

N° d'ordre : 674

**THESE**

présentée devant

L'UNIVERSITE DE RENNES I  
U.F.R.Sciences de la Vie et de l'Environnement  
pour obtenir le titre de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE RENNES I**

Mention : Sciences Biologiques

par

**Raoul GERY**

Sujet de la Thèse

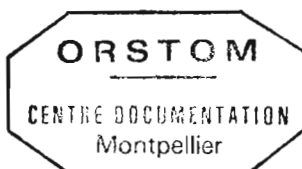
**Etude expérimentale de la prédation de la Cochenille des Seychelles  
*Icerya seychellarum* (Westwood) par deux Coccinellidae :  
*Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant.  
Application à la lutte biologique sur l'atoll d'Aldabra.**

soutenue le 10 Décembre 1991 devant la Commission d'Examen

J.P. NENON	Professeur, Université de Rennes I	Président
J. CHAZEAU	Directeur de Recherches, ORSTOM, Nouméa	Rapporteur
A. FERRAN	Directeur de Recherches, INRA, Antibes	"
J. BRUN	Ingénieur, Docteur, INRA Antibes	Examineur
G. FABRES	Directeur de Recherches, ORSTOM, Montpellier	"
D. NEWBERY	Professeur, Université Stirling, Grande-Bretagne	"

29 NOV. 1993

076RAVPLA08 GER



pas Murensel  
h2 65463  
FA 2 Ex Bdy  
F 36.377

## AVANT-PROPOS

Le projet de lutte biologique sur l'atoll d'Aldabra contre la cochenille des Seychelles, *Icerya seychellarum* (Westwood) (Homoptera: Margarodidae), a fait l'objet d'une convention de Coopération (N°87/206/02) signée entre la République Française et la République des Seychelles.

La réalisation des travaux a eu lieu aux Seychelles, sur l'île de Mahé et sur l'atoll d'Aldabra, de février 1988 à décembre 1990.

J'adresse mes profonds remerciements à Mr G. LIONNET, Président de la Fondation des Iles Seychelles ("Seychelles Island Foundation"), pour sa confiance et ses précieux conseils.

Je remercie également Mr W. ANDRE, Directeur du Service des Forêts et de l'Environnement au Ministère du Développement National, et Trésorier de la Fondation des Iles Seychelles, pour l'organisation et l'encadrement technique de mes expéditions vers Aldabra.

Je remercie vivement Mr M. MARIEU, Coopérant français au Ministère du Développement National pour son soutien et son aide efficace à l'organisation de mon travail.

Sur l'île de Mahé, j'ai travaillé dans les locaux de la Station de Recherche agricole de Grand'Anse, et je suis heureux d'exprimer ma reconnaissance à Mr A. MEND et Mr F. RACOMBO, Directeurs, pour leur accueil chaleureux et leurs aides innombrables.

Toutes mes activités de recherche ont été soutenues par: Mr R. VIGNAL et Mr J.C. BROCHENIN, Ambassadeurs de France, Mr DESMAZIERES et Mr OQUET, Chefs de la Mission française d'Aide, de Coopération et d'Action culturelle aux Seychelles, Mr J.P. HALLIER, Responsable de l'Antenne ORSTOM à Mahé, Mr P BOURRET, représentant de l'ORSTOM dans l'Océan Indien.

Je leur exprime ma profonde reconnaissance, ainsi qu'à Mr et Mme CHONG-SENG du Ministère seychellois de la Protection de l'Environnement.

La coordination de ce programme a été confiée au département M.A.A. ("Milieu et Activités Agricoles") de l'Institut français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération: l'ORSTOM.

Je tiens à remercier Mr Y. GILLON et Mr A. CORNET, Chefs de département, pour leur souci du bon déroulement du programme. Je remercie Mr J.L. GUILLAUMET d'avoir intégré ce travail dans l'Unité de Recherche qu'il dirige.

L'exploitation des résultats a été conduite au Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée de l'Université de Rennes I et a conduit à la rédaction du document que vous lisez.

Je remercie son Directeur, le Professeur J.P. NENON de m'avoir accueilli dans son laboratoire et guidé tout au long de la rédaction de ce travail.

Cette thèse doit beaucoup à Mr J. CHAZEAU, Directeur de Recherches à l'ORSTOM de Nouméa, qui a bien voulu en être rapporteur. Je tiens à lui exprimer mes remerciements pour son aide dans l'interprétation des résultats et la mise en forme du manuscrit.

Mr A. FERRAN, Directeur de Recherches à l'INRA d'Antibes, a accepté d'être rapporteur. Ses critiques constructives et ses suggestions m'ont été très utiles pour la rédaction du document. Je lui adresse mes sincères remerciements.

Mr. G. FABRES, Directeur de Recherche ORSTOM Montpellier, Mr. J. BRUN, Ingénieur Chercheur à l'INRA d'Antibes, le Professeur NEWBERY de l'Université de Stirling, ont bien voulu être membres de ce jury. Je leur en suis très reconnaissant.

Cette thèse a bénéficié de l'aide précieuse de:

Mme WEULERSE et Mme MATILE-FERRERO du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris;  
Mme ESCOFIER de l'IRISA (Institut de Recherche en Informatique et Système Aléatoire);  
Mr. PIERRE de l'ENSAR (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes);  
Melle MAUGER (Bibliothèque Universitaire de Rennes I).

Je remercie Mme RAULT qui a dactylographié une partie de ce document.

Je souhaite remercier tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont aidé au bon déroulement de ce travail, et en particulier: Mme LAURENT, Mr DAUCE, Mr FRIEDMANN, Mr CANARD, Mr SILVAIN, Dr. SWINGLAND, Mr BRETNACHER, Mr DELOBEL, Mr CHAPUZET, Sir HAMBLER. Je leur exprime toute ma gratitude.

Je serais impardonnable de ne pas me tourner vers mes Amis seychellois, "compagnons de solitude" sur Aldabra; sans leur aide et leurs encouragements, ce travail n'aurait pas vu le jour. DUBOIS, SERRET, LAVAL, SONY, MASON, SOUNGOULA, LEGAY, LABOUDALON, SOFFOLA, ... je ne peux les citer tous.

C'est avec une vive émotion que je pense à deux d'entre eux, CHARLES et FIGARO, dont je n'entendrai plus la voix.

J'ai l'honneur de dédier ce travail à mes Grands Parents et à mes Parents; sans l'aide et le soutien de Béatrice mon épouse, il n'aurait pas vu le jour.

Arout

ETUDE EXPERIMENTALE DE LA PREDATION DE LA COCHENILLE  
DES SEYCHELLES *ICERYA SEYCHELLARUM* (WESTWOOD) PAR  
DEUX COCCINELLIDAE : *RODOLIA CARDINALIS* (MULSANT) ET  
*RODOLIA CHERMESINA* MULSANT.  
APPLICATION A LA LUTTE BIOLOGIQUE SUR L'ATOLL  
D'ALDABRA.

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION GENERALE..... 1

CHAPITRE I

*ICERYA SEYCHELLARUM* : BIOLOGIE, BIOCENOSE ASSOCIEE ET  
SITUATION SUR L'ATOLL D'ALDABRA

INTRODUCTION ..... 5

1. Eléments de Biologie..... 6

    1.1. Taxonomie..... 6

    1.2. Description de l'insecte.....6

        1.2.1. La femelle adulte ..... 6

        1.2.2. Le mâle ..... 6

        1.2.3. L'œuf.....6

        1.2.4. La larve néonate.....7

        1.2.5. La larve au stade 2.....7

        1.2.6. La larve L3 haploïde .....7

        1.2.7. La larve L3 diploïde ..... 7

        1.2.8. La pupa..... 7

    1.3. Cycle biologique..... 7

2. Répartition mondiale et biocénose associée..... 8

    2.1. Répartition géographique ..... 8

    2.2. Phytophagie..... 8

    2.3. Contrôle biologique d'*Icerya seychellarum*..... 9

        2.3.1. Ennemis naturels..... 9

            2.3.1.1. Seychelles ..... 9

            2.3.1.2. Maurice ..... 10

            2.3.1.3. Iles Caroline..... 10

2.3.1.4. Afrique du Sud .....	11
2.3.1.5. Japon .....	11
2.3.1.6. Inde, Ceylan .....	12
2.3.2. Cas particulier du genre <i>Cryptochaetum</i> .....	12
2.3.2.1. Taxonomie.....	12
2.3.2.2. Description des adultes.....	12
2.3.2.3. Cycle de développement .....	13
2.3.2.4. Hyperparasites des <i>Cryptochaetum</i> .....	14
<b>3. Situation sur l'Atoll d'Aldabra.....</b>	<b>14</b>
3.1. Evolution et suivi des populations.....	14
<b>3.2. Conséquences de l'infestation d'<i>I. seychellarum</i> pour la végétation d'Aldabra.....</b>	<b>16</b>
3.2.1. Choix des plantes-hôtes.....	16
3.2.2. Conséquences pour les plantes contaminées.....	17
<b>3.3. Evaluation du potentiel biotique par l'étude du contenu des ovisacs .....</b>	<b>18</b>
3.3.1. Matériel et méthodes.....	18
3.3.2. Résultats .....	19
3.3.3. Discussion.....	19
<b>3.4. Ennemis naturels d'<i>I. seychellarum</i> à Aldabra.....</b>	<b>20</b>
<b>3.5. Relations avec les fourmis.....</b>	<b>21</b>
3.5.1. Méthodologie.....	22
3.5.1.1. Choix et prélèvement des supports végétaux.....	22
3.5.1.2. Technique de prélèvement et de dénombrement.....	22
3.5.2. Résultats .....	23
3.5.2.1. Espèces visitant les colonies d' <i>I. seychellarum</i> à Aldabra .....	23
3.5.2.2. Facteurs influençant le nombre de fourmis .....	23
3.5.2.3. Exportation de miellat par les fourmis du genre <i>Camponotus</i> .....	24
3.5.3. Discussion et conséquences pour la lutte biologique .....	25

## CHAPITRE II

### ANALYSE COMPAREE DE LA REPEDATION D'*ICERYA SEYCHELLARUM* PAR LES LARVES DE *RODOLIA CARDINALIS* ET *RODOLIA CHERMESINA*

INTRODUCTION .....	27
--------------------	----

1. Matériel et méthodes.....	28
------------------------------	----

1.1	Enceintes expérimentales.....	28
1.2.	Conditions expérimentales.....	28
1.3.	Origine des prédateurs et des proies .....	29
1.4.	Déroulement expérimental.....	29
1.5.	Courbes pondérales de référence.....	30
1.6.	Nature des données.....	30
1.6.1.	Données collectées au rythme des pesées .....	30
1.6.2.	Données obtenues à la fin de chaque stade larvaire .....	30
1.6.3.	Pertes pondérales naturelles par déshydratation.....	31
1.7.	Régulation de la consommation.....	31
2.	Résultats .....	32
2.1	Durée des stades larvaires et mortalité .....	33
2.2.	Evolution pondérale.....	33
2.2.1.	Principaux modèles mathématiques pour la description de la croissance .....	33
2.2.1.1.	La notion de croissance.....	33
2.2.1.2.	Taux de croissance .....	34
2.2.1.3.	Modèles mathématiques.....	34
2.2.2.	Représentations graphiques de la croissance pondérale. ....	35
2.2.2.1.	Choix du modèle.....	35
2.2.2.2.	Modèle de VERHULST .....	36
2.2.3.	Evolution pondérale des stades larvaires.....	36
2.2.3.1.	<i>Rodolia cardinalis</i> .....	37
2.2.3.2.	<i>Rodolia chermesina</i> .....	38
2.3.	Consommation .....	38
2.3.1.	Consommation des larves de <i>Rodolia cardinalis</i> .....	39
2.3.2.	Consommation des larves de <i>Rodolia chermesina</i> .....	40
2.3.3.	Comparaison de la consommation des larves de <i>Rodolia cardinalis</i> et de <i>Rodolia chermesina</i> .....	41
2.3.4.	Rendement alimentaire .....	41
2.3.5.	Facteurs régulateurs de la consommation .....	42
3.	Discussion des résultats .....	43
3.1.	Suivi de la croissance : les pesées .....	43
3.1.1.	Modèles et équations mathématiques.....	43
3.1.2.	Rythmes des pesées .....	44
3.1.3.	Interprétation des courbes pondérales .....	44
3.2.	Mesure de la consommation.....	45
3.2.1.	Unité de mesure de la consommation .....	45
3.2.2.	Caractéristiques de la ration alimentaire.....	45
3.2.3.	Rythmes de renouvellement de la ration alimentaire .....	46

3.2.4. Rôle de l'ovisac.....	46
<b>3.3. Rendement alimentaire.....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>48</b>

Figures du Chapitre 2

## CHAPITRE III

### BIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT DE *RODOLIA CHERMESINA* EN CONDITIONS EXPERIMENTALES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>50</b>
<b>1. Longévité et décondité des femelles.....</b>	<b>50</b>
<b>1.1. Matériel et méthodes.....</b>	<b>50</b>
1.1.1. Conditions d'élevage.....	50
1.1.1.1. Origine et accouplement des femelles .....	50
1.1.1.2. Supports de ponte .....	51
1.1.2. Conditions expérimentales.....	51
1.2.3. Performances globales de la cohorte.....	52
1.3.4. Ponte moyenne journalière.....	52
1.1.5. Table de vie et de fécondité .....	53
1.1.5.1. Objectifs de la table de vie et de fécondité .....	53
1.1.5.2. Construction de la table de vie et de fécondité .....	53
<b>1.2. Résultats.....</b>	<b>55</b>
<b>1.3. Discussion.....</b>	<b>55</b>
1.3.1. Supports de ponte.....	55
1.3.2. Longévité et durée d'oviposition.....	56
1.3.3. Fécondité.....	56
1.3.3.1. Expression de la fécondité de la cohorte .....	56
1.3.3.2. Expression de la fécondité journalière .....	57
1.3.3.3. Effet de la fréquence d'attribution de la proie .....	57
1.3.3.4. Etalement de la ponte.....	58
1.3.4. Potentiel d'accroissement .....	58
<b>1.4. Conclusion.....</b>	<b>60</b>
<b>2. Développement de l'oeuf.....</b>	<b>61</b>
<b>2.1. Conditions expérimentales.....</b>	<b>61</b>
<b>2.2. Durée et taux d'éclosion.....</b>	<b>61</b>
<b>3. Développement larvaire de <i>Rodolia chermesina</i>.....</b>	<b>62</b>



3.1. Objectifs de l'étude.....	62
3.2. Méthodologie.....	62
3.2.1. Elevage des larves .....	62
3.2.2. <u>Mesure du poids sec des cochenilles</u> .....	63
3.3. Résultats .....	63
3.4. Discussion.....	64
3.4.1. Durée du développement larvaire .....	64
3.4.1.1. Influence du mode de distribution de la ration alimentaire	64
3.4.1.2. Influence de la plante-hôte .....	64
3.4.2. Influence du végétal sur le poids sec des cochenilles.....	65
3.5. Conclusion .....	65
4. Cas particulier du premier stade larvaire .....	66
4.1. Problèmes rencontrés.....	66
4.1.1. La manipulation des larves.....	66
4.1.2. L'alimentation des jeunes larves .....	66
4.2. Méthodologie .....	66
4.3. Résultats .....	67
4.4. Discussion .....	67
4.4.1. Retard dans la mise en pilulier individuel.....	67
4.4.2. Nécessité de l'ovisac pour le premier stade.....	68
4.4.3. Recherche d'une nourriture alternative.....	68
5. Développement nymphal.....	70
5.1. Origine des nymphes.....	70
5.2. Conditions expérimentales.....	70
5.3. Durée de la nymphose et taux d'émergence imaginale.....	70

## CHAPITRE IV

### BIOLOGIE DE *RODOLIA CHERMESINA* ELEVE EN CAGE SUR LE MANGLIER BLANC *AVICENNIA MARINA*, ET INTRODUCTION SUR L'ATOLL D'ALDABRA

INTRODUCTION .....	71
--------------------	----

1. Suivi des populations encagées.....	72
1.1. Cages d'adultes.....	72
1.1.1. Matériel.....	72

1.1.2. Méthodes d'observation.....	72
1.1.2.1. Longévité des adultes encagés.....	73
1.1.2.2. Observation des brnaches.....	73
1.1.2.3. Exploitation des données.....	74
1.1.3. Résultats .....	74
1.1.3.1. Longévité des adultes encagés.....	74
1.1.3.2. Analyse factorielle en composantes principales .....	75
1.1.3.3. Description de la population de cochenilles.....	76
1.1.3.4. Etude de la ponte.....	76
1.1.4. Discussion.....	76
1.1.4.1. Longévité des adultes encagés.....	77
1.1.4.2. La population d' <i>I. seychellarum</i> .....	77
1.1.4.3. Ponte diurne et ponte nocturne.....	78
1.1.4.4. Relations ponte / contamination.....	78
1.1.4.4.1. Influence de la contamination sur la ponte.....	78
1.1.4.4.2. Choix des sites de ponte.....	79
1.1.5. Conclusions sur la relation ponte / type de contamination des feuilles.....	80
1.1.6. Evaluation de la descendance.....	81
1.1.6.1. Méthodologie.....	81
1.1.6.2. Résultats .....	82
1.1.6.3. Discussion.....	82
<b>1.2. Suivi des oeufs et des larves .....</b>	<b>83</b>
1.2.1. Objectifs.....	83
1.2.2. Matériel et méthode .....	83
1.2.3. Taux d'éclosion en conditions naturelles.....	83
1.2.4. Survie des larves.....	84
<b>1.3. Conclusion .....</b>	<b>84</b>
<b>2. Introduction de <i>Rodolia chermesina</i> à Aldabra.....</b>	<b>86</b>
<b>2.1. Protocole de production de l'inoculum.....</b>	<b>86</b>
2.1.1. Origine des fondateurs .....	86
2.1.2. Organisation de l'élevage en quarantaine.....	86
<b>2.2. Réalisation des lâchers.....</b>	<b>87</b>
2.2.1. Programmation des émergences.....	87
2.2.2. Sites de libération .....	87
2.2.3. Etablissement et dispersion naturelle de l'auxiliaire.....	88
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>89</b>
<b>ANNEXES</b>	
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	

**Remarque:**

Dans ce travail, les tests statistiques ont été réalisés au risque de 5 %. Les moyennes sont suivies d'un intervalle de confiance calculé avec le même risque.

Dans les tableaux, l'intervalle est précédé du signe " $\pm$ ", habituellement réservé à l'écart-type. Afin de ne pas surcharger les figures, seule la moitié de l'intervalle est représentée.

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

# INTRODUCTION GENERALE

L'archipel de la République des Seychelles comprend 92 îles dispersées sur un vaste territoire maritime (1340 km sur 780 km), situé sous l'Equateur au nord de Madagascar. Ces îles totalisent une surface émergée de 400 km<sup>2</sup> (l'équivalent de la ville de Paris et de sa proche banlieue). Elles sont soit granitiques, comme Mahé (117 km<sup>2</sup>) où se trouve la capitale Victoria, soit coralliennes comme l'atoll d'Aldabra.

L'atoll d'Aldabra appartient à un groupe d'îles coralliennes (avec Assumption, Cosmoledo et Astove) situé à l'extrémité sud-ouest du territoire seychellois (320-420 km au nord-ouest de Madagascar et à 640-800 km de la côte est africaine).

Aldabra est l'île la plus grande du groupe (34 km sur 14 km), sa surface émergée n'est que de 150 km<sup>2</sup> car son centre est occupé par un vaste lagon (voir Figure 26). Aldabra est un des plus grands atolls du monde et a été inscrit par l'UNESCO en 1982 parmi les sites classés du Patrimoine Mondial. Il abrite des espèces végétales endémiques menacées par une cochenille Margarodidae, *Icerya seychellarum* (Westwood).

La cochenille des Seychelles est probablement originaire de l'ouest de l'Océan indien et sa répartition actuelle s'étend à la zone inter-tropicale de l'Asie, de l'Océan indien et de l'Océan pacifique. Signalée aux Seychelles sur l'île de Mahé par GREEN en 1907, elle est introduite accidentellement sur l'atoll d'Aldabra en 1968 (RENVOISE, 1975).

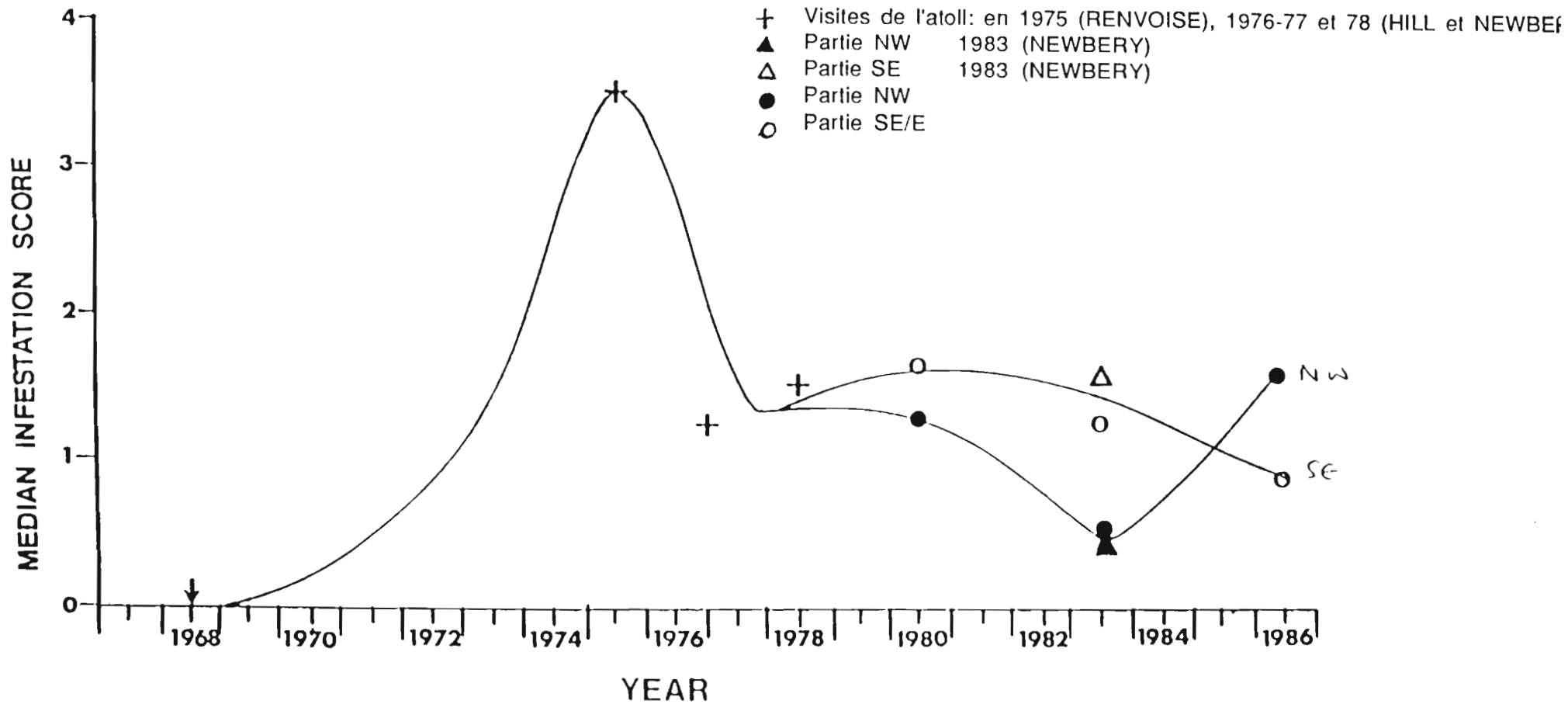
Sur l'atoll d'Aldabra, cette cochenille polyphage perturbe la croissance des végétaux et modifie la composition de la flore. La disparition de certaines espèces endémiques est une conséquence irréversible des attaques de ce ravageur et justifie une action de lutte contre lui.

Plusieurs facteurs ont contribué à la rapide dispersion d'*I.seychellarum*, dont la fécondité des femelles probablement parthénogénétiques et leur polyphagie ont favorisé l'accroissement rapide des effectifs. Introduite sans son cortège d'ennemis régulateurs, cette cochenille n'a pas rencontré, parmi la faune locale de l'atoll, un organisme consommateur occasionnel d'Homoptères capable de contenir sa prolifération.

Les populations d'*I.seychellarum*, sans contrainte régulatrice majeure de la part de parasitoïdes ou de prédateurs, constituent un danger permanent pour la flore d'Aldabra. Cette menace a été signalée à l'issue d'expéditions scientifiques réalisées par des chercheurs de la "Royal Society", de la "Smithsonian Institution" ou de l'ORSTOM (Institut français de Recherche Scientifique pour le Développement en

# Evolution des niveaux d'infestation d'*I.seychellarum* sur l'atoll d'Aldabra depuis son introduction accidentelle en 1968.

Source : NEWBERY, D., 1988-Recently monitored trends in the abundance of *Icerya seychellarum* West. (Insecta:Homoptera) on Aldabra atoll, with suggestions for its biological control. "Biol. Soc. Wash. Bull.", 8, 30-39.



Coopération). Les membres du Comité de gestion d'Aldabra, la "Seychelles Island Foundation", ont décidé en 1987, l'application de mesures destinées à contrôler ce ravageur.

En Afrique du Sud, différents insecticides (Parathion, Gusathion, Malathion et Mercaptothion) ont été utilisés contre *I.seychellarum* en situation urbaine (BEDFORD, 1965); une cochenille de la même famille (*Aonidiella aurantii*) attaquant des Citrus dans la vallée du Jourdan, s'est montrée résistante au Méthidathion (BLUMBERG et al., 1989). De ces études, il ressort que la lutte chimique peut s'avérer efficace seulement contre les premiers stades larvaires, à condition d'augmenter la concentration des matières actives au-delà d'un seuil dangereux pour la population environnante.

Sur l'atoll d'Aldabra, les conséquences secondaires qu'une stratégie de lutte chimique pourrait avoir sur la faune, et en particulier sur les espèces endémiques comme la fauvette *Nesillas aldabranus* Benson et Penny, le drongo *Dicrurus aldabranus* Ridway, le râle d'Aldabra *Dryolimnas cuvieri aldabranus* (Günter) et la tortue géante terrestre *Dipsochelys elephantina* (Dumeril et Briçon), suffisent pour proscrire une telle méthode. Toutes les zones d'infestation ne sont d'ailleurs pas accessibles. Le moyen de lutte envisageable sur l'atoll doit être efficace contre tous les stades du ravageur et sans effet pour le reste de l'écosystème.

La lutte biologique doit son essor au succès exceptionnel du contrôle d'*Icerya purchasi* Mask. par la coccinelle *Rodolia cardinalis* (Mulsant) en 1888. (KOEBELE, 1890; RICHARDS & SOUTHWOOD, 1968). L'introduction de ce prédateur en Californie, depuis l'Australie, a apporté une alternative à la lutte chimique. La longue liste des pays où cette coccinelle a ensuite été diffusée (CALTAGIRONE & DOUTT, 1989) traduit l'espoir de voir se reproduire le "miracle californien" (WILSON, 1965).

Aux Seychelles par exemple, *R.cardinalis* a été introduite depuis l'île Maurice vers 1939 pour enrayer l'invasion d'*I.seychellarum* et sauver les plantations de cocotiers (LIONNET, in GREATHEAD, 1971).

Dans le cas particulier d'Aldabra, l'établissement d'un contrôle permanent des populations d'*I.seychellarum* relève d'une stratégie de lutte biologique par acclimatation, qui enrichit l'entomocénose associée à cette cochenille.

Se pose alors la question: comment reconnaître un bon auxiliaire prédateur et le mettre en œuvre?

La démarche empirique, qui consiste à lâcher plusieurs espèces dans l'espoir d'en voir une au moins s'établir, s'oppose à une approche plus longue basée sur l'étude préalable des organismes candidats à l'introduction.

De nombreux auteurs ont proposé des critères d'efficacité pour le choix des auxiliaires parasitoïdes ou prédateurs, dont voici les principaux (MACKAUER, 1976; VAN LENTEREN, 1980; EHLER, 1990):

- bonne synchronisation avec l'hôte et son habitat;
- facultés d'adaptation et bonne capacité compétitive;
- spécificité et préférence pour l'hôte;
- bon ajustement du cycle de reproduction avec celui de l'hôte;
- fort potentiel de reproduction (durée de génération courte et fécondité élevée), taux d'accroissement supérieur à celui de son hôte;
- absence d'organismes dont l'action est limitative (pathogènes, parasitoïdes ou hyperparasites);
- contrôle satisfaisant du ravageur sur toute l'aire de sa répartition;
- réponses immédiates à l'augmentation de la densité de l'hôte (réponses fonctionnelle et numérique, forte capacité de recherche, faible temps de capture);
- possibilité d'élevage en grand nombre.

Des méthodes d'évaluation et d'analyse de l'efficacité des ennemis naturels ont été développées (DE BACH & BARTLETT, 1964; DE BACH & HUFFAKER, 1971; DE BACH & ROSEN., 1976; KIRITANI & DEMPSTER, 1973). Ces méthodes sont:

- indirectes; elles démontrent la relation entre les taux d'accroissement des deux populations proie/prédateur;
- directes, comme la technique de l'exclusion ("check-method") ou celle de la mesure de l'action régulatrice ("feeding trace method"), pratiquées directement sur le terrain.

Nos travaux portent sur le choix de l'auxiliaire à introduire, sur son étude préliminaire en conditions contrôlées et aboutissent à l'introduction de *Rodolia chermesina* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) sur l'atoll d'Aldabra. Ils s'organisent en **4 chapitres**.

Dans le **premier chapitre**, une synthèse bibliographique sur les ennemis naturels d'*I.seychellarum* met en évidence leur faible diversité et confirme l'inexistence d'agents régulateurs efficaces à Aldabra. Le potentiel biotique de cette cochenille, approché par l'étude du contenu de ses ovisacs, montre la nécessité d'un système régulateur pour éviter de nouvelles pullulations. La présence de fourmis est analysée dans la perspective de l'introduction.

Deux espèces de coccinelles, rencontrées au voisinage des populations d'*I.seychellarum* sur l'île granitique de Mahé (Seychelles), sont apparues comme les espèces candidates à l'introduction sur l'atoll: *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant. La comparaison a porté sur leurs aptitudes prédatrices, en vue de déterminer la plus adaptée au problème posé.



La consommation alimentaire est un critère essentiel pour l'expression du potentiel d'agents prédateurs (GURNEY & HUSSEY, 1970). La prédation des larves d'insectes prédateurs, coccinelles, chrysopes et syrphes est comparée sur la base du nombre de pucerons attaqués (SUNDBY, 1966). D'autres travaux proposent une quantification de la prédation en terme de "matière fraîche ingérée" (FERRAN, 1982; GERY, 1987; SCHANDERL, 1987).

Dans le **deuxième chapitre**, les larves des quatre stades de *R.cardinalis* et *R. chermesina* sont comparées à partir de:

- la durée de leur développement;
- l'amplitude de leur croissance pondérale;
- leur consommation (exprimée en quantité de matière fraîche ingérée) et leur rendement alimentaire;
- l'effet d'un ralentissement du renouvellement des proies.

Dans le **troisième chapitre**, les étapes du cycle de *R. chermesina* sont étudiées au laboratoire: tables de vie et de fécondité (25°C, 30°C et températures naturelles), effet d'un support artificiel de ponte, développement de l'œuf, effet des plantes-hôtes d'*I.seyhellarum* sur la durée et la mortalité des quatre stades larvaires, développement nymphal.

Une attention particulière a été prêtée à l'effet de différents rythmes de renouvellement des proies sur la durée du développement larvaire et sur les performances des femelles dans l'intention de simplifier les élevages de multiplication.

La transposition sur le terrain des résultats obtenus en conditions contrôlées du laboratoire est souvent discutée (LUFF, 1983). C'est pourquoi, en **quatrième chapitre**, une étude complémentaire des adultes et des larves a été conduite en conditions naturelles dans la mangrove à *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. sur l'atoll d'Aldabra. Elle apporte des éléments sur:

- la longévité des adultes,
- la fécondité et les sites de ponte choisis par les femelles,
- la mortalité des stades pré-imaginaux.

La réalisation de l'introduction de *R. chermesina* est décrite: effectifs et sites des lâchers.

## CHAPITRE I

*ICERYA SEYCHELLARUM* : BIOLOGIE, BIOCENOSE ASSOCIEE  
ET SITUATION SUR L'ATOLL D'ALDABRA.

# Chapitre 1

## Introduction

L'organisation d'un programme de lutte contre un ravageur débute par la définition de son statut, la détermination de sa systématique, et la connaissance de sa biologie (VAN LENTEREN, 1980). Une recherche conjointe de sa répartition mondiale et des tentatives connues de lutte biologique dont il a fait l'objet, apporte des informations sur ses ennemis naturels répertoriés. Cette recherche bibliographique a été menée pour *Icerya seychellarum* (Westwood).

Depuis l'introduction accidentelle de cette cochenille sur Aldabra, plusieurs travaux ont défini son impact sur la flore de l'atoll. Les risques d'extinction encourus par les espèces végétales endémiques ont été souvent signalés depuis le pic de ses pullulations en 1975 (RENVOISE, 1975, FRIEDMANN, 1983). Les conséquences secondaires de ses attaques ont également été étudiées, comme par exemple les conséquences de la diminution des surfaces ombragées pour les tortues terrestres, *Dipsochelys elephantina* (FRAZIER, 1971; SWINGLAND, 1977; STODDART & SAVY, 1983).

Ces travaux sont présentés sous forme d'une synthèse bibliographique, qui retrace l'historique probable de l'invasion de l'atoll.

Le mode de reproduction d'*I.seychellarum* facilite sa prolifération. Une estimation du potentiel biotique des femelles a été réalisée par l'étude du contenu des ovisacs, en comptant les enveloppes d'œufs.

Enfin, la présence régulière de fourmis a permis d'aborder ce type de relation dans la perspective d'une lutte biologique: détermination des espèces présentes, facteurs influençant leur effectif, exportation du miellat.

# 1. Eléments de biologie

## 1.1. Taxonomie

Décrite initialement par Westwood en 1855 sous le nom de *Dorthesia seychellarum*, cette cochenille est placée dans le genre *Icerya* par Maskell en 1897.

*Icerya seychellarum* (Westwood, 1855)

ordre: *Hemiptera*

famille : *Margarodidae*

sous-famille : *Monophlebinae*

tribu : *Iceryini*.

## 1.2. Description de l'insecte

### 1.2.1. La femelle adulte

De forme ovale (6 à 7,5 mm sur 4 mm), le corps de la cochenille est de couleur orange à rouge brique, recouvert entièrement par de nombreuses sécrétions cireuses blanches. Des lignes longitudinales, trois dorsales et une périphérique, sont de couleur jaune citron. Les pattes et les antennes sont noires. L'ovisac blanc, de longueur égale à celle du corps, présente un aspect finement cannelé. Son bord postérieur est aplati.

### 1.2.2. Le mâle

Le mâle est haploïde ( $n=2$ , NUR, 1980) et extrêmement rare.

De la tête à la base des soies apicales, il mesure 3 à 3,5 mm. Les soies mesurent presque 4 mm, les ailes 3 à 3,5 mm. Le corps est de couleur rose à rouge. Une ocelle est présente sur le bord de chaque œil pédonculé. Les antennes sont longues, pileuses, composées de 10 articles et portent 4 à 6 crochets.

### 1.2.3. L'œuf

Allongé, 1 mm sur 0,3 mm, il est jaune et recouvert d'une fine couche cireuse presque invisible.

### **Tableau 1:**

*Icerya seychellarum* (West.) sur *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. à Aldabra, durée des stades de développement (en jours), survie et fécondité.  
intervalle de confiance au risque de 5 % ( Source: HILL, 1980,a).

	sujets peu infestés	sujets très infestés
Durée totale du développement larvaire	45,8 ± 3,9	47,6 ± 5,3
Durée du 1er stade	16,0 ± 0,6	
Durée du 2ième stade	13,5 ± 1,0	
Durée du 3ième stade	17,2 ± 1,9	
Durée de la production de néonates	67,1 ± 1,6	63,1 ± 1,3
Taux journalier de survie	0,981±0,007	0,978±0,01
Fécondité (néonates / <sup>TM</sup> )	75,3 ± 15,7	87,9 ± 18,7
Taux net de reproduction	28,81 ±10,1	38,5 ± 22,1

#### 1.2.4. La larve néonate

De couleur jaune paille à brune, elle mesure 0,5 à 1,5 mm. Ses antennes possèdent 6 articles et sont noires comme les pattes. Une soie épaisse se dresse perpendiculairement au corps et favorise l'écoulement des gouttes de miellat lorsque la larve se trouve sur la face inférieure d'une feuille.

#### 1.2.5. La larve au stade 2

Sa longueur varie de 2 à 2,5 mm. Les antennes sont toujours composées de 6 articles et recouvertes de soies jaunes et blanches.

#### 1.2.6. La larve L3 haploïde

La larve L3 haploïde n'a plus de pièces buccales qui disparaissent avec la mue L2/L3. Elle évolue vers la forme mâle (qui n'est signalée ni aux Seychelles, ni à Aldabra).

Elle présente une longueur de 4 mm et une largeur variant de 1,5 à 2 mm. Ses antennes sont composées de 9 articles.

Le puparium a une longueur de 7 à 8 mm sur 4 mm de large.

#### 1.2.7. La larve L3 diploïde

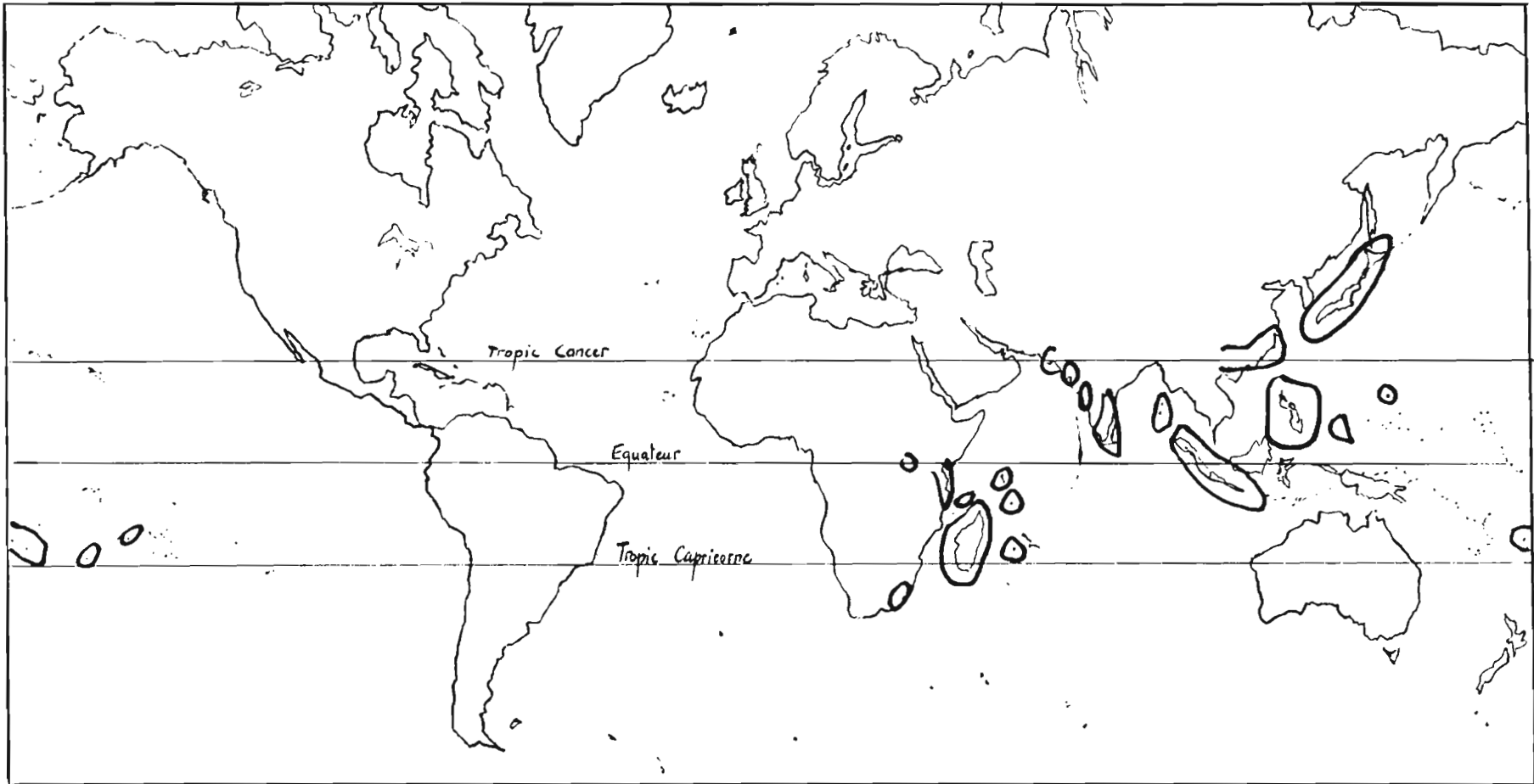
La larve L3 diploïde correspond au stade "femelle immature". Sa longueur est de 3 à 3,5 mm. Ses antennes sont composées de 9 articles et ses pièces buccales sont toujours présentes.

#### 1.2.8. La pupa

La pupa a le même aspect que la prépupa.

### **1.3 Cycle biologique**

Les femelles se reproduisent probablement par parthénogénèse. La ponte débute peu après le début de la sécrétion de l'ovisac à raison de 5 à 6 œufs par jour (et peut atteindre le nombre maximum de 171 observé par KUWANA, 1922, in BEDFORD, 1965). Elle dure en moyenne 12 jours. L'éclosion des œufs a lieu dans l'ovisac quelques heures après la ponte, voire en même temps, d'où le terme d'"ovoviviparité" employé par VEYSSIERE (1961). Après l'éclosion, l'enveloppe de l'œuf reste dans la partie postérieure de l'ovisac.



**Figure 1:**

Répartition mondiale de la cochenille des Seychelles, *Icerya seychellarum* (Westwood).

Les néonates restent dans l'ovisac pendant 2 à 3 jours avant de se disperser. Leur sortie semble influencée en premier lieu par la photopériode. Le facteur humidité aurait moins d'importance. A Aldabra, les néonates présentes sur l'arbuste *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. (Goodeniaceae) seraient emportées par le vent dans une proportion de 16%. Lorsque la vitesse du vent augmente, cette proportion reste inchangée, mais les larves sont emportées plus en profondeur dans la végétation (HILL, 1980,a).

La durée des stades de développement est très variable. A titre d'exemple, le cycle d'*Icerya seychellarum* à Aldabra est donné dans le tableau 1.

En Afrique du Sud, on observe une génération annuelle (BEDFORD, 1965), tout comme au Japon (KUWANA, 1922) où les femelles matures passent l'hiver et déposent leurs œufs en juin (NAKAHARA, 1982). En situation d'élevage, plusieurs générations se chevauchent et la durée des stades s'allonge irrégulièrement d'un individu à l'autre. Sur l'atoll d'Aldabra, une génération dure 2 à 3 mois (HILL & NEWBERY, 1980).

**Remarque:** les femelles d'*Icerya purchasi* Maskell sont hermaphrodites, la fertilisation a lieu entre ovules et spermatozoïdes d'un même individu (QUAYLE, 1941 in BEDFORD, 1965; HUGUES-SCHRADER & MONAHAN, 1966; DELAVault *et al.*, 1970; WHITE, 1973). Le mâle résulterait d'une parthénogénèse arrhénotoque simple (HUGUES-SCHRADER, 1948), ou du développement d'un œuf après l'altération accidentelle d'un pronuclei sous l'effet de conditions environnantes extrêmes, comme par exemple la sécheresse (ROYER & DELAVault, 1974).

## 2. Répartition mondiale et biocénose associée

### 2.1. Répartition géographique

La cochenille *I.seychellarum* est dispersée dans la zone intertropicale, principalement en Afrique de l'Est, en Asie, en Australie, et dans des îles de l'Océan pacifique et de l'Océan indien. Elle n'est pas répertoriée sur le continent américain. La figure 1 illustre sa distribution mondiale.

### 2.2. Phytophagie

*I. seychellarum* est très polyphage; les végétaux sur lesquels cette cochenille a été observée sont donnés en annexe 3; ses plantes-hôtes d'Aldabra sont présentées séparément en annexe 4.



## 2.3. Contrôle biologique d'*I.seychellarum*

### 2.3.1. Ennemis naturels

Les ennemis naturels d'*I.seychellarum* sont peu diversifiés. Il s'agit essentiellement de *Coccinellidae* (*Coleoptera*) et de *Cryptochaetidae* (*Diptera*), respectivement prédateurs et parasitoïdes.

Leur distribution et les tentatives faites pour les utiliser en lutte biologique sont présentées ci-après pays par pays.

#### 2.3.1.1. Seychelles

##### \* *Rodolia chermesina* Mulsant

D'après DUPONT (1931, in BEDFORD 1965), cette coccinelle aurait été introduite de la Réunion en 1880. Il signale son action insuffisante et suggère deux explications à cela: l'interaction des fourmis *Technomyrmex detorquens* Wlk. et l'action prédatrice de l'oiseau "Indian Myna bird" (*Acridotheres tristis* Linn.).

VESEY-FITZGERALD, 1940b, confirme l'introduction de *R.chermesina* vers 1880 pour réduire *I.seychellarum* provoquant alors de sérieux dégâts sur les cocotiers. Les résultats sont beaucoup moins satisfaisants lorsque la même cochenille attaque d'autres végétaux tels: le jacquier, l'arbre à pain, le bananier, les citrus, l'eucalyptus, l'*Albizia*, le *Casuarina*. Aucun parasitoïde ne lui est connu, mais l'action antagoniste des fourmis *T.detorquens* Wlk. est également mentionnée.

Treize années plus tard, le même auteur indique une diminution de la population de *R.chermesina* sans doute liée à une régression d'*I.seychellarum*, considéré comme son unique proie (VESEY-FITZGERALD, 1953).

##### \* *Rodolia cardinalis* (Mulsant)

Son introduction aux Seychelles depuis Maurice a lieu en 1939 afin de compléter l'action prédatrice jugée insuffisante de *R.chermesina*.

Lâché à Mahé et Desroches (Amirantes), ce Coccinellide y est retrouvé en 1952, ainsi qu'à Silhouette au large de Mahé (sur citrus, jacquier, avocatier).

Le contrôle d'*I.seychellarum* lui est largement attribué (VESEY-FITZGERALD, 1953).

##### \* *Scymnus (Nephus) oblongosignatus* Mulsant

## Tableau 2:

Coccinelles introduites et indigènes aux Seychelles.

