurs. Mais, il serait dommage de ne pas profiter de ces qualités prédatrices vraiment exceptionnelles pour ne pas en faire un élément de choix destiné à être utilisé comme une réelle arme biologique.

Bien évidemment, selon le rôle que l'on veut voir joué par R. forestieri la taille des unités de production variera considérablement. Elles pourront être modestes si l'on envisage seulement des implantations; elles doivent prendre la taille de bio-usines, si on les emploie comme de véritables traitements biologiques dont la répétition progressive s'avère alors indispensable. Si, la deuxième solution devait être retenue, il faudrait au préalable améliorer considérablement les techniques d'alimentation et de production de cet auxiliaire pour lequel il n'est pas trop tard de lui rendre, cent ans après sa découverte, la place que Rodolia cardinalis MULS. a jusque-là en partie masquée par son propre succès largement connu de tous.



BIBLIOGRAPHIE

- ANAGNOSTOPOULOS P. Th., 1939 - Les variétés grecques d'olivier et l'écologie de cet arbre. Thessaloniki, Université.
- ARGYRIOU L.C., 1963 - Studies on the morphology and biology of the Black Scale. Ann.Inst.Phytopath.Benaki, 5, 353-377.
- ARGYRIOU L.C. et DE BACH P., 1968 - The establishment of Metaphycus helvolus COMPERE on Saissetia oleae BERN. (Hom. Coccidae) in olive groves in Greece. Entomophaga, 13, (3), 223-228.
- ARGYRIOU L.C. et KATSOYANNOS P., 1976 - Establishment and dispersion of Metaphycus helvolus COMPERE in Kerkyra (Corfu) on Saissetia oleae OLIVIER. Ann.del Inst.Phytopath. Benaki, vol. 11, 3, pp.200-208.
- ASGARI A., 1966 - Untersuchungen über die im Raum Stuttgart - Hohenheim als wichtigste Prädatoren der grünen. Apfelblattlaus (Aphidula pomi DEG.) auftretenden Arthropoden. Z.angew.Zool. 53, 1, 35-93.
- DE BACH P., 1964 - Biological control of insect pests and weeds. Ed.Chapman and Hall Ltd, London, 844 p..
- BALDUF W.V., 1935 - The bionomics of Entomophagous Coleoptera. John S. Swift Co.Inc., St Louis, Mo., 220 pp.
- BARTLETT B.R., 1978 - Coccidae. pp. 57-74 in CLAUSEN C.P.(Ed.). Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds : a world review Washington D.C., A.R.S., U.S.D.A. (Agriculture Handbook n° 480, 545
- BARTLETT B.R. et LAGACE C.F., 1961 - A new biological race of Microterys flavus introduced into California for the control of Lecaniine Coccids, with an analysis of its behaviour in host selection. Ann.Ent.Soc.An., 54, 222-227.
- BLUNCK H., 1914 - Die Entwicklung des Dytiscus marginalis vom Ei bis zur imago. Z.wiss.Zool. III, 76-151.
- BODENHEIMER F.S., 1932 - Icerya purchasi MASK. und Novius cardinalis MULS. Zeits.Ang.Ent., 19, 514-543.
- BODENHEIMER F.S., 1943 - Studies on the life-history and ecology of Coccinellidae
I - The life history of Coccinella 7 punctata (L.) in four different regions. Bull.Soc.Fouad I, Ent. 27, 1-28.