Références bibliographiques: VESEY-FITZGERALD 1940, 1953; DUPONT, 1931, in BEDFORD, 1965; DE BACH, 1976;

COCCINELLE	PAYS D'ORIGINE	PROIE	PLANTE- HOTE
<u>ESPECES INTRODUITES</u>			
<i>Rodolia chermesina</i> Muls.	Ile de la Réunion en 1880	<i>Icerya seychellarum</i>	cocotier
<i>Rodolia cardinalis</i> (Muls.)	Ile Maurice en 1939	<i>Icerya seychellarum</i>	cocotier
<i>Scymnus oblongosignatus</i> Muls.		<i>Icerya seychellarum</i>	<i>Tephrosia candida</i>
<i>Chilocorus nigritus</i> (F.)	Inde fin 1938	<i>Ischnaspis longirostris</i> (Sign.); <i>Chrysomphalus ficus</i> Ashm.; <i>Pinnaspis buxi</i> (Bch.); <i>Eucalymnatus tessellatus</i> (Sign.); <i>Vinsonia stellifera</i> (West.); <i>Chrysomphalus aonidum</i> (L.); <i>Pinnaspis buxi</i> (Bouché);	cocotier, bambou
<i>Chilocorus wahlbergi</i> Muls.	Afrique de l'Est en 1936	<i>Pinnaspis buxi</i> (Bch.);	
<i>Chilocorus distigma</i> (Klug.)	Afrique de l'Est en 1936	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i> (Targ.); <i>Ischnaspis longirostris</i> (Sign.); <i>Pinnaspis buxi</i> (Bouché);	papayer cocotier
<i>Exochomus ventralis</i> (Gerst.)		<i>Coccus mangiferae</i> (Green)	jacquier, <i>Casuarina</i>
<u>ESPECES INDIGENES</u>			
<i>Nephus oblongosignatus</i> (Muls.)		<i>Pseudococcus</i> sp.	
<i>Sticholotis madagassa</i> Weise		<i>Pseudaulacaspis pentagona</i> (Targ.);	papayer bambou
<i>Stethorus</i> sp. (semblable à <i>S.aethiops</i> Weise)		acariens	palmier

Signalé par DUPONT, 1931, sur *Tephrosia candida* (Leguminosae) (in BEDFORD, 1965).

Le tableau 2 présente les espèces de coccinelles introduites et endémiques des Seychelles.

\* *Chrysopa flavostioma* Esb. Pet.

Signalé par VESEY-FITZGERALD, 1938 (in BEDFORD, 1965).

### 2.3.1.2. Maurice

\* *R. chermesina*

Signalé comme répandu sur un grand nombre d'espèces végétales par d'EMMEREZ DE CHARNOY, 1929, (in BEDFORD, 1965) ce coccinellide ne serait efficace que si la base des troncs est équipée de bandes collantes contre les fourmis (JEPSON, 1939, in BEDFORD, 1965).

Il est signalé à 900 m d'altitude par CHAZEAU *et al.*, (1974), sur Litchis contaminés par *Icerya*.

\* *R. cardinalis*

Introduite à deux reprises, 1896 et 1915, depuis l'Australie où elle régule *Icerya purchasi* Maskell, cette espèce ne s'acclimate pas.

L'introduction réussit après de nouvelles tentatives en 1937 et 1938 avec du matériel en provenance d'Afrique du Sud (GREATHEAD, 1971). En règle générale, l'efficacité est peu satisfaisante (MOUTIA et MAMET, 1946, cités par BEDFORD, 1965).

\* *Cryptochaetum monophlebi* Skuse

Introduit de Madagascar en 1952 pour compléter l'action irrégulière de *R. chermesina* (GREATHEAD, 1971), ce diptère endoparasitoïde a provoqué une sérieuse diminution d'*I. seychellarum* et par voie de conséquence de *R. chermesina*.

### 2.3.1.3. Iles Carolines

\* *Rodolia pumila* Weise

Il contrôle *I. seychellarum* sur l'arbre à pain bien que son introduction en 1928 depuis Formose ait été destinée à réduire *I. aegyptica* (Doug.), (BEARDSLEY, 1955). Le même auteur précise qu'au sein d'une population composée des 2 *Icerya* cités précédemment, *I. seychellarum* est le plus abondant.

\* Agent fongique pathogène

LANGFORD, 1948, (in BEARDSLEY, 1955) signale sans l'identifier une mycose réduisant les populations d'*I.seychellarum* sur l'atoll d'Ulithi.

#### 2.3.1.4. Afrique du Sud

BEDFORD, (1965), cite plusieurs espèces:

\* *R. chermesina* associé avec *Rodolia obscura* Weise sur rosiers;

\* *R. cardinalis* surtout efficace vis à vis d'*I. purchasi*;

\* *Rodolia iceryae* Jans (un seul spécimen);

\* *S. oblongosignatus* Mulsant sur *Tephrosia candida*, DUPONT, 1931, (in BEDFORD, 1965);

\* *Caecilius congolensis* Badonnel et *Ectopsocus briggi* Mac lachlan (*Psocoptera* : *Psocidae*)

Remarque: ces *Psocidae* sont abondamment parasités par des *Myrmariidae* (*Hymenoptera*) du genre *Alaptus* ("Fairy flies") qui comptent parmi les plus petits insectes; l'adulte de *A. magnanimus* mesure seulement 0,21 mm de long (RICHARDS & DAVIES, 1977).

\* *Cryptochaetum utilis* (van BUGGEN, 1960, in BEDFORD, 1965)

\* *C. monophlebi* Skuse

Deux tentatives d'introduction en Afrique du Sud sont restées sans succès (BEDFORD, 1965):

- en 1959, depuis Maurice.

Les cochenilles parasitées ont été expédiées par voie aérienne. Trois difficultés principales ont été rencontrées: un faible taux d'émergence, une forte mortalité des adultes et une absence de ponte. Les insectes étaient maintenus à 23°C, 75 à 80% HR. Un second envoi n'a pu être réalisé du fait de la rareté d'*I.seychellarum*.

- en 1961, depuis Madagascar.

Une seule émergence de *Cryptochaetum* à partir de cochenilles parasitées, ainsi qu'un grand nombre de plusieurs hyménoptères, présumés parasites secondaires.

#### 2.3.1.5. Japon

KUWANA, (1922, in BEDFORD, 1965) signale *Cryptochaetum grandicorne* (Rond.) parasitant *I.seychellarum*.

### 2.3.1.6. Inde, Ceylan (KAPUR, 1949)

\* *Rodolia brevisculus* Weise sur *I.seychellarum*, *I.aegyptica* Douglas et *I.purchasi*.

\* *Rodolia fumida* Mulsant sur *Icerya* sp.

## 2.3.2. Cas particulier du genre *Cryptochaetum*

Les diptères *Cryptochaetum monophlebi* et *C.iceryae*, (*Diptera: Cryptochaetidae*), sont cités à plusieurs reprises lorsqu'il s'agit du contrôle naturel d'*Icerya*. Décrits comme des agents particulièrement efficaces, ils ont fait l'objet de plusieurs tentatives d'introduction en même temps que la coccinelle *Rodolia cardinalis*.

### 2.3.2.1. Taxonomie

Dès 1852 GUERIN-MENEVILLE a attiré l'attention des entomologistes sur des petits diptères parasites de coccides *Monophlebinæ* du genre *Gueriniella* mais il ne les a ni décrits ni nommés (GHESQUIERE, 1942).

Les premiers auteurs les rangent dans les *Chamaemyiidae* ou les *Agromyzidae*; SEGUY en 1934 les place en tête des *Drosophilidae*; HENNING en 1937 à la fin des *Milichiidae*. La famille des *Cryptochaetidae* a été créée en 1932 par BRUES et MELANDER. Cette famille se situe parmi les Muscoïdes *Haplostomata (Acalyptera) Chamaemyiidae, Agromyzidae, Milichiidae, Drosophilidae* ... (GHESQUIERE, 1942).

### 2.3.2.2. Description des adultes

Ces petits diptères sont endoparasites de larves et plus rarement de nymphes ou d'imago de coccides et seraient inféodés aux Monophlébines de la famille des *Margarodidae*.

Les adultes sont de couleur bleu ou vert métallique, parfois bistre noirâtre. Ils se caractérisent par:

- l'absence d'une ariste à l'article III des antennes;
- une profonde excavation sur la portion basale de l'article III, excavation qui englobe un prolongement claviforme membraneux de l'article II à l'apex duquel le III est suspendu.

Leur vol diurne est rapide et saccadé. Au crépuscule on les trouve à la face inférieure des feuilles où ils se nourrissent du miellat des coccides.

### 2.3.2.3. Cycle de développement

\* L'élevage est difficile. THORPE en 1931, (in GHESQUIERE, 1942), indique que même nourris dans de petites cages, ils ne survivent pas plus de 24 heures. GHESQUIERE réussit à maintenir en vie des adultes de *Cryptochaetum iceryae* (Will.) pendant une semaine et même à obtenir des pontes en les nourrissant de jus de fruits sucrés (bananes), dans des cages de 2 m<sup>3</sup>.

QUEZADA et DEBACH, 1973 réalisent un élevage identique dans des cages de 7x4x4 ft ( $\approx 34$  m<sup>3</sup>) à l'aide de *Citrus* et *Pittosporum tobira* infestés par *I.purchasi*.

#### \* La ponte

La femelle accouplée peu de temps après l'émergence, dépose ses œufs dans le corps de coccides de deuxième stade larvaire, à raison d'un œuf par hôte (parasitisme solitaire); mais en élevage restreint, RILEY et THORPE (1930, in QUEZADA & DEBACH, 1973), ont obtenu jusqu'à 11 et 17 individus par larves d'*Icerya* et de *Monophlebulus*.

La femelle pond pendant 3 jours et donne naissance à 47 individus avec un taux sexuel de 1:1 (THORPE, 1930 et MENON, 1950; in QUEZADA & DEBACH, 1973).

#### \* Les stades larvaires

Il y a 4 stades larvaires. Dès l'éclosion, la larve porte 2 processus caudaux (vésicules anales) qui s'allongent au cours de son développement. Leur longueur peut atteindre 22 mm et correspond à 5 fois la longueur du corps de la larve de *C.iceryae*. Chez *C.grangicorne* (Rond.), les vésicules représentent 10 fois la longueur du corps de la larve, (THORPE, 1930, in GHESQUIERE, 1942).

#### \* La nymphose

Elle se réalise dans le corps du coccide, dont les téguments servent de puparium. Les pupes piriformes sont de couleur jaune puis brun rouge à noirâtre; elles portent 2 stigmates prothoraxiques effilés et postérieurement 2 crochets stigmatiques plus épais.

#### \* l'émergence

L'insecte émerge par soulèvement d'un opercule circulaire à la position superantérieure de la pupue.

Remarque: la durée des développements larvaire et nymphal dépend de la température. En Californie, il est de 30 jours en été, 40 jours au printemps et 60 jours en hiver pour *C.iceryae* (QUEZADA et DEBACH, 1973).

**Tableau 3:**

Hyperparasites des *Cryptochaetum*

<i>Cryptochaetum</i>	Parasitoïde	Localisation	Référence bibliographique
<i>C.iceryae</i>	<i>Eurychia lestophoni</i> Ril. et Koeb.	Australie	KOEBELE 1888 GIRAULT 1913
<i>C.grangicorne</i>	<i>Pachyneuron coccorum</i> L.	France et Algérie	VAYSSIERE 1926
<i>C.buccatum</i> Hend	<i>Pachyneuron coccorum</i> L.		SACHTLEBEN 1937
<i>C.iceryae</i> et <i>C.monophlebi</i>	<i>Eurysichia lestophoni</i> (How.)	Australie	THORPE 1930
<i>C.iceryae</i> et <i>C.monophlebi</i>	<i>Pachyneuron coccorum</i> (L.)	Europe	THORPE 1930
<i>C.pulvinariae</i> Dozier	<i>Syneura cocciphila</i> Coq.	Puerto Rico	WOLCOTT 1948 in QUEZADA et DEBACH, 1973
<i>C.iceryae</i>	<i>Cheiloneurus inimicus</i> Compere		QUEZADA et DEBACH, 1973
<i>C.iceryae</i>	<i>Pachyneuron</i> et <i>Allotropa</i> sp.		GESQUIERE, 1942
<i>Cryptochaetum</i>	<u><i>Pchineuron</i></u>		SILVESTRI, VAYSSIERE et ESSIG in GESQUIERE, 1942

#### 2.3.2.4. Hyperparasites des *Cryptochaetum*

Les hyperparasites émergent des cochenilles momifiées, collectées initialement pour obtenir les parasitoïdes. Ils compliquent les tentatives d'introduction des *Cryptochaetum*, car le matériel importé pour constituer la souche initiatrice est souvent parasité. Un séjour en quarantaine est obligatoire pour éviter l'introduction simultanée des 2 organismes.

Les hyperparasites, cités dans le tableau 3, sont tenus responsables par les auteurs de la réduction de l'efficacité des *Cryptochaetum*.

### 3. Situation sur l'atoll d'Aldabra

*Icerya seychellarum* a été mentionné pour la première fois à Aldabra en 1968. Son introduction accidentelle allonge la liste des organismes nuisibles, susceptibles de perturber l'évolution naturelle de l'atoll (STODDART & MORRIS, 1980). En 1975, l'attention des scientifiques a été attirée par les niveaux élevés de ses pullulations et leurs conséquences irréversibles sur les espèces endémiques ont été signalées en 1975 puis en 1983 (RENVOISE, 1975; FRIEDMANN, 1983), (tableau 4).

#### 3.1. Evolution et suivi des populations

*I.seychellarum* a été involontairement transporté sur Aldabra, probablement lors du débarquement de plantes ou de fruits contaminés (HILL & NEWBERY, 1980). La première population a été signalée en 1968 sur *Casuarina equisetifolia* L. et *Tarennia sp.* sur l'île Picard, la seule île habitée de l'atoll (figure 26).

Le vent est souvent cité comme un facteur de dispersion des cochenilles (GREATHEAD, 1972; WILLARD, 1976; GUNN, 1979), et en particulier pour *I.purchasi* (RILEY, 1886). Le transport passif des larves néonates d'*I.seychellarum* par le vent (HILL, 1980a), les oiseaux et même l'Homme (PEAKE, 1975), a contribué à sa distribution progressive sur tout l'atoll. En 1969, 3 espèces végétales seulement sont attaquées sur l'île Picard: *Terminalia sp.*, *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. et *Casuarina equisetifolia* L. (RENVOISE, 1975). En août 1972, sa présence est signalée sur l'île voisine (Grande Terre) sur les espèces suivantes: *Sideroxylon inerme* L., *Scutia myrtina* (Burm.f.) Kurz et *Salvadora angustifolia* Turill (localisée uniquement à Anse Mais) (WOOD, 1972).



### Tableau 4:

Espèces rares d'Aldabra menacées par l'invasion d'*Icerya seychellarum*.

Références bibliographiques : PEAKE, 1975; FOSBERG et RENVOISE, 1980; FRIEDMANN, 1983; HILL, NEWBERY, WALOFF et RUTTER, 1988.

NOM BOTANIQUE	FAMILLE	DISTRIBUTION
<i>Grewia aldabrensis</i> Baker	Tiliaceae	Endémique d'Aldabra
<i>Grewia salicifolia</i> Schinz	Tiliaceae	Endémique d'Aldabra
<i>Maillardia pendula</i> Fosberg	Moraceae	Endémique d'Aldabra
<i>Psychotria pervillei</i> Baker	Rubiaceae	Très rare à Aldabra; Seychelles
<i>Pisonia aculeata</i> L.	Nyctaginaceae	à Aldabra: Takamaka; Zone tropicale
<i>Carissa edulis</i> Vahl	Apocynaceae	à Aldabra: Bassin Frégate; Afrique tropicale, Madagascar, Seychelles, Asie tropicale
<i>Calophyllum inophyllum</i> L. var. <i>takamaka</i> Fosberg	Guttiferae	à Aldabra: Takamaka;
<i>Brexia madagascariensis</i> (Lam.)	Brexiaceae	Sud d'Aldabra, Tanzanie, Zanzibar, Madagascar, Cosmoledo, Seychelles
<i>Cassipourea thomassetii</i> (Hemsley) Alston	Rhizophoraceae	Endémique d'Aldabra
<i>Eugenia elliptica</i> var. <i>levinervis</i> Fosberg	Myrtaceae	Endémique d'Aldabra (Takamaka)

### Tableau 5:

Espèces végétales choisies pour la surveillance des populations d'*Icerya seychellarum* à Aldabra.

Espèces observées	Stations d'observation
<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh.	"La Gigi " et "Cinq cases"
<i>Euphorbia pyrifolia</i> Lam.	"Anse Var"
<i>Ficus nautarum</i> Bark	"Cinq cases"
<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	Le village à Picard et "Dune Jean Louis"
<i>Sideroxylon inerme</i> L.	"Gionnet" et "Middle Camp"

En 1975, RENVOISE dresse la liste des espèces végétales d'Aldabra attaquées par *I.seychellarum*. Il établit une échelle de notation afin de quantifier le niveau d'infestation:

- 0 : aucun individu vu après recherche
- 1 : rares individus vus après recherche
- 2 : quelques individus visibles sans recherche
- 3 : nombreux individus visibles sans recherche
- 4 : plante vivante mais dévastée par l'infestation.

La visite de RENVOISE à Aldabra en 1975, est suscitée par un niveau exceptionnellement élevé des contaminations et par le caractère généralisé de l'infestation: seulement 9 espèces échappent à la polyphagie d'*I.seychellarum* (RENVOISE, 1975; HILL & NEWBERY, 1980). L'avenir des espèces rares, faiblement représentées et à faible taux de régénérescence apparaît alors menacé (tableau 4).

Un système de surveillance des populations de cochenilles est organisé en 1980 par HILL et NEWBERY. Son principe consiste à visiter 2 fois par an des stations réparties sur tout l'atoll et de noter le niveau d'infestation de 5 espèces végétales sensibles, à partir d'une trentaine d'individus répertoriés et marqués dans chaque station (tableau 5).

Ce travail, poursuivi localement par les gardiens successifs de l'atoll, a apporté des informations partielles sur l'évolution des populations d'*I.seychellarum* jusqu'en 1986. Après cette date, le marquage mal entretenu des chemins et des végétaux a rendu ce travail fastidieux, et les relevés n'ont plus été réalisés.

Voici la reconstitution des étapes de l'invasion et l'évolution des populations d'*I.seychellarum* à Aldabra (HILL & NEWBERY, 1980; NEWBERY & HILL, 1985; NEWBERY, 1988):

- introduction sur Picard en 1968;
- arrivée sur Grande Terre en 1972;
- envahissement de tout l'atoll, attaque de la plupart des végétaux et pic de pullulation en 1975;
- réduction lente des niveaux de contamination jusqu'en 1980, mais en 1978 seulement 21 espèces sont épargnées;
- baisse irrégulière de la gravité des attaques de 1980 à 1983. Une différenciation peut être faite entre les régions de l'atoll et les espèces végétales:
  - . au Sud-Est, les espèces sensibles sont beaucoup plus contaminées qu'au Nord-Ouest,
  - . *Sideroxylon inerme* L. sur l'île Malabar et *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. à Picard ne sont presque plus attaqués,
  - . *A.marina* et *Ficus nautarum* Bak. au Sud et Sud-Est présentent toujours un niveau élevé d'infestation et sont désignés comme réservoir de recontamination (NEWBERY, 1980c; NEWBERY & HILL, 1985).
- début 1984 à 1986, recrudescence des attaques dans la région Nord-Ouest et retour aux niveaux d'infestation observés en 1980,

tandis qu'au Sud-Est les populations se maintiennent sans augmentation majeure.

RENVOISE, (1975), a fait remarquer l'influence favorable de la pluviométrie après l'arrivée d'*I.seychellarum* sur l'atoll: 400mm en 1968 et 1420mm en 1974. L'augmentation du niveau des pluies qui a prolongé la durée moyenne de vie des feuilles, a été favorable à l'explosion des ses effectifs du ravageur.

## 3.2. Conséquences de l'infestation d'*I.seychellarum* pour la végétation

### 3.2.1. Choix des plantes-hôtes

*I.seychellarum* a été observé sur un grand nombre de plantes, dont la liste pour Aldabra est donnée en annexe 4. Les plantes-hôtes semblent être moins nombreuses depuis 1975, comme le confirment les dernières observations réalisées de 1988 à 1990 (GERY, obs.pers.).

Au contraire des pucerons ailés qui peuvent se diriger en vol en modifiant leur vitesse et leur altitude, les cochenilles sont passives lors de leur dispersion par le vent. Leur polyphagie est interprétée comme une conséquence de ce mode de transport aléatoire (TAYLOR, 1974).

*I.seychellarum* se répartit le long de la nervure principale à la face inférieure des feuilles, puis avec l'augmentation de ses effectifs, colonise progressivement les nervures secondaires, les pétioles et les branches ligneuses. Pour *Cyperus ligularis* L. la face supérieure et la base de l'inflorescence sont contaminées; pour *Dracaena reflexa* Lam. l'inflorescence seule est attaquée, et sur *Thespesia populnea* (L.) Sol. il s'agit du pédicelle et de la base des feuilles (RENVOISE, 1975).

Pour *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. à Aldabra, les niveaux d'infestation sont corrélés avec l'âge des plantes. Les jeunes sujets supportent une population d'*I.seychellarum* équivalente à 0,3 mg par gramme de feuille, tandis que pour les plus vieux le niveau peut atteindre 7,6 mg (NEWBERY, 1980a).

Cette différence de sensibilité entre sujets d'âge croissant reste inexplicée. L'émanation de substances volatiles peut induire une certaine résistance (HANOVRE, 1975; MATTSON & ADDY, 1975; BECK & REESE, 1976), mais l'analyse des jeunes feuilles d'*A.marina* n'a pas révélé la présence d'alcaloïdes, de tanins ou d'acide phénolique (GIBBS, 1975).

La morphologie foliaire des espèces sensibles a été décrite en relation avec les niveaux d'infestation (NEWBERY *et al.*, 1983). La forme et la surface des feuilles ne sont pas corrélées avec le niveau d'infestation. La consistance du limbe ainsi que l'épaisseur du pétiole et des nervures n'ont pas d'influence. De plus les cochenilles ne se

répartissent pas préférentiellement sur l'une de ces parties. La présence d'une pilosité à la surface inférieure du limbe ne gêne pas non plus l'établissement d'*I.seychellarum*, même si elle est dense comme c'est le cas pour *Guettarda speciosa* L. et *Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel.

L'hôte idéal présenterait des feuilles épaisses, glabres et sempervirentes. La présence de latex ne semble pas influencer les cochenilles qui probablement s'en nourrissent (BLACKMORE, 1981).

### 3.2.2. Conséquences pour les plantes contaminées

*I.seychellarum* enfonce ses pièces buccales jusqu'au phloème (BLACKMORE, 1981) et plus rarement dans les parois cellulaires (ENTWISTLE et LONGWORTH, 1963), prélevant ainsi une partie de la sève élaborée par le végétal attaqué. Les stylets, longs de 800µm, sont enfoncés sur une longueur de 520µm.

La présence de sclérenchyme autour des vaisseaux du phloème n'empêche pas la pénétration des stylets, mais peut nécessiter plusieurs réinsertions qui ramifient la gaine salivaire de pénétration. C'est le cas dans les tissus de *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. et d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. mais pas pour ceux d'*Euphorbia pyrifolia* Lam. ni ceux de *Casuarina equisetifolia* L.

La réduction de la croissance des feuilles de *S.taccada* est estimée à 39 % pour un niveau d'infestation chiffré, en poids sec, à 0,5 mg.cm<sup>-2</sup>. Elle devient totale à 1,25 mg.cm<sup>-2</sup>. Conjointement à cette réduction, le taux de chute des feuilles est augmenté (NEWBERY, 1980b). L'action spoliatrice des cochenilles est accompagnée par l'expulsion d'un miellat épais et sucré qui se répand sur la surface des feuilles situées en dessous. Sur ce miellat, des champignons microscopiques (*Capnodiaceae*) prolifèrent et forment une pellicule noire sur le limbe. Cette fumagine réduit la surface foliaire réceptrice de la lumière et peut diminuer de ce fait le rendement photosynthétique global de 25 % (TEDDERS et SMITH, 1976).

La régulation saline interne des végétaux a pour conséquence la présence d'un film de solution de chlorure de sodium (0,1 à 1M) sur la face inférieure de leurs feuilles (WAISEL, 1972; POLJAKOFF-MAYBER & GALE; 1975). Pour *A.marina*, cette solution limiterait l'infestation (NEWBERY, 1980a), probablement en asphyxiant les premiers stades, car les sujets plus âgés ne semblent pas gênés (GERY, obs. pers.).

Il est difficile d'établir une relation de "cause à effet" entre l'infestation et la mort des plantes attaquées. Le suivi des végétaux sur Aldabra, de 1980 à 1986, a montré, pour le secteur Nord-Ouest, une corrélation positive entre les infestations d'*I.seychellarum* et la mort des branches (NEWBERY, 1988).

La sénescence des végétaux favorise-t-elle l'établissement des cochenilles ou bien l'infestation accélère-t-elle le dépérissement des organes concernés? NEWBERY (1980 b et 1980 c) a remarqué la présence prédominante d'*I.seychellarum* sur les feuilles jaunissantes de *S.taccada* et d'*E.pyrifolia*. Les infestations provoquent la chute des feuilles d'*E.pyrifolia* bien avant l'établissement de la saison sèche. La chute des feuilles limite la prolifération d'*I.seychellarum*, mais réduit aussi la durée de la période de croissance végétative.

Cependant, *I.seychellarum* ne provoquerait pas directement la mort des végétaux contaminés.

Sur l'atoll, d'autres raisons sont évoquées pour expliquer le dépérissement prononcé des végétaux et notamment ceux du secteur Nord-Ouest d'Aldabra: sécheresse, embruns salés, actions des chèvres sauvages. Effets isolés ou conjoints, *I.seychellarum* demeure une des causes du dépérissement des végétaux et de l'appauvrissement de la flore d'Aldabra (STODDART & MORRIS, 1980; FRIEDMANN, 1983; GOULD, *et al.*; 1983; CHAZEAU & FRIEDMANN, 1988; NEWBERY, 1988).

### 3.3. Evaluation du potentiel biotique par l'étude du contenu des ovisacs

La mesure de la fécondité d'*I.seychellarum* ne peut être réalisée en comptant les œufs pondus. En effet, l'éclosion a lieu presque immédiatement après la ponte et tout se passe à l'intérieur de l'ovisac. Compter les larves néonates à leur sortie de l'ovisac a été entrepris mais des difficultés techniques rendent les résultats peu fiables:

-la femelle ne peut être maintenue en vie si l'on sectionne l'organe végétal; les barrières de glu sèchent assez vite et deviennent rapidement franchissables.

-en conditions de plein-champs, les larves néonates sont emportées par le vent ou se décrochent du support.

L'approche du potentiel biotique a donc été entreprise en comptant les enveloppes des œufs éclos, retenues dans la partie postérieure de l'ovisac. Les résultats ne concernent pas la fécondité totale des femelles, mais indiquent le nombre de naissances jusqu'au moment du prélèvement de la femelle.

#### 3.3.1. Matériel et méthode

Deux cent dix cochenilles d'*I.seychellarum* avec ovisac sont prélevées au hasard sur le manglier blanc, *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. sur l'île Picard au lieu-dit "La Gigi". Au laboratoire, chaque femelle est pesée, son ovisac est disséqué sous loupe binoculaire et les larves néonates ainsi que les enveloppes des œufs éclos sont comptées.

**Tableau 6:**

Résultats moyens de la pesée de 210 femelles *Icerya seychellarum* (West.), récoltées à Aldabra sur *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. et de la dissection de leur ovisac.

(intervalle de confiance calculé pour un risque de 5 %).

VARIABLES	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale
Poids frais moyen	14,916 ± 2,221	4,117	18,612
Poids sec moyen	6,737 ± 0,466	0,468	17,075
Nombre moyen d'enveloppes	30,280 ± 3,851	0	168
Nombre moyen de néonates	8,70 ± 1,28	0	56

**Tableau 7:**

Matrice de corrélations totales dressée après dissection des ovisacs d'*Icerya seychellarum* (Westwood).

Légende:

- poids frais (en mg) **frais**
- nombre de larves néonates dans l'ovisac **L1**
- nombre d'enveloppes dans l'ovisac **dw**
- poids sec (en mg) **sec.**

	<b>frais</b>	<b>L1</b>	<b>dw</b>	<b>sec</b>
<b>frais</b>	1,000			
<b>L1</b>	0,309	1,000		
<b>dw</b>	0,260	0,566	1,000	
<b>sec</b>	0,488	0,462	0,196	1,000

Les femelles sont ensuite placées en étuve à 70°C pendant 36 heures pour la détermination de leur poids sec.

Les données mesurées ont permis de dresser une matrice de corrélations.

### 3.3.2. Résultats

Les moyennes obtenues sont regroupées dans le tableau 6. La matrice de corrélations totales est donnée dans le tableau 7.

### 3.3.3. Discussion

L'étude des corrélations entre les 4 variables mesurées montre que le nombre des néonates trouvées dans l'ovisac est corrélé positivement avec:

- le nombre d'enveloppes d'œufs; une femelle qui a déjà donné naissance à un grand nombre de larves, possède un ovisac suffisamment développé qui contient davantage de néonates.

-le poids sec des femelles; cette corrélation suggère une relation entre le poids sec de la femelle et le nombre des descendants déjà nés. Il se peut qu'il existe une corrélation entre le poids sec des femelles et leur âge (non déterminé dans cette étude).

Le potentiel biotique des cochenilles *I.seychellarum* varie d'une femelle à l'autre. Les facteurs abiotiques et les conditions d'alimentation ne sont probablement pas étrangers à l'expression de ce potentiel. De plus, ces facteurs sont particuliers à chaque microclimat.

Les néonates présentent, en conditions abritées, une mortalité de 47% à 3 jours, qui s'élève à 78% après 8 heures en conditions exposées. Elles sont particulièrement sensibles aux températures élevées et aux longues périodes d'insolation. Le nombre moyen de larves néonates vivantes trouvées dans les ovisacs (8,9) est très proche de celui indiqué par HILL (1980 a): 8,7.

Les femelles étudiées ont été collectées dans la mangrove. La présence très proche de la mer, qui à chaque marée envahit le site sur 20 à 40 centimètres de hauteur, les embruns salés et la réverbération du rayonnement solaire sur le sable blanc, font de cet endroit un milieu aride, qui est aussi très ventilé. L'étude du contenu des ovisacs, enveloppes et néonates, réalisée à partir d'individus prélevés dans un environnement plus favorable, pourrait conduire à des résultats supérieurs.

La moitié des femelles étudiées portaient dans leur ovisac moins de 30 enveloppes d'œufs et 43% en portaient entre 30 et 90. Ce potentiel reproducteur correspond peut-être à celui d'une population globalement

## Tableau 8:

Organismes consommateurs occasionnels d'Homoptères, prédateurs locaux potentiels d'*I.seychellarum* à Aldabra.

---

### INSECTES

<i>Chilocorus nigrinus</i>		HILL et BLACKMORE, 1980;
( <i>Coccinellidae</i> )		HILL et NEWBERY, 1980.
<i>Exochomus laevisculus</i>		FRITH D.W., 1979;
( <i>Coccinellidae</i> )		WALOFF, 1977.
<i>Scymnus constrictus</i>		CHAZEAU et FRIEDMANN, 1988.
( <i>Coccinellidae</i> )		
<i>Chrysopa</i> sp.		HILL et BLACKMORE, 1980;
( <i>Neuroptera</i> )		WALOFF, 1977.

### OISEAUX

<i>Nectarinia sovimanga</i>	Colibri	BENSON et PENNY, 1971;
		FRITH C.B., 1979;
		PRYS-JONES et DIAMOND, 1984.
<i>Zosterops maderapatana</i>	Oiseau-lunettes	BENSON et PENNY, 1971;
		FRITH C.B., 1979;
		PRYS-JONES et DIAMOND, 1984.
<i>Dicrurus aldabranus</i>	Moulin ban	BENSON et PENNY, 1971.
<i>Foudia eminentissima</i>	Cardinal	BENSON et PENNY, 1971.
<i>aldabrensis</i>		
<i>Hypsipetes</i>	Merle	BENSON et PENNY, 1971.
<i>madagascariensis</i>		
<i>Falco newtoni aldabranus</i>	Crécerelle	BENSON et PENNY, 1971.

### CRABES TERRESTRES

<i>Birgus latro</i>	Crabe du cocotier	ALEXANDRE, 1977.
---------------------	-------------------	------------------

### LEZARDS

<i>Gehyra mutilata</i>		CHEKE, 1984.
<i>Cryptoblepharus boutonii</i>		
<i>Phelsuma abbotti</i>		
<i>Hemedactylus mercatorius</i>		

### MAMMIFERES

<i>Pteropus seychellensis</i>	Chauve-souris	ROBERTS, 1986.
<i>aldabrensis</i>		

---



jeune et à espérance de vie relativement courte. Il faut le considérer comme une valeur sous-estimée du potentiel moyen d'*I.seychellarum* sur l'ensemble de l'atoll. La moyenne de  $30,3 \pm 3,9$  éclosions réalisées au moment du prélèvement (sur *A.marina*), est très inférieure à la fécondité avoisinant les 80 néonates par femelle (vivant sur *S. taccada*) trouvée par HILL, (1980a).

### 3.4. Ennemis naturels d'*I.seychellarum* à Aldabra

*Icerya seychellarum* a été introduite à Aldabra sans son cortège d'ennemis naturels. Les individus prélevés sur l'atoll et placés en éclosoir, ne fournissent pas de parasitoïde (HILL & NEWBERY, 1980; GERY, obs. pers.). Aucun des insectes auxiliaires énumérés au § 2.3.1. n'est présent sur l'atoll.

Depuis son introduction, un certain nombre d'organismes l'ont intégrée dans leur régime alimentaire sans pour autant en faire une nourriture régulière et exclusive. Ces prédateurs locaux potentiels sont cités dans le tableau 8.

Les tentatives d'élevage à Aldabra de 2 de ces prédateurs potentiels ont confirmé leur très faible impact sur les populations d'*I.seychellarum* (GERY, obs. pers.):

- *Chilocorus nigritus* (Coccinellidae), maintenu en élevage, ne se nourrit pas d'*I.seychellarum*. Sa préférence alimentaire se porte sur les diaspines (GREATHEAD & POPE, 1977), comme par exemple *Hemiberlesia lataniae* (Sign.) présente sur *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. à Aldabra (HILL & BLACKMORE, 1980).

- les larves de *Chrysopa* sp n'ont pas pu être maintenues en élevage à partir des stades larvaires d'*I.seychellarum*, ni même des femelles avec ovisac.

L'action globale des insectivores de l'atoll, complétée par celle des facteurs climatiques, ne permet pas une régulation suffisante d'*I.seychellarum*. L'enrichissement de l'entomocénose qui lui est associée nécessite obligatoirement l'introduction d'insectes auxiliaires étrangers à l'écosystème particulier d'Aldabra; pour cette raison, cette méthode a longtemps été réprouvée.

Réfutant une politique passive de conservation, FRIEDMANN (1983) a réclamé la mise en œuvre d'un programme de lutte biologique après avoir dressé un bilan inquiétant des espèces rares non retrouvées dans leurs stations habituelles.

Devant la persistance du fléau et en l'absence de contrôle naturel, des propositions de lutte biologique ont été faites:

1- CHAZEAU et FRIEDMANN (1988) préconisent dans un premier temps d'introduire *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant en aménageant des zones inaccessibles aux fourmis; puis, dans une deuxième étape, en fonction des résultats obtenus par les coccinellides,

d'entreprendre l'introduction d'une espèce de *Cryptochaetum*. Les difficultés d'élevage de ce diptère parasitoïde et son cortège d'hyperparasites connus, rendraient délicats les préparatifs et la réalisation de cette deuxième phase.

2- HILL et al. (1988) réalisent une synthèse bibliographique et concluent à la supériorité de *R.cardinalis* par rapport aux autres coccinelles: *R.chermesina*, *Exochomus laeviusculus* Weise, *Chilocorus nigritus* (F.). Ils soulignent le rôle non négligeable des fourmis à Aldabra et leurs interactions moins importantes envers les parasitoïdes. Leur suggestion est d'introduire simultanément le parasitoïde *Cryptochaetum monophlebi* Skuse et le prédateur *R.cardinalis*.

### 3.5. Relations avec les fourmis

La présence fréquente de fourmis au sein des populations d'Homoptères producteurs de miellat a attiré l'attention d'un bon nombre d'entomologistes qui ont tenté d'élucider le type de relations entre les protagonistes (NIXON, 1951; WAY, 1954a,b, 1963; BRADLEY, 1973; DE BACH, 1974). Tous les groupes de fourmis ont des relations avec les Homoptères, depuis les chasseurs solitaires, comme *Odontomachus haematodis* (EVANS & LESTON, 1971), jusqu'à celles qui apparaissent dépendantes de l'hôte (*Pachysima* sp., JANZEN, 1972).

Les cochenilles *Pseudococcidae* sont parfois victimes de fourmis en quête d'une source de protéines (STRICKLAND, 1951; NIXON, 1951; WAY, 1954a,b). Mais généralement, elles sont trophobiontes selon la classification de WASMANN (LEDOUX, 1950), c'est-à-dire qu'elles sécrètent un miellat qui attire les fourmis. Sa composition indique une forte proportion de sucres et d'acides aminés, ainsi que des amides, des protéines, des minéraux et de la vitamine B (GRAY & FRAENKEL, 1954; EWART & METCALF, 1956; WAY, 1963). MALTAIS et AUCLAIR (1952), (in WAY, 1963), précisent que 13,2% du poids sec du miellat d'*Aulocorthum circumflexum* (Buckton) sont constitués par 22 acides aminés différents. L'activité continue des fourmis occupées à la récolte du miellat suggère l'absence aux alentours d'une meilleure source nutritive (BRADLEY, 1973).

Sur l'atoll d'Aldabra, les colonies d'*I.seychellarum* sont presque toujours visitées par des fourmis. Un travail d'investigation a été entrepris sur cette association, dont les débuts remontent à l'introduction de la cochenille sur l'atoll. Il semble d'ailleurs que ce soit la seule relation commensale établie par *I.seychellarum* depuis son établissement à Aldabra.

### 3.5.1. Méthodologie

#### 3.5.1.1. Choix et prélèvement des supports végétaux

L'étude est conduite sur l'île Picard et le végétal-hôte retenu est *Euphorbia pyrifolia* Lam. Les individus sont choisis en tenant compte des sources d'hétérogénéité pouvant influencer la présence des fourmis (proximité de l'habitat humain, éloignement du bord de mer, nature du sol, densité de la végétation); ils présentent tous la moitié de leur feuillage contaminé par *I.seychellarum*.

Les branches contaminées ont été prélevées pendant le jour et la nuit, à raison d'une toutes les 3 heures (soit 8 branches par 24 heures). Huit répétitions ont été conduites successivement afin d'intégrer d'éventuelles fluctuations temporelles. Une branche seulement a été prélevée sur chaque sujet.

#### 3.5.1.2. Technique de prélèvement et de dénombrement

Pour récolter toutes les fourmis présentes sur la branche au moment du prélèvement, la méthode suivante a été adoptée. Un linge est étalé au sol à proximité immédiate de la plante. La branche est coupée à l'aide d'un sécateur et aussitôt déposée sur le linge. Un insecticide est pulvérisé sur l'ensemble du feuillage et sur le linge parcouru par les fourmis en fuite. Le linge est replié sur la branche traitée et l'ensemble repose au moins 2 heures avant d'être exploité au laboratoire.

La branche est décrite par sa longueur totale, le nombre de feuilles contaminées et le nombre total de feuilles.

Les cochenilles sont comptées selon trois classes: la classe 1 regroupe les larves des stades 1 et 2 (que l'on différencie difficilement à l'œil nu), la classe 2 contient les larves au stade 3 (femelle immature sans ovisac) et la classe 3 est celle des femelles avec ovisac. Seuls les individus vivants ont été comptés. Toutes les fourmis contenues dans le linge et sur le feuillage sont triées par espèce et comptées.

Des fourmis du genre *Camponotus*, capturées manuellement, ont été placées en étuve à 70°C pendant 36 heures. Sur la base de leur poids sec, ont été comparés les individus en provenance de la population de cochenilles avec ceux qui s'y rendaient. L'étude a porté sur 2 espèces, *Camponotus maculatus* et *C.grandidieri*, leur grande taille facilitant leur capture et leur pesée.

**Tableau 9:**

Espèces de fourmis rencontrées à Aldabra au sein des populations d'*Icerya seychellarum*. (West.)

*Camponotus maculatus* (Fabricius 1781) sensu Forel 1891, *Formicinae*.

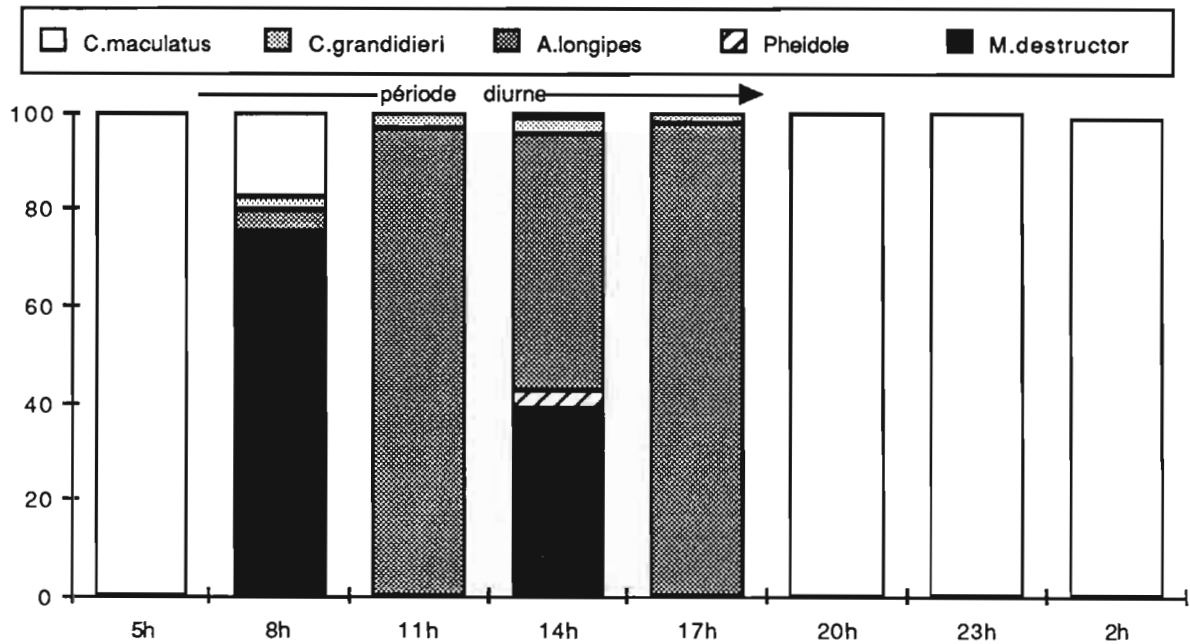
*Camponotus grandidieri*, Forel 1879, *Formicinae*.

*Paratrechina longicornis* (Latreille 1802), *Formicinae*.

*Monomorium destructor* (JERDON, 1851) *Myrmicinae*.

*Pheidole* sp. (1)

(1) Remarque: une identification précise n'a pas été possible par Madame CASEVITZ WEULERSSE du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris qui ne reconnaît ni *Pheidole megacephala* ni *P. scabrior*, encore moins *P. anastasioi* (communication personnelle du 2/4/90).



**Figure 2:**

Importance relative des 5 espèces de fourmis rencontrées au voisinage des populations d'*I. seychellarum* sur *Euphorbia pyrifolia* Lam. à Aldabra, en mai et juin 1990.

### 3.5.2. Résultats

#### 3.5.2.1. Espèces visitant les colonies d'*Icerya seychellarum* à Aldabra

Cinq espèces de fourmis ont été rencontrées à Aldabra au sein des populations d'*I.seychellarum*, (tableau 9).

Aucune des fourmis rencontrées à Aldabra ne réalise des constructions autour d'*I.seychellarum*. Par contre, sur l'île de Mahé, ces cochenilles sont entourées par de fines parois argileuses constituées par *Technomyrmex detorquens* Wlk. Ces constructions sont ajourées et leur rôle est difficile à définir; lorsqu'elles sont closes, certains auteurs pensent qu'elles protègent les Homoptères de rapt éventuels ou empêchent leur fuite (RAU, 1934; LEDOUX, 1950; TYNES & HUTCHINS, 1964).

*C.maculatus* est la seule espèce rencontrée la nuit, entre 20 heures et 5 heures du matin. La succession des espèces est représentée figure 2.

La visite des fourmis n'est pas indispensable à *I.seychellarum* (HILL et BLACKMORE, 1980), mais une population privée de ces visiteurs a tendance à se souiller plus rapidement qu'une autre dont le miellat est emporté (GERY, obs. pers.). L'enlèvement du miellat n'est pas un service vital comme pour *Saissetia nigra* (Nietn.) qui ne vit jamais sans *Oecophylla longinoda* Latreille (WAY, 1954a,b).

Dans la mangrove, malgré le rythme des marées, seule *C.maculatus* est présente, nichée dans de vieilles souches creuses et émergées. Pour cette espèce, les colonies d'*I.seychellarum* constituent, dans ce milieu, une source alimentaire capitale, mais ne font pas pour autant l'objet d'attentions particulières du type de celles observées par YENSEN *et al.* (1980) à l'égard d'autres cochenilles élevées sur racines en milieu halophile et périodiquement submergé.

Enfin aucune fourmi n'a été observée en train de transporter ou déplacer une cochenille, comme c'est souvent le cas lors de la fondation de nouvelles colonies (BUNZLI, 1935). Les populations d'*I.seychellarum* ne semblent pas faire l'objet d'un élevage; elles ne paraissent pas être considérées comme sources alimentaires indispensables au maintien des fourmis.

#### 3.5.2.2. Facteurs influençant le nombre de fourmis

Des matrices de corrélation ont été dressées avec les éléments descriptifs de la branche, les effectifs des classes de cochenilles et le nombre de fourmis (voir annexe 5).

**Tableau 10:**

Poids sec des fourmis du genre *Camponotus* visitant les colonies d'*I.seyhellarum* sur *Casuarina equisetifolia* L. à Aldabra:

-fourmis qui se dirigent vers les cochenilles (I)

-fourmis qui quittent les cochenilles(II)

(classement des moyennes par la méthode de Student-Newman-Keuls et intervalles de confiance au risque 5%)

Espèce	Direction	n	Poids sec moyen	Groupes homogènes
<i>C.grandidieri</i>	I	37	1,629 ± 0,014	A
	II	37	2,348 ± 0,020	B
<i>C.maculatus</i>	I	44	1,904 ± 0,029	C
	II	44	1,950 ± 0,015	C

**Tableau 11:**

Effectif des 2 espèces de fourmis les plus fréquentes, au sein des colonies d'*I.seyhellarum* sur *Euphorbia pyrifolia* Lam. à Aldabra, *Paratrechina longicornis* (Latreille) et *Camponotus maculatus* (Fabricius)

(intervalle de confiance calculé au risque de 5%).

Nombres de branches prélevées	16	33
Heures d'échantillonnage	8 à 17 heures	20 à 5 heures
Espèce prédominante	<i>P.longicornis</i>	<i>C.maculatus</i>
<u>Nombre moyen de fourmis exprimé par:</u>		
- branche prélevées	34,00 ± 18,91	12,42 ± 3,00
- feuille indemne ou contaminée	1,51 ± 0,95	0,29 ± 0,08
- feuille contaminée seulement	2,76 ± 1,50	0,44 ± 0,08
- cochenille du 1er et 2ième stade	0,23 ± 0,13	6,05 ± 1,14
- cochenille du 3ième stade (sans ovisac)	11,01 ± 6,75	1,14 ± 0,42
- cochenille mature avec ovisac	5,45 ± 4,41	2,58 ± 0,73

D'après ces matrices, il semblerait que:

- *C.grandidieri* et *M.destructor* présentent une fréquentation indépendante des niveaux d'infestation.

- La présence des *Pheidole* soit influencée surtout par les cochenilles des classes 1 et 3, (coefficients de corrélations respectifs 0,569 et 0,413) et leurs effectifs semblent en relation avec la longueur totale des branches prélevées (coef 0,638).

- *C.maculatus* montre un intérêt supérieur pour les cochenilles de la classe 1 (coef 0,796), mais ses effectifs semblent également corrélés avec ceux de la classe 3 (coef 0,668). Ils sont peu corrélés avec la longueur des tiges (coef. 0,323) ou le nombre de feuilles (coef. 0,471).

- l'effectif de *P.longicornis* n'est corrélé ni avec l'effectif des cochenilles (classe 2 et 3), ni avec le nombre de feuilles contaminées ou la longueur de la branche.

HILL et BLACKMORE (1980) ont exprimé la fréquentation des fourmis *C.maculatus* en fonction de la biomasse des cochenilles ("nombre de fourmis par gramme de poids sec d'*Icerya*"). Leurs conclusions montrent que les fourmis présentent un effectif par feuille beaucoup plus variable lorsque la biomasse de cochenille est élevée. Au contraire, elles contrôlèrent davantage leur nombre global et leur répartition sur les branches lorsque les cochenilles sont moins abondantes.

### 3.5.2.3. Exportation de miellat par les fourmis du genre *Camponotus*

Toutes les espèces de fourmis rencontrées au sein des colonies d'*I.seychellarum* ont été observées. En se déplaçant lentement d'une cochenille à l'autre, chaque fourmi procède de la même façon: elle aborde la cochenille par la partie postérieure et tapote la partie supérieure du corps avec ses antennes. La cochenille réagit à ce contact, qui se veut souvent insistant, en se rétractant et en faisant surgir une goutte de miellat aussitôt absorbée par la fourmi. Cette dernière procède ensuite au nettoyage de ses antennes et pièces buccales à l'aide de ses pattes antérieures avant de partir vers une autre cochenille. Aucune trophallaxie n'a été observée entre les fourmis, mais seulement quelques contacts antennaires.

Le tableau 10 représente les poids secs moyens des fourmis du genre *Camponotus*. Seule la différence observée entre les individus de *C.grandidieri* se dirigeant vers et s'éloignant des cochenilles est significative au risque de 5%.

Les fourmis *C.maculatus* présentent également le même comportement de sollicitation et absorbent les gouttes de miellat qui leur sont proposées. Mais ces prélèvements ressemblent à une simple consommation individuelle. *C.grandidieri* procéderaient davantage à une collecte et une exportation de ce miellat probablement vers le nid. Il est à

noter toutefois que la présence de *C.maculatus* auprès des *Icerya* dure plus longtemps que celle de *C.grandidieri* et que la production de miellat pendant la nuit est moins importante que pendant le jour (HILL & BLACKMORE, 1980).

### 3.5.3. Discussion et conséquences pour la lutte biologique

Les populations d'*I.seychellarum* à Aldabra, sont continuellement visitées par les fourmis:

-sur *E.pyrifolia*, 5 espèces sont rencontrées (voir tableau 9);

-sur l'arbuste des dunes, *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb., 4 espèces sont citées par HILL et BLACKMORE (1980). Il s'agit de *C.maculatus*, *C.grandidieri*, *Monomorium floricola* (Jerdon) et *Paratrechina longicornis* (Latreille),

Ces mêmes auteurs réalisent les observations suivantes:

-l'exportation de miellat chute au coucher du soleil, et diminue encore au cours de la nuit; sa production pourrait être stimulée par la sollicitation des fourmis.

-l'exclusion des fourmis n'empêche pas la cochenille d'exister à des niveaux élevés de contamination.

HILL et BLACKMORE (1980) signalent l'attrait des grosses fourmis (*Camponotus*) plutôt pour les grosses cochenilles. De plus ils mesurent une quantité de miellat exportée par fourmi (*C.maculatus*) bien supérieure aux résultats du tableau 10. La méthodologie utilisée pour la détermination du poids sec n'est pas donnée en détails par ces auteurs.

Certains auteurs comme STOUT (1979), FRITZ (1982) et JOLIVET (1986), ont analysé la triple liaison plante/ fourmis/ Homoptères et ont montré son avantage pour la plante, en dépit des transformations morphologiques et physiologiques (augmentation de la taille et de la densité) que peuvent subir les Homoptères (EL-ZIADY & KENNEDY, 1956; BURNS, 1973; HAIMES & HAIMES, 1978a,b; SKINNER & WHITTAKER, 1981). Les fourmis actives auprès des Homoptères, éloignent aussi des organismes herbivores. Cet effet a même été exploité par l'Homme qui a transplanté des colonies d'*Oecophylla longinoda* Latreille et d'*O.smaragdina* pour la protection biologique des plantations (FRIEDERICHS, 1920; PRELL, 1925; VOUTE, 1935, MURRAY, 1937; PHILLIPS, 1940; STRICKLAND, 1951).

Mais l'activité des fourmis peut être également dirigée contre des insectes auxiliaires (WAY, 1963; BRADLEY, 1973). *Hyperaspis* sp. et *Coccinella distincta* (Coccinellidae), prédateurs de pucerons et de *Fulgoridae*, sont gênés par *Formica* sp. et *Tapinoma* sp. (SILVESTRI, 1903, DONISTHORPE, 1927). DUPONT (1931) (in BEDFORD, 1965) considère que *R.thermesina* aux Seychelles, perd de son efficacité dans le contrôle



d'*I.seychellarum* du fait de la présence de *Technomyrmex detorquens* (Walker).

Cette attitude hostile des fourmis ne serait pas réservée, d'après BRIAN (1953), aux ennemis naturels des Homoptères. Un tel comportement existerait même en l'absence d'Homoptères (NIXON, 1951).

A l'inverse, VESEY-FITZGERALD (1941a) considère que l'action prédatrice des coccinelles *Chilocorus distigma* (Klug), *Exochomus ventralis* (Gerstaecker) et *Exochomus flavipes* (Klug) à l'encontre d'*I.seychellarum* aurait provoqué une raréfaction de *T.detorquens*, qui n'aurait donc pas réussi à empêcher la réduction du nombre de ses sources alimentaires.

Enfin, si le parasitoïde *Cryptochaetum* est parfois jugé préférable au prédateur *R.cardinalis* pour le contrôle biologique d'*I.seychellarum* (HILL & NEWBERY, 1988), c'est à cause de la moins grande interaction des parasitoïdes vis à vis des fourmis (WAY, 1963). Absent des îles Seychelles, signalé à l'île Maurice, l'utilisation de ce parasitoïde nécessite au préalable son introduction sur Mahé. L'état sanitaire des individus collectés (hyperparasitisme) et leur faible survie en captivité nécessitent une meilleure maîtrise de l'élevage et un séjour en quarantaine sur Maurice. Compte tenu de ces contraintes et de la disponibilité à Mahé d'autres ennemis naturels (prédateurs), le parasitoïde *Cryptochaetum* n'a pas été retenu pour une étude comparative en vue du choix d'un auxiliaire à introduire.

## CHAPITRE II

**ANALYSE COMPAREE DE LA PREDATION D'*ICERYA*  
*SEYCHELLARUM* PAR LES LARVES DE *RODOLIA CARDINALIS*  
ET *RODOLIA CHERMESINA***

## CHAPITRE 2

### Introduction

Parmi les populations d'*Icerya seychellarum* (Westwood) présentes sur l'île de Mahé (tableau 1), 2 espèces de coccinelles sont rencontrées: *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant. Ces 2 espèces sont citées dans la littérature comme prédateurs d'*I.seychellarum*. (VESEY-FITZGERALD, 1940 a, 1940 b, 1953; BEDFORD, 1965).

C'est à l'occasion de tentatives de lutte biologique contre cette cochenille qu'elles ont été introduites sur les principales îles granitiques seychelloises. Acclimatées, elle continuent à exercer leur rôle régulateur et à empêcher toutes nouvelles pullulations de leur proie. *R.chermesina* est active tout au long de l'année, alors que *R.cardinalis* apparaît d'une façon épisodique, quelle que soit l'époque et les lieux de prospection.

Les populations d'*I.seychellarum* sont dispersées sur toute l'île de Mahé, dans des sites diversifiés. En général, on les rencontre sur la face inférieure des feuilles des arbres à pain, *Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg. Ces arbres poussent spontanément en bordure de forêt, ou sont plantés aux abords des habitations. Les cochenilles sont regroupées sous des feuilles enchevêtrées en bouquet, le plus souvent à l'abri de la pluie et de la lumière. Elles sont rarement disposées le long des pousses terminales, et leur population est toujours localisée sur une petite partie du végétal, qui ne semble pas en souffrir.

Les cultures et les plantations ne sont pas affectées par ces cochenilles; aucun traitement n'est envisagé pour les éliminer, et les quelques individus présents sur les corosols et "cœurs de bœufs" ne nuisent pas à leur commercialisation.

Les populations d'*I.seychellarum*, dans les conditions de Mahé, semblent être efficacement contrôlées. Les facteurs climatiques ne sont pas étrangers à cette régulation. Après une forte pluie, seules les plus grosses cochenilles subsistent sur les parties du végétal exposées à la pluie et au ruissellement de l'eau. Les ennemis naturels rencontrés sont des prédateurs; ils exercent leur action régulatrice malgré la présence incessante de petites fourmis, *Technomyrmex detorquens* Wlk.

*R.cardinalis* et *R.chermesina* sont toutes les deux disponibles pour une action de lutte biologique contre *I.seychellarum* à Aldabra. Ce sont les seuls agents régulateurs disponibles aux Seychelles, capables d'être transportés sur l'atoll afin d'y établir un système régulateur comparable à celui de Mahé.

Le choix pour l'une des 2 espèces est basé sur son abondance et sur la régularité de sa présence au sein des populations de cochenilles; une

étude comparative quantifie la consommation de leurs larves et permet l'évaluation et la comparaison de leur potentiel régulateur.

# **1. Matériel et méthodes**

## **1.1. Enceintes expérimentales**

Trois enceintes sont conçues pour disposer sur l'atoll de 3 milieux d'élevage à températures stables: 20, 25 et 30°C. D'un volume d'1 m<sup>3</sup>, elles comportent une base en bois, 3 côtés vitrés et 2 autres, en bois également, pouvant coulisser latéralement. La construction a été rendue le plus étanche possible avec de la silicone. Seul le côté supérieur de l'enceinte à 30°C peut encore s'ouvrir afin de limiter, par ventilation, la montée de température aux heures chaudes de la journée.

L'enceinte à 20°C dispose d'un climatiseur pour le refroidissement et le brassage de son volume d'air. L'enceinte à 30°C comporte, en son centre, un ventilateur couplé à une résistance électrique, régulés tous deux par un thermostat électronique. Enfin dans la dernière enceinte, la température de 25°C est obtenue par le réchauffement de l'air frais prélevé dans l'enceinte à 20°C.

Dans chacune des 3 enceintes, un thermomètre à mercure et un thermohygrographe hebdomadaire permettent le suivi et le contrôle de la température. Grâce aux 3 côtés vitrés, les conditions d'éclairage et la photopériode sont naturelles.

Le choix des matériaux et la conception des enceintes ont été conditionnés par la traversée maritime entre Mahé et Aldabra sur des petits bâtiments, et les conditions quelquefois précaires du débarquement. C'est pourquoi, les 3 boîtes pouvaient se démonter totalement pour être facilement acheminées sur l'atoll, où elles ont été à nouveau assemblées.

## **1.2. Conditions expérimentales**

L'utilisation de solutions salines saturées, disposées dans le fond des boîtes d'élevage, permet d'entretenir différentes hygrométries. Les boîtes sont placées dans les enceintes expérimentales. Elles sont choisies en plastique transparent, d'une contenance de 4 litres et sont rendues hermétiques par de la graisse étalée sur les contours internes du couvercle.

**Tableau 12:**

Combinaisons réalisées entre les hygrométries et les températures pour l'obtention de conditions expérimentales différentes.

Remarque: les groupes expérimentaux sont désignés par une lettre de l'alphabet en majuscule; les sels utilisés pour obtenir les différentes hygrométries sont précisés.

20°C	25°C	30°C		
<p><b>A</b> 90 à 100 % HR sulfate de potassium ou sulfate de calcium ou carbonate de calcium</p>	<p><b>B</b> 90 à 100 % HR sulfate de potassium ou sulfate de calcium ou carbonate de calcium ou nitrate de potassium</p>	<p><b>C</b> 90 à 100 % HR sulfate de potassium ou sulfate de calcium ou carbonate de calcium ou nitrate de potassium</p>	<p><b>D</b></p> <p align="center">Milieu  extérieur</p>	
<p><b>E</b> 75 à 85 % HR nitrate de potassium ou sulfate d'ammonium</p>	<p><b>F</b> 75 à 85 % HR chlorure de sodium ou sulfate d'ammonium</p>	<p><b>G</b> 75 à 85 % HR chlorure de sodium ou sulfate d'ammonium</p>		<p align="center">(protection contre la pluie et l'intrusion d'animaux)</p>
<p><b>H</b> 65 à 75 % HR chlorure de sodium ou nitrate d'ammonium</p>	<p><b>I</b> 65 à 75 % HR nitrate d'ammonium</p>	<p><b>J</b> 65 à 75 % HR nitrate d'ammonium</p>		
<p><b>K</b> &lt;50 % HR chlorure de calcium anhydre</p>	<p><b>L</b> &lt;50 % HR chlorure de calcium anhydre</p>	<p><b>M</b> &lt;50 % HR chlorure de calcium anhydre</p>		

Le tableau 12 montre les combinaisons "hygrométries-températures" réalisables et les 12 différentes conditions expérimentales contrôlées disponibles sur l'atoll. Les hygrométries sont mesurées à l'aide d'un hygromètre à cheveux. Le milieu extérieur présente également des conditions de température et d'humidité. Les conditions naturelles ont constitué un groupe expérimental à part entière et ont permis d'enrichir les protocoles (voir données climatiques, en annexes).

### 1.3. Origine des prédateurs et des proies

L'étude de la prédation porte sur les stades larvaires de 2 coccinellides, *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant. Les pesées débutent exclusivement avec des larves âgées de 12 heures au plus, qui proviennent de nos élevages.

La nourriture proposée est constituée de cochenilles vivantes, *Icerya seychellarum* (Westwood), au stade "femelle avec ovisac", détachées de leur support végétal. Toutes les cochenilles ont été prélevées sur l'île Picard, au lieu-dit "La Gigi", sur le manglier blanc *Avicenia marina* (Forssk.) Vierk., au plus tard 36 heures avant d'être distribuées.

### 1.4. Déroulement expérimental

Les larves sont élevées individuellement dans des piluliers aérés, maintenus dans les conditions climatiques stables suivantes: 25°C, 75 à 85% d'humidité relative, éclairage et photopériode naturels (annexes 20 à 23).

Les larves et leurs proies sont pesées à l'aide d'une microbalance précise à  $10^{-3}$  mg (marque METLER, type M3).

La première pesée est réalisée peu après la naissance de la larve, âgée de 12 heures au plus. Les pesées suivantes se succèdent ensuite toutes les 12 heures. Ce rythme se poursuit jusqu'à l'entrée en nymphose. En général, les mues se produisent entre 2 pesées, mais en cas de coïncidence, la larve est pesée en fin de séance ou à la séance suivante.

La ration alimentaire est constituée d'une seule cochenille au stade femelle avec ovisac. Quatre essais se distinguent par le rythme de renouvellement de la proie, fixés à 6, 12, 24 et 48 heures.

Remarque: dans les pages suivantes, les 4 essais sont désignés simplement par le rythme de renouvellement de la proie qui les caractérise; exemple: "rythme 24".

Les larves sont nourries en continu. Le retrait de l'ancienne proie précède l'attribution d'une nouvelle. Les séquences alimentaires n'ont donc pas alterné avec des périodes de jeûne.

**Tableau 13:**

Données mesurées et calculées d'une séquence alimentaire de 12 heures.

	LARVE PREDATRICE	COCHENILLE		TEMPS
		PROIE	TEMOIN	
DONNEES MESUREES	Poids initial Poids final	Poids initial Poids final	Poids initial Poids final	$T_i$ $T_{i+12}$
DONNEES CALCULEES	Gain de poids du prédateur	Perte naturelle par déshydratation		
		Consommation par le prédateur		

Quant aux proies, elles sont pesées individuellement avant et après les séquences alimentaires de 12, 24 et 48 heures. Parallèlement, des cochenilles "témoins" sont maintenues dans les mêmes conditions expérimentales mais en l'absence de prédateur. Pesées au début puis 12, 24 ou 48 heures après, elles permettent d'évaluer les pertes pondérales naturelles par déshydratation (exprimées en fonction du poids frais initial).

## 1.5. Courbes pondérales de référence

Afin de suivre le plus fidèlement possible l'évolution pondérale, un groupe de larves est pesé toutes les 6 heures. A cette occasion les proies sont systématiquement renouvelées, mais sans être pesées; à ce rythme de renouvellement l'étude de la consommation n'est pas conduite.

## 1.6. Nature des données

### 1.6.1. Données collectées au rythme des pesées

La proie et le prédateur sont pesés avant et après chaque séquence alimentaire. Des cochenilles "témoin" non prédatées sont pesées également pour estimer les pertes pondérales naturelles par déshydratation.

A l'issue du renouvellement de la proie, un bilan pondéral est réalisé pour chaque protagoniste, afin de mesurer l'évolution de leur poids respectif. La croissance pondérale et la consommation sont calculées par différence entre les poids initiaux et finaux, (voir tableau 13).

### 1.6.2. Données obtenues à la fin de chaque stade larvaire

Ces données caractérisent le stade larvaire, il s'agit de:

- la première mesure de poids après la mue: poids initial moyen  $P_o$
- le poids atteint le plus élevé: poids maximum moyen  $P_m$
- la dernière mesure de poids avant la mue: poids final moyen  $P_f$
- la plus grande progression pondérale: amplitude pondérale  $(P_m - P_o)$
- le rapport entre les poids maximum et initial: facteur multiplicateur  $(P_m/P_o)$



**Tableau 14 :**

Evolution du poids frais moyen des femelles d'*Icerya seychellarum* (West.) avec ovisac sur 48 heures.

(25°C, 75-85% HR, photopériode et éclairage naturels)  
intervalles de confiance au risque de 5 %.

Echelonnement des périodes d'exposition	Effectif	Poids moyens (en milligrammes)		
		initial	final	$\Delta P$
0 à 12 heures	96	14,410±1,453	13,920±1,425	-3,4%
12 à 24 heures	155	13,048±1,139	12,440±1,107	-4,7%
24 à 48 heures	128	12,493±1,219	11,483±1,157	-8,1%

**Tableau 15 :**

Equations des droites de régression relatives aux pertes pondérales naturelles par déshydratation des femelles d'*Icerya seychellarum* (West) avec ovisac, observées sur 48 heures

(25°C, 75-85% HR, photopériode et éclairage naturels).  
intervalles de confiance au risque de 5 %.

Périodes consécutives	Coefficient de régression	Terme constant	Coefficient de détermination
0 à 12 heures	0,9806	-210,208	0,9986
12 à 24 heures	0,9710	-229,245	0,9973
24 à 48 heures	0,9472	-350,104	0,9949

- la consommation cumulée du début à la fin du stade
- la durée totale moyenne du stade
- la durée de la période allant de la mue à l'acquisition du poids maximum
- la mortalité.

Les durées moyennes ainsi que les poids moyens sont classés par la méthode de STUDENT-NEWMAN-KEULS au risque de 5% après une analyse de variance.

### 1.6.3. Pertes pondérales naturelles par déshydratation

Trois groupes de cochenilles "témoin" ont été formés; les cochenilles ont toutes été pesées en début d'expérience puis successivement à 12, 24 et 48 heures; les poids moyens obtenus sont regroupés dans le tableau 14.

Les données mesurées permettent, par régression linéaire, d'exprimer les pertes pondérales due à la déshydratation en fonction du poids initial. Avant de servir au calcul de la consommation, le poids initial de la proie est diminué à l'aide des équations de régression (voir tableau 15).

Ces pertes ont lieu avant le début de la prédation, qui est fixé arbitrairement à la moitié de la séquence alimentaire (FERRAN, 1982). En conséquence, le terme constant est divisé par 2.

## **1.7. Régulation de la consommation**

La consommation d'une larve, pendant un intervalle de temps donné, est probablement sous le contrôle de plusieurs facteurs régulateurs. La recherche de ces principaux facteurs a été tentée à partir de la consommation du 3eme stade de *R. chermesina* avant l'acquisition du poids maximum. La période unitaire choisie correspond à une séquence alimentaire de 12 heures.

La recherche de corrélations est faite entre la consommation et 7 autres données expérimentales correspondant à 126 séquences alimentaires:

- âge de la larve
- poids de la larve au début de la séquence alimentaire
- poids de la proie au début de la séquence alimentaire
  - gain pondéral réalisé pendant la séquence alimentaire précédente
  - consommation réalisée pendant la séquence alimentaire précédente
- croissance pondérale réalisée depuis le début du stade larvaire

**Tableau 16:**

Durée de la période précédant l'acquisition du poids maximum (1), et durée des stades larvaires (2) (en heures) de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant selon le rythme de renouvellement de la proie.

RYTHME	STADES LARVAIRES				SOMME
	L1	L2	L3	L4	
<b>1</b>	<i>R.cardinalis</i>				
6h	78,8 ± 7,7	59,3 ± 4,5	68,8 ± 7,5	79,7 ± 5,0	
12h			56,4 ± 8,5	66,0 ± 5,8	
24h	73,2 ± 9,0	61,7 ± 6,7	63,1 ± 9,0	73,0 ± 8,0	
48h	60,0 ± 6,1	42,2 ± 7,0			
<b>1</b>	<i>R.chermesina</i>				
6h	68,1 ± 3,3	47,9 ± 2,8	52,3 ± 2,5	58,3 ± 4,1	
12h	79,9 ± 4,6	56,4 ± 6,5	59,6 ± 7,6	60,2 ± 7,3	
24h	83,6 ± 3,6	62,5 ± 5,8	65,0 ± 8,3	76,5 ± 5,9	
48h	87,6 ± 7,9	49,7 ± 8,4			
<b>2</b>	<i>R.cardinalis</i>				
6h	85,2 ± 8,3	67,1 ± 4,5	84,0 ± 6,3	84,5 ± 5,7	320,8±24,8
12h			68,4 ± 5,0	69,0 ± 5,6	
24h	79,6 ± 8,2	65,5 ± 6,0	73,0 ± 6,9	85,9 ± 7,6	304,0±28,7
48h	64,4 ± 5,6	52,0 ± 6,0			
<b>2</b>	<i>R.chermesina</i>				
6h	85,3 ± 3,3	72,1 ± 2,2	87,0 ± 2,6	75,1 ± 4,8	319,5±12,9
12h	83,4 ± 3,7	72,0 ± 3,4	85,9 ± 3,4	62,7 ± 7,2	304,0±17,7
24h	87,2 ± 3,5	71,7 ± 3,3	91,5 ± 5,7	86,5 ± 5,3	336,9±17,8
48h	98,7 ± 7,9	65,4 ± 6,7			

- consommation cumulée depuis le début du stade larvaire.

## 2. Résultats

### 2.1. Durée des stades larvaires et mortalité

La durée de chaque stade larvaire est représentée pour *R. cardinalis* et *R. chermesina* respectivement figure 3 et figure 4; les résultats sont regroupés dans le tableau 16. Les durées moyennes sont classées par la méthode de STUDENT-NEWMAN-KEULS au risque de 5% après une analyse de variance.

La durée de développement larvaire la plus courte est de 304 heures pour les 2 espèces. Elle est obtenue au rythme 24 heures pour *R. cardinalis* et au rythme 12 heures pour *R. chermesina*. Une proie renouvelée toutes les 6 heures allonge cette durée de 16,8 heures pour *R. cardinalis* et de 15,5 heures pour *R. chermesina*.

L'effet du rythme de renouvellement sur la durée de l'ensemble des 4 stades est le même pour les 2 espèces.

Pour les 2 premiers stades de *R. cardinalis*, la durée la plus courte du développement correspond au rythme de renouvellement des proies toutes les 48 heures. Au stade 1, le rythme de 6 heures entraîne une durée significativement supérieure. Au stade 3, le rythme 6 heures correspond à la durée la plus longue. Au stade 4, la durée significativement plus courte est obtenue avec le rythme de 12 heures.

Pour le premier stade de *R. chermesina*, seul le rythme 48 heures induit une durée significativement plus longue. Les durées comparées des stades 2 et 3 ne diffèrent pas significativement. Par contre, au stade 4 les trois rythmes entraînent des durées différentes, la plus courte au rythme 12 heures, la plus longue au rythme 24 heures.

Chaque stade peut être décomposé en 2 phases de croissance plus ou moins distinctes:

- la période située avant l'acquisition du poids maximum, pendant laquelle l'augmentation du poids est régulière;
- la période postérieure à l'acquisition du poids maximum, caractérisée par de plus faibles gains pondéraux, et parfois par des diminutions de poids, annonçant la mue éminente.

Pour *R. cardinalis*, le rythme 48 heures permet l'acquisition plus rapide du poids maximum des 2 premiers stades larvaires. Au stade 3 la période précédant l'acquisition du poids maximum n'est pas influencée par le rythme de renouvellement de la proie. Au stade 4, le rythme 12 heures permet une phase significativement plus courte.

Pour *R. chermesina*, le rythme 6 heures permet toujours l'acquisition plus rapide du poids maximum.

### Mortalité

Le nombre initial des larves néonates a été majoré en tenant compte des pertes d'individus au cours de l'expérimentation. Aucune larve n'est remplacée au cours de l'expérimentation. Les larves suivies débutent le protocole expérimental à l'âge de 12 heures au plus.

Les erreurs de manipulations sont les sources les plus fréquentes d'égarément des jeunes larves, dont la taille minuscule nécessite l'usage d'une loupe binoculaire. La mortalité indépendante de l'expérimentateur reste inférieure à 10%.

## **2.2. Evolution pondérale**

Les résultats des pesées réalisées toutes les 6 ou 12 heures, constituent une mesure discontinue de la croissance pondérale. Graphiquement, elles sont représentées sous forme d'histogrammes par leurs valeurs moyennes. La précision du suivi peut être améliorée soit en diminuant l'intervalle de temps qui sépare les pesées soit en ayant recours à une fonction mathématique qui permet le tracé d'une courbe continue de croissance. La croissance pondérale peut être décrite à l'aide de différents modèles.

### 2.2.1. Principaux modèles mathématiques pour la description de la croissance

#### 2.2.1.1. La notion de croissance

Le terme de croissance englobe plusieurs aspects. En complément des croissances pondérale et linéaire, VEZINHET1973 (in BENEVENT, 1981) propose la croissance biochimique, en illustrant le lien étroit existant entre croissance et développement. BENEVENT (1981) donne une définition de la croissance qui englobe ses différents aspects: "succession des variations de masse, de forme, de structure ou de composition d'un organisme sous l'effet de l'assimilation".

Le rapport entre la croissance et la consommation a été déjà souligné par VON BERTALANFFY (1960) qui considère la croissance comme la résultante entre l'anabolisme et le catabolisme.

Enfin, il est intéressant de relier la croissance à 2 autres processus complémentaires, l'hyperplasie (multiplication cellulaire) et l'hypertrophie (agrandissement cellulaire). En dosant les quantités d'ADN et en mesurant la taille des cellules, BOIVIN et VENDRELY 1948, (in

BENEVENT, 1981) ont développé une méthodologie pour évaluer le taux d'accroissement du poids frais d'un organe ne pouvant être pesé.

### 2.2.1.2. Taux de croissance

On parle plus couramment de la croissance pondérale. Le poids  $P$  évolue d'une valeur initiale  $P_0$  vers une valeur finale  $P_m$ . Cette évolution en fonction du temps est classiquement illustrée par une sigmoïde, avec un point d'inflexion. A ce point particulier, la vitesse de croissance est à son maximum. BRODY (1945) a proposé 2 formulations d'approche de la courbe sigmoïde:

- avant le point d'inflexion  $P = P_0 \cdot e^{kt}$
- après le point d'inflexion  $P = P_m \cdot (1 - ce^{-kt})$

L'idée maîtresse est que la croissance pondérale à réaliser ne dépend pas seulement du poids adulte  $P_m$  à atteindre, mais aussi et surtout de la différence  $(P_m - P)$ . Ce serait le poids absolu du moment,  $P$ , qui conditionnerait la croissance pondérale  $dP/dt$ .

Le potentiel de croissance qui caractérise la dynamique interne de croissance, diminue à mesure que l'organisme se rapproche de sa taille adulte.

Le taux de croissance ou vitesse spécifique de croissance, représente la capacité à augmenter le poids absolu.

Le taux de croissance, symbolisé par  $s$ , est la vitesse de croissance ramenée à l'unité de poids, soit  $s = \text{vitesse/poids}$ . Il peut être mesuré par le gain de poids par unité de temps, soit  $s = dP/P \cdot dt$  ce qui s'écrit encore  $dP/dt = s \cdot P$ .

Remarque: le cas où  $s$  reste constant existe. C'est la loi de MALTHUS correspondant à la croissance exponentielle illimitée:  $P = P_0 \cdot e^{st}$ .

### 2.2.1.3. Modèles mathématiques

Selon la façon dont diminue la capacité de croissance  $s$ , on peut différencier 3 autres modèles présentés plus loin:

- \*  $s$ : fonction linéaire décroissante de  $P$ , modèle de VERHULST
- \*  $s$ : fonction puissance décroissante de  $P$ , modèle de Von BERTALANFFY,
- \*  $s$ : décroît de façon exponentielle avec le temps, modèle de LAIRD.

## 2.2.2. Représentations graphiques de la croissance pondérale

### 2.2.2.1. Choix du modèle

Le modèle de von BERTALANFFY (1960) repose sur l'hypothèse suivante: la vitesse de croissance résulte des phénomènes d'anabolisme et de catabolisme au sein d'une masse corporelle et peuvent être considérés comme proportionnels à cette masse.

$$dP/dt = \alpha.P^m - \beta.P^n \quad (1)$$

.  $\alpha$  et  $m$ : constantes d'anabolisme

.  $\beta$  et  $n$ : constantes de catabolisme.

L'équation (1) conduit à l'expression suivante:

$$P = P_A(1 - ce^{-kt})^a \quad c, k, a \text{ et } P_A \text{ (poids adulte) sont quatre constantes.}$$

Le modèle de LAIRD (1965, in BENEVENT, 1981) est fondé sur l'observation suivante: la vitesse de croissance spécifique  $s$  décroît régulièrement avec le temps de façon exponentielle:

$$s = A.e^{-at}$$

En représentation semi-logarithmique, les points expérimentaux sont alignés approximativement sur une droite de pente  $-a$ .

$A$  représente la valeur théorique calculée de  $s$  au temps  $t=0$ .

Le modèle utilise l'équation de GOMPertz (JOLIVET, 1983):

$$P = P_0.e^{[A(1-e^{-at})/a]}$$

Les 3 modèles cités au § 2.2.1.3. ont été comparés sur la base de leur ajustement avec les résultats expérimentaux.

L'ajustement du modèle de von BERTALANFFY n'a pas été satisfaisant. Le logiciel utilisé ("UW89, Ajustement non linéaire", VAGNON P., MASSON J.P., PIERRE J.S., 1989), n'a pas permis l'utilisation de l'ensemble des données mesurées. De plus l'encadrement des 4 constantes de l'équation nécessitait une quantité de données supérieure à celle représentée par les moyennes calculées.

Pour le modèle de LAIRD, l'ajustement réalisé avec le logiciel STAT-ITCF (Régression non linéaire), a été très satisfaisant (coefficient de détermination proche de 1). Mais le modèle de VERHULST, ajusté avec le même outil informatique, a donné globalement des valeurs résiduelles inférieures. Pour son meilleur ajustement, le modèle de VERHULST a donc été choisi pour la représentation en continu de la croissance pondérale des larves étudiées.

### 2.2.2.2. Modèle de VERHULST

Pour le modèle de VERHULST, le taux d'accroissement  $s$  diminue sous forme d'une fonction linéaire décroissante de  $P$ , illustrée par la figure 5, d'équation:

$$s = -k(P/P_m) + k \quad (1)$$

L'intégration de (1) conduit à l'équation logistique de croissance:

$$P = P_m[1/(1 + be^{-kt})] \quad (2)$$

Trois constantes sont encadrées par itérations successives:

- $P_m$ : poids maximum théorique
- $k$ : valeur de  $s$  au temps  $t=0$  (la valeur maximale de  $s$ )
- $b = (P_m - P_0) / P_0$

Remarques:

\*le rapport entre les poids maximum et initial ou facteur multiplicateur, est lié à la constante  $b$  comme suit:  $(P_m / P_0) = 1 + b$

\*le poids maximum vers lequel tend l'évolution pondérale larvaire est une contrainte imposée par l'évolution discontinue de la taille de la larve.  $k$  est le taux d'accroissement en absence de l'effet inhibiteur (JOLIVET, 1982).

Dans notre étude, l'évolution pondérale des stades larvaires est donc représentée simultanément par:

- l'ensemble des poids moyens du groupe expérimental, calculés à intervalles de temps réguliers;
- le tracé de la courbe logistique de croissance, dont l'équation est obtenue à partir des poids moyens mesurés jusqu'à l'acquisition du poids maximum. L'ajustement du modèle aux données expérimentales est vérifié statistiquement, selon la méthode suivante:
  - en choisissant 2 paramètres, "Poids maximum" et "Facteur multiplicateur";
  - en constituant 2 échantillons, avec les valeurs "mesurées" et les valeurs "calculées" pour chaque stade, tous rythmes confondus;
  - en réalisant la comparaison des moyennes de ces 2 échantillons appariés (SCHERRER, 1984).

### 2.2.3. Evolution pondérale au cours des stades larvaires

Les constantes de l'équation logistique de croissance sont indiquées dans le tableau 17, ainsi que les valeurs expérimentales correspondantes.



**Tableau 17:**

Comparaison des valeurs mesurées expérimentalement avec les constantes de l'équation logistique de croissance obtenues après ajustement ( $P_m$ ,  $k$  et  $b$ ).

Remarque: la constante  $b$  est liée au facteur multiplicateur par la relation:  $b=(P_m/P_o)-1$

STADE	RYTHME	FACTEUR					
		POIDS MAXIMUM		MULTIPLICATEUR			k
		mesuré (mg)	calculé (mg)	mesuré $P_m/P_6$	calculé $P_m/P_6$	$P_m/P_o$	
<i>Rodolia chermesina</i>							
1 er	6h	0,789	0,792	8,28	10,37	15,01	0,067
	12h	0,887	0,928	9,72	10,89	15,35	0,062
	24h	0,934	0,923	9,41	10,75	14,86	0,059
	48h	0,909	0,907	10,58	11,66	15,94	0,052
2 ème	6h	2,614	2,591	3,61	3,95	5,78	0,081
	12h	2,993	2,816	3,40	3,35	4,70	0,075
	24h	3,197	3,063	3,26	3,20	4,23	0,064
	48h	2,667	2,242	1,98	1,67	2,20	0,098
3 ème	6h	9,555	9,455	3,50	3,65	5,00	0,069
	12h	10,120	10,927	2,99	3,12	3,93	0,054
	24h	8,705	8,461	2,76	2,73	3,48	0,060
4 ème	6h	21,684	21,543	2,23	2,18	2,67	0,058
	12h	18,372	17,444	1,97	1,88	2,22	0,055
	24h	18,367	18,123	2,20	2,15	2,44	0,038
<i>Rodolia cardinalis</i>							
1 er	6h	0,216	0,191	5,97	5,41	6,84	0,047
	24h	0,238	0,212	6,41	6,41	8,64	0,058
	48h	0,253	0,242	4,60	5,32	7,35	0,064
2 ème	6h	0,714	0,776	3,12	3,51	4,34	0,048
	24h	0,872	0,873	3,69	3,92	4,95	0,051
	48h	0,737	0,669	1,88	1,68	1,98	0,060
3 ème	6h	2,699	2,583	3,86	3,56	4,40	0,047
	12h	3,063	3,028	4,19	4,38	6,36	0,077
	24h	2,866	2,598	4,60	4,21	6,13	0,078
4 ème	6h	8,837	9,880	3,30	3,62	4,25	0,036
	12h	9,672	11,415	3,29	3,99	4,89	0,044
	24h	8,177	8,307	2,92	2,95	3,55	0,045

### 2.2.3.1. *Rodolia cardinalis*

Les représentations graphiques et en annexes les données numériques, sont présentées pour les différents rythmes de renouvellement de la proie:

6 heures	stades 1 à 4	figure 6	annexe 6
12 heures	stades 3 et 4	figure 7	annexe 7
24 heures	stades 1 à 4	figure 8	annexe 8
48 heures	stades 1 et 2	figure 9.	annexe 12

Les poids maximaux et finaux sont regroupés figure 10. Les poids moyens sont suivis de l'intervalle de confiance et classés par la méthode de STUDENT-NEWMAN-KEULS au risque de 5% après une analyse de variance.

Les différents rythmes de renouvellement de la proie n'ont d'influence ni sur le poids maximum, ni sur le poids final à l'exception du deuxième stade au rythme de 24 heures et du stade 4, où le poids à l'entrée en nymphose est significativement supérieur avec le renouvellement toutes les 12 heures.

D'une façon générale, les évolutions pondérales présentent une progression assez régulière jusqu'au poids maximum. Dans le premier tiers du développement, les gains pondéraux sont croissants, ce qui se traduit par une légère concavité du tracé. La forme sigmoïde n'est obtenue qu'au rythme 6 heures avec le premier stade.

L'interprétation graphique des courbes logistiques de croissance fait penser à une correspondance médiocre du modèle avec les évolutions pondérales mesurées, sauf au rythme 24 heures pour les premier et quatrième stades.

Mais, la comparaison statistique entre les valeurs moyennes calculées et celles mesurées indique une concordance correcte à tous les stades (tableau 18).

L'examen des taux d'accroissement au temps zéro (constante  $k$  de l'équation logistique de croissance, tableau 17), indique que les potentiels théoriques de croissance sont:

- pour les 3 premiers stades, croissants lorsque le renouvellement de la proie est espacé;
- et qu'au quatrième stade, ils diffèrent peu d'un rythme de renouvellement à l'autre.

**Tableau 18:**

Comparaison statistique entre les valeurs données par le modèle de VERHULST et les valeurs expérimentales mesurées.

Légende:  $P_m$  et  $b$  : deux constantes de l'équation du modèle  
 $d$  : moyenne des  $n$  différences observées  
 $s_d$  : erreur type  
 $t_{\alpha/2}$  est donnée par la table de STUDENT,  $v=n-1$ ,  $\alpha=0,05$   
Variable  $|t_d| = (d / s_d)$

Stades	Variable $ t_d $			Valeur critique $t_{\alpha/2}$	Equivalence
	pour le Poids maximum $P_m$	pour le Facteur multiplicateur $P_m/P_6=1+b$			
	<i>R. cardinalis</i>				
L1	2,877	0,176	<	4,296	acceptée
L2	0,050	0,937	<	4,296	acceptée
L3	2,031	1,077	<	4,296	acceptée
L4	2,054	1,863	<	4,296	acceptée
	<i>R. chermesina</i>				
L1	0,676	<b>6,181</b>	>	<b>3,183</b>	<b>refusée</b>
L2	2,238	0,149	<	3,183	acceptée
L3	0,568	1,592	<	4,296	acceptée
L4	1,8311	2,976	<	4,296	acceptée

### 2.2.3.2. Rodolia chermesina

Les représentations graphiques et en annexes les données numériques, sont présentées pour les différents rythmes de renouvellement de la proie:

6 heures	stades 1 à 4	figure 11	annexe 9
12 heures	stades 1 à 4	figure 12	annexe 10
24 heures	stades 1 à 4	figure 13	annexe 11
48 heures	stades 1 et 2	figure 14	annexe 12

Les poids maximaux et finaux sont regroupés figure 15. Les poids moyens sont suivis de l'intervalle de confiance et classés par la méthode de STUDENT-NEWMAN-KEULS au risque de 5% après une analyse de variance.

Aux premier et deuxième stades, le rythme 6 heures induit un poids maximum significativement plus faible que le rythme 24 heures. Au troisième stade, le rythme 24 heures entraîne un poids maximum plus faible. Au quatrième stade, le poids maximum atteint au rythme 6 heures est significativement supérieur à ceux obtenus avec les autres rythmes. Pour le poids final, les résultats comparatifs vont dans le même sens que pour le poids maximum.

L'examen des graphiques montre que la forme quasi-linéaire de l'évolution pondérale du stade 2 aux rythmes 6, 12 et 24 heures est mal reproduite par la courbe logistique.

De même que pour *R. cardinalis*, la comparaison statistique entre valeurs moyennes calculées et mesurées indique une concordance correcte (tableau 18); seule exception, l'équivalence du facteur multiplicateur au premier stade est rejetée: le modèle calcule un poids initial ( $P_0$  ou  $P_6$ ) plus faible que le poids mesuré, si bien que la valeur du rapport  $P_m/P_6$  donnée par le modèle est surestimée.

## 2.3. Consommation

La consommation mesurée au cours d'un stade larvaire peut être considérée sous 3 aspects complémentaires:

- 1- la consommation mesurée pendant toute la durée du stade, quantifie le niveau de prédation en terme de "proies attaquées" ou de "matière fraîche" absorbée;
- 2- le nombre de proies attaquées, exprimé conjointement avec la durée du stade, indique l'importance relative de l'activité prédatrice;
- 3- la répartition de la consommation pendant la durée du stade permet de connaître l'évolution des besoins alimentaires.

Les consommations cumulées moyennes sont comparées par le test non paramétrique de comparaisons multiples effectué d'une façon identique au test STUDENT-NEWMAN-KEULS, au risque de 5% (SCHERRER, 1984).

### 2.3.1. Consommation des larves de *Rodolia cardinalis*

La consommation cumulée des 4 stades larvaires est présentée figure 16. Elle ne diffère pas significativement entre les rythmes de renouvellement de la proie, à l'exception du stade 2, pour lequel la consommation cumulée est supérieure au rythme de 48 heures.

En relation avec les résultats précédents, on peut faire les constatations suivantes:

- pour le premier stade larvaire, le même niveau de consommation a lieu au rythme 24 heures comme au rythme 48 heures; mais dans ce dernier cas, il est réalisé pendant une période plus courte. Dans les 2 cas, poids maximum et amplitude pondérale sont équivalents; mais au rythme 48 heures, le poids maximum est atteint plus rapidement.

- pour le deuxième stade larvaire, la consommation avec le rythme 48 heures est significativement plus importante et plus rapide que celle réalisée avec le rythme 24 heures. Par contre, le poids maximum atteint est significativement inférieur à celui correspondant au rythme 24 heures. Le rendement global du stade larvaire est le rapport de l'amplitude pondérale réalisée sur la consommation cumulée correspondante (FERRAN, 1982). Pour le deuxième stade, la consommation supérieure réalisée avec le rythme 48 heures s'accompagne d'un rendement inférieur.

- pour le troisième stade larvaire, les rythmes 12 et 24 heures ne modifient ni les quantités consommées ni la durée de consommation. Le poids maximum dans chacun des cas n'est pas non plus différent.

- pour le quatrième stade larvaire, la consommation cumulée et le poids maximum ne diffèrent pas entre les rythmes 12 et 24 heures. Mais, au rythme 24 heures, la consommation s'étend sur une période significativement plus longue, le poids maximum est atteint plus tardivement et le poids final reste significativement inférieur à celui enregistré pour le rythme de 12 heures.

#### Conclusion:

Le rythme de renouvellement de 48 heures permet aux larves de *R. cardinalis* de s'alimenter plus rapidement pendant les stades larvaires 1 et 2, et, au stade 2, en quantité supérieure, par rapport au rythme de 24 heures.

Comparé au rythme de renouvellement de 24 heures, le rythme de 12 heures permet aux larves du stade 4, à partir d'une consommation

équivalente, d'entrer plus rapidement en nymphose avec un poids final significativement supérieur.

### 2.3.2. Consommation des larves de *Rodolia chermesina*

La consommation cumulée pour les 4 stades larvaires est présentée figure 17. Pour les stades 1 et 3, la consommation cumulée ne différencie pas les rythmes comparés. Par contre, au deuxième stade le rythme de 48 heures permet une consommation significativement inférieure à celles des rythmes de 12 et 24 heures. Au quatrième stade, le rythme de 24 heures s'accompagne d'une consommation supérieure à celle du rythme de 12 heures.

Tenant compte des résultats sur la durée des stades et le niveau des poids maximums atteints, on remarque:

- pour le premier stade; il n'y a pas de différence entre les 3 rythmes 12, 24 et 48 heures, pour les poids maximums et finaux. La consommation, également équivalente, est réalisée sur une période plus longue au rythme de 48 heures.

- pour le deuxième stade; la consommation des larves ne diffère pas entre les rythmes de 12 et 24 heures. Elle est significativement plus faible au rythme de 48 heures. Bien que la durée totale du stade ne différencie pas les 3 rythmes, la période précédant l'acquisition du poids maximum et le niveau des poids maximums montrent que le rythme de 48 heures permet d'atteindre plus tardivement un poids maximum plus faible que le rythme de 24 heures.

- pour le troisième stade; les rythmes 12 et 24 heures induisent des consommations cumulées identiques, réparties sur une durée moyenne du stade également équivalente. Par contre, le poids maximum atteint est plus important au rythme de 12 heures qu'au rythme de 24 heures, la conclusion est identique en ce qui concerne le poids final. Le rendement est donc meilleur avec le rythme de 12 heures.