- BODENHEIMER F.S., 1951 - Citrus entomology in the Middle East. Dr W. JUNK, The Hague, 663 pp.
- BODENHEIMER F.S. et NEUMARK S., 1955 - The Israël pine Matsococcus josephi n.sp.). Kyryath Sepher Ltd Jerusalem, 122 pp.
- VAN DEN BOSCH R., SCHLINGER E.I., DIETRICK E.J. et HALL I.M., 1959 The role of imported parasites in the biological control of the spotted alfalfa aphid in Southern California in 1967. J.Econ.Entom., 52, 142-154.
- BULLOCK Th., 1955 - Compensation for temperature in the metabolism and activity of poikilothermes. Biol.rev., 30, 311-342.
- BURGESS A.F., 1903 - Economic notes on the family Coccinellidae. U.S.D.A., Div.Ent., Bul. 40, N.S., 25-29.
- CANARD M., 1958 - Recherches sur la morphologie et la biologie de la cochenille Eulecanium corni BOUCH. (Homoptères, Coccoidea). Ann.Ec.nat.sup.agron. Toulouse, 6, 189-277.
- CANARD M., 1973 - Influence de l'alimentation sur le développement, la fécondité et la fertilité d'un prédateur aphidiphage Chrysopa perla L. (Neuroptera, Chrysopidae). Thèse Doc. Toulouse, 547, 1-175.
- CANARD M. et LAUDEHO Y., 1976 - Etude d'une deuxième génération d'automne de Saissetia oleae OLIV. en Attique (Grèce) et de sa réduction par Metaphycus lounsburyi ANN. et Scutellista cyanea MOTSCH. (à paraître).
- DE CANDOLLE A., 1883 - Origine des plantes cultivées, Paris, 225 pp.
- CARNES E.K., 1912 - An explanation of the hibernating habits of Hippodamia convergens GUERIN. Calif.comm.Hort.Monthly Bull., 1, 177-188.
- CLARKE W.S., 1900 - General notes (Australian ladybird beetles in southern India). Agric.Gaz. N.S.W., 11, 412-413.
- CLAUSEN C.P., 1915 - A comparative study of a series of Aphid feeding Coccinellidae. Jour.Econ.Ent., 8, 487-492.
- COCHEREAU P., 1969 - Contrôle biologique d'Aspidiotus destructor SIGN. (Homoptera, Diaspinae) dans l'île Vaté (Nouvelles Hébrides) au moyen de Rhizobius pulchellus MONTROUZIERI (Coleoptera, Coccinellidae). Cah.ORSTOM, ser.biol., 8, 57-100.
- COQUILLET D.W., 1893 - "Insect life". U.S.D.A., Div. of Entom., Period bull. Washington, Gov.parnt. VI, (1), 24-29.
- CRESMAN A.W. et DUMESTRE Mis.J.O., 1930 - The feeding rate of the australian ladybeetle Rodolia cardinalis MULS.. Journ.Agr.Res., 41, 197-203.
- CUTRIGHT C.R., 1924 - Bionomics of Hippodamia tridecempunctata L.. Ann.Ent. Soc.Americ., 17, 188-192.