- pour le quatrième stade; les larves consomment davantage lorsque la proie est renouvelée toutes les 24 heures. Elles atteignent plus tardivement un poids maximum équivalent et entrent en nymphose également plus tard. Du point de vue du rendement alimentaire, ce rythme est supérieur au rythme de 12 heures et se traduit essentiellement par une durée de stade plus courte.

Conclusion :

Le renouvellement de la proie toutes les 48 heures, par rapport aux rythmes de 12 et 24 heures entraîne un allongement du premier stade, et au deuxième stade, un surcroît de consommation accompagné d'un allongement de la période antérieure à l'acquisition du poids maximum.

**Tableau 19:**

Consommation et gains pondéraux moyens des stades larvaires de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et de *Rodolia chermesina* Mulsant, selon le rythme de renouvellement de la proie.

Remarque: le rendement alimentaire est calculé sur la période qui précède l'acquisition du poids maximum.

Stades	CONSOMMATION (mg)				Amplitude pondérale (mg)	Rendement alimentaire (%)
	avant Pm	après Pm	Totale	cumulée		
<i>R. cardinalis</i> Rythme 12 heures						
L3	4,049	0,638	4,687	4,687	2,331	49,73
L4	12,026	0,389	12,415	17,102	6,734	54,24
<i>R. cardinalis</i> Rythme 24 heures						
L1	0,434	0,096	0,53	0,53	0,2	37,74
L2	1,38	0,005	1,385	1,915	0,636	45,92
L3	4,017	1,413	5,43	7,345	2,243	41,31
L4	10,57	2,008	12,578	<b>19,923</b>	5,375	42,73
<i>R. cardinalis</i> Rythme 48 heures						
L1	1,108		1,108	1,108	0,198	17,87
L2	1,94		1,94	3,048	0,346	17,84
<i>R. chermesina</i> Rythme 12 heures						
L1	1,606		1,606	1,606	0,795	49,50
L2	3,724	0,445	4,169	5,775	2,113	50,68
L3	11,503	0,867	12,37	18,145	6,736	54,45
L4	17,089	4,349	21,438	<b>39,583</b>	9,061	42,27
<i>R. chermesina</i> Rythme 24 heures						
L1	1,671	0,264	1,935	1,935	0,835	43,15
L2	3,757	1,408	5,165	7,1	2,218	42,94
L3	9,915	0,952	10,867	17,967	5,553	51,10
L4	26,203	4,119	30,322	<b>48,289</b>	10,034	33,09
<i>R. chermesina</i> Rythme 48 heures						
L1	1,222		1,222	1,222	0,823	67,35
L2	3,372		3,372	4,594	1,319	39,12

Les rythmes de 12 et 24 heures n'entraînent pas de différences significatives pour les 2 premiers stades. Par contre, pour le troisième stade, pour une consommation semblable, le poids maximum est plus élevé avec le rythme de 12 heures. Au quatrième stade, la consommation est plus faible avec le rythme de 12 heures, mais l'entrée en nymphose est plus rapide.

### 2.3.3. Comparaison de la consommation des larves de *Rodolia cardinalis* et de *Rodolia chermesina*

La comparaison de la consommation cumulée des 2 espèces montre que les larves de *R. chermesina* consomment davantage que celles de *R. cardinalis*. (tableau 19). Globalement, la consommation des 4 stades larvaires de *R. cardinalis* équivaut à celle des 3 premiers stades de *R. chermesina*.. La différence de consommation des larves des 2 espèces peut donc être assimilée à la consommation du quatrième stade de *R. chermesina*.

Le renouvellement de la proie a une incidence sur les conditions d'alimentation: qualité de la proie, perturbation de la larve. Les 2 espèces étudiées réagissent différemment. Une proie renouvelée seulement toutes les 48 heures semble convenir parfaitement au premier stade de *R. cardinalis* : durée minimale du stade et consommation maximale. C'est tout le contraire pour *R. chermesina* : allongement de la durée du stade et consommation réduite. Pour les 2 espèces, le poids maximum reste inchangé par rapport à des renouvellements de proie plus fréquents.

*R. chermesina* réagit dès le troisième stade larvaire, lorsque le rythme de renouvellement passe de 24 à 12 heures, en améliorant son rendement alimentaire: même consommation, mais poids maximum atteint plus élevé. Cette réaction n'a lieu pour *R. cardinalis* qu'au stade suivant.

Les 2 espèces ont une réaction semblable au quatrième stade lorsque la proie est renouvelée toutes les 12 heures: l'entrée en nymphose se réalise plus rapidement avec un poids final sensiblement supérieur. Par contre, seule *R. chermesina* présente une consommation cumulée supérieure lorsque sa proie est renouvelée 2 fois moins souvent.

### 2.3.4. Rendement alimentaire

La consommation est mesurée tout au long du stade larvaire conjointement avec la croissance pondérale. Le rendement alimentaire est le rapport de ces 2 mesures . Dans le tableau 19, la consommation et la variation pondérale correspondante sont représentées pour *R. cardinalis* et *R. chermesina*.



**Tableau 20:**

Matrice de corrélations totales dressée entre la consommation du 3eme stade larvaire de *Rodolia chermesina* Mulsant et 7 autres données expérimentales relatives à la même séquence alimentaire (de 12 heures).

Nombre de séquences alimentaires: 126

Remarque: les séquences alimentaires sont situées AVANT l'acquisition du poids maximum

Légende:

- consommation pendant la séquence alimentaire c
- âge de la larve A
- poids de la larve au début de la séquence alimentaire L
- poids de la proie au début de la séquence alimentaire P
- gain pondéral réalisé à la séquence alimentaire précédente g - 1
- consommation réalisée à la séquence alimentaire précédente c - 1
- croissance pondérale réalisée depuis le début du stade larvaire ΣG
- consommation cumulée depuis le début du stade larvaire. ΣC

	A	L	P	g - 1	c - 1	ΣG	ΣC	c
A	1,000							
L	0,618	1,000						
P	-0,210	-0,009	1,000					
g - 1	-0,246	0,210	0,165	1,000				
c - 1	-0,203	0,037	0,635	0,442	1,000			
ΣG	0,716	0,814	-0,168	0,144	-0,020	1,000		
ΣC	0,441	0,449	0,180	0,016	0,357	0,421	1,000	
c	-0,515	-0,404	0,079	0,243	0,181	-0,406	-0,266	1,000

La consommation a lieu principalement avant l'acquisition du poids maximum, quelque soit le rythme de renouvellement de la proie. L'examen des courbes présentées en annexes 13 à 15 pour *R.cardinalis* et en annexes 16 à 18 pour *R.bermesina*, montre que pendant la période qui précède la mue, la consommation réalisée n'est plus accompagnée par une croissance pondérale régulière; aux 2 derniers stades, les larves des 2 espèces perdent du poids malgré la poursuite des prises alimentaires.

Pendant le premier stade, la larve de *R.bermesina* consomme plus d'une seule cochenille. Sa croissance pondérale, nettement ralentie en fin de séquence alimentaire de 48 heures, s'accroît après le renouvellement de la proie, probablement en relation avec l'amélioration de la qualité de son alimentation.

Le calcul du rendement alimentaire est limité à la période pendant laquelle les gains pondéraux sont réguliers. Les valeurs indiquées dans le tableau 19 correspondent au rapport de la consommation moyenne cumulée (jusqu'à l'acquisition du poids maximum), sur le montant de l'amplitude pondérale ( $P_m/P_6$ ). Ce rendement est une expression globale des performances moyennes du stade larvaire; chaque séquence alimentaire permet le calcul d'un rendement alimentaire.

### 2.3.5. Facteurs régulateurs de la consommation

Avant l'acquisition du poids maximum, la consommation des larves de *R.bermesina* au cours d'une séquence alimentaire de 12 heures est faiblement corrélée avec 3 des 7 paramètres utilisés:

- l'âge de la larve (-0,515);
- la croissance pondérale réalisée depuis le début du stade (-0,406);
- le poids de la larve en début de séquence alimentaire (-0,404).

De plus, la consommation cumulée depuis le début du stade apparaît liée à l'âge de la larve (coefficient de corrélation 0,441).

Ces résultats suggèrent l'existence, sur la période d'un stade larvaire, d'une relation entre la consommation de la larve et son passé immédiat (son âge et les gains pondéraux déjà réalisés au cours de ce stade). Mais, la consommation, qui semble avoir lieu en continu, pourrait être régulée par d'autres facteurs, qualitatifs et physiologiques; leur effet régulateur serait immédiat ou différé avec un temps de réponse non décelé dans les conditions de cette recherche.

### 3. Discussion des résultats

Un travail comparatif des stades larvaires doit pouvoir contribuer à une meilleure connaissance des 2 espèces et conduire à l'appréciation de leur activité d'auxiliaire prédateur.

#### 3.1. Suivi de la croissance: les pesées

Les 2 caractéristiques principales des larves de Coccinellidae sont leur survie et leur consommation. En effet, leur participation à la dynamique de l'espèce se limite à leur potentiel de futur adulte, et dépend de leur développement pré-imaginal.

La consommation alimentaire est une expression satisfaisante de leur activité prédatrice, exercée sur des territoires de chasse restreints. Le suivi pondéral, mieux que la mesure de toutes autres dimensions corporelles (longueur), est un moyen fidèle d'enregistrer les conséquences physiologiques de cette consommation, résumées sous le terme de croissance.

##### 3.1.1. Modèles et équations mathématiques

Un modèle de croissance s'accompagne de certaines hypothèses concernant l'entité pour laquelle il a été développé. S'il décrit la croissance d'une population bactérienne, son application et son interprétation ne seront pas les mêmes que pour une croissance démographique ou pour la croissance d'un animal d'élevage.

Dans le cas particulier de la croissance pondérale d'une larve de coccinelle, l'utilisation d'un modèle existant ne peut se faire sans une perte de précision. Son ajustement aux données expérimentales mesurées conduit à la détermination des constantes de l'équation, qui modifient l'allure de la courbe sans en changer la nature originale (exponentielle, sigmoïde...).

Le modèle de VERHULST fournit des valeurs très proches des données expérimentales mesurées en début et en fin du stade:  $P_m$  et  $P_m/P_6$ . D'une façon générale, l'allure de la courbe logistique traduit moins bien les variations pondérales entre les 2 valeurs  $P_6$  et  $P_m$ . Néanmoins, une représentation satisfaisante peut être obtenue aussi bien avec une évolution pondérale presque rectiligne (*R. chermesina* ou *R. cardinalis* stade 4, rythme 24) comme avec une forme sigmoïdale (*R. chermesina*, stade 1, rythme 6). Dans ce dernier cas, une déformation a lieu sur les premières 24 heures.

L'idéal aurait été peut-être de créer un modèle spécifique pour comparer les différents rythmes de renouvellement de la proie. Il n'est pas sûr d'ailleurs que le même modèle aurait pu convenir à *R.cardinalis* comme à *R.bermesina*.

### 3.1.2. Rythmes des pesées

Lorsque le poids moyen d'un groupe de larves est mesuré à intervalles réguliers, se pose le problème du rythme des pesées. Le poids des larves évolue en permanence, sous l'effet des prises alimentaires et des pertes naturelles par déshydratation et excrétion. La précision du suivi pondéral sera alors augmentée par le rapprochement des pesées.

A l'opposé, un intervalle trop court peut gêner les larves dans leur alimentation et introduire un artéfact important. La limite inférieure de cet intervalle est définie techniquement par le temps requis pour la pesée d'une larve (et le renouvellement de sa ration alimentaire), multiplié par l'effectif du groupe étudié. Mais il faut également tenir compte des préparatifs de ce travail (collecte des proies), de la disponibilité du matériel de pesée,... et du repos de l'expérimentateur.

### 3.1.3. Interprétation des courbes pondérales

La forme du tracé des courbes indique par sa régularité si la croissance s'est déroulée dans des conditions optimales ou difficiles. Le poids maximum atteint au cours du stade joue un rôle pivot pour l'interprétation. En le diminuant du poids initial, on obtient l'ampleur de la croissance (amplitude pondérale).

L'équation de la courbe logistique est un produit entre le poids maximum théorique et un coefficient réducteur. Ce coefficient marque la progression pondérale vers un niveau maximum en tenant compte de l'amenuisement du taux de croissance avec l'âge.

Ainsi, les constantes de l'équation logistique ( $P_m$ ,  $b$  et  $k$ ), renseignent sur l'ampleur de la croissance et sur sa rapidité.

Le facteur multiplicateur ( $P_m/P_o = 1+b$ ) complète la description des courbes en exprimant le poids initial par rapport au poids maximum; le tableau 17 montre que:

- le premier stade larvaire présente la plus forte croissance, quelque soit le rythme de renouvellement de la proie; le poids initial de *R.bermesina* est multiplié en moyenne par 9,5; pour *R.cardinalis*, il est multiplié par 5,7.

- cette supériorité s'inverse pour les stades 3;

- les 2 espèces présentent des facteurs multiplicateurs équivalents pour leur deuxième stade: le poids initial est presque doublé avec le rythme de renouvellement de 48 heures, et multiplié par 3,4 avec les autres rythmes.

- au stade 3, *R. chermesina* multiplie son poids initial par 3,1 en moyenne; *R. cardinalis* par 4,2;
- au stade 4, *R. chermesina* multiplie son poids initial par 2,1 en moyenne; *R. cardinalis* par 3,2;

## 3.2. Mesure de la consommation

### 3.2.1. Unité de mesure de la consommation

L'activité prédatrice est souvent exprimée en nombre de proies attaquées. Ce nombre peut être traduit ultérieurement en milligrammes de matière fraîche consommée après avoir soustrait, du poids moyen d'une proie intacte, le poids de ce que le prédateur abandonne après consommation (dépouille).

Dans le cas du couple *Icerya/Rodolia*, la proie attaquée couvre très largement les besoins alimentaires des larves. Par exemple *R. cardinalis* peut réaliser ses 2 premiers stades larvaires en se nourrissant seulement de 2 femelles d'*I. seychellarum* avec ovisac. De plus, il a été observé qu'en présence de plusieurs proies, une jeune larve de *R. chermesina* se nourrit d'une seule cochenille et ne la quitte que lorsque ses besoins alimentaires ne sont plus couverts. Mesurer la consommation en comptant les proies attaquées est donc imprécis. Il a été choisi alors de réduire à une seule cochenille la ration offerte, de la peser avant et après prédation et d'exprimer la consommation directement en poids de matière fraîche.

### 3.2.2. Caractéristiques de la ration alimentaire

La ration alimentaire, même réduite à une seule cochenille, doit rester pléthorique et attractive pour le prédateur, afin de ne pas le limiter dans la prise alimentaire. A fortiori, lorsque la ration est réduite à une seule cochenille, celle-ci doit impérativement répondre aux critères de préférence alimentaire et d'adéquation propres au prédateur, et à son stade de développement.

La proie "femelle d'*I. seychellarum* avec ovisac" n'a jamais été refusée par les larves des 2 espèces étudiées.

### 3.2.3. Rythmes de renouvellement de la ration alimentaire

La proie, ainsi définie, doit convenir au prédateur suffisamment longtemps pour qu'il puisse réaliser librement une consommation représentative de son potentiel. L'évolution des qualités organoleptiques de la cochenille prédatée ainsi que la diminution de son poids, peuvent inciter le prédateur à changer plus ou moins rapidement de proie.

Cet abandon modifie considérablement les modalités de sa consommation:

- réduction de la période d'alimentation,
- allocation du temps à la recherche d'une autre proie et prospection du pilulier,
- pertes de poids liées aux dépenses physiques non compensées par des prises alimentaires.

Ainsi le rythme de renouvellement de la cochenille a été recherché expérimentalement pour prévenir cet abandon.

Dans un premier temps, la base de 24 heures pour les 2 premiers stades larvaires et de 12 heures pour les 2 derniers a été déterminée.

Dans un deuxième temps, ces intervalles ont été doublés pour assurer artificiellement une durée plus longue d'utilisation des proies. Ces deuxièmes conditions d'alimentation, moins favorables, voulaient simuler une raréfaction des proies, en liaison avec une baisse des taux de contamination, où les cochenilles, devenues plus rares, seraient consommées avec un plus fort pourcentage d'utilisation.

A l'opposé, le rythme de renouvellement de 6 heures a été conduit pour rechercher des conditions optimales d'alimentation. Mais si ce rythme a permis une croissance pondérale supérieure pour les 2 derniers stades larvaires, les larves des 2 premiers stades n'ont pas bénéficié de la même façon des proies renouvelées.

La préparation de la proie (recherche d'un site pour les prises alimentaires, progression parmi les soies longues, écartement du velours ciréux dense, perforation du tégument de la cochenille) est plus longue pour les jeunes larves. Répartie cette fois sur 6 heures au lieu de 12, 24 ou 48 heures, elle diminue d'autant la durée effective de la période d'alimentation.

### 3.2.4. Rôles de l'ovisac

Toutes les femelles d'*I.seyhellarum* proposées aux larves étaient munies d'un ovisac. Cet étui presque clos est formé par la réunion de soies longues et résistantes, émises par des glandes situées sur la partie postérieure du corps de la femelle et en constitue le prolongement. Il est tout à fait possible de le supprimer en déchirant ses parois. Mais en

conditions naturelles, la femelle ne s'en sépare pas, contrairement à certaines pseudococcines, et les proies ont donc été utilisées telles que les larves de coccinelles peuvent les trouver sur les végétaux contaminés.

La sortie des cochenilles néonates contenues dans l'ovisac (où elles demeurent 24 à 48 heures après leur naissance), constitue pour la proie, une source probable de variation pondérale indépendante de la consommation des larves prédatrices.

Dans la pratique, les néonates égarées dans le pilulier étaient peu nombreuses. Leur sortie, sous le contrôle de facteurs abiotiques (HILL, 1980b) n'est généralement pas accrue par l'entrée progressive de la larve prédatrice dans l'ovisac.

Il a été remarqué aussi que les larves coccinelles des 4 stades consomment plus facilement les cochenilles néonates lorsqu'elles sont prisonnières dans l'ovisac et les oeufs fraîchement pondus avant qu'ils n'éclosent. De plus, outre les aspects nutritif et protecteur que l'ovisac peut offrir, il semble que l'extrémité postérieure de la femelle y soit moins protégée par les amas cireux et donc plus vulnérable à la prédation.

L'ovisac constitue un site de prédilection pour les prises alimentaires: œufs, larves mais aussi attaque du corps de la femelle.

### 3.3. Rendement alimentaire

Le rendement alimentaire relie la croissance pondérale et la consommation. Cette notion semble peu adaptée pour l'appréciation des qualités d'un prédateur. Celles-ci se mesurent habituellement en nombre de proies tuées et tient compte du comportement en situation de faible densité des proies.

Les rendements alimentaires de 2 auxiliaires ne devraient pas servir seuls pour leur comparaison. En effet, un prédateur qui présente un rendement inférieur, n'attaque pas automatiquement plus de proies, surtout lorsqu'une seule peut suffire pour le rassasier.

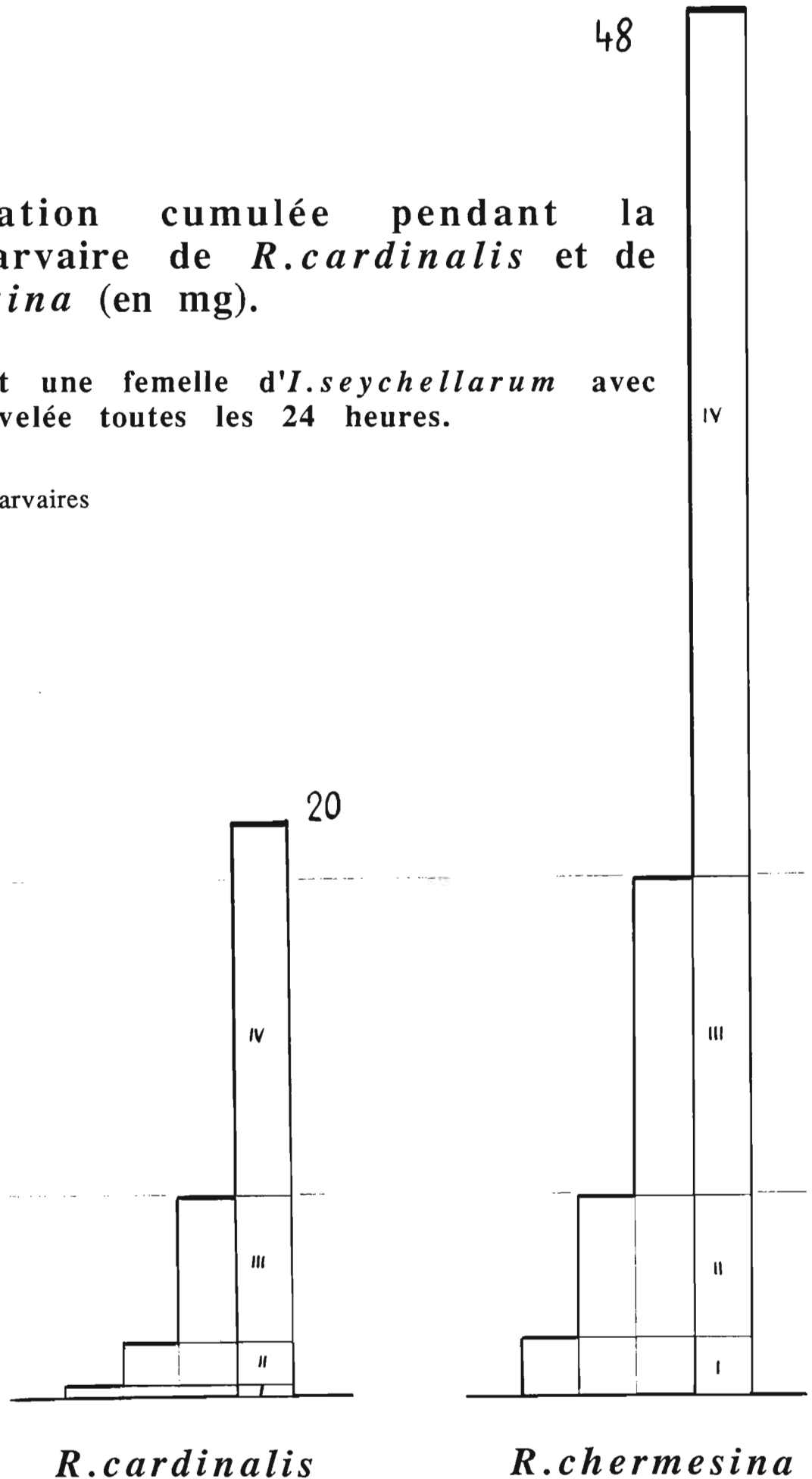
Dans le cas de la prédation d'*I.seychellarum*, l'étude montre que *R.thermesina* consomme davantage que *R.cardinalis*. Ses rendements alimentaires ne l'indiquent pas car l'amplitude pondérale de sa croissance est également supérieure.

Le rendement alimentaire n'est pas un bon élément de comparaison entre larves prédatrices, car la consommation et la croissance pondérale présentent une grande variabilité intraspécifique. Par exemple, en conditions optimales d'alimentation, une larve peut dépasser le niveau de consommation minimum suffisant pour son développement et réaliser une croissance pondérale supérieure aux dépens d'un plus grand nombre de proies (GERY, 1987).

Consommation cumulée pendant la période larvaire de *R. cardinalis* et de *R. chermesina* (en mg).

La proie est une femelle d'*I. seychellarum* avec ovisac renouvelée toutes les 24 heures.

I à IV: stades larvaires





## Conclusion

Les résultats obtenus montrent l'influence du rythme de renouvellement de la proie sur le déroulement de la croissance larvaire et la consommation de *R.cardinalis* et *R.thermesina*. Deux constatations principales peuvent être faites:

1) Nourries avec des femelles d'*I.seychellarum* avec ovisac, les larves de *R.thermesina* consomment davantage que celles de *R.cardinalis*.

Sur la base d'un renouvellement de la proie toutes les 24 heures, la consommation globale moyenne des 4 stades s'élève à 48,3 mg de matière fraîche pour les larves de *R.thermesina* contre 19,9 mg pour *R.cardinalis*.

De plus les 2 premiers stades de *R.thermesina* assument 14,7 % de cette consommation globale, contre 9,6 % pour *R.cardinalis*.

2) Les larves de *R.thermesina* semblent bénéficier davantage d'un renouvellement fréquent de la proie. A l'opposé, les larves de *R.cardinalis* montrent des performances supérieures lorsqu'elles se nourrissent plus longtemps sur la même proie. Cette différence de comportement est illustrée à plusieurs reprises:

\* lorsque la fréquence de renouvellement de la proie passe de 6 à 24 heures, la période prénymphe de *R.thermesina* augmente d'une journée (13 jours contre 14), alors qu'elle diminue pour *R.cardinalis* (13 jours contre 12,5);

\* l'acquisition du poids maximum est toujours plus rapide au rythme de 6 heures pour *R.thermesina*, quelque soit le stade. Mais pour *R.cardinalis*, le poids maximum est atteint plus rapidement aux 2 premiers stades avec le rythme de 48 heures, et avec le rythme de 12 heures au stade 4.

\* la durée totale du premier stade au rythme de 48 heures est la plus longue pour *R.thermesina* et la plus courte pour *R.cardinalis*.

\* le renouvellement toutes les 6 heures permet aux larves du quatrième stade de *R.thermesina* d'atteindre un poids maximum supérieur et d'entrer en nymphose avec un poids plus élevé par rapport aux rythmes de 12 ou de 24 heures. Pour les larves de *R.cardinalis*, cette supériorité est obtenue avec le rythme de 12 heures.

Les rythmes de renouvellement ont été choisis pour obliger les larves à se nourrir aux dépens de proies nouvelles ou déjà consommées en partie. Ce protocole met donc en évidence l'aptitude des larves à poursuivre leur alimentation aux dépens d'une proie déjà prédatée

## ***Rodolia cardinalis***

STADE	RYTHMES DE RENOUVELLEMENT DES PROIES	CONSOMMATION	REMARQUES
1	24 H.  48 H.	MEME CONSOM. (1 mg)	MEME Pmax  grande variabilité
<b>Rendement alimentaire inchangé</b>			

2	24 H.  48 H.	1,4 mg  ≤ 2 mg	Pmax supérieur  Durée plus courte
<b>Meilleur rendement alimentaire au rythme 24 h.</b>			

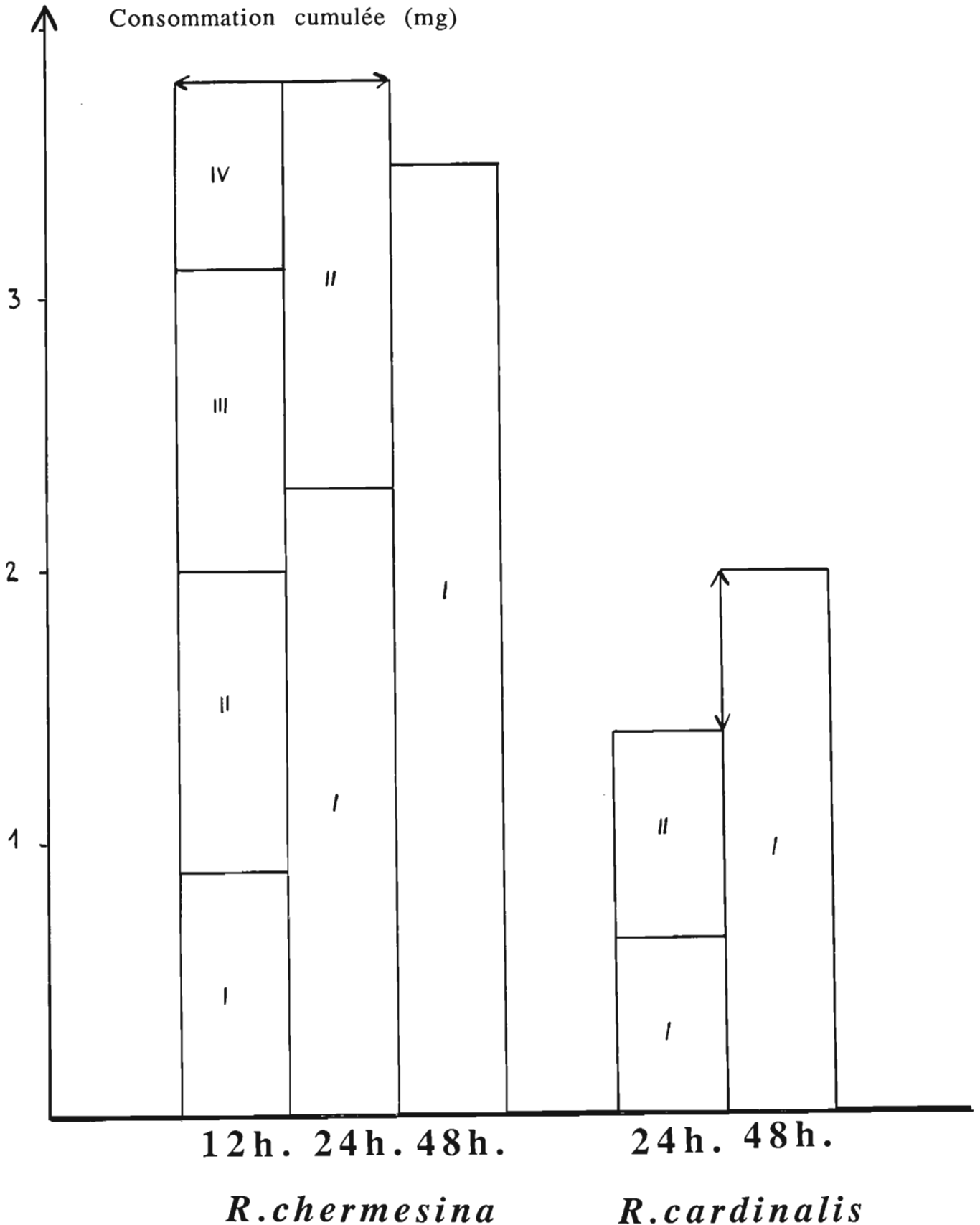
3	12 H.  24 H.	MEME CONSOM. (5 mg)	MEME DUREE et MEME Pmax
<b>Rendement alimentaire inchangé</b>			

4	12 H.  24 H.	MEME CONSOM. (12 mg)	Entrée en nymphose 15 h. plus tôt  MEME Pmax
<b>Rendement alimentaire inchangé</b>			

## ***Rodolia chermesina***

STADE	RYTHMES DE RENOUVELLEMENT DES PROIES	CONSOMMATION	REMARQUES
1	12 H.		
	24 H.	MEME CONSOM. (1,2 à 2 mg)	MEME Pmax
	48 H.	grande variabilité	10 h. de plus
<b>Rendement alimentaire inchangé</b>			
2	12 H.	4 mg	Pmax = 3 mg
	24 H.	5 mg	Pmax = 3,2 mg
	48 H.	3 mg	Pmax = 2,7 mg
<b>Rendement alimentaire inchangé</b>			
3	12 H.		Pmax = 10 mg
	24 H.	MEME CONSOM. (11 à 12 mg)	MEME DUREE Pmax = 8,7 mg
<b>Meilleur rendement alimentaire au rythme 12 h.</b>			
4	12 H.	CONSOM.(22 mg)	
	24 H.	CONSOM.(30 mg)	MEME Pmax
<b>Meilleur rendement alimentaire au rythme 12 h.</b>			

Influence du rythme de renouvellement de la proie sur la consommation de *R. cardinalis* et de *R. chermesina* pendant les 48 premières heures du 2eme stade larvaire. I à IV: nombre de proies attaquées



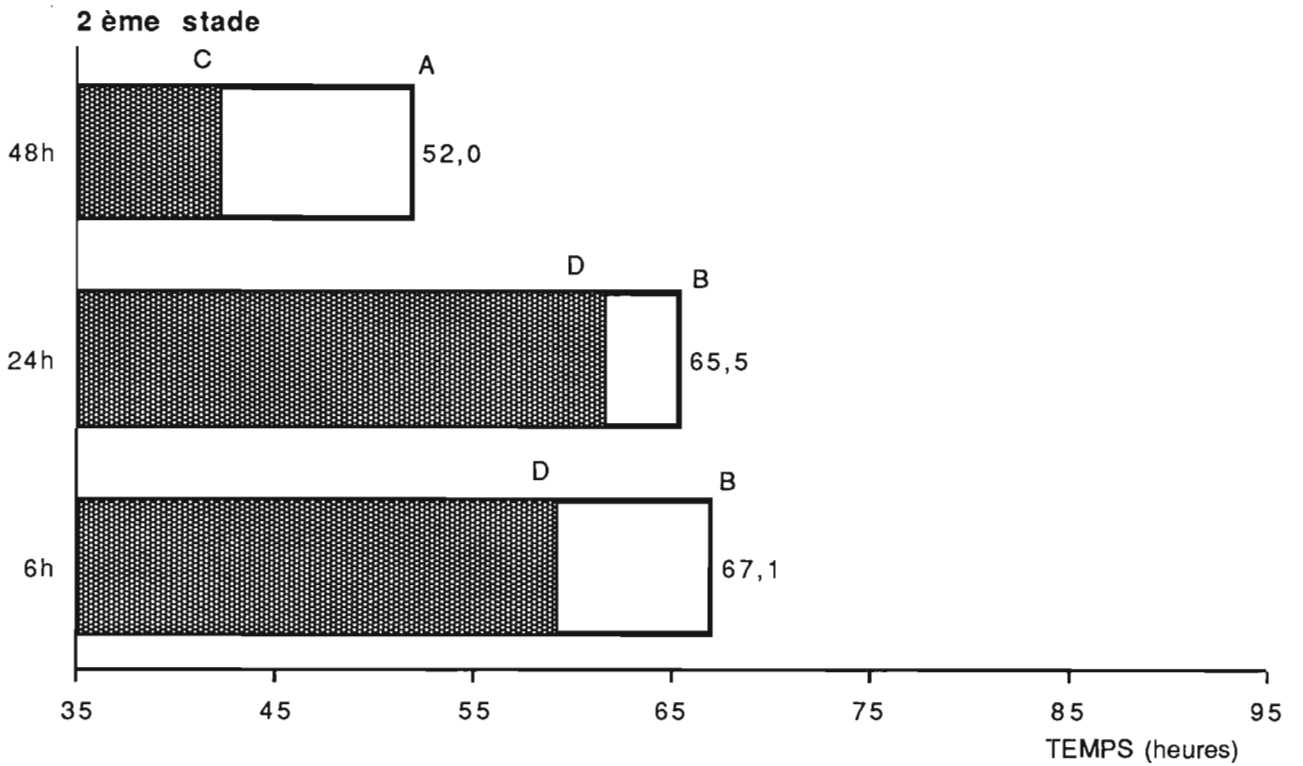
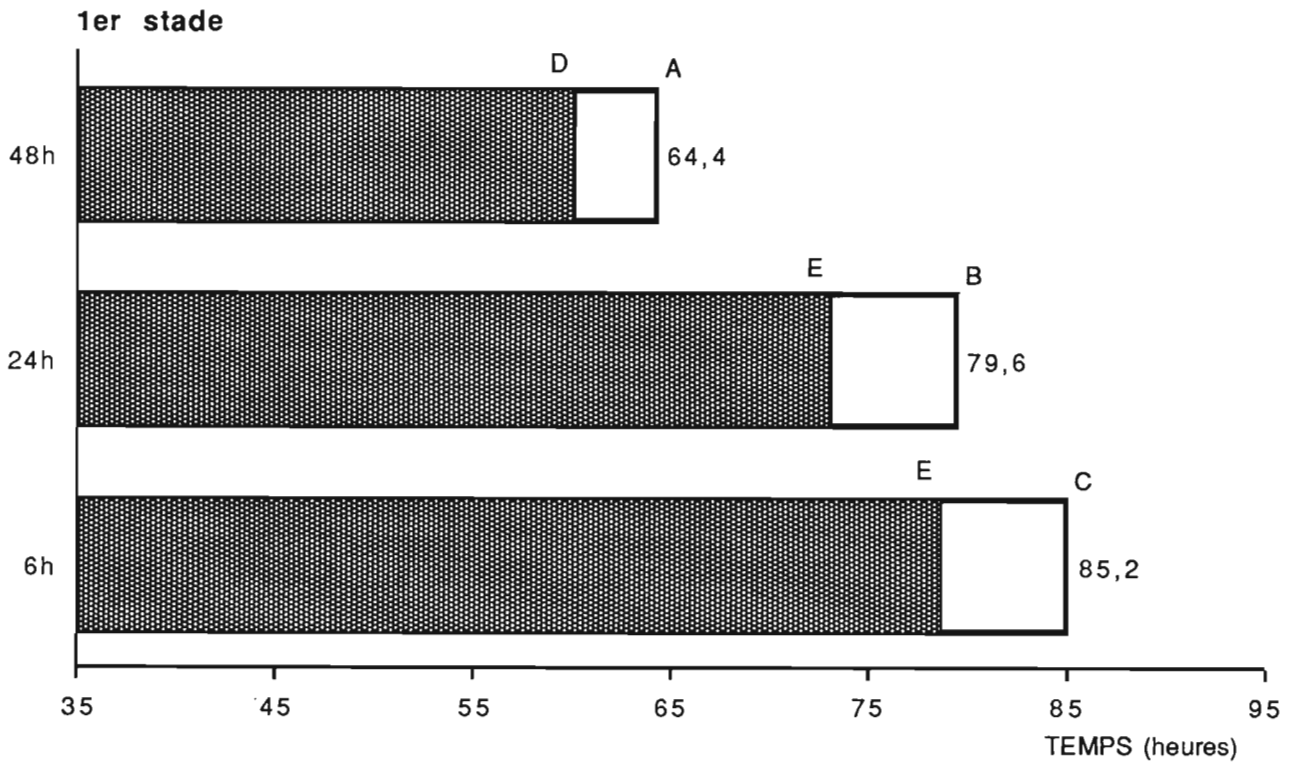
(important pour les stades 3 et 4); il montre également les capacités des stades larvaires à attaquer une proie indemne.

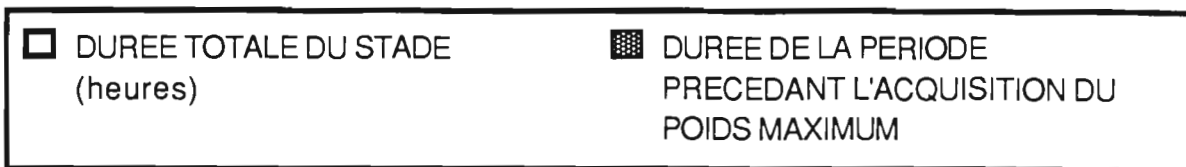
Ainsi, du point de vue de leur croissance pondérale et de leur consommation, les larves de *R. chermesina* semblent tirer davantage profit des proies récemment renouvelées, qui présentent au contraire, pour les larves de *R. cardinalis*, une adéquation moindre que si elles étaient déjà blessées et spoliées.

## **FIGURES DU CHAPITRE 2**

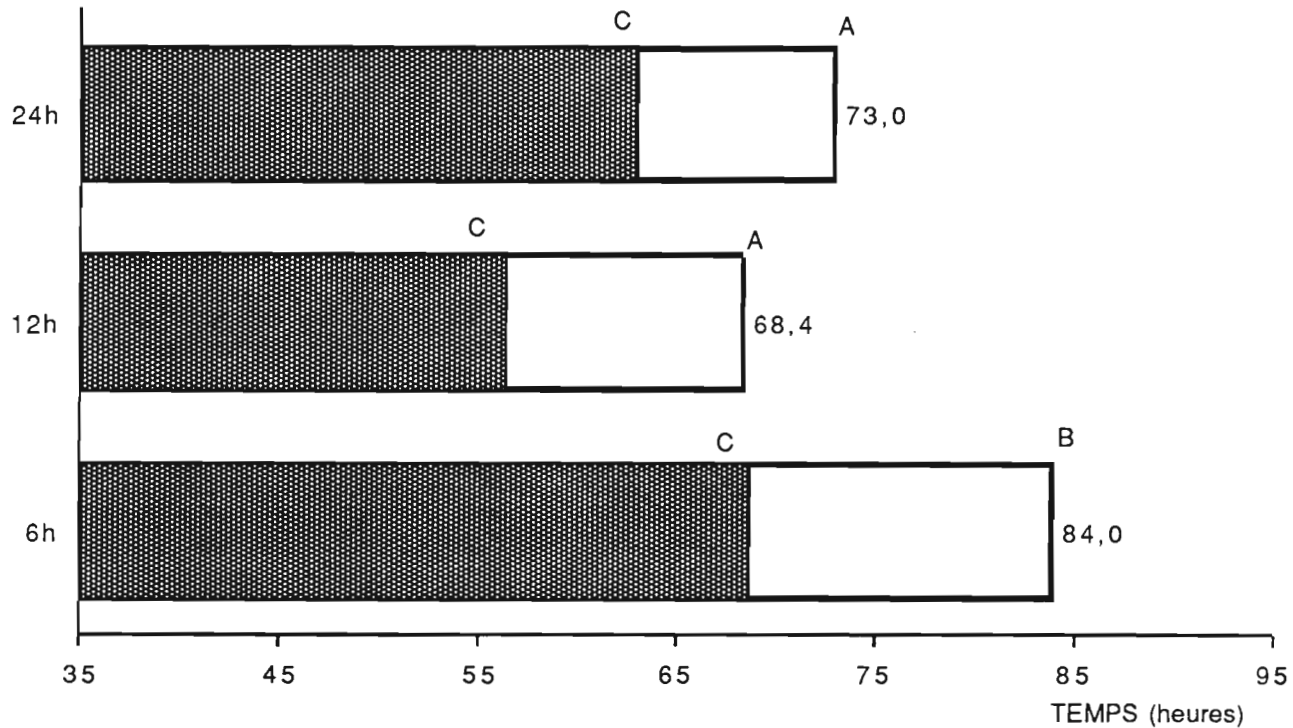
**Figure 3:**

Effet du rythme de renouvellement de la proie sur la durée des stades larvaires de *Rodolia cardinalis* (Mulsant).