- DOMENICHINI G., 1956 - Contributo alla conoscenza dei parassiti e iperparassiti dei Coleoptera Coccinellidae. Boll.Zool.agric.Bachic. Milano, 22, 215-246.
- ESSIG E.O., 1910 - The natural enemies of the citrus mealybug. Journ.Ent.Pomona College Claremont, 2, 1910, 260-274 ; 3, 1911, 390-397 et 518-522.
- ESSIG E.O., 1931 - A history of Entomology. Macmillan Co, New York, 1029
- FERRAN A., 1983 - Sur quelques caractéristiques éco-physiologiques de la prédation chez Semiadalia undecimnotata SCHN. (Coleoptera, Coccinellidae). Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paul Sabatier de Toulouse, 157
- FERRAN A. et LARROQUE MM., 1977 - Etude des relations hôte-prédateur: la consommation et l'utilisation d'un puceron Myzus persicae SULZ. par les différents stades larvaires de la coccinelle Semiadalia undecimnotata SCHN. (Col., Coccinellidae). Ann.Zool.Ecol.anim. 9, 4, 665-691.
- FROGGATT W.W., 1902 - Australian ladybird beetles. Agric.Gaz.N.S.W., 13, 895-911.
- FYTIZAS E. et KATSOYANNOS P., 1979 - Consommation d'oxygène chez Exochomus quadripustulatus L. sous l'influence de la température et de la lumière. Med.Fac.Landbouww.Rijksumi Gent., 44, 81-85.
- FYTIZAS E. et KATSOYANNOS P., 1983 - Phénomènes d'homéostasie chez les larves, pupes et adultes de Rhizobius forestieri. Med.Fac.Landbouww. Rijksk Univ.Cent. (sous presse).
- GRAF MARIN Alberto et CORTES PENA Raul, 1940 - Introduccion de hyperparasitas en Chile : Resumen de las importaciones hechas y de sus resultados. Proc.6 th Pac.Sci.Congr., 4, 351-53.
- HAGEN K.S., 1974 - The significance of predaceous Coccinellidae in biological and integrated control of insects. Entomophaga, Mém. H.S., 7, 25-44.
- HAMALAINEN M., MARKKULA M. et RAIJ T., 1975 - Fecundity and larval voracity of four ladybeetles species (Col. Coccinellidae). Ann.Ent.Finn., 41, 4, 124-127.
- HAWKES O.A.M., 1920 - Observations on the life history, biology and genetics of ladybird beetle Adalia bipunctata. Proc.Zool.Soc.London, 475-490.
- HODEK I., 1957 - The larval food consumption of Coccinella 7-punctata L. Zool.listy 6, 3-11.
- HODEK I., 1962 - Experimental influencing of the imaginal diapause in Coccinella septempunctata L. (Col. Coccinellidae). II.Cas.Cs.spol.ent., 59, 297-313.
- HODEK I., 1971 - Sensivity of larvae to photoperiods controlling the adult diapause of two insects. J.Insect.Physiol., 17, 205-216.
- HODEK I., 1973 - Biology of Coccinellidae. Academia, Prague, 260 pp..

- IPERTI G., 1961 - Les Coccinelles, leur utilisation en agriculture. Revue de Zool.Agric. et appliquée, N° 1-3, 14-30 et n° 4-6, 60-71.
- IPERTI G., 1964 - Les parasites de Coccinelles aphidiphages dans les Basses-Alpes et les Alpes-Maritimes. Entomophaga, 9, 153-180.
- IPERTI G., 1976 - La diapause imaginale chez les Coccinellidae. Ann.Zool.Ecol. Anim., 8 (3), 381-388.
- IPERTI G., 1982 - Les prédateurs d'homoptères inféodés à l'olivier. C.R., E.E.C. Expert's meeting on entomophagous and biological methods in integrated control of olive groves, HANIA (sous presse).
- IPERTI G., 1983 - Les Coccinelles de France (dans la Faune et la Flore auxiliaires en Agriculture). Journées d'études et d'informations de l'A.C.T.A. à Paris (11 pp. sous presse).
- IPERTI G. et BRUN J., 1969 - Rôle d'une quarantaine pour la multiplication des Coccinellidae Coccidiphages destinées à combattre la cochenille du palmier-dattier Parlatoria blanchardi TARG. en Adrar mauritanien. Entomophaga, 14 (2), 149-157.
- IPERTI G., KATSOYANNOS P. et LAUDEHO Y., 1977 - Etude comparative de l'anatomie des coccinelles aphidiphages et coccidiphages et appartenance d'Exochomus 4 pustulatus L. à l'un de ces groupes entomophages (Col. Coccinellidae). Annls.Soc.ent.Fr.(N.S.), 13 (3), 427-437.
- IPERTI G., LAUDEHO Y., BRUN J. et CHOPPIN DE JANVRY E., 1970 - Les entomophages de Parlatoria blanchardi TARG. dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. III - Introduction, acclimatation et efficacité d'un nouveau prédateur Coccinellidae : Chilocorus bipustulatus L. (souche d'Iran). Ann.Zool.Ecol.anim., 2, 617-638.
- KATAKOZINOS D.S., 1969 - La fertilisation de l'olivier. Int.du Minist. Agriculture, Grèce.
- KATSOYANNOS P., 1976 - Etude d'un prédateur Exochomus quadripustulatus (Coleopt., Coccinellidae) en vue d'une éventuelle utilisation contre S. oleae OLIV. (Homopt., Coccoidea-Coccidae) dans les oliveraies de la Grèce. Thèse de Docteur-Ingénieur, Fac.Sc.Montpellier, 144 pp..
- KATSOYANNOS P., 1982 - The introduction of an exotic coccinellid predator Rhizobius forestieri MULS. (Col.Coccinellidae) into Greece as a control agent for the black scale Saissetia oleae OLIVIER (Hom. Coccidae) on olives trees. "C.E.C. Expert's Meeting on Entomophages and Biological Methods in integrated Control. in olive groves, Chania, Crète) (sous presse).
- KATSOYANNOS P. et LAUDEHO Y., 1975 - Périodes d'activité des principaux insectes entomophages indigènes de Saissetia oleae BERN. sur l'olivier, en Grèce continentale. Fruits, 30, 4, 271-274.