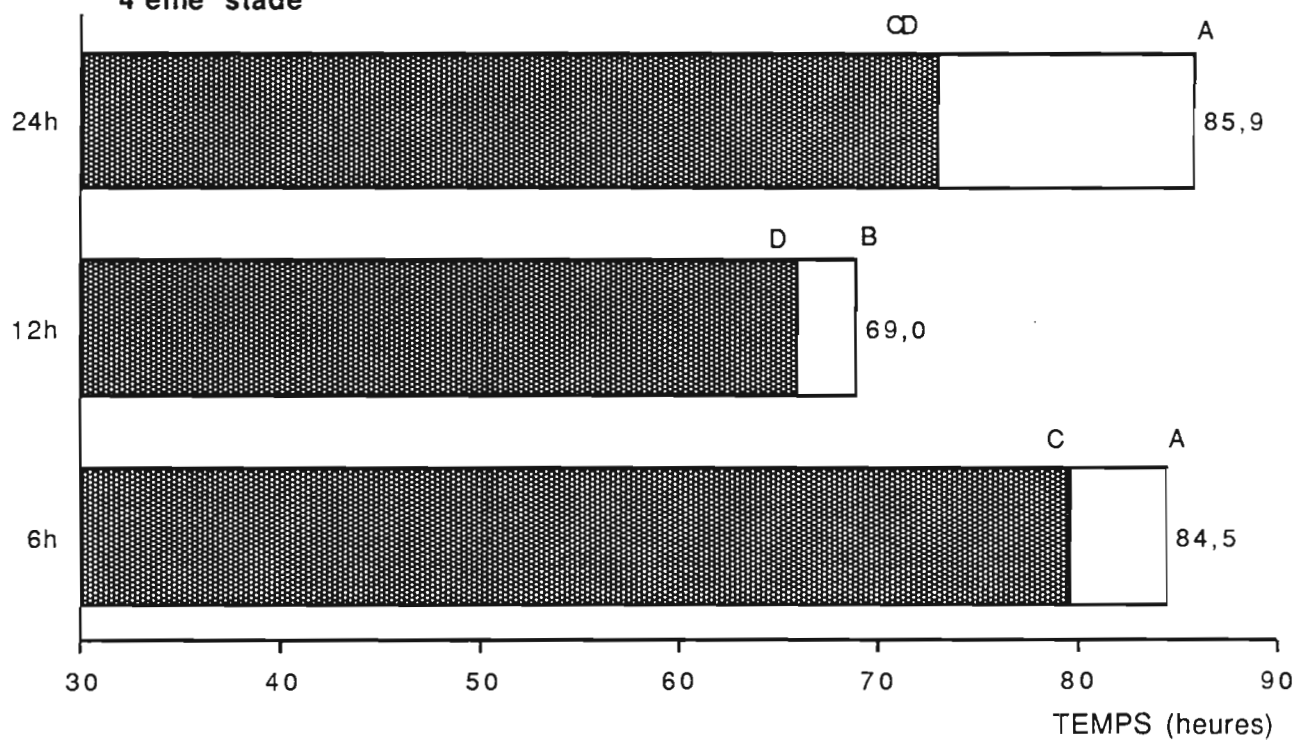




**3 ème stade**



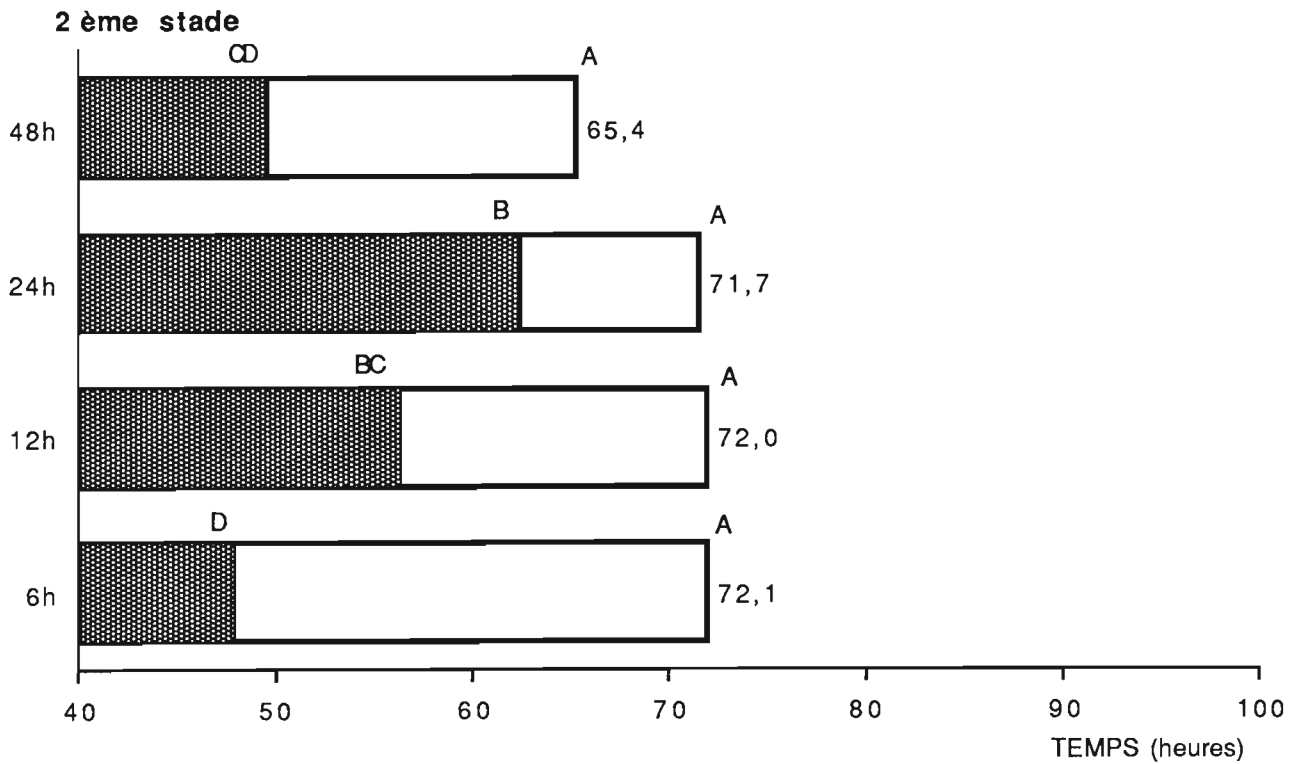
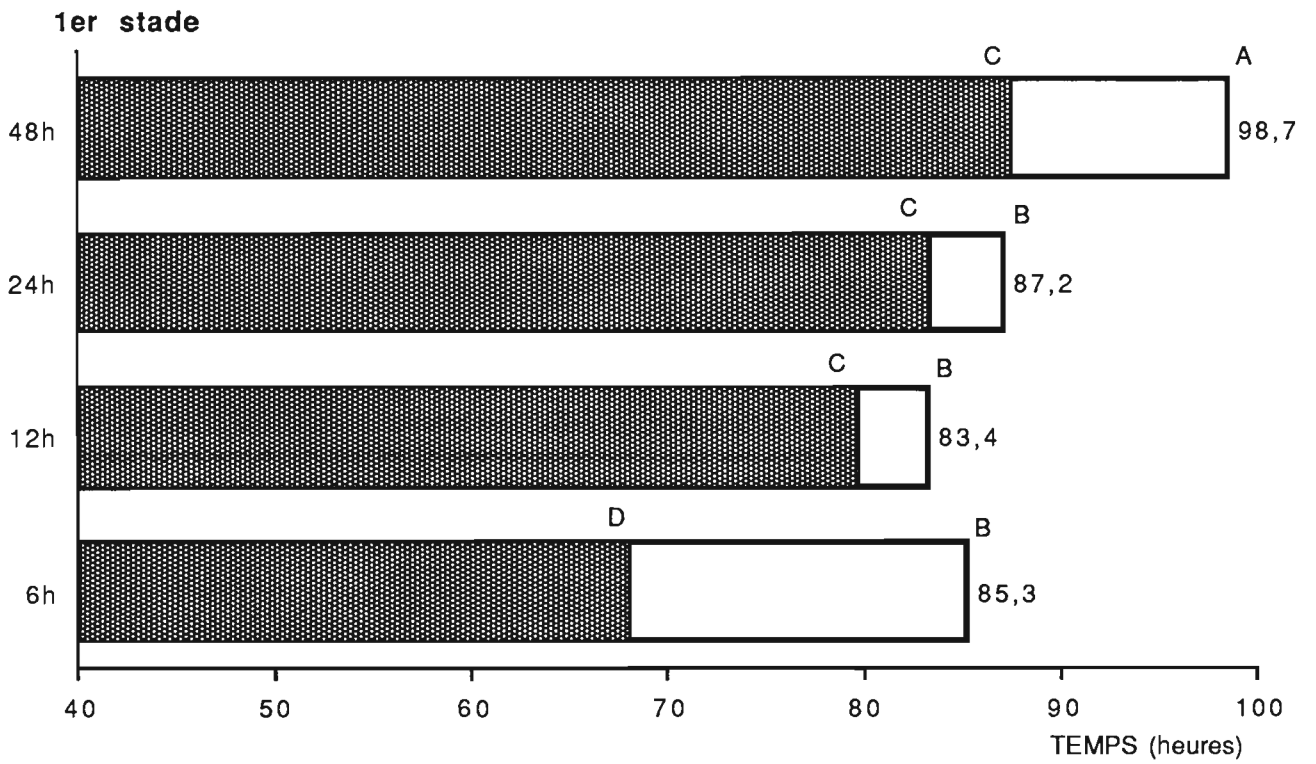
**4 ème stade**

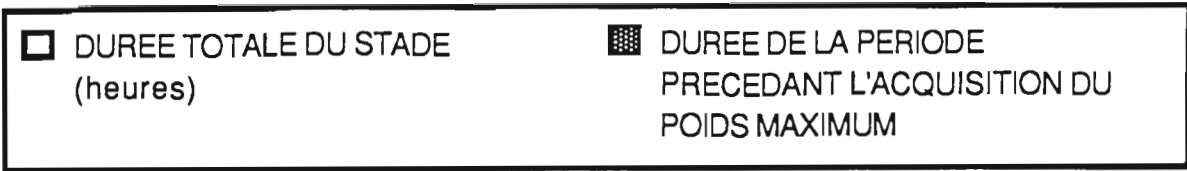




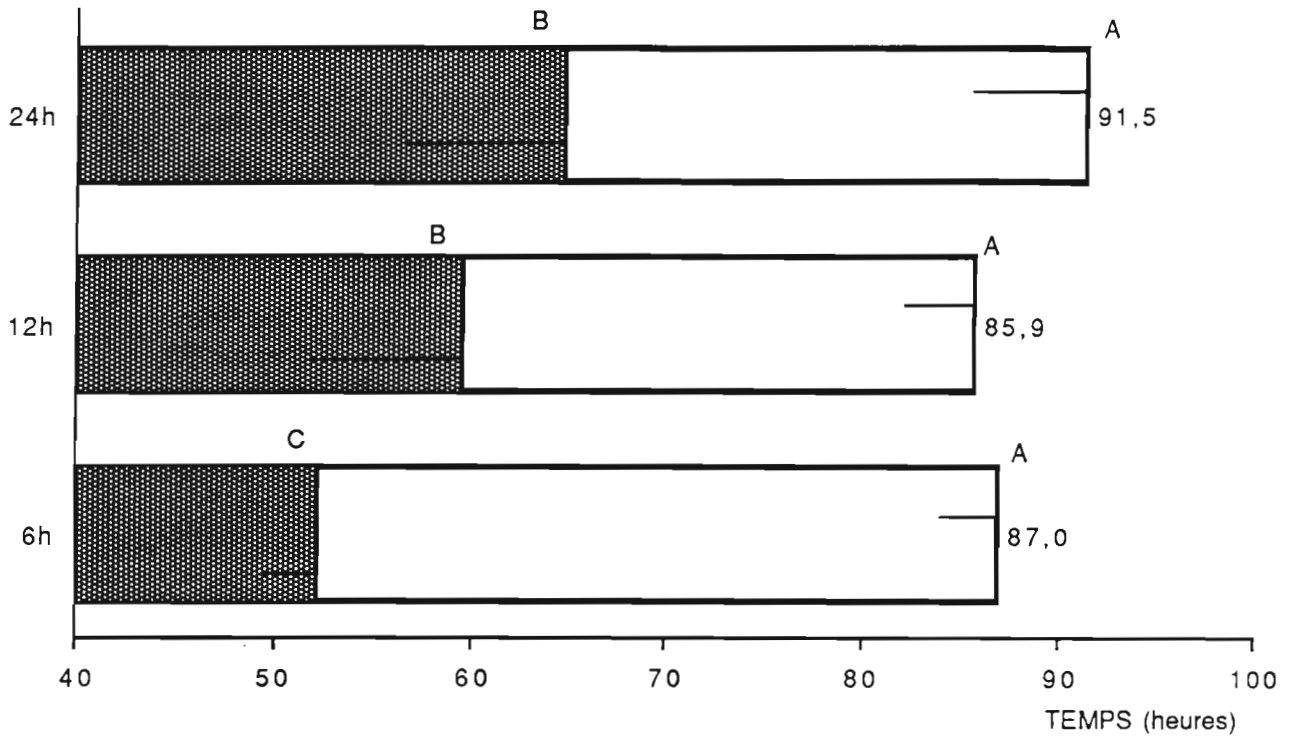
**Figure 4:**

Effet du rythme de renouvellement de la proie sur la durée des stades larvaires de *Rodolia chermesina* Mulsant.

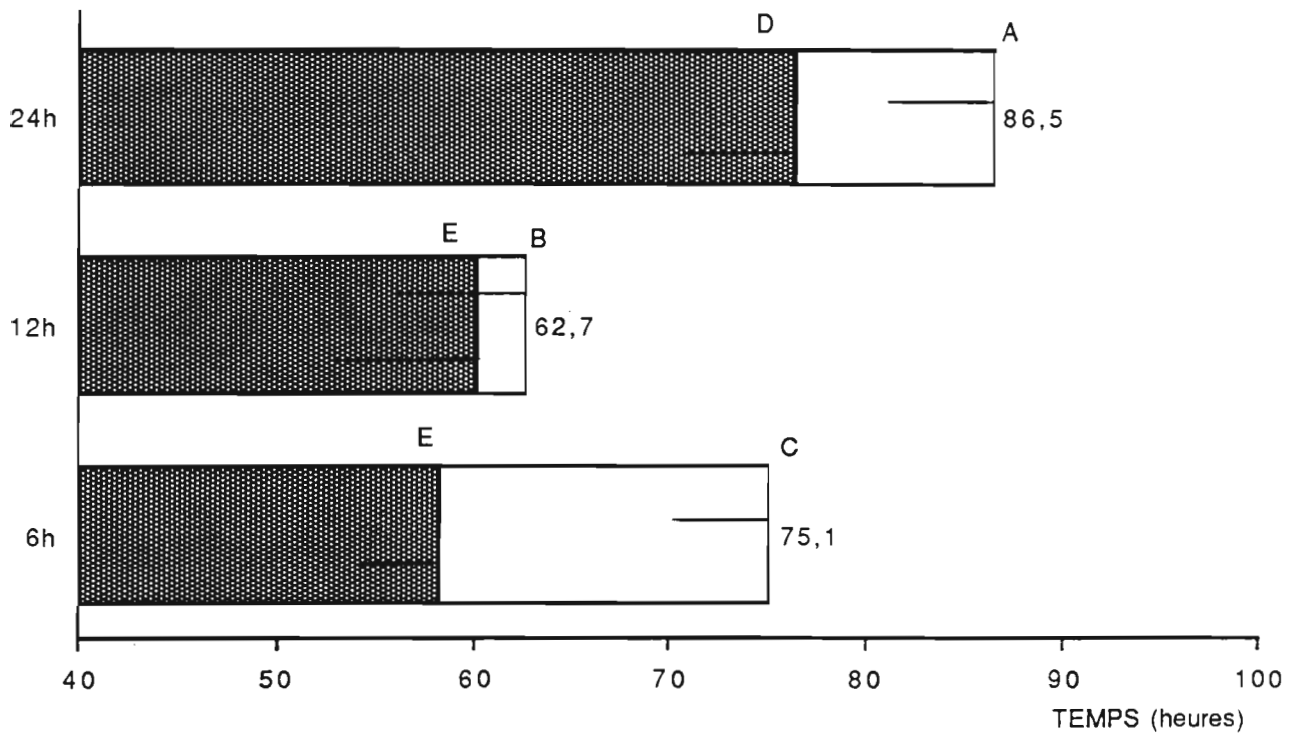


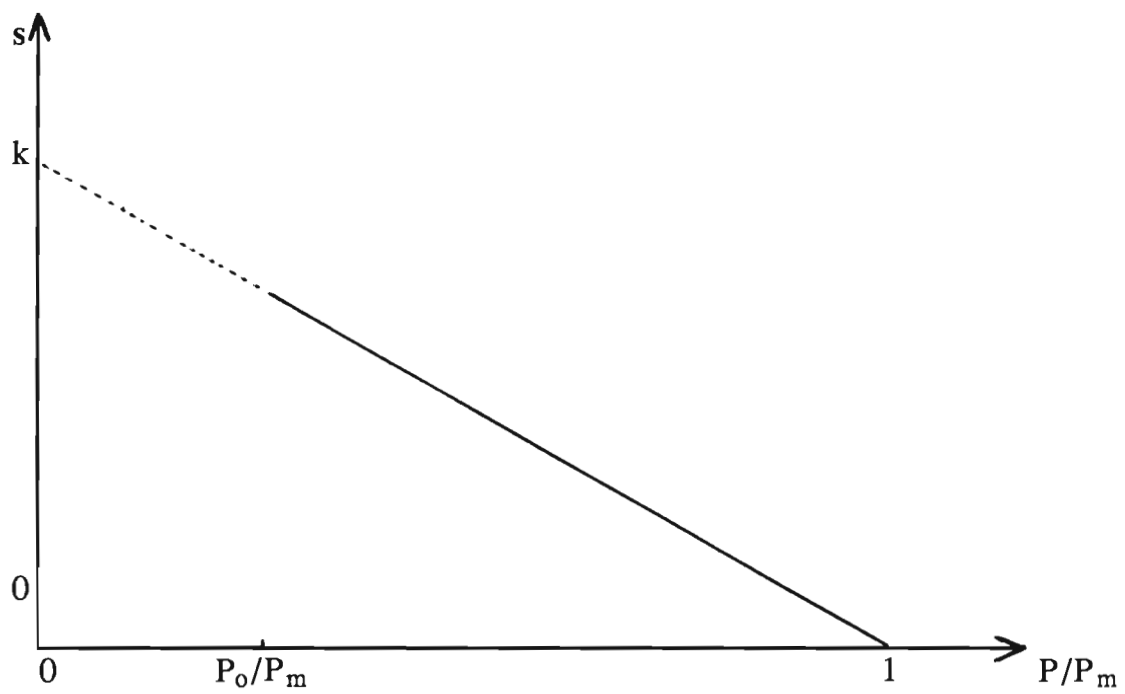


**3 ème stade**



**4 ème stade**





**Figure 5:**

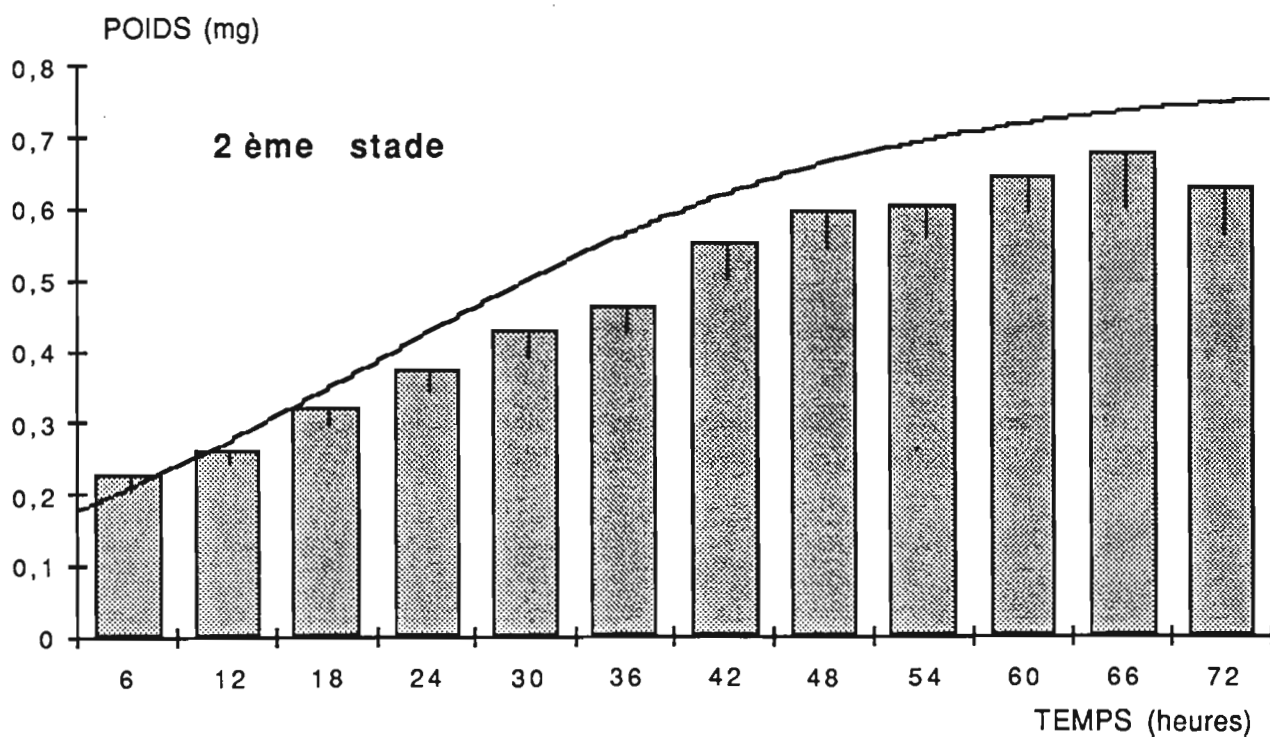
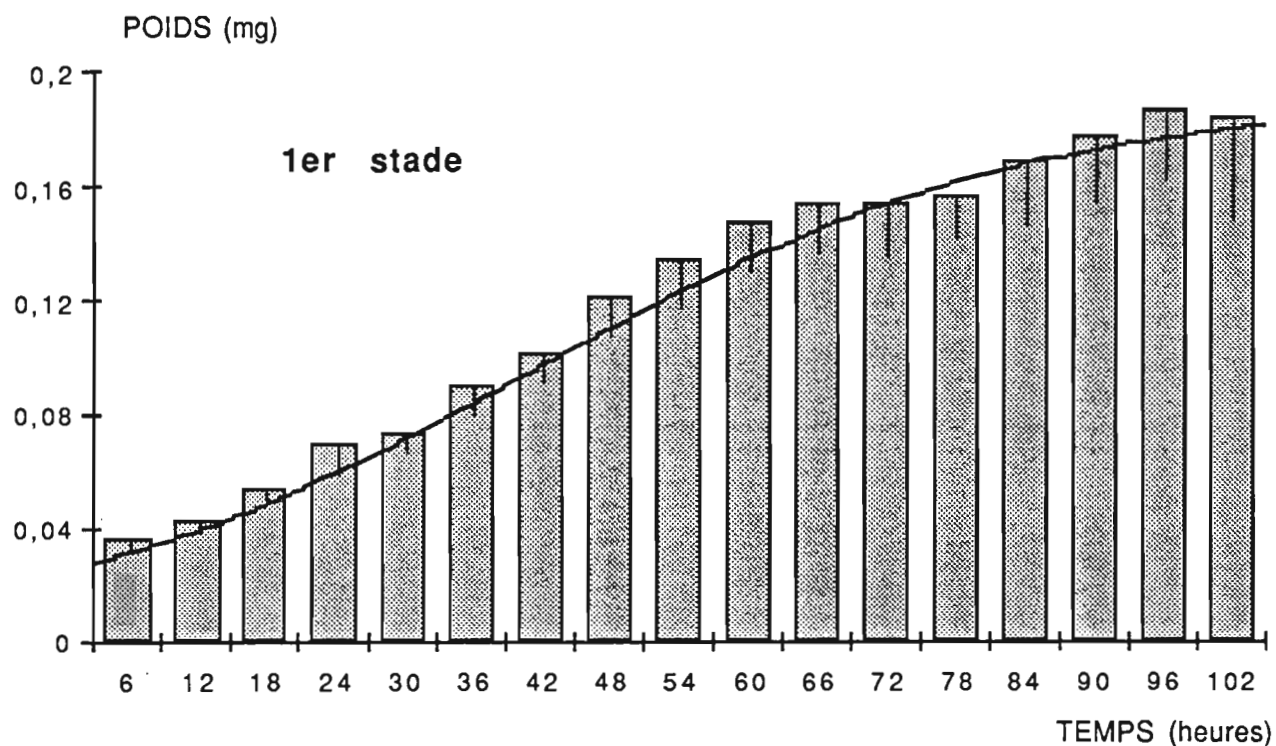
Diminution du taux d'accroissement  $s$  sous forme d'une fonction linéaire du poids  $P$  pour le modèle de Verhulst.

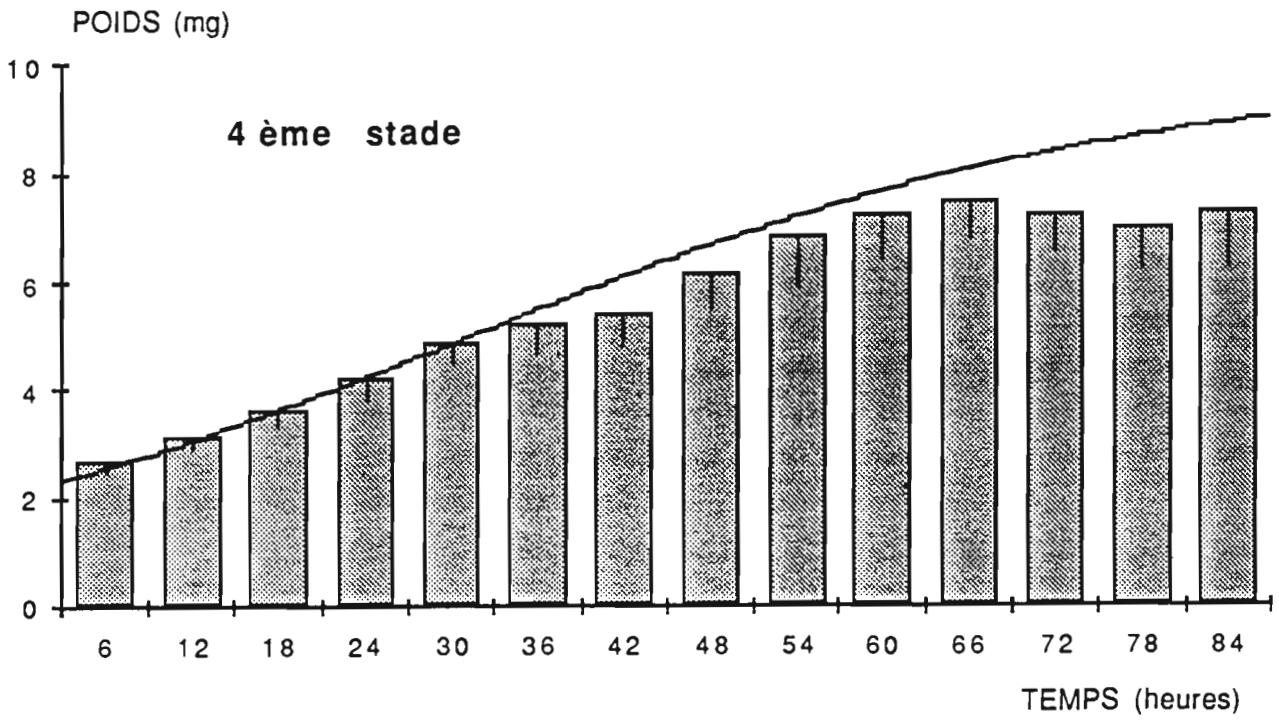
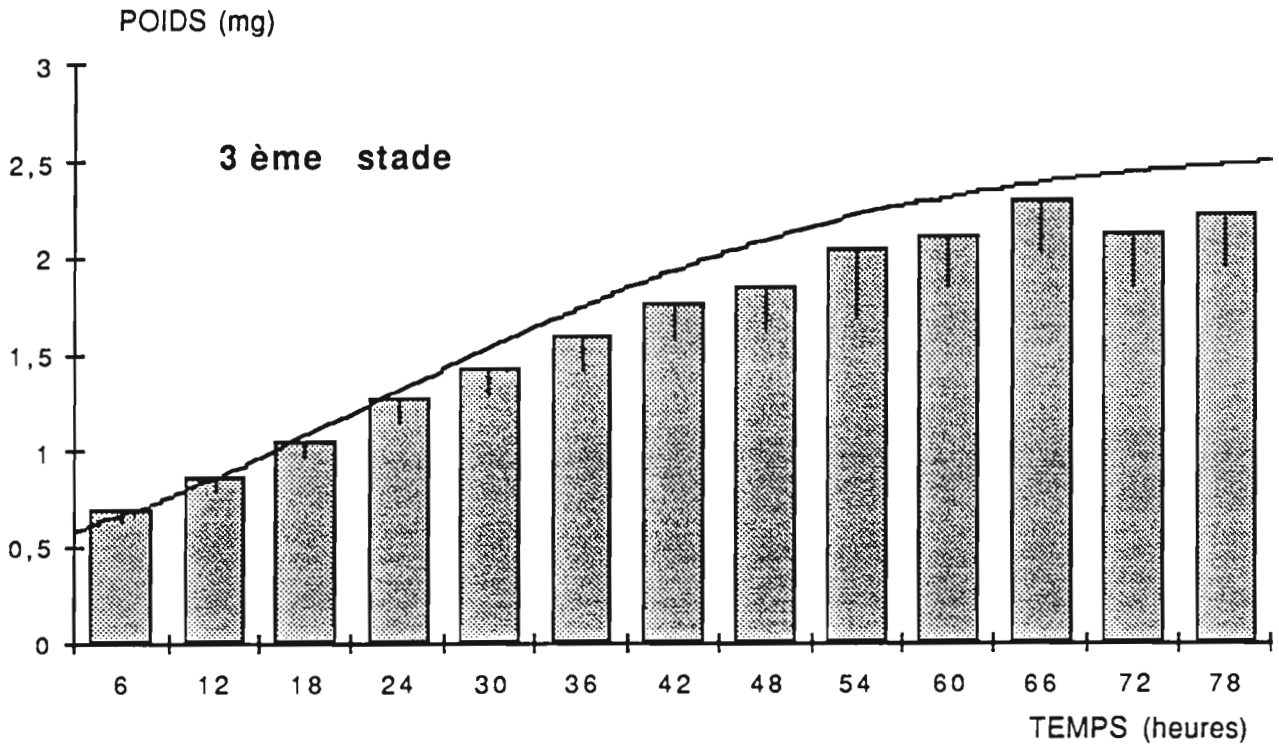
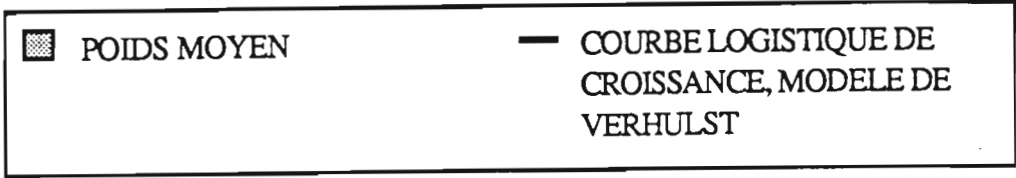
**Figure 6:**

Evolution pondérale de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) au cours des 4 stades larvaires.

Rythme des pesées : toutes les 6 heures;

Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 6 heures.



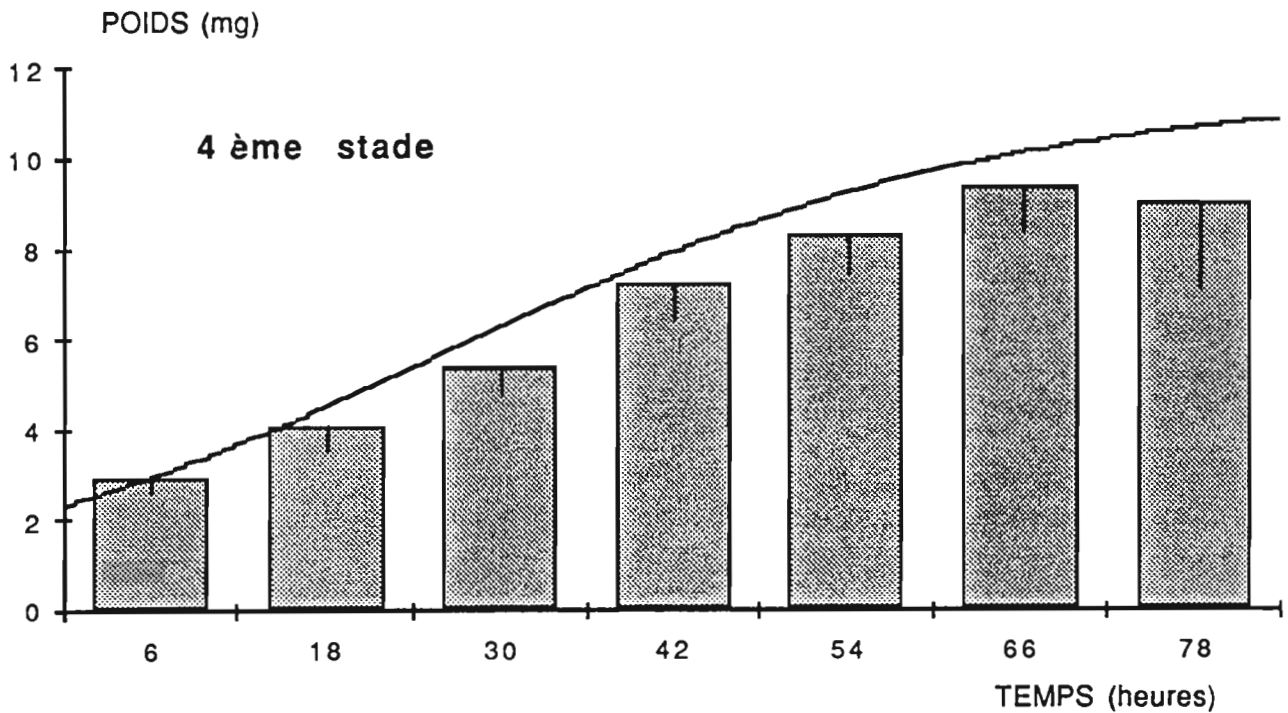
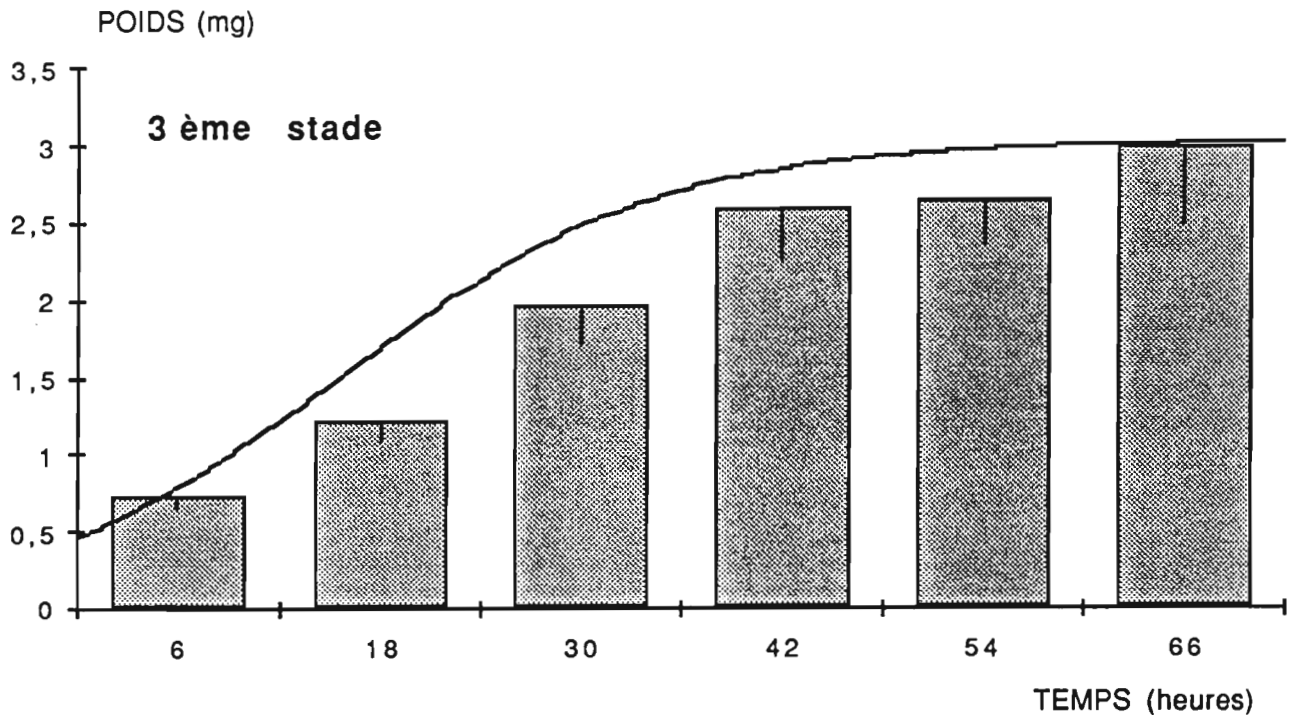


**Figure 7:**

Evolution pondérale de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) au cours des 2 derniers stades larvaires.

Rythme des pesées : toutes les 12 heures;

Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 12 heures.

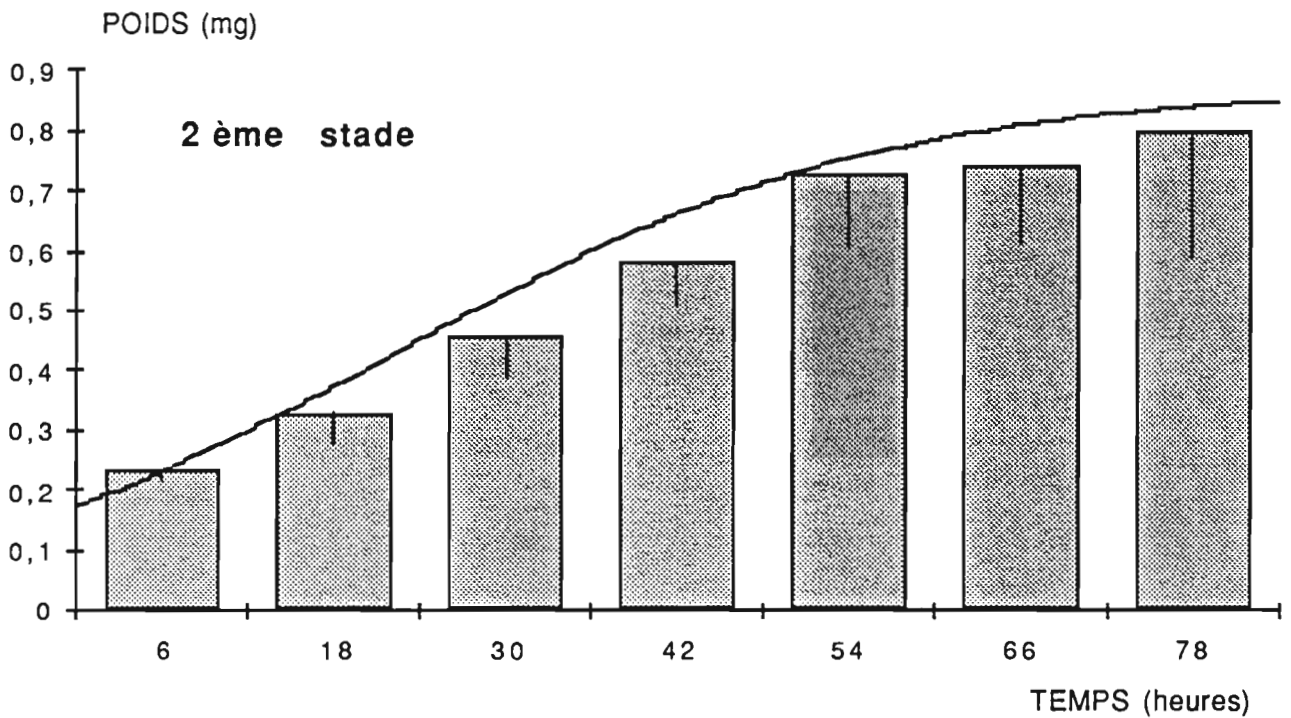
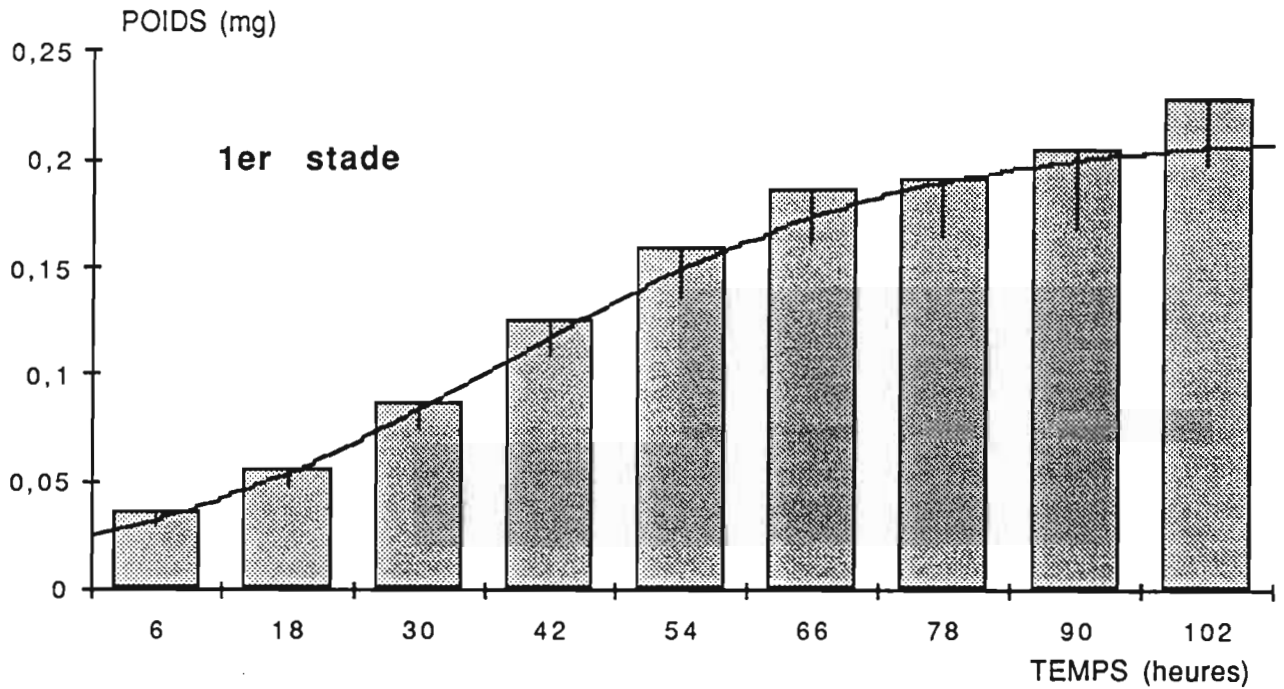


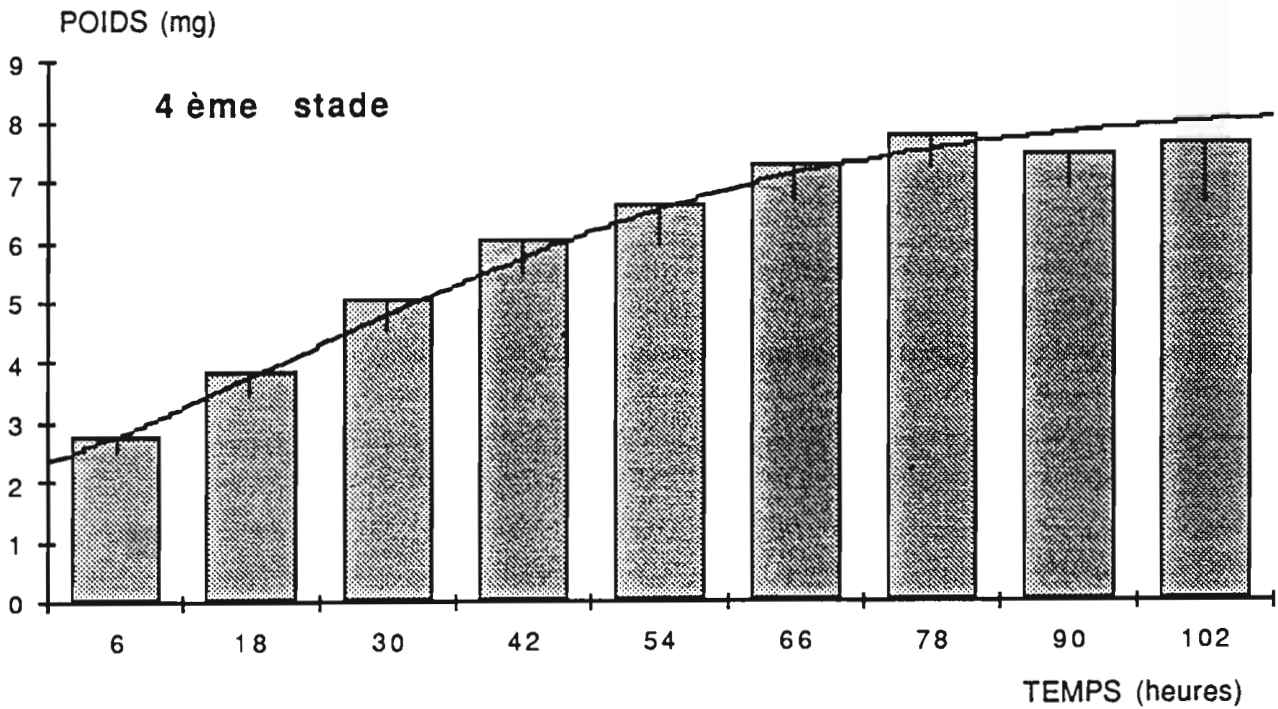
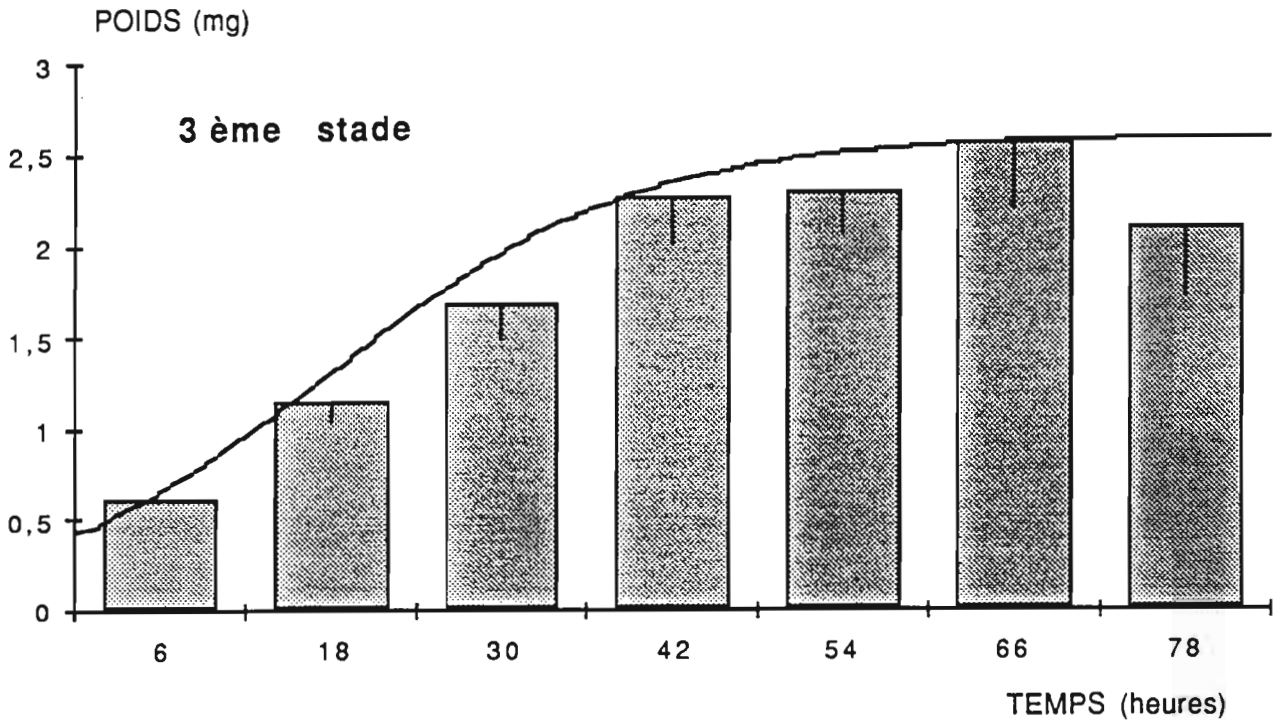
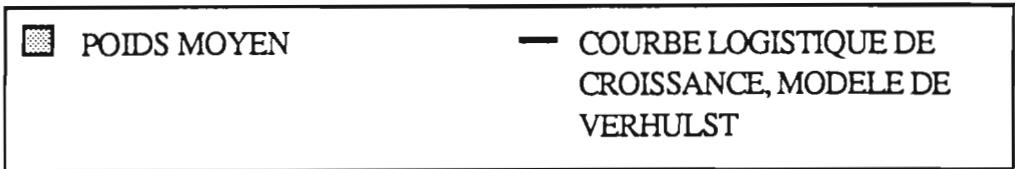
**Figure 8:**

Evolution pondérale de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) au cours des 4 stades larvaires.

Rythme des pesées : toutes les 12 heures;

Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 24 heures.