- KEHAT M., 1967 - Studies on the biology and ecology of Pharoscyrnus numidicus PIC. (Coccinellidae) an important predator of the date palm scale. Parlatoria blanchardi TARG. Ann.Soc.Ent.Fr.(N.S.), 3 (4), 1053-1065.
- KEIGO-NOHARA, 1962 - Studies on the life history and predatory behaviour of Chilocorus kuwanae SYLV. (Coleopt. Coccinellidae). Science Bulletin of the faculty of Agriculture ; Kyushu university, 20, 1, 29-32.
- KLAUSNITZER B., 1966 - Übersicht über die Nahrung der einheimischen Coccinellidae (Coleopt.). Ent.Ber., 91-102.
- KREITER S., 1981 - Etude bioécologique de la diapause chez Semiadalia undecimnotata SCHN. (Coleopt., Coccinellidae). Mémoire de D.E.A. Université de Marseille III, 39 pp.
- LAMBLIN S., 1979 - Etude bioécologique d'un prédateur E. quadripustulatus (Coleopt., Coccinellidae) en vue d'une utilisation contre S. oleae (Homopt., Coccoidea-Coccidae) dans les oliveraies. D.E.A. Fac. des Sc. et Techn. de St Jérôme, pp. 44.
- LAUDEHO Y., 1969 - Intervention bioécologique en Adrar mauritanien destinée à lutter contre P. blanchardi TARG. (Hom. Diaspididae) acclimatation d'un prédateur : Chilocorus bipustulatus L. var. iranensis. Thèse de Docteur Ingénieur Fac. des Sc. de Montpellier, 85 pp..
- LEES A.D., 1955 - The physiology of diapause in arthropods. Cambridge Univ., Press. London, 151 pp.
- LOUNSBURY C.P., 1901 - Natural enemy enquiries and ladybird introductions. Rep.Gut.Ent.Cupe Good Hope, 22-39.
- MARTELLI G., 1908 - Osservazione fatte sulle Cocciniglie dell'olivo e loro parassiti in Puglia ed in Calabria. Bol.lab.zool.agric. Portici, 2, 217-296.
- MARTELLI G., 1913 - La lotta naturale contro il crisomfalo (bianca rossa). Gli afidi (Formichelda), la mosca (Verme) delle arance, delle pesche e la mosca (Verme) delle olive. G.Agric.merid., 6, 137-142.
- MILLER R.L. et THOMPSON W.L., 1927 - Life histories of ladybeetle predators of the Citrus Aphid. Florida entomologist., 11, 1-8.
- MILLER D., CLARK A.F. et DUMBLETON L.J., 1936 - Biological control of noxious insects and weeds in New Zealand. New Zealand Jour.Sci. and Technol., 18, 579-93.
- MOUTIA A.L. et MAMET R., 1946 - A review of 25 years of economic entomology in the Island of Mauritius. Bull.Ent.Res., 36, 439-72.
- MC MULLEN R.D., 1967 - The effects of photoperiod, temperature and food supply on rate of development and diapause in Coccinella novemnotata HRBST. Can.Ent., 99, 578-586.

- NAKAYAMA , 1912 - Chilocorus simili ROSSI and its relation to scale insects in Japan. Mo.Bul.State Comm.Hort., 1, 932-936.
- PALMER M.A., 1914 - Some notes on life history of ladybeetles. Ann.Ent.Soc. Americ., 7, 213-238.
- PANTYUKHOV G.A., 1968 - A study of ecology and physiology of the predatory beetle Chilocorus rubidus HOPE (Coleopt., Coccinellidae). Zool.Zh, 47, 376-386.
- PARHON M., 1909 - Les échanges nutritifs chez les abeilles pendant les quatre saisons. Annal.Sci.nat.Zool., 9, 1.
- PEAIRS L.M., 1913 - The relation of temperature to insect development. J.econ.Ent., 7, 174-179.
- PEMBERTON C.E., 1948 - History of the entomology department experiment Station H.S.P.A. 1904-1945. Hawai Plrs'Rec., 52, 53-90.
- PEMBERTON C.E., 1954 - Invertabrate Consultants Committee for the Pacific, Report fort 1949-1954. Pac.Sci.Bd.Natl.Acad.Sci. Res.Conne, 56
- POPE R.D., 1981 - Rhizobius ventralis (Coleoptera, Coccinellidae) its constituent species and their taxonomy and historical roles in biological control. Bull.Ent.Res., 71, 19-31.
- PRUDENT P., 1978 - Etude sur le cycle et la voracité de 2 coccinelles aphidiphages d'origine tropicale : Cheilomenes vicina MULS. et Cycloneda sanguinea limbifer CASEY. Rapport du stage effectué au laboratoire de Valbonne en 1978, 33 pp.
- PSYLLAKIS N., 1975 - Recherches de tests pour l'aptitude des variétés d'olivier à la culture irriguée, application aux variétés Koroneiki et Mastroïdis, Olea (F.A.O.) dec., 53-76.
- QUILICI S., 1981 - Etude biologique de Propylea quatuordecimpunctata L. (Coleopt., Coccinellidae) efficacité prédatrice comparée de trois types de Coccinelles aphidiphages en lutte biologique contre les pucerons en serre. Thèse de doctorat de 3ème cycle. Université de Paris VI, 257 pp.
- RICHARDS A.M., 1981 - Rhizobius ventralis (ERICHSON) and R. forestieri (MULSANT) (Coleoptera : Coccinellidae), their biology and value for scale insect control. Bull.ent.Res., 71, 33-46.
- RILEY C.V., 1893 - Parasitic and predaceous insects in applied entomology. Insect life, 6, 130-41.
- RODRIGUEZ LOPEZ L., 1942 - La "Icerta" plaga de los citricos. Bol.Dep.Agric. Ecuador n° 17.
- ROSEN D. et GERSON V., 1965 - Field studies of Chilocorus bipustulatus L. on Citrus in Israël. Ann.Epiphyties, 16, 1, 71-76.