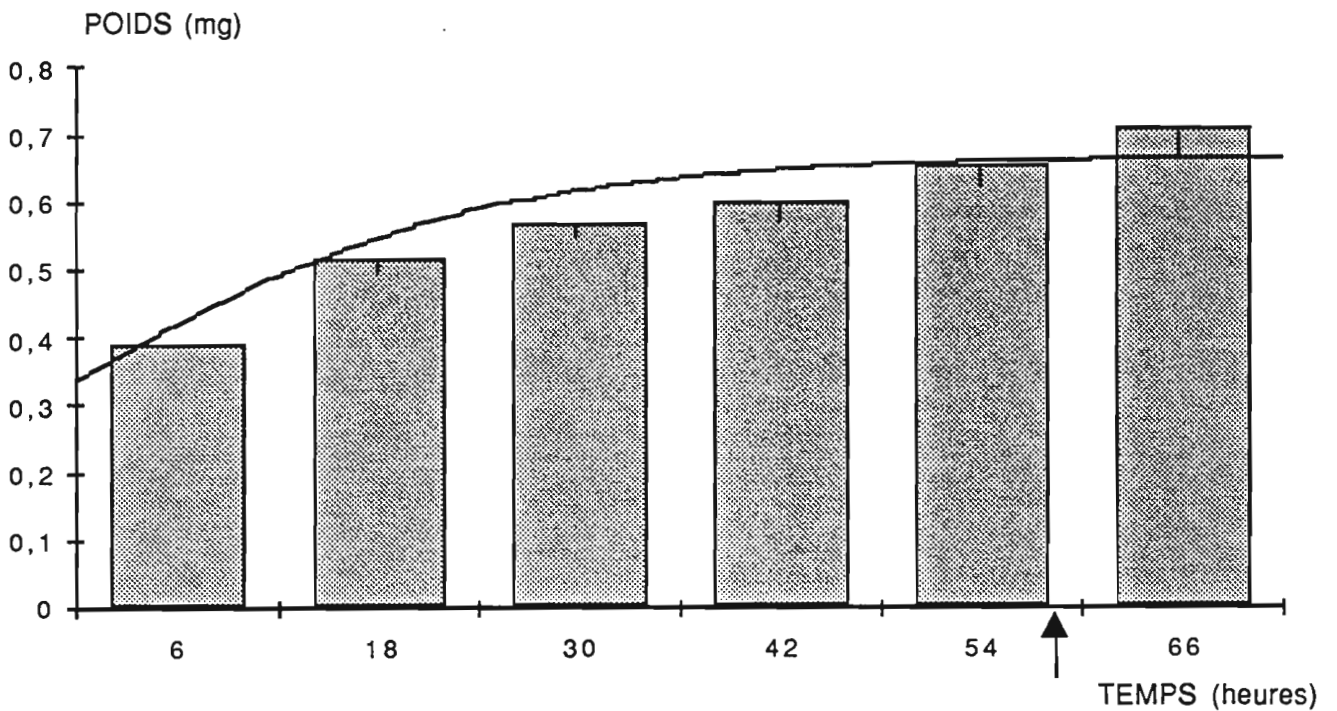
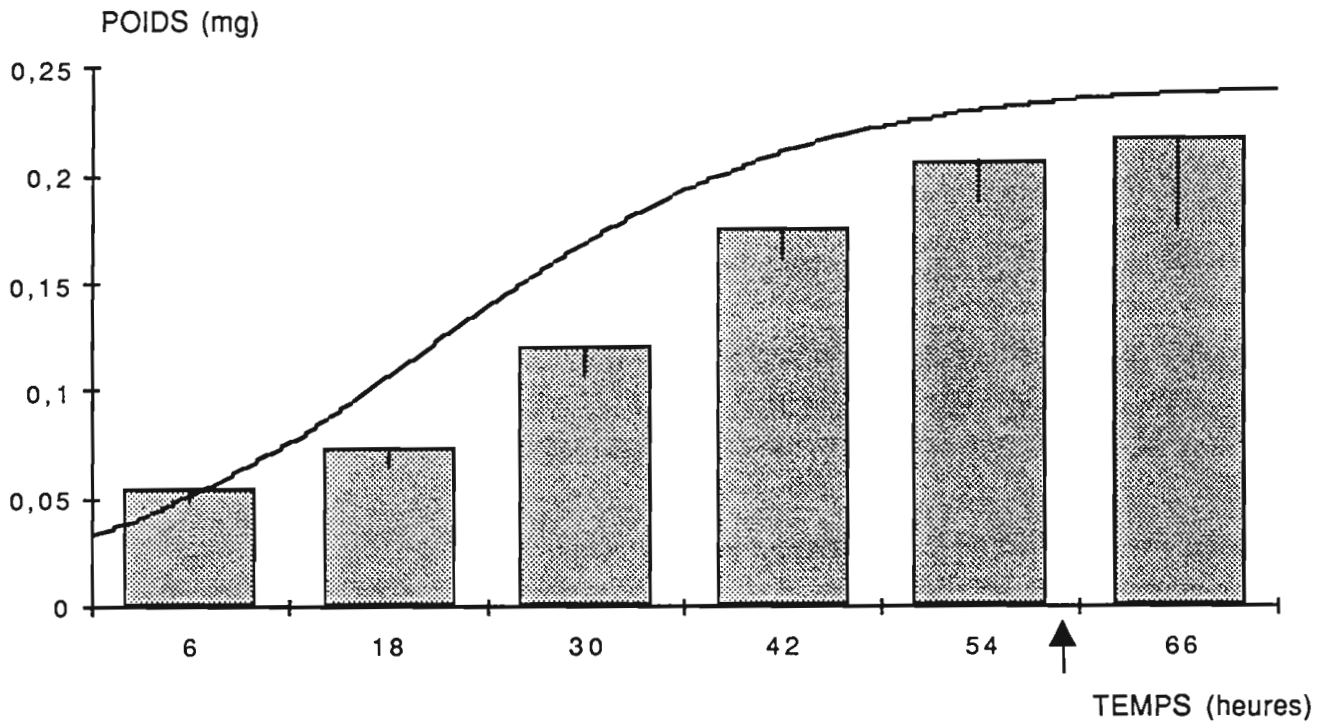


**Figure 9:**

Evolution pondérale de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) au cours des 2 premiers stades larvaires.

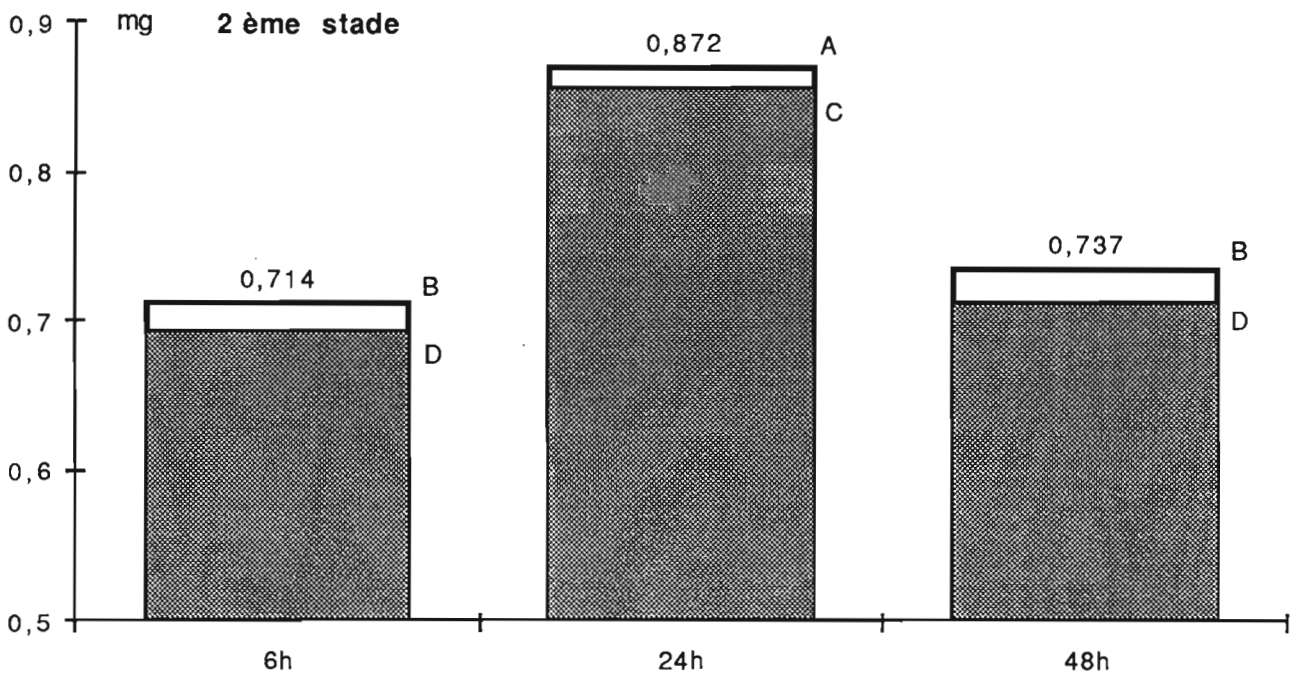
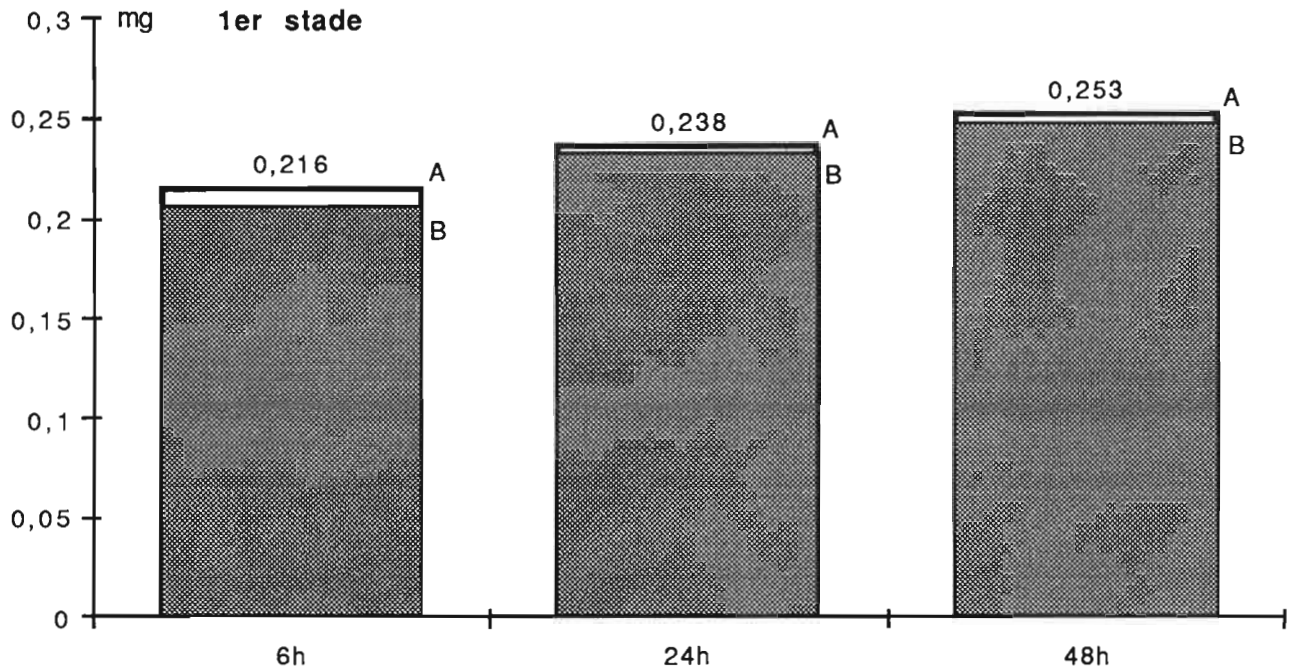
Rythme des pesées : toutes les 12 heures;

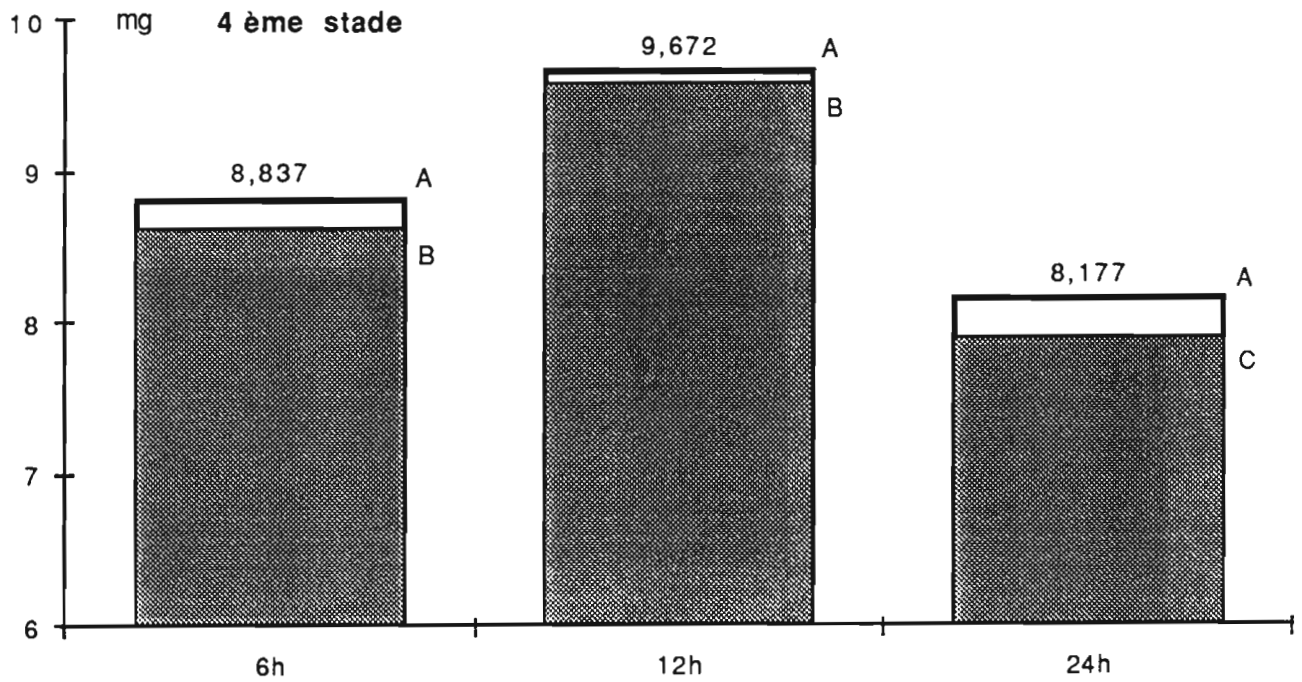
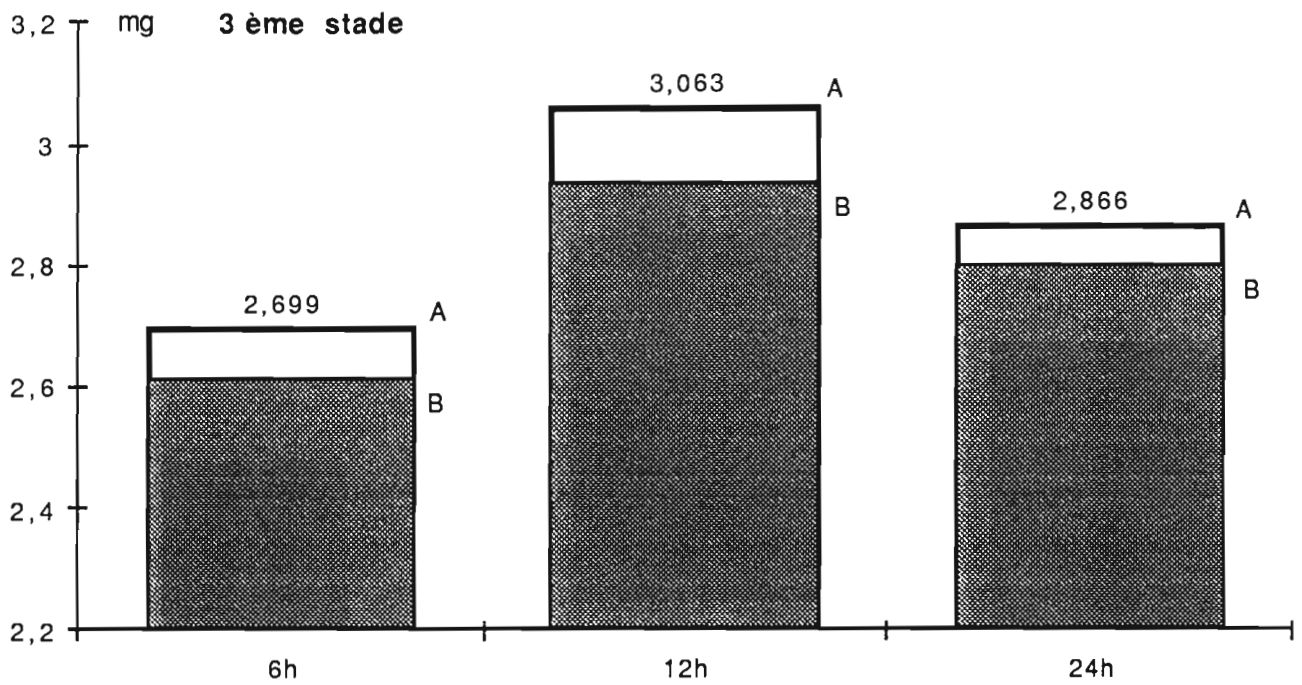
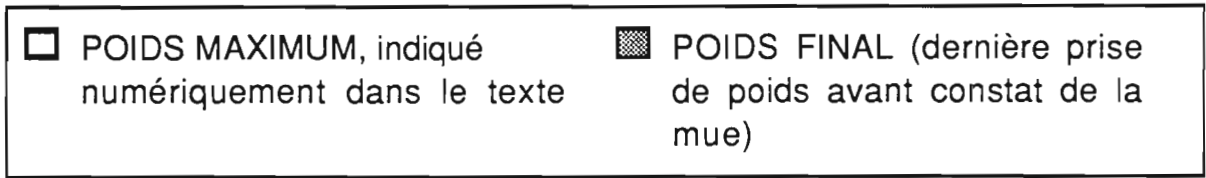
Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 48 heures.



**Figure 10:**

Effet du rythme de renouvellement de la proie sur le poids maximum et le poids final atteints au cours des stades larvaires de *Rodolia cardinalis* (Mulsant).



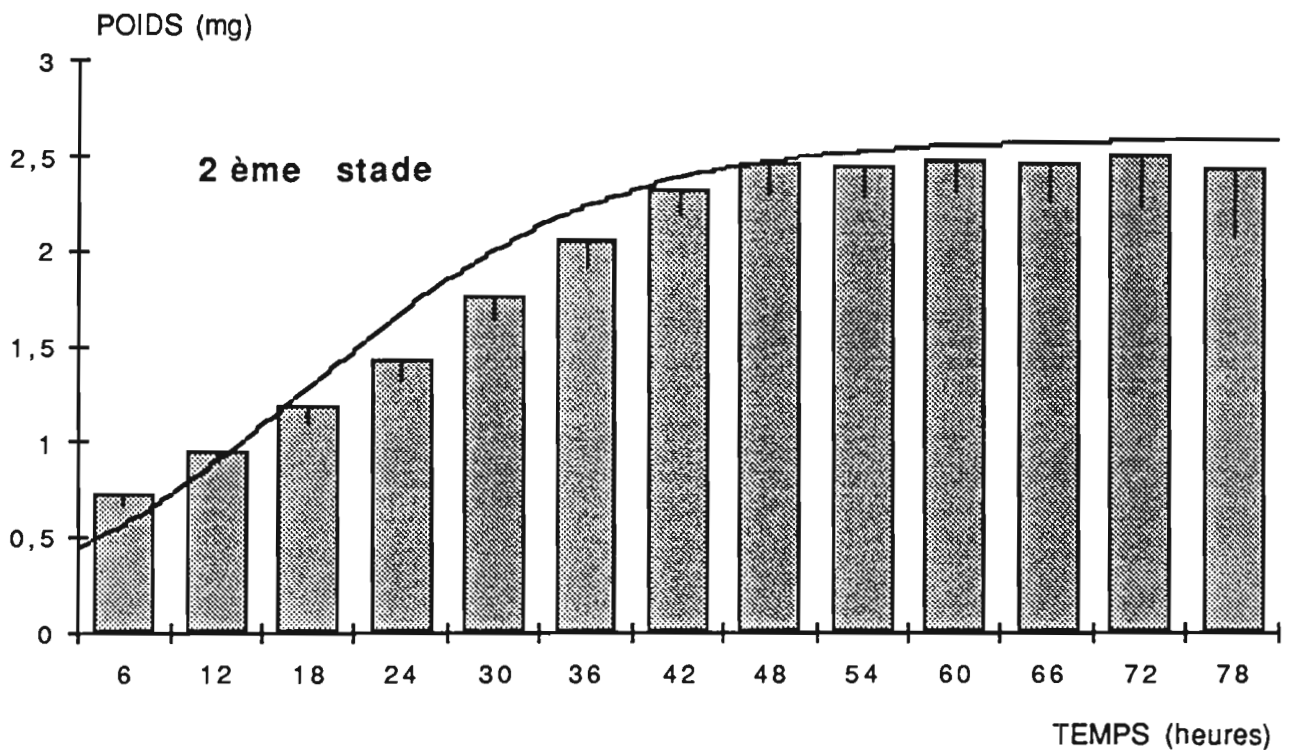
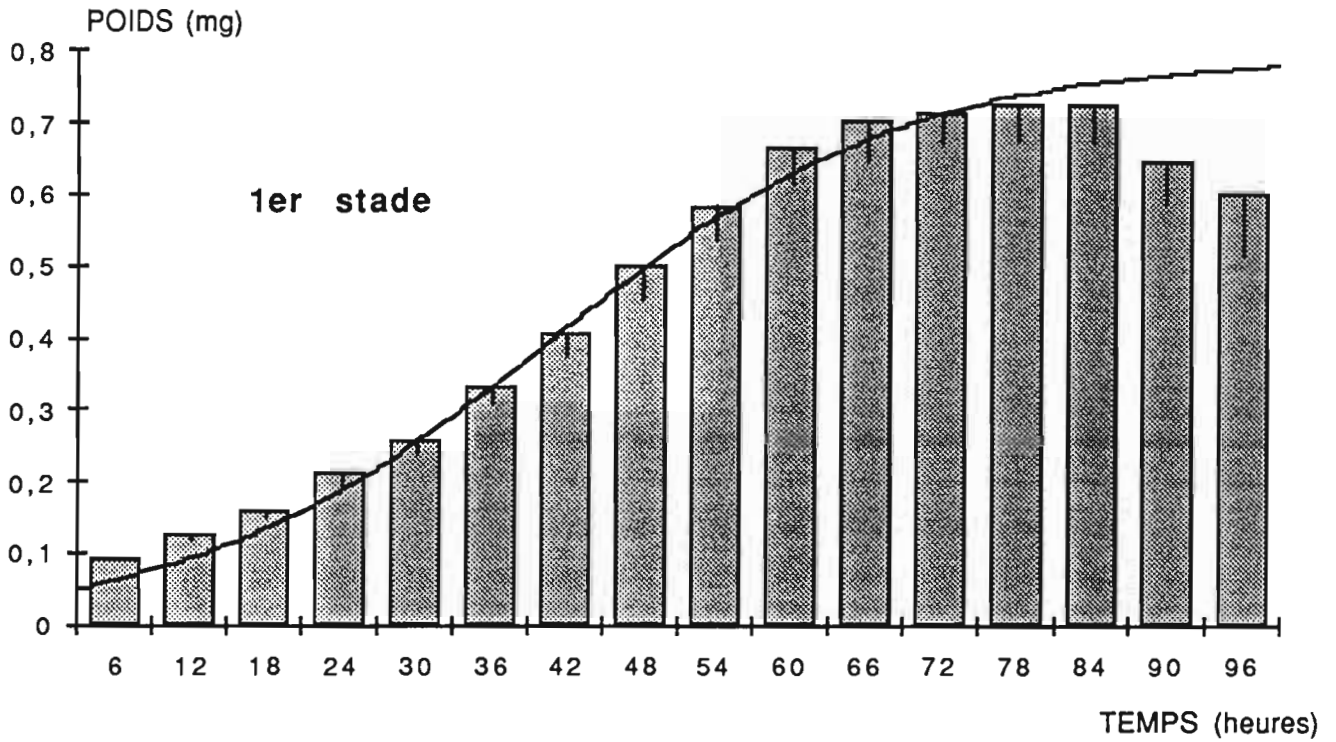


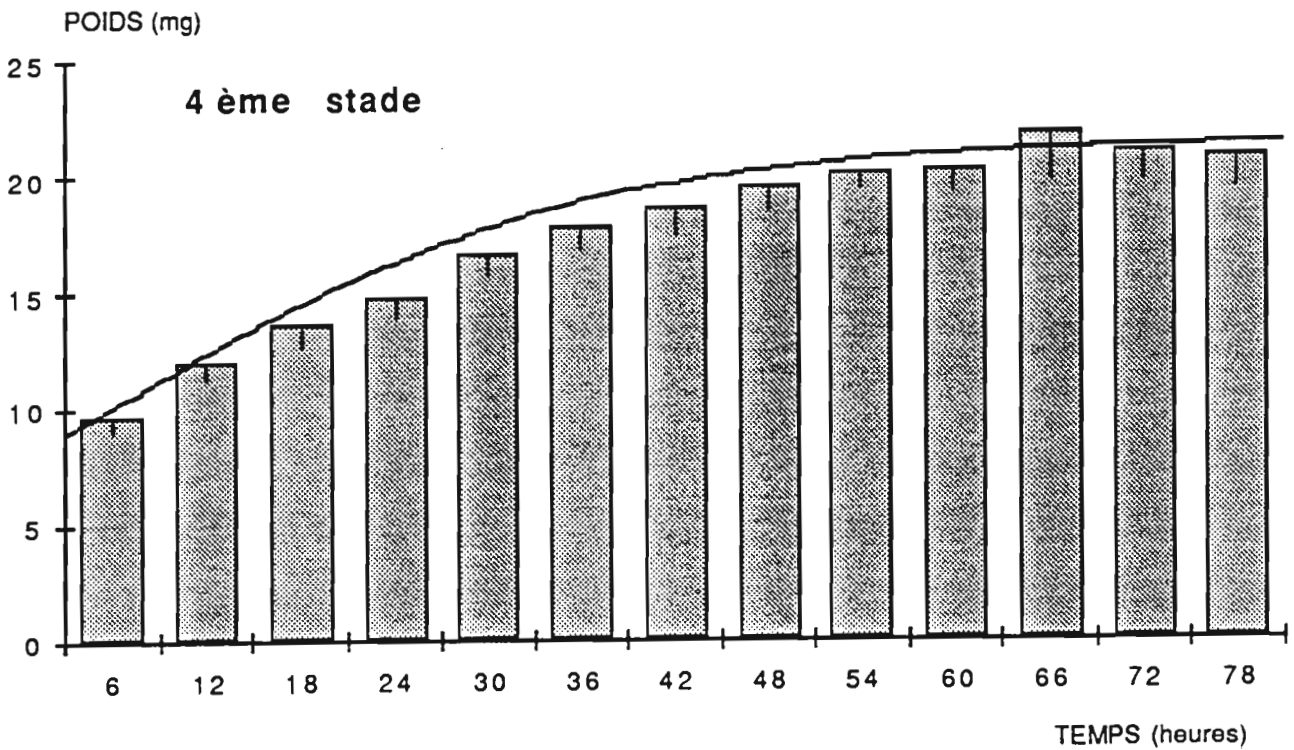
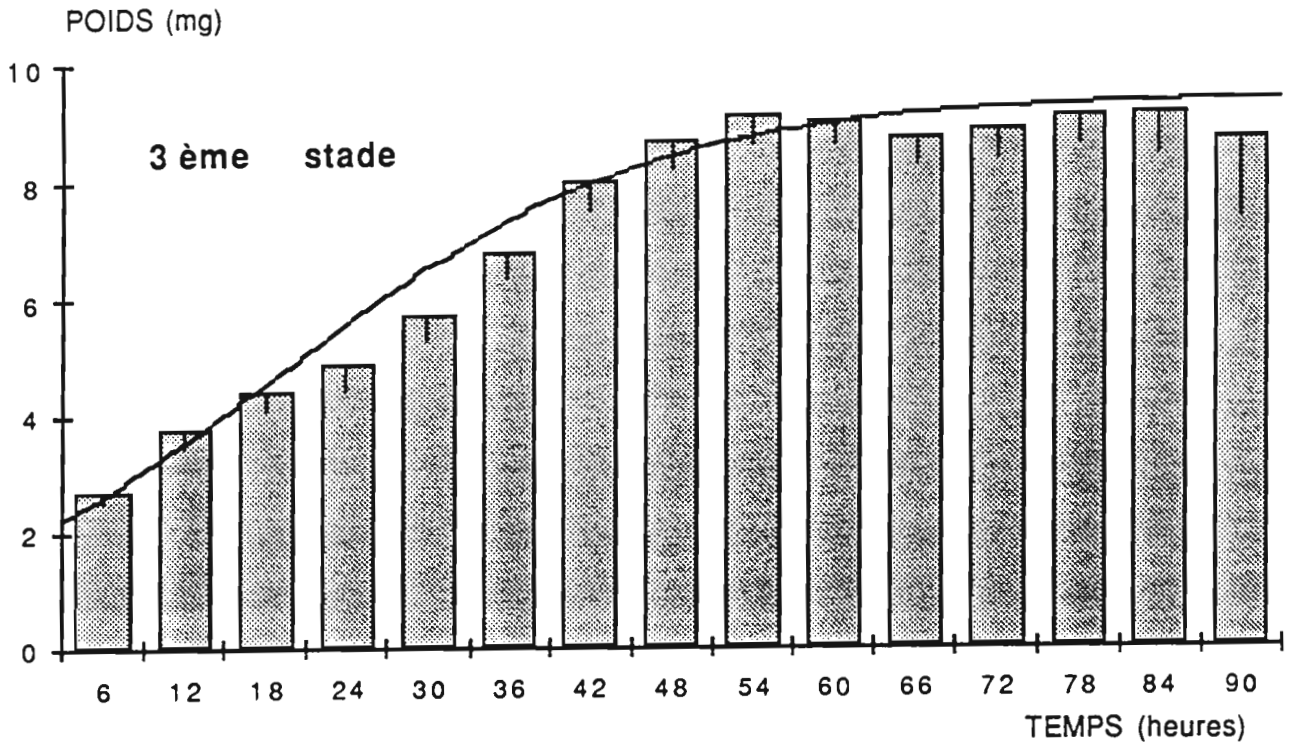
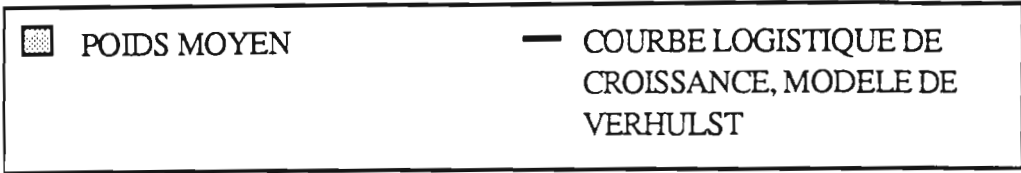
**Figure 11:**

Evolution pondérale de *Rodolia chermesina* Mulsant au cours des 4 stades larvaires.

Rythme des pesées : toutes les 6 heures;

Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 6 heures.



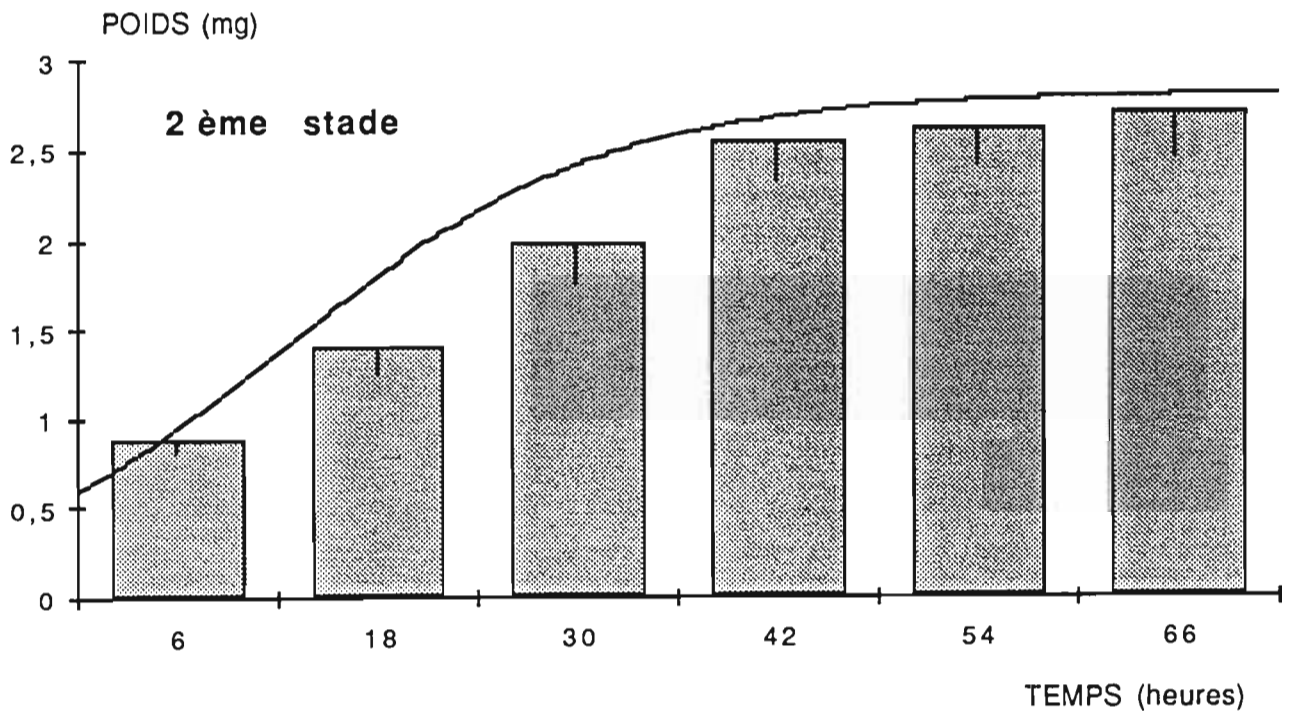
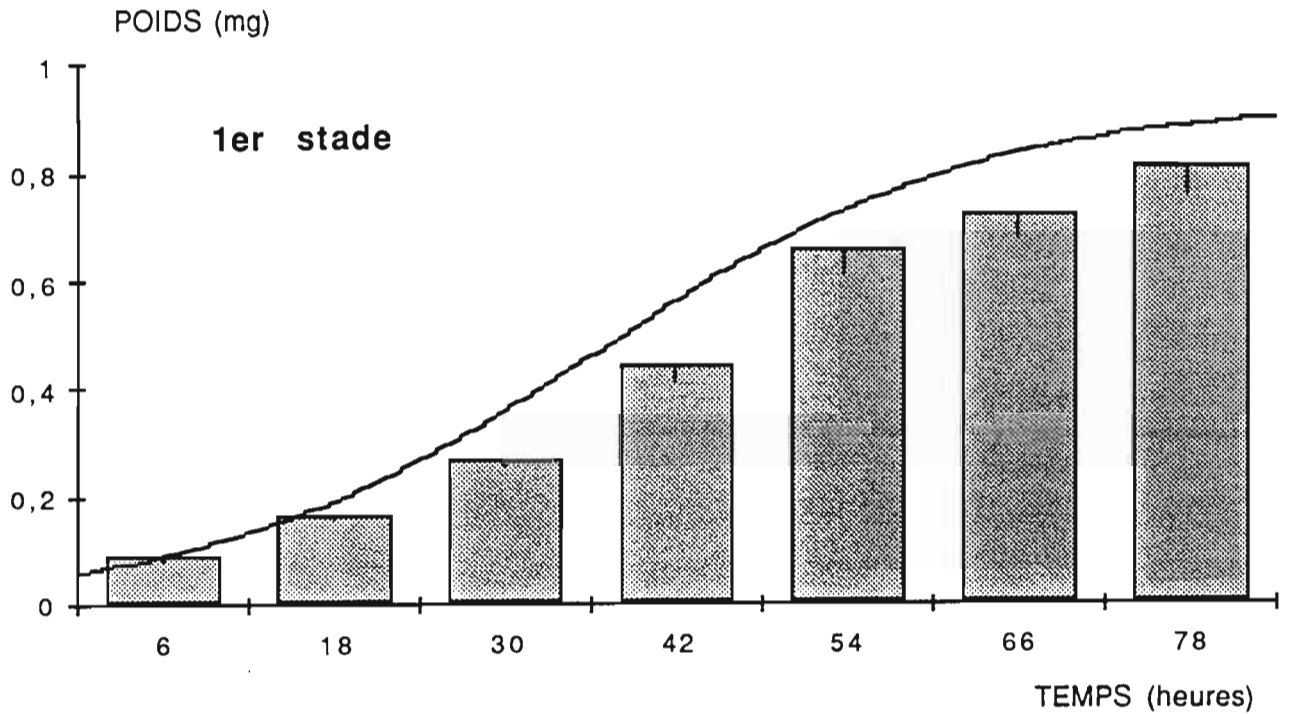


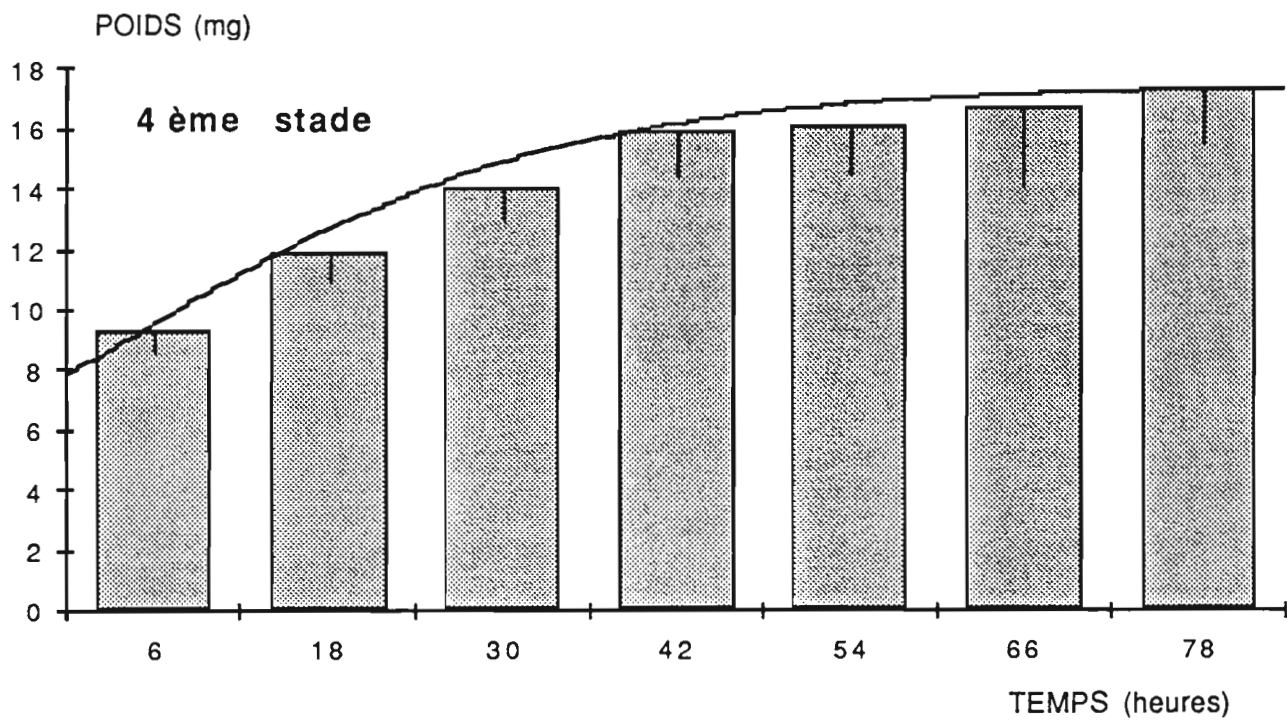
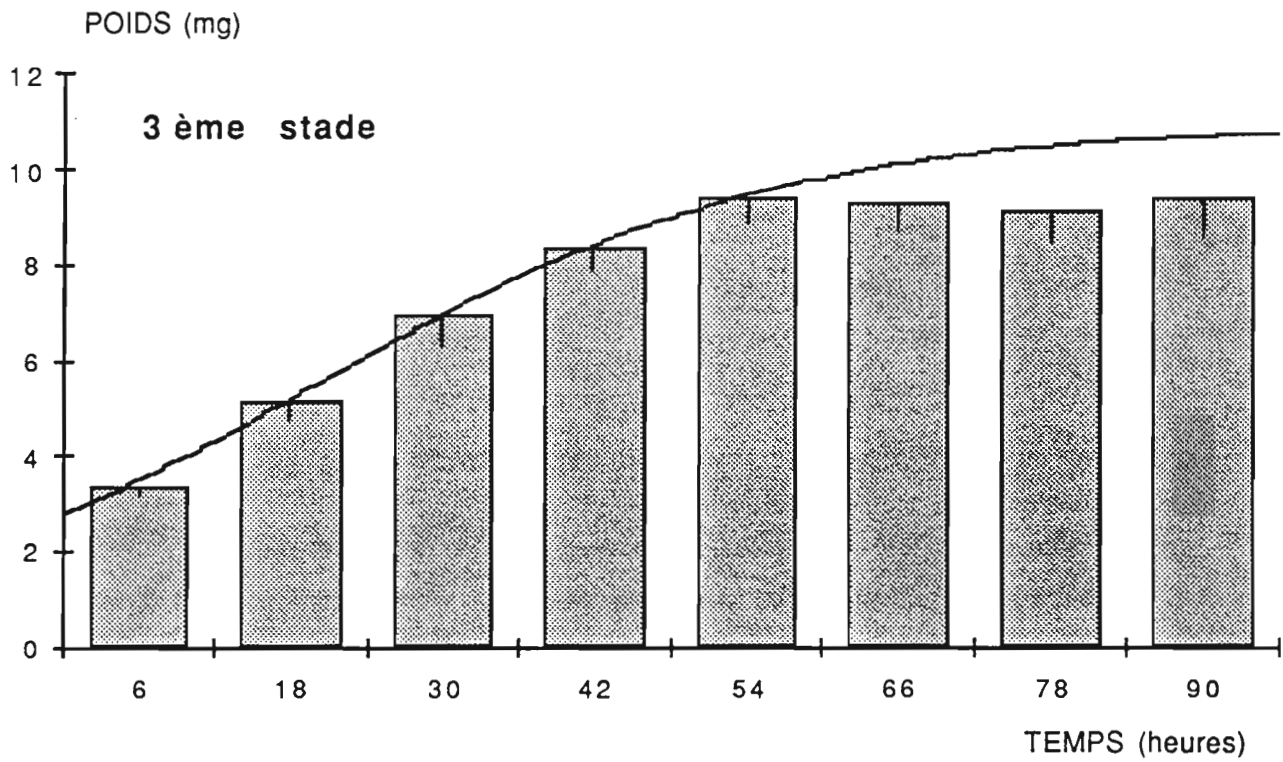
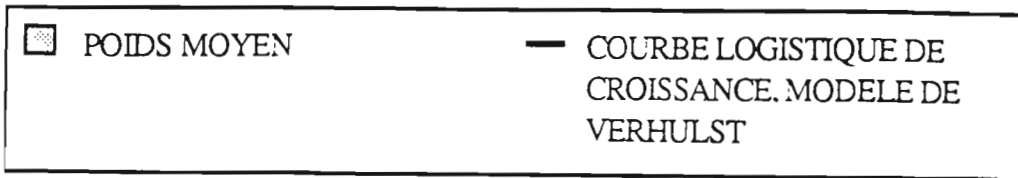
**Figure 12:**

Evolution pondérale de *Rodolia chermesina* Mulsant au cours des 4 stades larvaires.

Rythme des pesées : toutes les 12 heures;

Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 12 heures.