- ROUBAUD E., 1930 - Suspension évolutive et hibernation larvaire obligatoire provoquée par la chaleur chez le moustique commun, Culex pipiens L. La diapause vraie et les pseudodiapauses chez les insectes. C.R.Acad. Sci. Paris, 190, 324-326.
- SANDERSON E.D. et PEAIRS L.M., 1913 - The relation of temperature to insect life. Tech.Bull.New. Hamp.agric.Exp.Stn., 7, 1-125.
- SASAJI H., 1971 - Coccinellidae, Fauna japonica. Acad.Press. of Japan, 340 pp..
- SCHILDER F.A. et SCHILDER M., 1928 - Die nahrung der Coccinelliden und ihre Beziehung zur Verwandtschaft der Arten. Arb.biol.Reichs. Aust.Land.u Forstw., 16, 213-282.
- SEM'YANOV V.P., 1965 - Fauna, biology and usefulness of Coccinellids (Coleopt. Coccinellidae) in Belorus SSR. Zap.leningr. sel'-Khoz.Inst., 95, 106-120.
- SEZER S., 1969 - Etude morphologique, biologique et écologique de Lindorus lophantae BLAISD. et Scymnus (S.) apetzii MULS. dans le département des Alpes-Maritimes afin de préciser leur efficacité prédatrice à l'égard des populations de cochenilles et d'aphides. Thèse de Docteur-Ingénieur, Fac. des Sci. de Paris, 129 p..
- SIGWALT B., 1975 - Rapport F.A.O., Rome (Polycopié).
- SIMMONDS F.J., 1960 - Biological control of the coconut scale Aspidiotus destructor SIGN. in Principe, Portuguese West Africa. Bull.entomol.Res. 51, 223-237.
- STRATOPOULOU E.T., KAPATOS E.T. et VIGGIANI G., 1981 - Preliminary observations on the distribution and the action of Moranila californica HOW. (Hymenoptera : Pteromalidae) in Corfu, a possible case of competitive displacement. Boll.Lab.entom.Agr. Portici, 38, 139-142
- SYLVESTRI F., 1909 - A survey of the actual state of agricultural entomology in the United States of North America (Extraits du "Reprint from the Bulletin of the Society of Italian Agriculturalists", vol. XIV, n° 8, 1909. Traduit de l'italien par J. Roseinstein. In "The Hawaiian Forester and Agriculturalist", 6, 287-336.
- TADMOR U. et APPLEBAUM S.W., 1971 - Adult diapause in predaceous coccinellid. Chilocorus bipustulatus L. : photoperiodic induction. J.insect physiology, 17, 1211-1215.
- TAYLOR T.H.C., 1935 - The campaign against Aspidiotus destructor SIGN. in Fijii. Bull.entomol.Res., 26, 1-102.
- THORPE M.A., 1930 - The biology, post embryonic development and economic importance of Cryptochaetum iceryae (Diptera, Agromyzidae) parasitic on Icerya purchasi (Coccidae, Monophlebini). Proc.Zool.Soc.London, 60, 929-72.
- TREPANIER-BLAIS N., 1972 - Etude quantitative et qualitative des besoins alimentaires chez un prédateur aphidiphage : Adonia undecimnotata SCHN. (Coleopt., Coccinellidae). Thèse de Doctorat de l'Université Université de Nice, 146 pp.
- UVAROV B.P., 1931 - Insects and climate. Trans.R.ent.Soc.London, 79, 1-247.

- VAN DER GOOT P., 1920 - De invoer op Java van een nieuw en nuttig lievebeersbeestje. Teysmannia 31, 456-473.
- VAN DER VECHT J., 1953 - Agricultural entomology of Indonesia 1939-1948. Proc. 7th Pac.Sci.Congr. (4), 100-8.
- VESEY FITZGERALD D., 1953 - Review of biological control of coccids on coconut palms in the Seychelles. Bull.Ent.Res., 44, 405-13.
- VIGGIANI G., PAPPAS S. et TZORAS A., 1975 - Osservazioni su Saissetia oleae (OLIV.) e i suoi entomofagi nell'isola di Corfu. Boll.lab.Ent.agr. Portici, 32, 156-167.
- WILSON F., 1960 - A review of the Biological Control of Insects and Weeds in Australia an Australian New Guinea. Tech.Com.I, Com.Inst.Bio.Cont. Ottawa, Canada. 102 pp.
- WOLCOTT G.N., 1958 - The evanescence of perfect biological control. Proc. Tenth.Inst.Congr.Entomol., 4, 511-513.
- ZASLAVSKII V.A., 1970 - Geographical races of Chilocorus bipustulatus L. (Coleoptera, Coccinellidae). I. Two types of photoperiodical reaction controlling the imaginal diapause in the northern race. Zool.Zh. 49, 1354-1365.
- EL ZGHARI M., 1978 - Rapport du stage effectué à l'Insectarium de Valbonne sur "les Coccinelles coccidiphages". Document interne, 16 pp..



IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER
Service Central Offset
118 route de Narbonne - 31062 TOULOUSE CEDEX