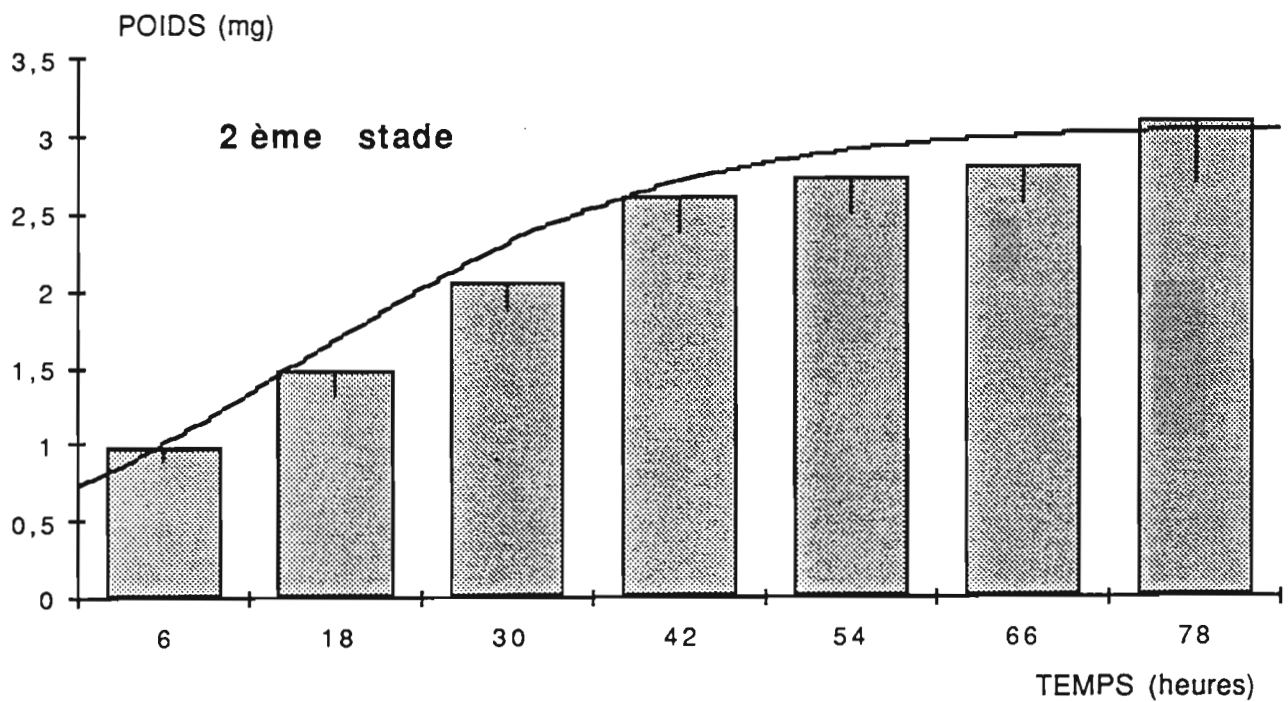
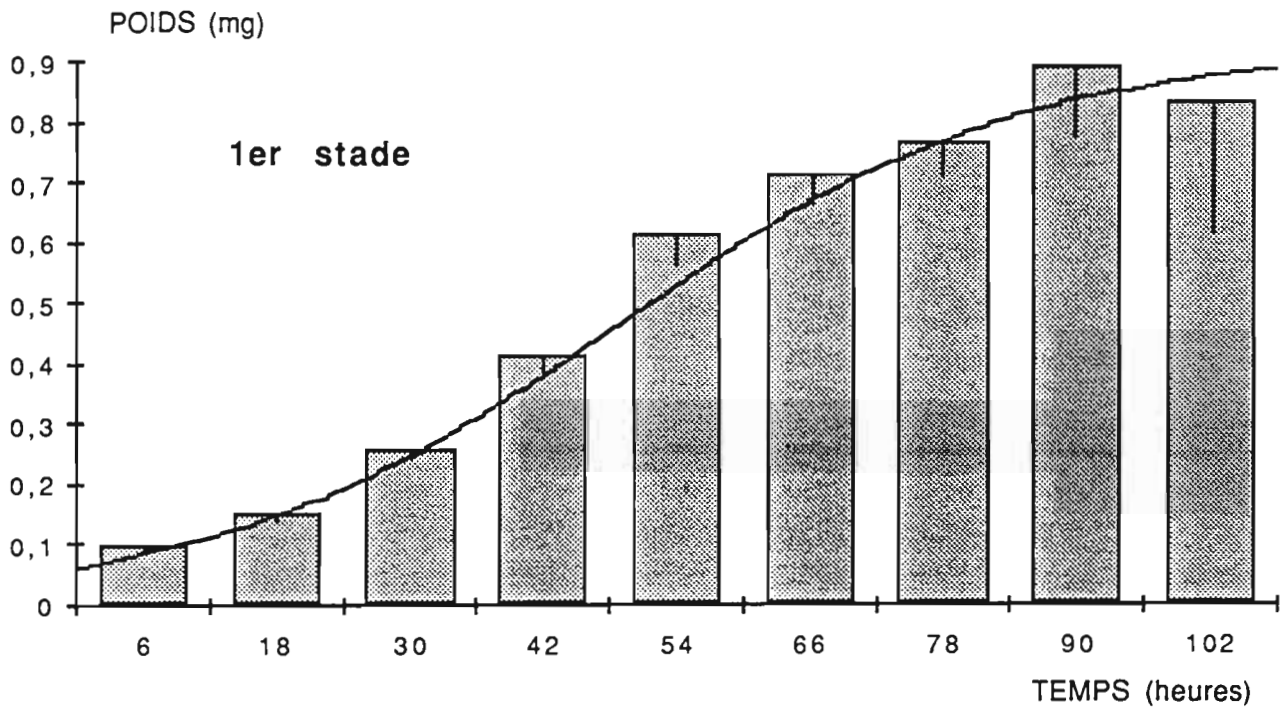


**Figure 13:**

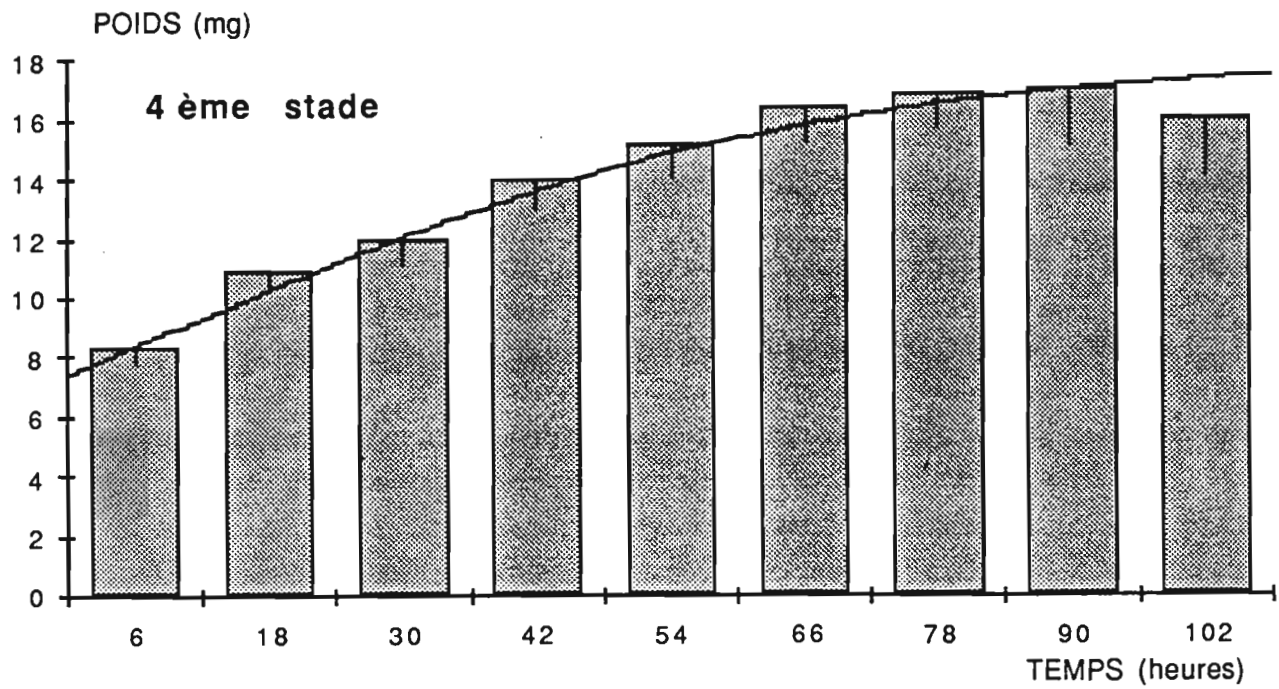
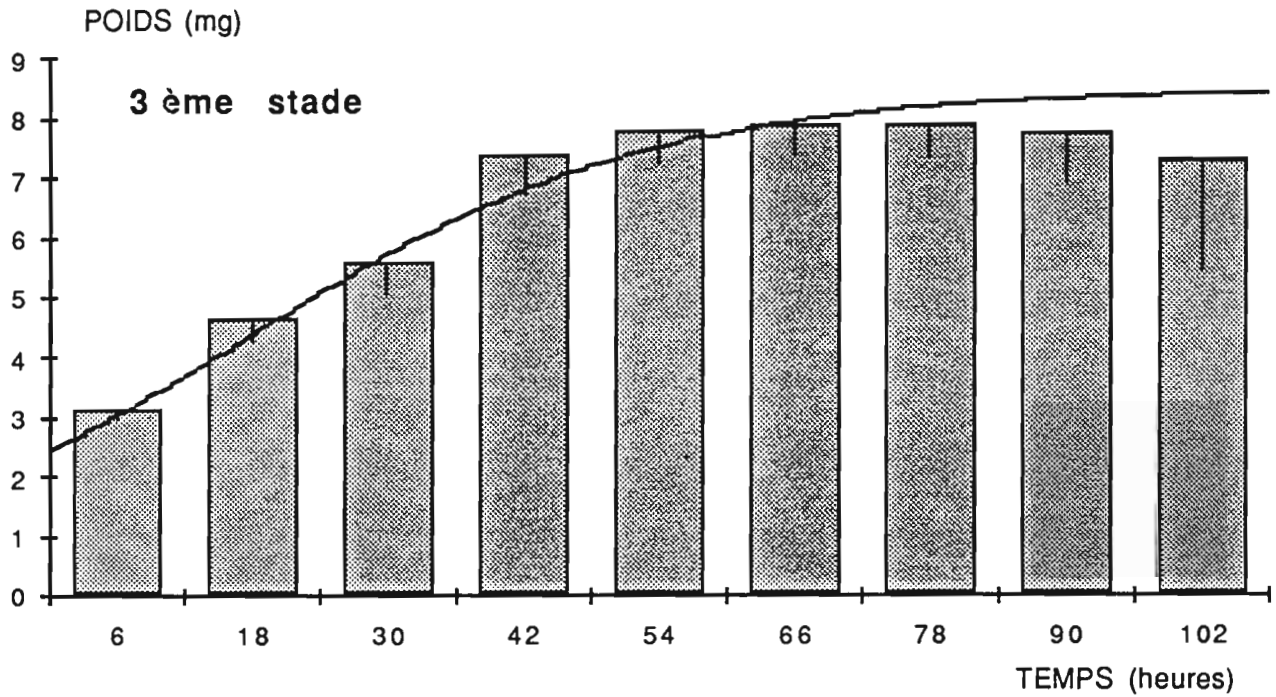
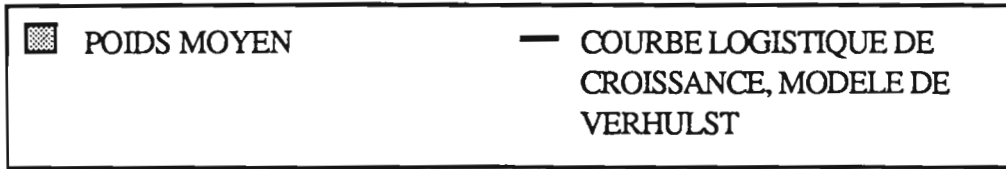
Evolution pondérale de *Rodolia chermesina* Mulsant au cours des 4 stades larvaires.

Rythme des pesées : toutes les 12 heures;

Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 24 heures.





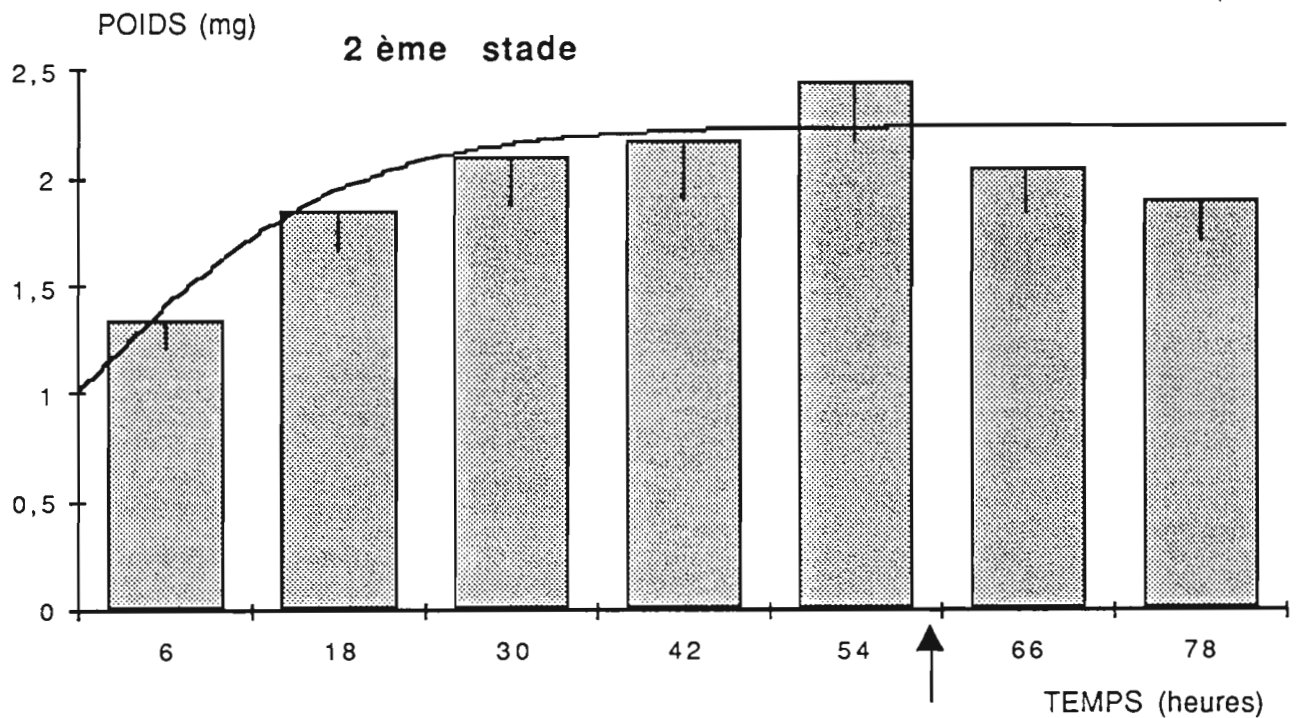
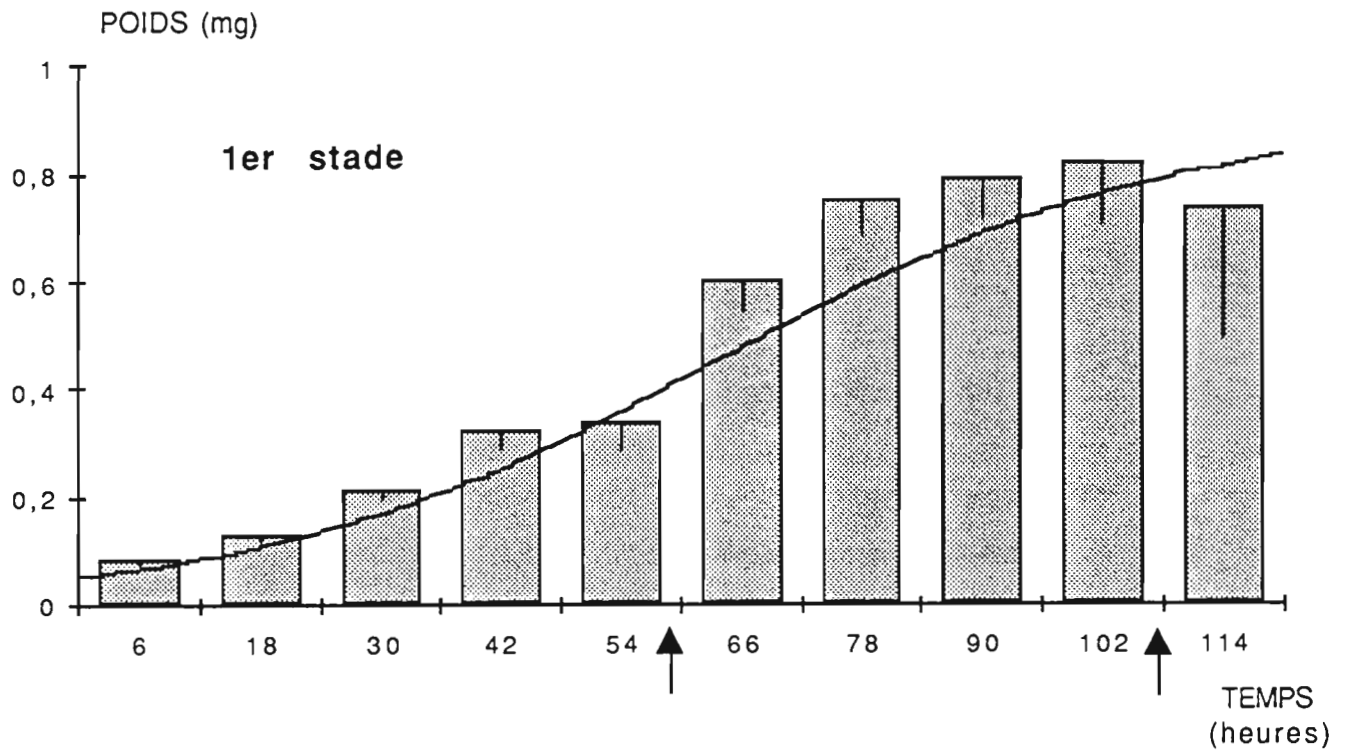


**Figure 14:**

Evolution pondérale de *Rodolia chermesina* Mulsant au cours des 2 premiers stades larvaires.

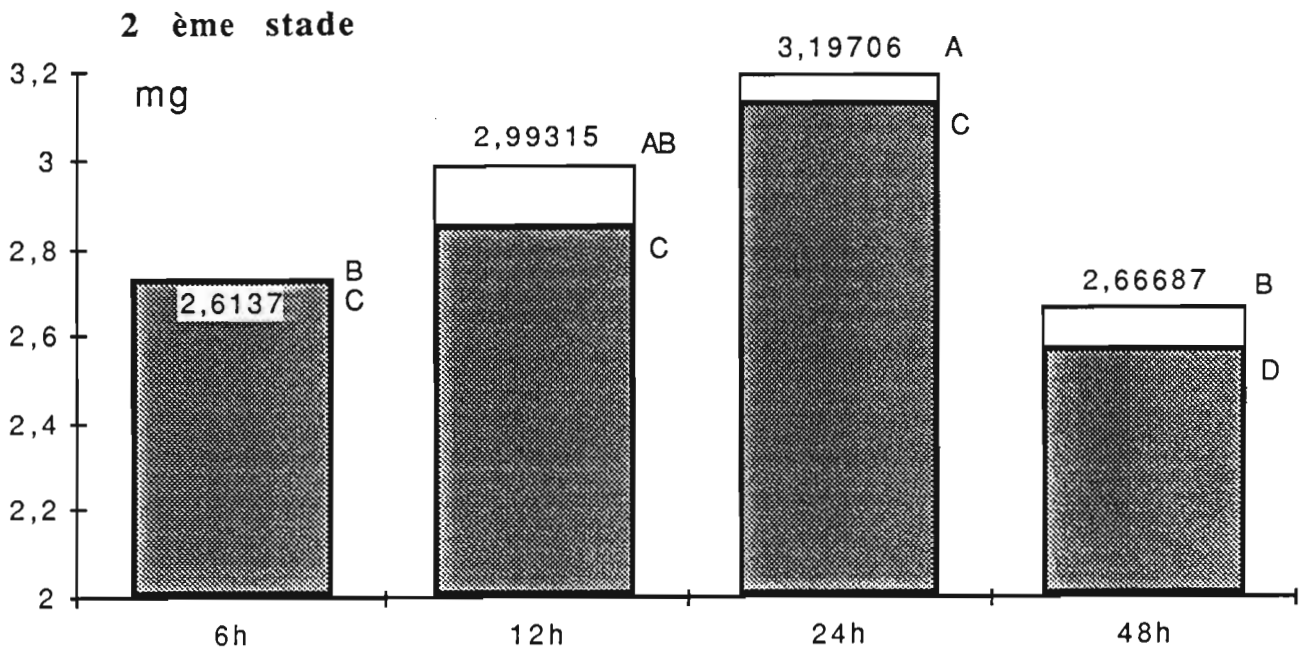
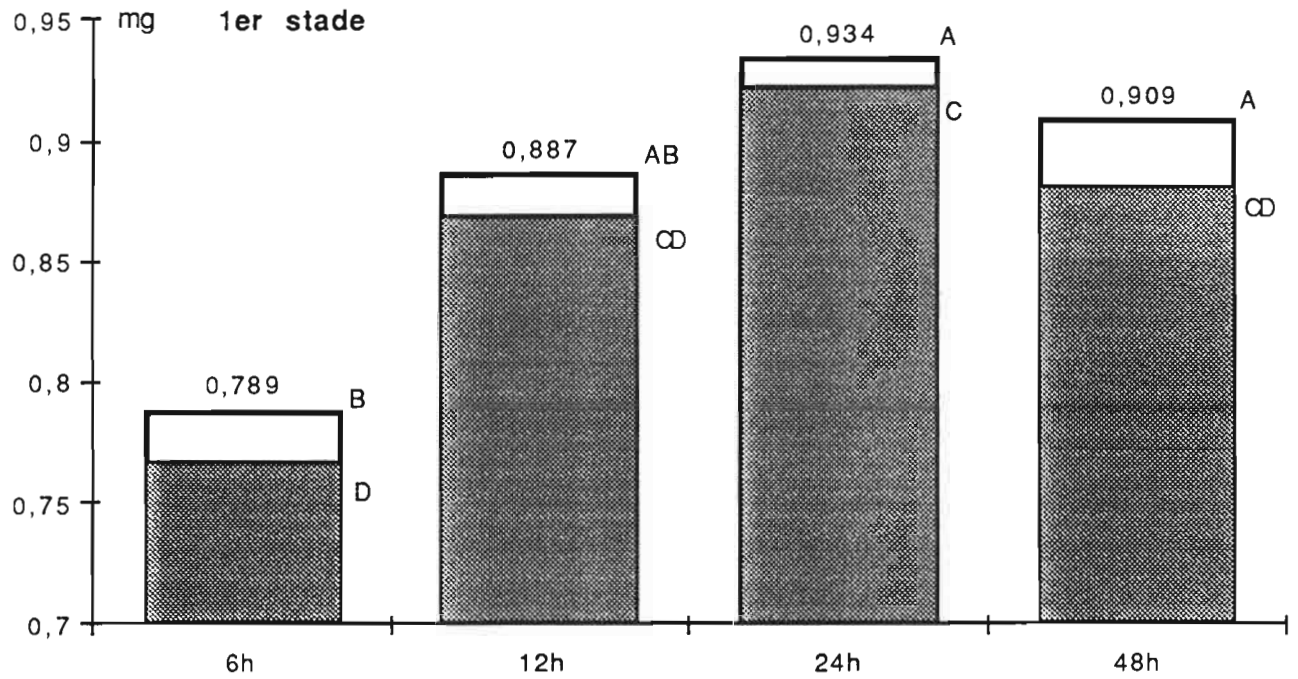
Rythme des pesées : toutes les 12 heures;

Rythme de renouvellement de la proie: toutes les 48 heures.



**Figure 15:**

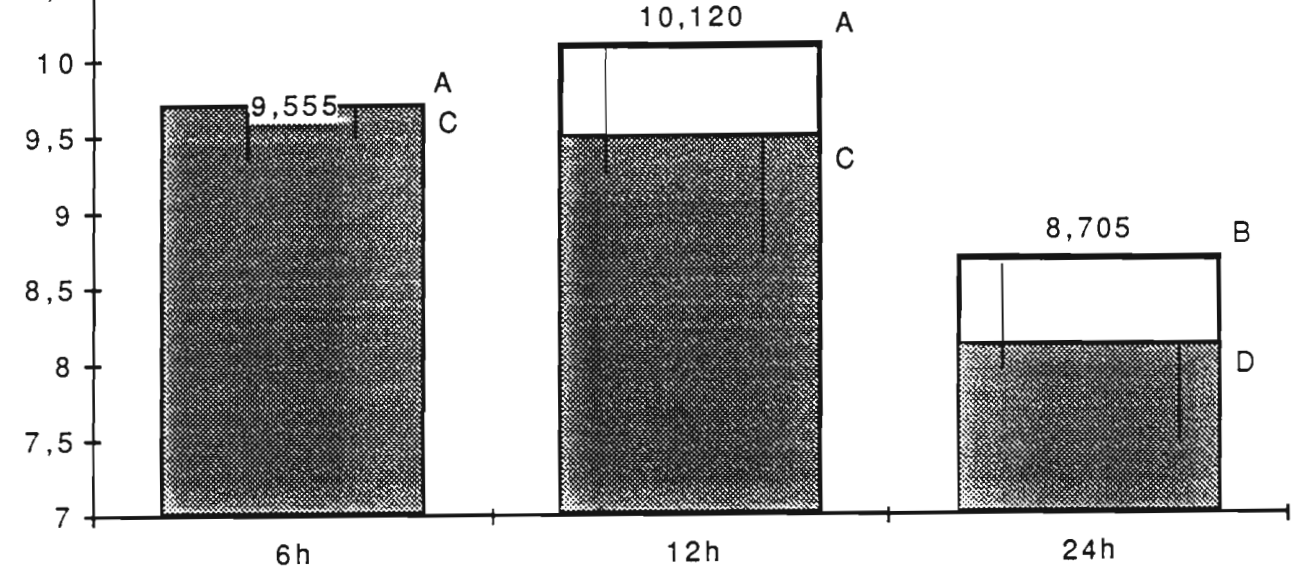
Effet du rythme de renouvellement de la proie sur le poids maximum et le poids final atteints au cours des stades larvaires de *Rodolia chermesina* Mulsant.



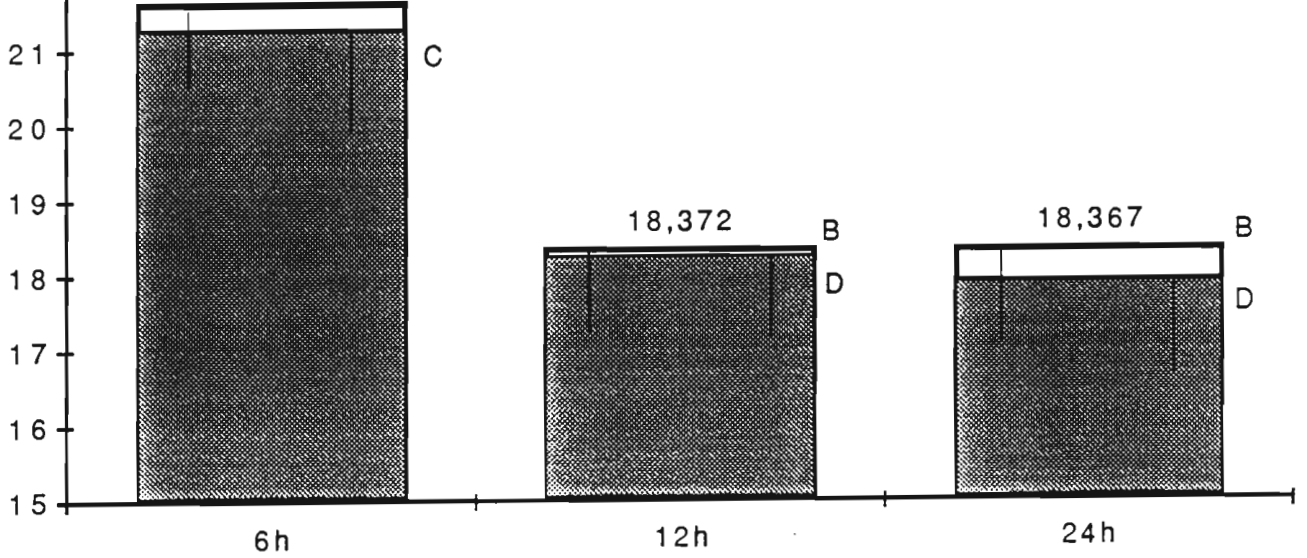
□ POIDS MAXIMUM, indiqué numériquement dans le texte

■ POIDS FINAL (dernière prise de poids avant constat de la mue)

10,5 mg 3<sup>ème</sup> stade

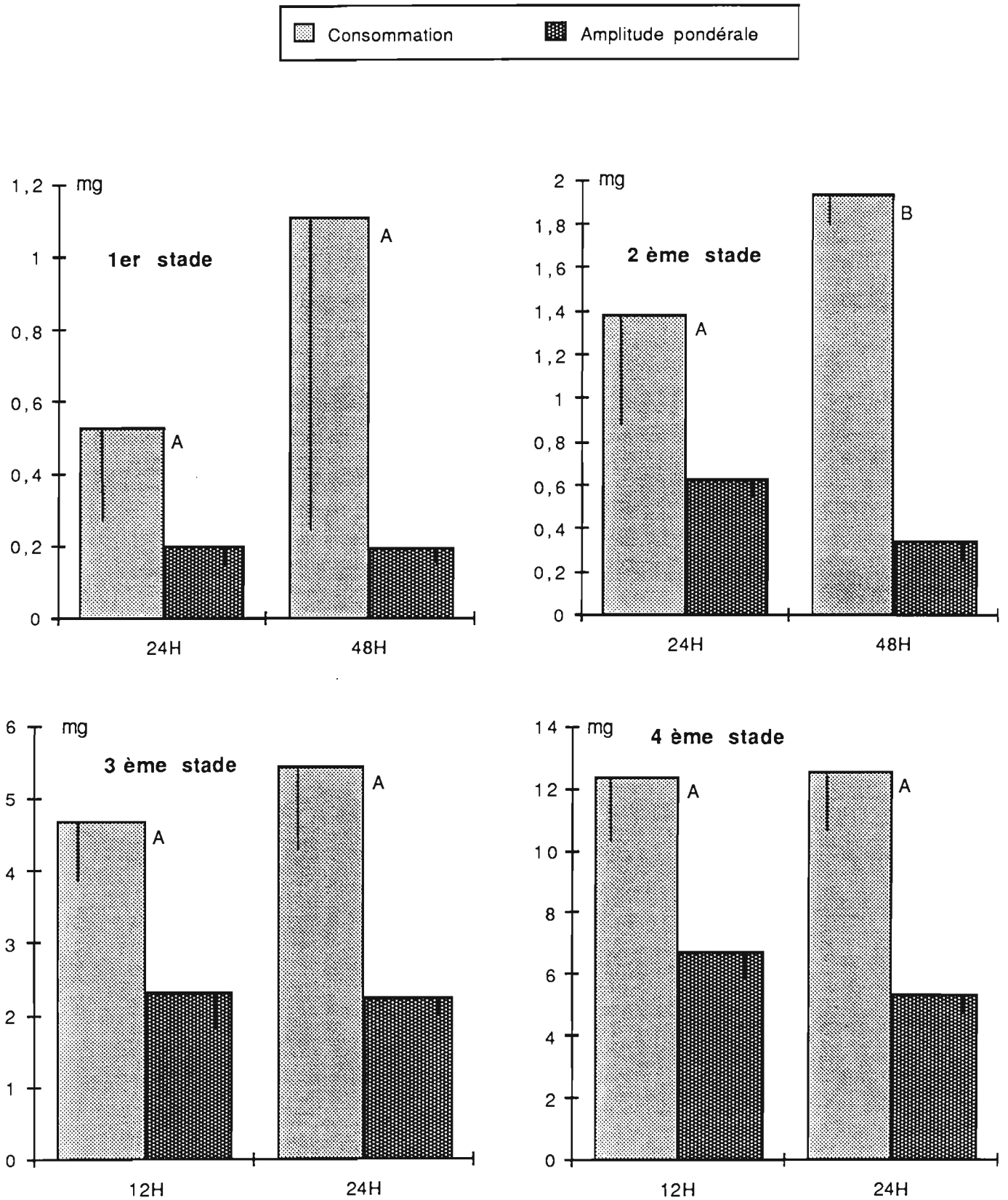


22 mg 4<sup>ème</sup> stade



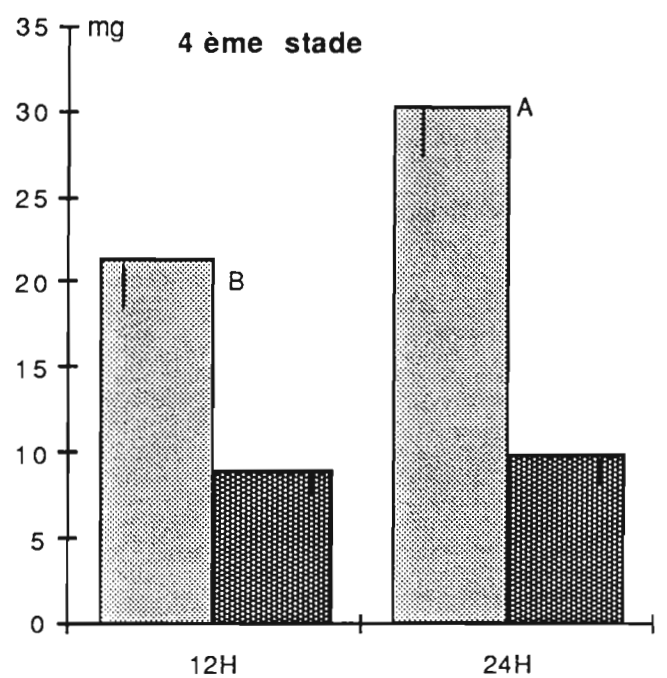
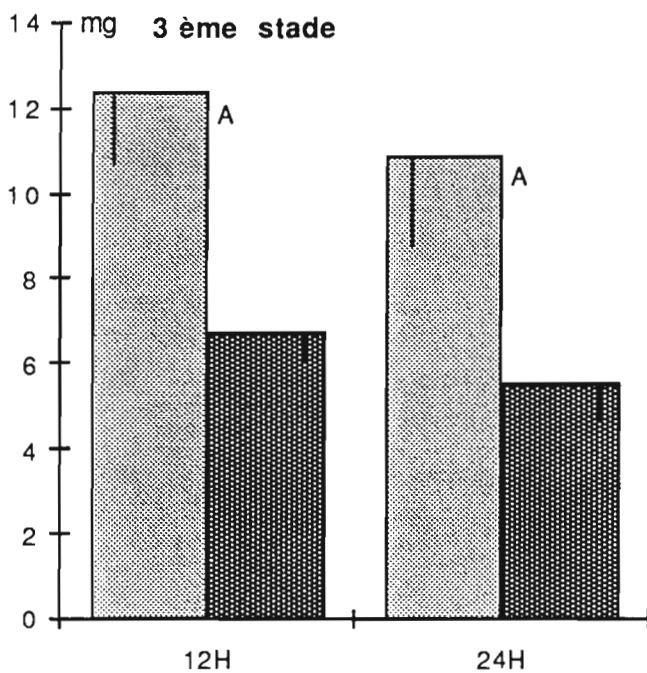
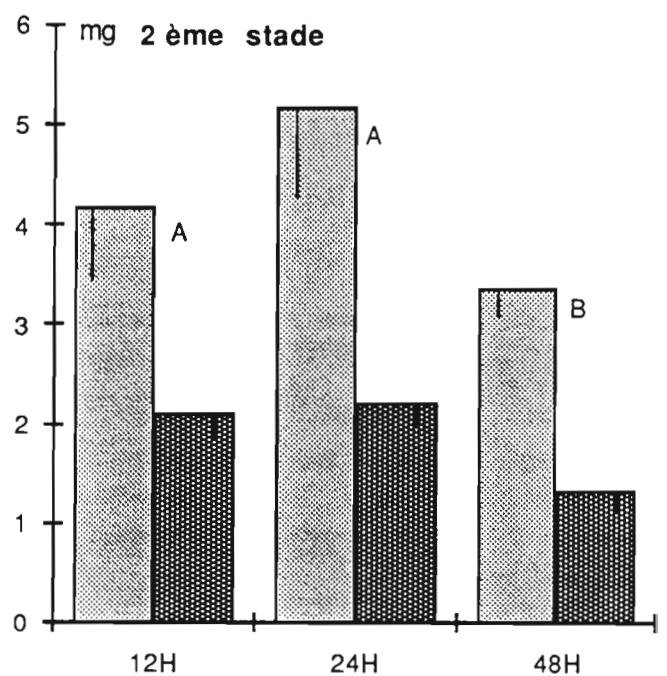
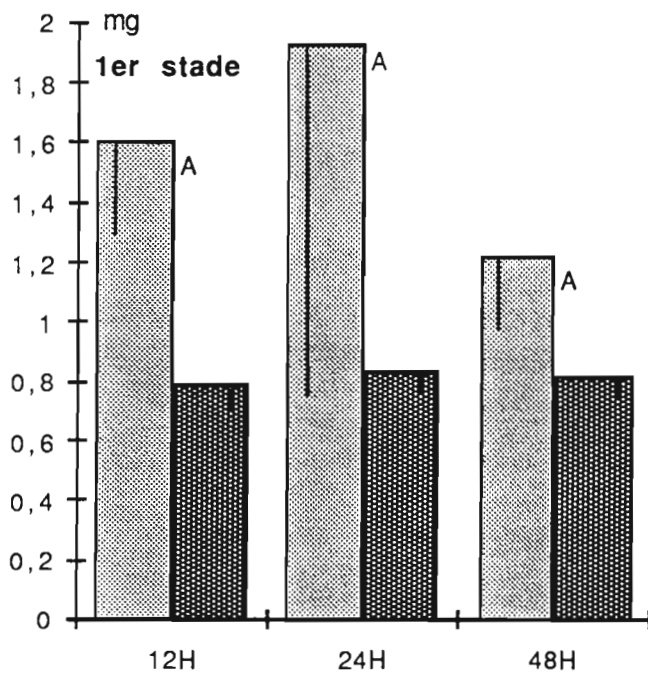
**Figure 16 :**

Comparaison de la consommation (mg) et de l'amplitude pondérale (mg) réalisées par *Rodolia cardinalis* (Mulsant) au cours des 4 stades larvaires, selon le rythme de renouvellement de la proie.



**Figure 17 :**

Comparaison de la consommation (mg) et de l'amplitude pondérale (mg) réalisées par *Rodolia chermesina* Mulsant au cours des 4 stades larvaires, selon le rythme de renouvellement de la proie.



## CHAPITRE III

BIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT DE *RODOLIA*  
*CHERMESINA* EN CONDITIONS EXPERIMENTALES

# Chapitre 3

## Introduction

La coccinelle *Rodolia chermesina* Mulsant, a été élevée en insectarium de janvier 1989 à octobre 1990. Créée à Mahé, cette petite unité de multiplication a ensuite été transférée sur l'atoll d'Aldabra afin d'y réaliser l'introduction de cet agent prédateur.

Parallèlement à l'activité principale de production de jeunes adultes, plusieurs études ont été menées sur les étapes du cycle de cette coccinelle: longévité et fécondité des femelles, développement de l'œuf, durée des stades larvaires et de la nymphose. L'ensemble de ces études permet, par une meilleure connaissance du cycle de la coccinelle, d'optimiser la technique de multiplication.

## 1. Longévité et fécondité des femelles

### 1.1. Matériel et méthodes

#### 1.1.1. Conditions d'élevage

##### 1.1.1.1. Origine et accouplement des femelles

Dès son émergence, chaque femelle est isolée dans un pilulier cylindrique aéré de 20 cm<sup>3</sup> (2,5 cm de diamètre et 4 cm de hauteur). La nourriture est composée de femelles d'*Icerya seychellarum* (Westwood) avec ovisac. La ration alimentaire, constituée d'une seule cochenille, est renouvelée systématiquement toutes les 24 heures.

A partir du deuxième jour, un mâle est introduit dans le pilulier. En général, les coccinelles s'accouplent peu de temps après; la présence de nourriture facilite d'ailleurs l'acceptation du mâle par la femelle. Le nombre des accouplements n'est pas contrôlé. Leur durée varie de 5 à 25 minutes.

Deux à 3 jours plus tard, la femelle dépose ses premiers œufs; elle est perturbée par la présence du mâle et refuse tout nouvel



**Tableau 21:**

Groupes expérimentaux établis pour l'étude de la longévité et de la fécondité des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant.

Groupes expérimentaux	Fréquence de distribution de la proie	Conditions de température et d'hygrométrie	
1	tous les jours	conditions naturelles	conditions naturelles
2	tous les jours	30° C	75 à 85 %
3	tous les jours	25° C	75 à 85 %
4	1 jour sur 2	25° C	75 à 85 %
5	1 jour sur 3	25° C	75 à 85 %

accouplement. Le mâle est retiré et aucun autre ne sera introduit dans le pilulier jusqu'à la fin de l'expérimentation.

#### 1.1.1.2. Supports de ponte

Dans son pilulier, chaque femelle dispose de plusieurs types de surface pour le dépôt de ses œufs:

- du papier (étiquette)
- du plastique (parois et couvercle de la boîte)
- du tissu mousseline
- la cochenille (corps et ovisac).

Les œufs déposés sur la proie sont, pour 89%, glissés dans l'ovisac ou enfouis entre les amas cireux qui le constituent. Ils ne sont visibles qu'après avoir déchiré les parois de l'ovisac. Les autres œufs sont déposés sur la face dorsale ou sur les côtés du corps de la cochenille.

Dans ces conditions, seuls les œufs déposés sur le papier et ceux déposés sur la proie peuvent être retirés du pilulier avec leur support. Pour augmenter la proportion de ces œufs disponibles, faciliter leur manipulation et leur comptage, un support de ponte supplémentaire et attractif est ajouté: il s'agit d'une fine plaquette de mousse polyuréthane (20x15x3mm).

Afin de tester l'efficacité de ce nouveau support de ponte, 80 femelles sont élevées à 25°C. La moitié d'entre elles dispose d'une plaquette de mousse renouvelée quotidiennement. La comparaison entre les 2 cohortes repose sur les paramètres suivants:

- le nombre moyen d'œufs déposés au total pendant les 25 premiers jours de vie;
- la répartition de ces œufs entre les différents sites disponibles.

#### 1.1.2. Conditions expérimentales

L'étude de la longévité et la fécondité de *R. chermesina* a été conduite à partir de jeunes femelles issues de nos élevages. Les femelles sont accouplées selon le protocole décrit au § 1.1.1.1. Puis elles sont réparties en 5 groupes expérimentaux, présentés dans le tableau 21.

Les groupes expérimentaux diffèrent entre eux par les conditions climatiques et la fréquence de distribution de la proie. En conditions naturelles, la température maximale moyenne est de 29,6°C±0,3 et la température minimale moyenne est de 24,5°C±0,30.

Toutes les coccinelles sont nourries avec la même proie: une femelle d'*I. seychellarum* avec ovisac, prélevée sur le manglier blanc, *Avicennia*

**Photo 1 :** Piluliers pour l'élevage des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant. Le tissu mousseline est coincé entre les deux bouchons emboîtés.

**Photo 2 :** Nymphose de *Rodolia chermesina* Mulsant en pilulier individuel.

**Photo 3 et 4 :** Accouplement de *Rodolia chermesina* Mulsant. Dimorphisme sexuel: seule la femelle présente au centre du labre une tâche grise en forme de triangle isocèle, le sommet dirigé vers le haut. On rencontre deux types de mâles: ceux qui, comme les femelles, présentent deux tâches grises de chaque côté du thorax (photo 3), et ceux qui en sont dépourvus (photo 4).



1



2



3



4

*marina* (Forssk.) Vierh. sur l'île Picard, au lieu-dit "La Gigi". Les rations consistent en une seule cochenille et sont renouvelées toutes les 24 heures.

Les femelles disposent pour le dépôt de leurs œufs d'une plaquette de mousse renouvelée toutes les 24 heures. Chaque jour les œufs pondus sont retirés du pilulier et comptés. La nourriture est distribuée selon le protocole défini précédemment.

### 1.1.3. Performances globales de la cohorte

Le suivi de la cohorte débute à la ponte des œufs; elle englobe les périodes larvaire et imaginaire des femelles qui la composent, jusqu'à la mort de la dernière d'entre elles. Chaque jour les œufs pondus sont comptés et retirés du pilulier et la mortalité dans la cohorte est notée.

La comparaison des 5 cohortes repose sur 5 critères:

- la durée de vie (de l'émergence à la mort)
- la durée de la période de préoviposition (de l'émergence au premier œuf)
- la durée de l'oviposition (du premier œuf pondu au dernier)
- le nombre moyen d'œufs pondus par femelle
- le nombre moyen d'œufs pondus par femelle et par jour d'oviposition.

La comparaison statistique des groupes étudiés est faite à l'aide du test non paramétrique de KRUSKAL-WALLIS. Pour la recherche d'une différence entre 2 groupes, le test non paramétrique de KOLMOGOROV-SMIRNOV est utilisé (SCHERRER, 1984). Toutes ces comparaisons statistiques sont effectuées au risque de 5%.

### 1.1.4. Ponte moyenne journalière

L'étude du nombre d'œufs pondus par femelle et par jour permet:

- de comparer les 5 groupes expérimentaux. Ces moyennes quotidiennes, exprimées dans la table de fécondité, conduisent à une expression plus précise que la ponte totale;

- de tester l'influence du rythme des prises alimentaires, critère qui différencie les groupes 3, 4 et 5:

- groupe 3: présence de nourriture tous les jours
- groupe 4: un jour avec nourriture suivi d'un jour sans nourriture
- groupe 5: une journée avec nourriture, suivie de

### **Tableau 22:**

Description des 3 rythmes de prises alimentaires imposés aux femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 25°C.

Les 6 journées type sont numérotées de 1 à 6.

Légende: I= 24 heures avec nourriture; O= 24 heures sans nourriture.

GROUPES EXPERIMENTAUX	Alternance de nourriture	Journées types
3	I I I I I I I I	1 1 1 1 1 1 1 1
4	I O I O I O I O	2 3 2 3 2 3 2
5	I O O I O O I O O	4 5 6 4 5 6 4 5 6

2 journées de diète.

Sur la base de l'alimentation, 6 journées-types sont donc différenciées et codées comme l'indique le tableau 22.

La comparaison entre les 3 rythmes de prises alimentaires est réalisée 2 fois de suite, pendant la première et pendant la deuxième quinzaine de la période d'oviposition. Pour chaque période, la moyenne du nombre d'œufs pondus par jour et par femelle est calculée à partir respectivement de 47 et 34 tirages aléatoires parmi les pontes journalières des femelles de la cohorte. Deux analyses de variances précèdent le classement des moyennes par la méthode de STUDENT-NEWMAN-KEULS au risque de 5%.

La même comparaison est faite entre les journées type 4, 5 et 6 sur le deuxième mois d'oviposition du groupe 5.

### 1.1.5. Table de vie et de fécondité

#### 1.1.5.1. Objectifs de la table de vie et de fécondité

La table de vie et de fécondité décrit l'accroissement de la population issue de la cohorte étudiée. Le nombre des femelles au cours des générations successives est calculé à partir des œufs pondus, à l'aide de 2 coefficients:

- la sexe-ratio (ou taux sexuel)
- un coefficient correcteur qui résulte des pourcentages d'éclosion, de survie larvaire et d'émergence (tableau 23).

L'intérêt de la table de vie et de fécondité est d'utiliser ensemble les paramètres biologiques, dont la contribution individuelle dans l'accroissement d'une population n'est pas toujours facile à cerner.

#### 1.1.5.2. Construction de la table de vie et de fécondité

Les cohortes ont permis l'établissement d'une table de vie et de fécondité pour chaque groupe expérimental. Ces tables rassemblent:

- l'âge  $x$  des femelles, exprimé en jours depuis la ponte de l'œuf
- $l_x$  la probabilité d'être en vie à l'âge  $x$
- $m_x$  le nombre moyen d'œufs pondus par 1 individu entre l'âge  $(x-1)$  et l'âge  $x$ , et qui donneront des femelles.

### Tableau 23 :

Valeurs des différents taux utilisés dans les tables de vie et de fécondité.

(75-85% HR)

	Températures expérimentales		
	naturelles	25°C	30°C
Taux sexuel	0,515	0,515	0,515
Coefficient correcteur :			
Taux d'éclosion	0,7817	0,7371	0,7923
Taux de mortalité larvaire	0,9337	0,9337	0,9337
Taux de mortalité nymphale	0,8947	0,9394	0,9032
	0,6530	0,6465	0,6682



Cette moyenne est calculée à partir: du taux d'éclosion, du taux de survie larvaire, du taux d'émergence des adultes et du taux sexuel (voir tableau 23).

- le produit  $l_x \cdot m_x$

On en déduit des indices numériques proposés pour quantifier le potentiel de multiplication d'une espèce dans des conditions d'environnement définies, lorsque sa population présente une distribution d'âge stable (BIRCH, 1948; ANDREWARTHA et BIRCH, 1954):

- le **taux net de reproduction** ou la multiplication par génération ("net reproductive rate")

$$R_0 = \sum l_x \cdot m_x$$

- le **taux intrinsèque d'accroissement**  $r_m$  ("innate capacity for increase", équivalent au "intrinsic rate of increase" de LOTKA, 1922, 1931), est déterminé par itérations successives afin que la somme

$$\sum l_x \cdot m_x \cdot e^{-r_m \cdot x} \quad \text{égale la valeur 1}$$

(voir la démonstration en annexe 29)

- la **durée moyenne d'une génération**  $T$  ("mean length of a generation")

$$T = \ln(R_0) / r_m$$

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

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

LAUGHLIN (1965) propose le calcul d'une capacité d'accroissement  $r_c$  ("capacity for increase"):

$$r_c = \ln(R_0) / T_c$$

avec  $T_c$  : âge des femelles de la cohorte au moment où 50% des œufs qui donneront des femelles sont pondus.

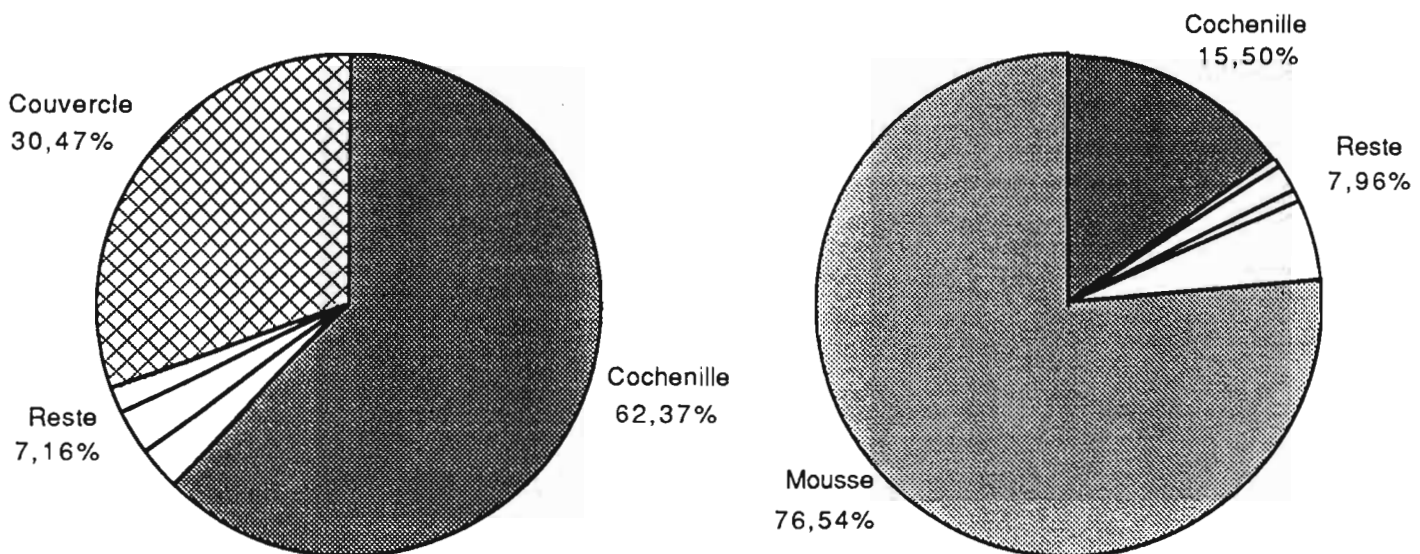
Remarque: la capacité d'accroissement a une valeur numérique inférieure à celle du taux intrinsèque d'accroissement; elle ne peut pas être utilisée dans le cas d'une distribution d'âge stable, et caractérise seulement le développement des 3 premières générations colonisant un nouvel espace (LAUGHLIN, 1965).

**Tableau 24 :**

Effets de l'apport d'une plaquette de mousse polyuréthane (200x150x3mm), sur la ponte des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant.

(25°C, 75-85% HR, photopériode et éclairage naturels)  
intervalles de confiance au risque 5%.

	Cohorte de 40 femelles sans la mousse	Cohorte de 40 femelles avec la mousse
Nombre moyen d'œufs par femelle	126,7 ± 6,0	242,7 ± 18,0
Nombre moyen d'œufs par site de ponte :		
Cochenille	79,0 ± 6,0	37,6 ± 2,4
Papier	3,3 ± 1,1	1,3 ± 0,2
Parois de la boîte	3,9 ± 1,1	4,0 ± 0,5
Mousseline	1,9 ± 0,6	2,0 ± 0,4
Couvercle	38,6 ± 5,8	12,1 ± 1,5
Mousse	/	185,7 ± 3,0



## 1.2. Résultats

L'influence de l'addition d'une plaquette de mousse sur la ponte des femelles de *R. chermesina* est présentée dans le tableau 24.

Les résultats concernant la longévité et la fécondité sont regroupés dans le tableau 25. Les tables de vie et de fécondité sont réalisées avec un tableur (voir annexes 35 à 39). Les paramètres de ces tables sont présentés dans le tableau 28.

Remarque : la mortalité larvaire n'a pas été déterminée pour les températures expérimentales 25°C et 30°C; les tables de vie et de fécondité ont été construites avec le taux mesuré en conditions naturelles de température.

L'effet du rythme d'attribution de la proie est testé à partir des pontes individuelles quotidiennes des femelles à 25°C: sur 6 journées-types pendant le premier mois d'oviposition, tableau 26; sur 3 journées-types pendant le deuxième mois d'oviposition, tableau 27.

## 1.3. Discussion

### 1.3.1. Supports de ponte

L'addition d'une plaquette de mousse polyuréthane a plusieurs conséquences:

- le nombre total d'œufs pondus pendant les 25 premiers jours de vie est presque doublé (x 1,92). La ponte est stimulée par la présence de ce matériau.
- la proie perd de son importance pour le dépôt des œufs, puisqu'elle ne reçoit plus que 15,50% de la ponte contre 62,37% sans la mousse. Les œufs placés sur la proie et détruits par la femelle en se nourrissant sont moins nombreux.
- les œufs déposés sur les parois internes du pilulier, sur la mousseline et le couvercle ne peuvent être détachés de leur support et sont donc perdus pour la production des larves; ils représentent 37,63% de la ponte sans la mousse et 7,95% en présence du nouveau support.
- les œufs déposés dans la plaquette de mousse sont facilement dénombrables par transparence, et sont transportables dans un support standardisé et propre. Ils représentent presque les 4/5ème de la ponte.

**Tableau 25 :**

Longévité et fécondité des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant réparties en 5 groupes expérimentaux.

intervalles de confiance calculés au risque de 5%

	GROUPES EXPERIMENTAUX				
	1	2	3	4	5
Effectif initial	20	19	18	10	10
Durée moyenne de vie (en jours)	46,0 ±10,3	39,2 ±4,8	51,7 ±12,5	47,9 ±9,8	66,0 ±25,8
Durée moyenne de la période de préoviposition (en jours)	7,1 ±1,0	6,7 ±1,2	7,3 ±1,3	7,1 ±1,8	6,6 ±1,3
Durée moyenne de la période d'oviposition (en jours)	38,9 ±10,3	32,5 ±4,9	44,4 ±13,1	40,8 ±9,7	59,4 ±26,7
Nombre total d'œufs pondus par la cohorte	4033	2521	3378	1624	1765
Nombre moyen d'œufs pondus par ♀	201,7 ±68,8	132,7 ±32,5	187,7 ±92,6	162,4 ±64,9	150,7 ±67,6
Nombre moyen d'œufs pondus par ♀ et par jour	4,8 ±0,8	3,9 ±0,7	3,7 ±0,8	3,8 ±0,9	2,6 ±2,7
Somme cumulée des pontes moyennes journalières	388,8	199,7	371,5	214,0	229,3
Nombre de femelles dans la descendance :					
de la cohorte	1356,3	839,4	1162,4	558,8	607,3
d'une femelle $\sum m_x$	130,8	66,5	127,8	73,6	93,0

### 1.3.2. Longévité et durée d'oviposition

D'après le test de KRUSKALL-WALLIS, ( $\alpha=0,05$ ; d.d.l.=4;  $\chi^2=9,49$ ), les cinq groupes ne présentent entre eux aucune différence significative en ce qui concerne:

- la durée de vie ( $H_c=6,043$ )
- la durée de la période de préoviposition ( $H_c=1,458$ )
- la durée de la période d'oviposition ( $H_c=5,451$ ).

Les femelles de *R. chermesina* vivent en moyenne 50,16 jours. Ni les conditions de température testées, ni les rythmes d'alimentation à 25°C n'ont d'influence significative sur la durée de vie.

Il est à noter une grande variabilité individuelle, qui pourrait masquer les différences de longévité. Les valeurs extrêmes (18 et 117 jours) appartiennent toutes les 2 au groupe 5. Dans ce groupe, la durée d'oviposition est aussi très variable.

La période de préoviposition dure en moyenne 7 jours et la durée d'oviposition 40,2 jours. Le temps d'une génération T varie entre 55 et 61,1 jours (tableau 25).

### 1.3.3. Fécondité

Les pontes journalières sont cumulées soit en fin de période d'observation pour déterminer la ponte totale de la cohorte (exprimée au moins sous 3 formes), soit quotidiennement pour établir une ponte moyenne par femelle et par jour.

#### 1.3.3.1. Expression de la fécondité de la cohorte

Les groupes sont comparés sur la base du nombre total d'œufs pondus, ramené au nombre initial de femelles. D'après le test de KRUSKALL-WALLIS, ( $\alpha=0,05$ ; d.d.l.=4;  $\chi^2=9,49$ ), ils ne présentent pas de différence significative, ( $H_c=1,255$ ). Une femelle pond en moyenne 167 œufs. Mais ce critère masque une grande variabilité entre les groupes et même entre les individus, par exemple au sein du groupe 3, la ponte varie de 10 à 814 œufs, (voir les performances individuelles en annexes 30 à 34).

Par contre, une différence est décelée par le même test statistique lorsque la ponte totale des femelles est exprimée par jour d'oviposition, ( $H_c=16,272$ ). En effet, les individus du groupe 5 pondent en moyenne 2,6 œufs par jour, alors que la ponte moyenne des autres groupes est de 4,1

**Tableau 26:**

Nombre moyen d'œufs pondus par femelle de *Rodolia chermesina* Mulsant pour 6 journées types d'élevage.

(25°C, 75-85% HR, photopériode et éclairage naturels);

Classement des moyennes par la méthode de Student-Newman-Keuls (lettre majuscule) et intervalles de confiance au risque 5%.

Périodes d'échantillonnage	Nombre de tirages	N° des journées types					
		1	2	3	4	5	6
1er au 14eme jour d'oviposition	47	5,4 ±1,0 A	4,8 ±0,9 A	3,7 ±1,0 A	4,1 ±1,0 A	3,5 ±0,8 A	3,9 ±0,8 A
15eme au 29eme jour d'oviposition	34	4,7 ±0,8 AB	5,8 ±1,3 A	4,4 ±1,4 AB	3,1 ±0,9 B	3,0 ±1,0 B	4,2 ±1,2 AB

**Tableau 27:**

Nombre moyen d'œufs pondus par femelle de *Rodolia chermesina* Mulsant, nourries 1 jour sur 3, pour les 3 types de journées d'élevage.

(25°C, 75-85% HR, photopériode et éclairage naturels)

Classement des moyennes par la méthode de Student-Newman-Keuls (lettre majuscule) et intervalles de confiance au risque 5%.

Périodes d'échantillonnage	Nombre de tirages	N° des journées types		
		4	5	6
30eme au 60eme jour d'oviposition	40	4,0 ±0,7 A	4,1 ±0,9 A	3,2 ±0,7 A

œufs. Cette différence tient surtout à la durée plus longue de la période d'oviposition du groupe 5 (59,4 jours en moyenne contre 39,2 jours pour les autres groupes).

En revanche, ce critère ne différencie pas les 2 groupes 4 et 5 ( $D_{\max}=0,400$ ), qui, comparés ensemble par le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV, ( $D_{\alpha}=0,6082$ ;  $\alpha=0,05\%$ ) ne sont pas reconnus hétérogènes, probablement à cause d'un effectif initial trop faible (10 femelles).

### 1.3.3.2. Expression de la fécondité journalière

Le nombre moyen d'œufs pondus par femelle est calculé chaque jour dans la table de fécondité. La somme cumulée de ces pontes moyennes journalières conduit à une deuxième expression de la fécondité moyenne des femelles (tableau 25). Cette somme cumulée, qui tient compte de l'effectif journalier actualisé de la cohorte, est un paramètre plus précis que la ponte totale de la cohorte ramenée au nombre de femelle présente en début d'étude.

A partir de ces résultats, il apparaît qu'en condition de température ambiante et à température contrôlée de 25°C, la ponte moyenne des femelles est équivalente (respectivement 388,8 œufs/♀ et 371,5). A température contrôlée de 30°C, la ponte moyenne est la plus basse (199,7 œufs/♀).

### 1.3.3.3. Effet de la fréquence d'attribution de la proie

Pendant les 15 premiers jours de la période d'oviposition (à 25°C), le nombre moyen d'œufs pondus par femelle n'est pas significativement différent d'une journée type à l'autre: la présence de la proie, comme son absence pendant 1 ou 2 journées, n'influence pas la ponte journalière.

Par contre, au cours des 15 jours suivants des différences apparaissent: le nombre moyen d'œufs pondus pendant la journée type "2" est significativement plus élevé que ceux des journées "4" et "5" (respectivement 5,8 œufs contre 3,1 et 3,0). Le jour où sa proie est présente, une femelle *R. chermesina*, nourrie 1 jour sur 2, dépose davantage d'œufs qu'une femelle nourrie 1 jour sur 3, (5,8 œufs contre 3,1).

Les œufs recueillis à l'issue d'une journée sans proie, qu'elle alterne avec une journée avec nourriture (4,4 œufs), ou qu'elle soit une deuxième journée sans proie (4,2 œufs), ne sont pas significativement plus nombreux que ceux pondus lorsque la proie est distribuée tous les jours (4,7 œufs).

**Tableau 28:**

Paramètres tirés de la table de vie et de fécondité des 5 cohortes de femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant.

	GROUPES EXPERIMENTAUX				
	1	2	3	4	5
Taux intrinsèque d'accroissement $r_m$	0,064	0,061	0,061	0,061	0,059
Taux net de reproduction $R_0$	44,27	28,59	42,50	37,41	36,86
Temps d'une génération T	59,2	55,0	61,5	59,4	61,1
Taux de multiplication par femelle et par jour $\lambda$	1,066	1,063	1,063	1,063	1,061
Capacité d'accroissement $r_c$	0,064	0,060	0,058	0,059	0,054
indice $T_c$	59,06	55,8	64,6	61,04	66,80

**Tableau 29:**

Effet du rythme des prises alimentaires sur le nombre théorique des descendants (calculé sur 1 an) de 3 cohortes de femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant (25°C).

Rythme des prises alimentaires	tous les jours	1 jour sur 2	1 jour sur 3
Descendance ♀/♀	127,8	73,6	93,0
$r_m$	0,061	0,061	0,059
Période imaginaire (jours)	110	70	110
Progression géométrique calculée sur une période d'1 an :			
nombre de générations (n)	2	3	2
nombre de descendants $(\sum m_x)^n$	16.332,0	398.688,0	8.649,0



Pendant le deuxième mois d'oviposition, la ponte moyenne quotidienne n'est pas significativement différente entre les 3 journées type du groupe "5". La ponte ne semble plus influencée par la présence ou l'absence de la proie.

#### 1.3.3.4. Etalement de la ponte

L'indice  $T_c$  est l'âge des femelles de la cohorte au moment où 50% des œufs qui donneront des femelles sont pondus. Il donne une indication sur la rapidité avec laquelle la descendance femelle est engagée, en tenant compte des échecs cumulés des périodes d'incubation, de croissance larvaire et de nymphose.

Les femelles élevées à 30°C groupent leurs pontes en début de la période d'oviposition; elles sont les premières à déposer les œufs à l'origine de 50% de leur descendance femelle (55,8 jours contre 62,9 jours en moyenne pour les autres cohortes). Cette "précocité" d'apparition de la descendance femelle est expliquée en partie par une survie pré-imaginale supérieure à 30°C (le coefficient correcteur est 0,67 contre 0,65 pour les autres conditions).

Ce résultat confirme l'impression ressentie au début des élevages d'une "abondance" des pontes journalières à 30°C.

#### 1.3.4. Potentiel d'accroissement

Les femelles élevées à 30°C accroissent théoriquement leur population 28,59 fois en une génération de 55 jours. La ponte cumulée moyenne par femelle reste inférieure à 200 œufs et le nombre moyen de femelles dans la descendance d'une femelle est de 66,5.

Les femelles élevées à 25°C, et nourries tous les jours, multiplient leur population par 42,5 tous les 61,5 jours. La descendance moyenne par femelle compte 127,8 femelles (130,8 en conditions naturelles). La progression de celles élevées en conditions naturelles est donnée par  $R_0=44,27$  et  $T=59,2$ . Leur descendance moyenne est de 130,8 ♀.

L'utilisation conjointe des paramètres  $R_0$  et  $T$  donne une expression d'accroissement difficilement comparable d'une cohorte à l'autre. Le taux intrinsèque d'accroissement  $r_m$  est un paramètre qui facilite la comparaison : la population à 30°C augmente au rythme 0,061 femelle par femelle et par jour. La cohorte élevée à 25°C présente le même taux d'accroissement. En conditions naturelles de température, cet accroissement est légèrement supérieur (0,064 ♀/♀/jour).

Il est néanmoins surprenant de conclure à un même rythme d'accroissement pour 2 cohortes (25°C et 30°C) dont la descendance femelle par femelle diffère du simple au double:

- à 25°C la descendance est de 127,8 ♀/♀ et  $r_m=0,061$ ;

- à 30°C la descendance est de 66,5 ♀/♀ et  $r_m=0,061$ .

Pour les 2 cohortes, les œufs sont pondus avec un rythme journalier moyen identique (3,7 œufs/♀/jour à 25°C et 3,9 à 30°C). Elles présentent une même longévité, mais des périodes de ponte différentes:

- à 25°C la cohorte présente une période imaginaire de 110 jours;

- à 30°C la cohorte présente une période imaginaire de 60 jours.

Pour le calcul du  $r_m$ , les performances de la cohorte sont répétées un grand nombre de fois pour exprimer une progression numérique à long terme. Cette simulation réduit les différences de durée existant entre les périodes de ponte des 2 cohortes et explique l'égalité des  $r_m$ ; par exemple au bout de la première année de simulation,:

- 2 répétitions de la cohorte à 25°C (période imaginaire totale:220 j.);

- 3 répétitions de la cohorte à 30°C (période imaginaire totale:180 j.).

Le paramètre  $r_m$  n'est pas adapté au cas présent où, dans la réalité, les générations ne se suivent pas mais se chevauchent. L'augmentation des effectifs suit une progression géométrique. Pour l'illustrer, supposons que la descendance femelle de chaque femelle de la cohorte soit effectivement  $\sum m_x$ ; au bout de la première année, les effectifs sont devenus:

- à 25°C,  $m_x=127,8 \text{ ♀/♀} \rightarrow (\sum m_x)^2 = 16.332 \text{ ♀}$ ;

- à 30°C,  $m_x= 66,5 \text{ ♀/♀} \rightarrow (\sum m_x)^3 = 294.080 \text{ ♀}$ .

Cette caricature montre que la cohorte élevée à 30°C présente un potentiel d'accroissement supérieur en dépit du nombre inférieur de descendants par femelle. En insectarium, ce potentiel ne peut pas être considéré comme définitif; en effet, il sera probablement réduit sous l'effet d'une pression de sélection plus forte en milieu d'élevage à 30°C.

La comparaison des cohortes a été menée avec une période pré-imaginaire commune de 40 jours, mesurée en conditions naturelles de température (température maximale moyenne: 29,6°C±0,3; température minimale moyenne: 24,2°C±0,3). En utilisant la durée effective de la période préimaginaire à 25°C et 30°C, le rythme de succession des générations ne sera pas modifié au point d'en changer fondamentalement les taux d'accroissement.

Selon le même raisonnement, l'effet de l'alternance "présence/absence" de nourriture à 25°C est interprété comme suit (tableau 29):

- les femelles nourries 1 jour sur 2 présentent une descendance femelle moins nombreuse que celles nourries tous les jours (73,6 femelles contre 127,8); la période imaginaire de la cohorte nourrie 1 jour sur 2 équivaut aux 2/3 de celle nourrie tous les jours; cette durée plus courte permet à long terme le calcul du même  $r_m$  malgré la différence de descendants;

**Photo 5 :** Vue générale de l'enceinte expérimentale réglée à 25°C. On distingue sur la gauche le raccord d'arrivée d'air à 20°C et au centre la résistance électrique.

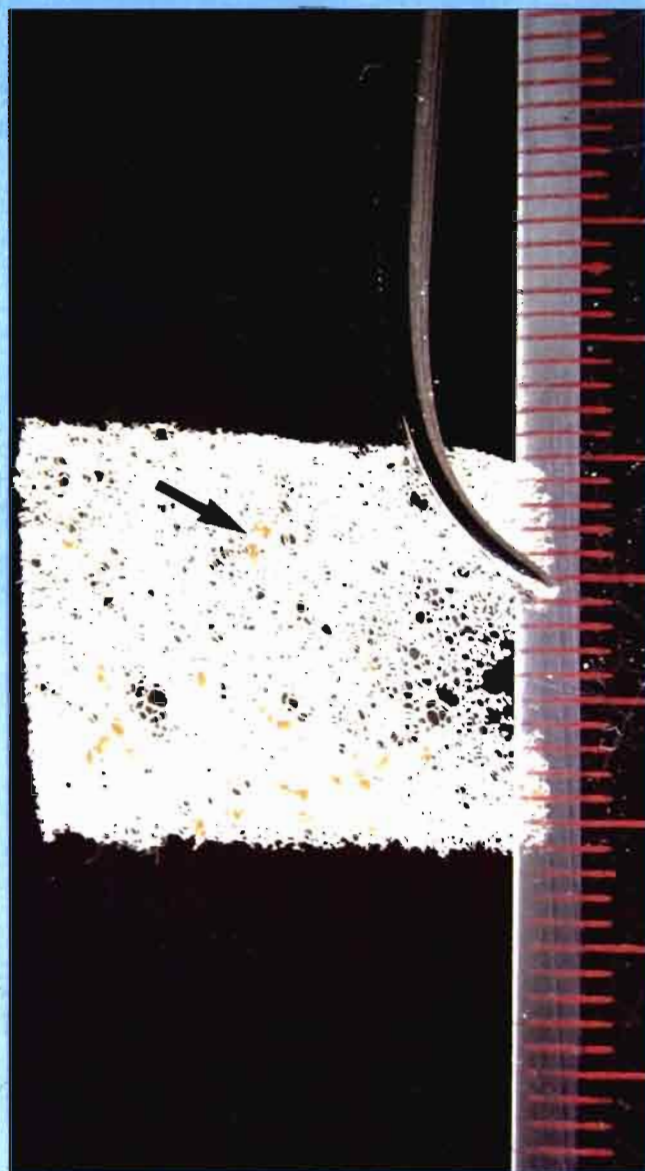
**Photo 6 :** Vue intérieure de l'enceinte expérimentale réglée à 25°C. On aperçoit:

- au premier plan sur la gauche, les boîtes d'élevage , à droite les cadres contenant les femelles en pilulier individuel;
- au centre le système de régulation thermique (résistance et ventilateur);
- au fond, le thermohygrographe hebdomadaire et juste derrière l'arrivée d'air à 20°C.

**Photo 7 :** Plaquette de mousse polyuréthane proposée aux femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant pour le dépôt de leurs œufs.



6



7



5

- la différence des  $r_m$  observée entre la cohorte nourrie tous les jours et celle nourrie 1 jour sur 2, malgré la même durée de la période imaginaire, tient à la différence du nombre de descendants femelles par femelle (93 contre 127,8);

La progression géométrique calculée sur une année montre que l'effectif de la cohorte nourrie tous les jours progresse presque 25 fois moins vite que celui de la cohorte nourrie 1 jour sur 2; celle nourrie 1 jour sur 3 progresse 2 fois moins vite que celle nourrie tous les jours.

## 1.4. Conclusion

Cette étude montre l'influence du facteur température et du rythme de distribution de la proie.

Sur la base de leurs performances globales, les 5 cohortes se différencient assez peu. La durée moyenne de vie des coccinelles ne varie pas significativement selon que la température est maintenue à 30°C, 25°C ou qu'elle évolue naturellement. Il en est de même pour les durées moyennes des périodes de préoviposition et d'oviposition. De plus, le nombre moyen d'œufs pondus par femelle n'apparaît pas non plus influencé.

En revanche, à partir des performances journalières relevées dans les tables de vie et de fécondité, plusieurs différences sont mises en évidence:

- à température contrôlée de 30°C, les coccinelles ont une période pré-imaginaire plus courte, déposent moins d'œufs et leur descendance femelle est plus restreinte; la succession plus rapide des générations suivantes leur confère le potentiel d'accroissement le plus élevé.

- à 25°C, la présence de la proie 1 jour sur 2 permet un potentiel d'accroissement supérieur aux 2 autres rythmes de prises alimentaires. Les femelles nourries 1 jour sur 3 augmentent 2 fois moins vite leur population que si elles étaient nourries tous les jours.

L'isolement des femelles permet de les suivre avec une bonne précision. Mais en écartant volontairement les interactions intraspécifiques, chaque individu exprime un potentiel indépendant de toutes les influences, néfastes comme stimulatrices, que peut exercer le groupe sur ses performances individuelles. Les résultats obtenus sont donc probablement différents de ceux d'une cohorte élevée collectivement.

L'appariement des adultes, tel qu'il est mené, apporte des garanties en ce qui concerne l'identité, l'unicité et l'exclusivité des partenaires de la reproduction. Ceci est capital pour maintenir la diversité génétique de la souche en élevage. Mais il n'est pas certain que le nombre et la durée des accouplements (critères non contrôlés), soient sans influence sur la fécondité des femelles.

**Tableau 30:**

Taux moyens d'éclosion des œufs de *Rodolia chermesina* Mulsant placés sous différentes conditions de température et d'humidité.

Température (°C)	Humidité relative (%)	Nombre d'œufs	Taux d'éclosion (%)	
			Moyen	Maxi/Mini
20	90-100	418	79,90	100,00/61,82
	75-85	576	77,26	90,83/43,48
	65-75	207	80,19	98,51/50,00
25	90-100	599	62,77	73,21/50,00
	75-85	313	79,23	95,60/76,60
	65-75	440	74,55	95,35/42,34
	< 50	214	73,83	78,12/61,67
30	90-100	644	61,96	71,08/36,33
	75-85	894	73,71	78,72/56,94
	65-75	663	73,00	86,02/44,44
	< 50	171	69,00	74,63/13,46
Conditions naturelles (1)		545	78,17	96,64/35,29

Taux moyens d'éclosion , taux d'humidité confondus (en%):

20°C	25°C	30°C
79,12	72,60	69,42

Taux moyens d'éclosion , températures confondues (en%):

90-100%	75-85%	65-75%	<50%
68,21	76,73	75,91	71,42

(1) Température maximale moyenne: 28,3°C±0,5  
Température minimale moyenne: 22,9°C±0,3

## **2. Développement de l'œuf**

### **2.1. Conditions expérimentales**

Les œufs utilisés proviennent tous de nos élevages. Les femelles les ont déposés dans de fines plaquettes de mousse polyuréthane. Les supports de ponte sont renouvelés chaque jour afin qu'ils ne contiennent que des œufs âgés au plus de 24 heures.

Les plaquettes sont disposées dans des boîtes de Pétri; celles-ci sont réparties entre les boîtes d'élevage et les 3 enceintes expérimentales (chapitre 2, § 1.1.). L'incubation a lieu en conditions contrôlées décrites dans le tableau 12, ainsi qu'à l'extérieur en conditions naturelles (Température maximale moyenne:  $28,3^{\circ}\text{C}\pm 0,4$ ; température minimale moyenne:  $24,2^{\circ}\text{C}\pm 0,3$ ).

### **2.2. Durée et taux d'éclosion**

A partir du troisième jour, les contrôles des éclosions sont faits 2 fois par jour et les larves néonates sont retirées afin de limiter les pertes d'œufs par prédation.

Les taux d'éclosion sont regroupés dans le tableau 30. Le rythme des éclosions est donné en annexe 42.

Les taux moyens d'éclosion, exprimés par température quelque soit le niveau d'humidité, varient de 69,42% à 79,12%. Cette variation est plus grande que celle des taux exprimés par taux d'humidité, qui varient de 68,21% à 71,42%. L'effet de la température sur le taux d'éclosion semble donc plus important que celui de l'humidité.

**Tableau 31:**

Mortalité des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant par groupe expérimental établi selon l'essence végétale utilisée pour la collecte des cochenilles *Icerya seychellarum* (Westwood) avec ovisac.

Les larves sont isolées dès l'éclosion.

---

GROUPES	Espèce végétale	Effectif (larves)	Taux de mortalité (%)
1	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	191	4,71
2	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	181	7,73
3	<i>Euphorbia pyrifolia</i> Lam.	185	7,57
4	<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh.	181	6,63
5	<i>Dichrostachys microcephala</i> Renvoise	185	4,32
6	<i>Sideroxylon inerme</i> L.	146	8,22
7	<i>Ficus avi-avi</i> Bl.	177	7,91
8	<i>Artocarpus altilis</i> (Park.) Fosberg	200	5,8
	<b>Mortalité globale</b> , 90 larves sur 1446, soit		<b>6,62</b>

---



### 3. Développement larvaire de *R. chermesina*

#### 3.1. Objectifs de l'étude

L'expérimentation porte sur la durée du développement larvaire et sur la mortalité liée à la technique d'élevage des larves. L'étude est conduite sur l'atoll d'Aldabra, à l'occasion de la production des jeunes adultes destinés aux lâchers d'introduction. Les conditions de température, d'humidité, d'éclairage et de photopériode sont naturelles (température maximale moyenne:  $29,6^{\circ}\text{C}\pm 0,3$ ; température minimale moyenne:  $24,2^{\circ}\text{C}\pm 0,3$ ).

Les larves sont nourries avec *Icerya seychellarum* (Westwood). Les cochenilles sont prélevées quotidiennement dans la nature. Elles sont très fréquentes sur l'île Picard, où est cantonnée la présence humaine. Mais leur distribution, leur abondance et même leur taille, varient selon l'essence végétale qu'elles parasitent.

L'étude se propose de mettre en évidence l'influence éventuelle de la plante-hôte et de la cochenille-proie sur la durée des développements larvaire et nymphal du prédateur.

#### 3.2. Méthodologie

##### 3.2.1. Elevage des larves

Les larves en élevage sont réparties dès le premier jour en 7 groupes, décrits. Ces groupes se distinguent seulement par l'essence végétale sur laquelle sont prélevées les cochenilles *I. seychellarum* données en nourriture (tableau 31). Le stade collecté est: "femelle mature avec ovisac". L'âge de la proie n'est pas contrôlé.

Les espèces végétales choisies sont citées par les auteurs comme espèces sensibles, et certaines ont été choisies pour suivre l'évolution des populations d'*I. seychellarum* (RENVOISE, 1975; HILL et NEWBERY, 1980).

A titre de comparaison, un autre groupe a été étudié: les larves nourries avec *I. seychellarum* prélevé à Mahé sur "l'Arbre à pain", *Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg.

Dès sa naissance, chacune des larves est isolée dans un pilulier, constitué de 2 petits bouchons emboutis, dégageant une cavité interne d' $1\text{cm}^3$ , aéré sur tout un côté par une mousseline. Les piluliers d'un même

### **Tableau 32:**

Comparaison statistique de 2 modes d'alimentation des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant, nourries avec *Icerya seychellarum* (Westwood), à raison :

- d'une cochenille renouvelée quotidiennement;
- de 2 ou 3 cochenilles renouvelées tous les 2 jours.

La valeur critique du test de KOLMOGOROV-SMIRNOV ( $\alpha=0,05$ ;  $N_1=N_2=7$ ) est : **42**

Etapes du développement :	Nombre de classes	$N_1*N_2*D_{max}$	Hypothèse d'égalité des distributions de fréquence
Stade 1	6	21	acceptée
Stade 2	6	7	acceptée
Stade 3	6	28	acceptée
Stade 4	7	<b>42</b>	<b>rejetée</b>
Période prénymphe	9	21	acceptée
Période nymphe	7	<b>42</b>	<b>rejetée</b>
Durée totale du développement	6	<b>42</b>	<b>rejetée</b>

groupe sont rassemblés sur un plateau et protégés des fourmis et des rats. Les larves-sœurs sont séparées dans des groupes différents.

L'expérimentation comporte 2 phases successives:

- au cours de la première, l'unique cochenille déposée dans le pilulier est renouvelée chaque jour;
- pour la seconde expérimentation, les 2 (quelques fois 3) cochenilles offertes sont renouvelées tous les 2 jours.

Dans les 2 cas, lors du renouvellement de la nourriture, toutes les cochenilles sont systématiquement remplacées, qu'elles soient prédatées ou non.

La durée du développement pré-imaginal est suivi par des observations toutes les 12 heures.

### 3.2.2. Mesure du poids sec des cochenilles

Parmi les cochenilles destinées à l'alimentation des larves, 73 sont prélevées et placées en étuve (36 heures à 70°C). Leur poids sec moyen est exprimé pour chaque groupe expérimental.

## 3.3. Résultats

Le pourcentage de mortalité est déterminé pour chaque groupe sur une seule période recouvrant les 2 répétitions. Il est donné indépendamment du nombre de cochenilles offertes et de leur fréquence de renouvellement. Les résultats sont donnés dans le tableau 31.

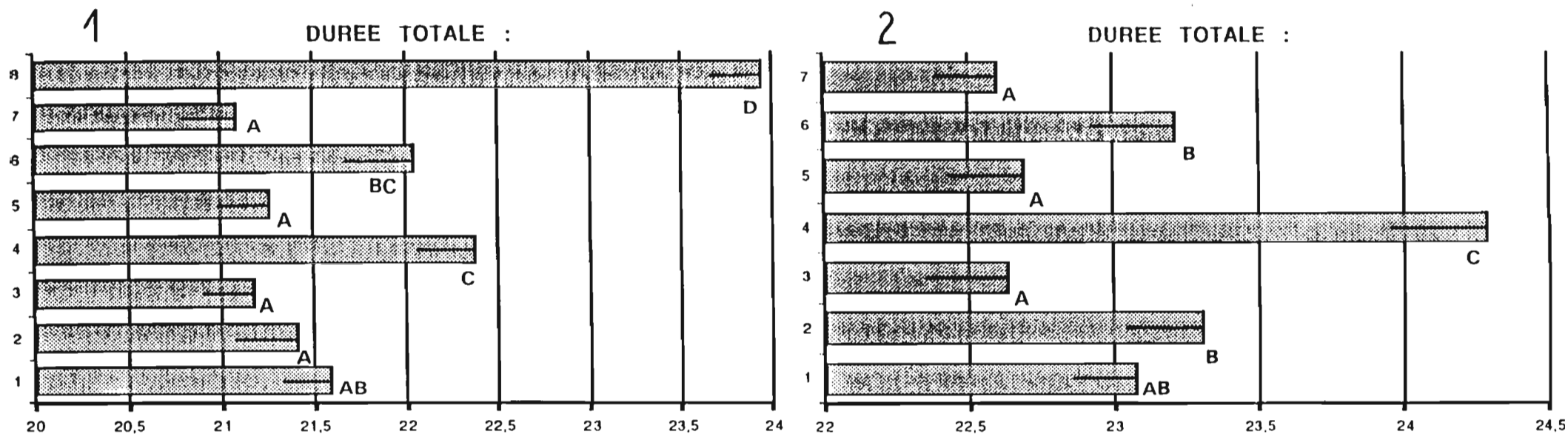
Les durées moyennes des étapes du développement sont calculées uniquement avec les résultats des larves qui sont parvenues au stade adulte, celles mortes avant l'émergence ne sont pas retenues.

Les moyennes sont calculées pour chacune des 2 répétitions, à partir respectivement de 76 et 85 développements larvaires complets. Les résultats sont donnés sous forme numérique en annexe 40 et illustrés par les figures 18, 19 et 20.

Le poids sec moyen des cochenilles utilisées dans l'alimentation des larves est donné dans le tableau 33 selon l'essence végétale d'origine.

Les comparaisons des durées moyennes et des poids secs moyens sont réalisées sous la forme d'analyses de variance. Les moyennes sont classées par un test de STUDENT-NEWMAN-KEULS au risque de 5%.

L'effet de la ration alimentaire est étudié en comparant 2 à 2 les étapes du développement à l'aide du test de KOLMOGOROV-SMIRNOV; les résultats sont présentés dans le tableau 32.



**Figure 18:**

Influence de la plante-hôte sur la durée totale du développement pré-imaginal (en jours) de *Rodolia chermesina* Mulsant.

La proie, une femelle d'*Icerya seychellarum* (Westwood) avec ovisac, est offerte à raison:

- 1 d'1 cochenille renouvelée quotidiennement;
- 2 de 2 ou 3 cochenilles renouvelées tous les 2 jours.

**Légende:**

- 1 *Casuarina equisetifolia* L.
- 3 *Euphorbia pyrifolia* Lam.
- 5 *Dichrostachys microcephala* Renvoise
- 7 *Ficus avi-avi* Bl.

- 2 *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb.
- 4 *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.
- 6 *Sideroxylon inerme* L.
- 8 *Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg

## 3.4. Discussion

### 3.4.1 Durée du développement larvaire

#### 3.4.1.1. Influence du mode de distribution de la ration alimentaire

En excluant le groupe N°8, la durée totale moyenne du développement préimaginal est de 21,6 jours dans le premier cas et 23,1 jours dans le second.

Le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV indique que les distributions de fréquence de 2 répétitions ne sont pas identiques pour le Stade 4, la période nymphale et la durée totale du développement. Nourries avec une cochenille renouvelée quotidiennement (1er cas), les larves ont une durée de développement qui tend à être plus courte: leur quatrième stade dure en moyenne 0,5 jour de moins que dans le second cas où les larves peuvent se nourrir plus longtemps aux dépens de proies renouvelées moins souvent.

Les 2 modes d'apport alimentaire testés ne sont donc pas équivalents quant à la durée du développement larvaire.

Remarque: la différence entre les durées de la nymphose (7,5 jours dans le premier cas contre 8,5 jours dans le second) pourrait être imputable aux variations des conditions climatiques naturelles des 2 périodes consécutives.

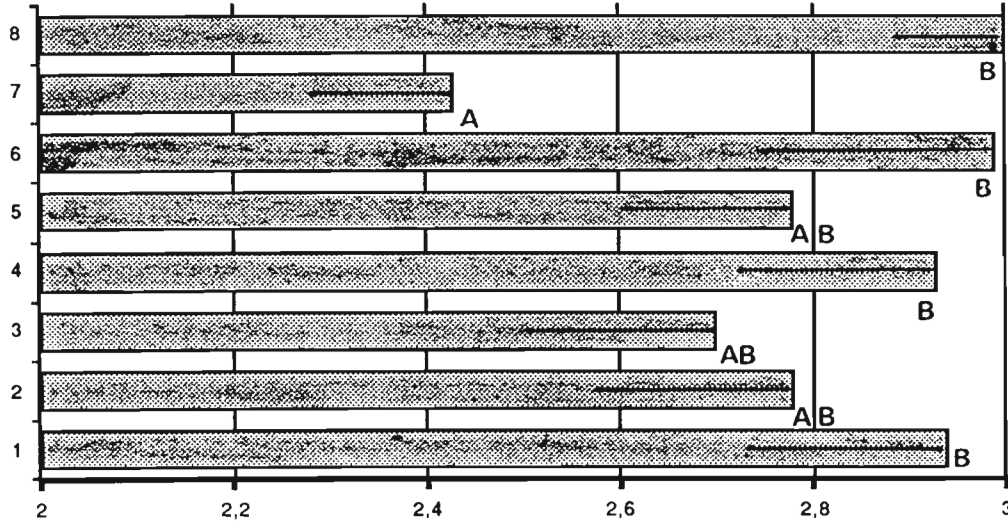
#### 3.4.1.2. Influence de la plante-hôte

La plante-hôte des proies n'a pas d'influence ni sur la durée de la période nymphale, ni sur la durée du quatrième stade larvaire du prédateur.

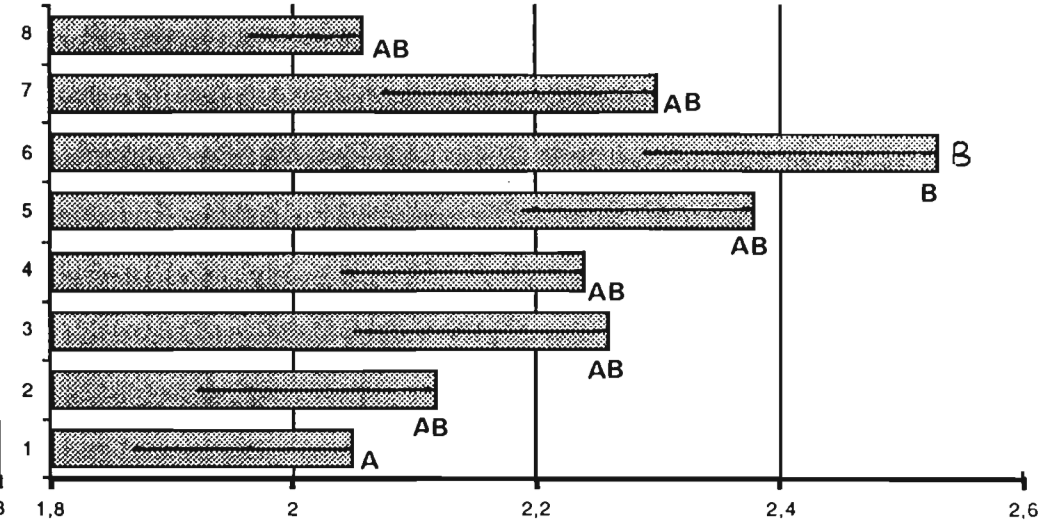
En revanche, son influence existe sur d'autres étapes du cycle de développement, et diffère selon le mode de distribution des proies:

- une cochenille renouvelée tous les jours: seuls les 2 premiers stades réagissent à l'origine végétale de la proie; les cochenilles collectées sur *Sideroxylon inerme* L. (groupe6) entraînent les plus longs développements; à l'opposé, celles provenant de *Ficus avi-avi* Bl. (groupe 7) pour le premier stade et de *Casuarina equisetifolia* L. (groupe 1) pour le deuxième permettent un développement rapide.

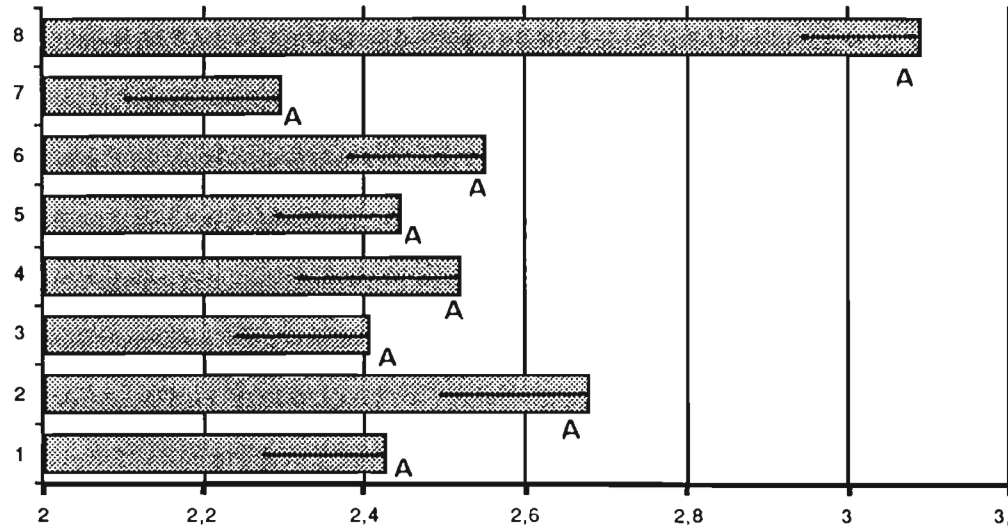
1er Stade larvaire :



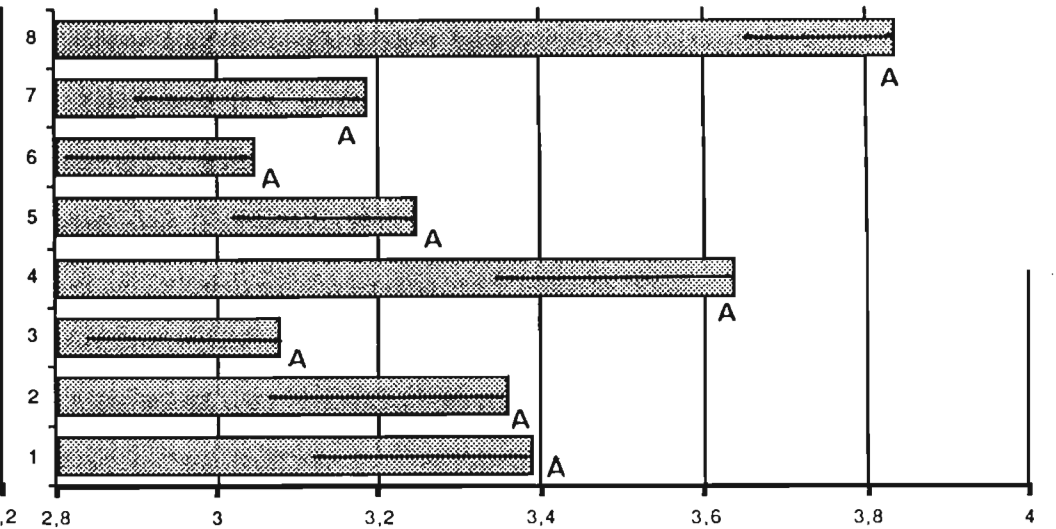
2ième Stade larvaire :

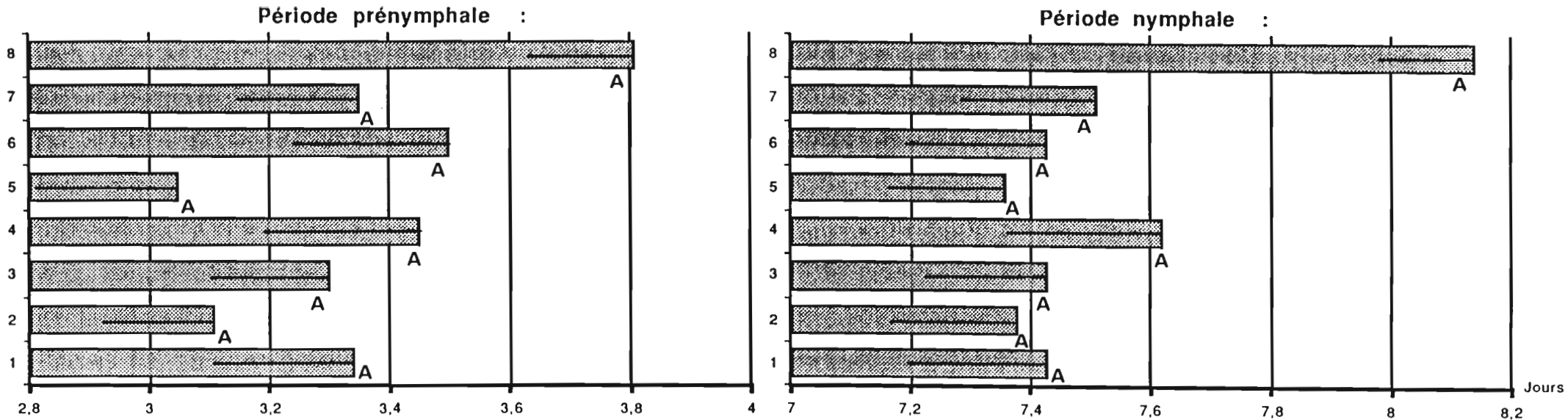


3ième Stade larvaire :



4ième Stade larvaire :





**Figure 19:**

Influence de 8 plantes-hôtes sur la durée des étapes du développement pré-imaginal de *Rodolia chermesina* Mulsant.

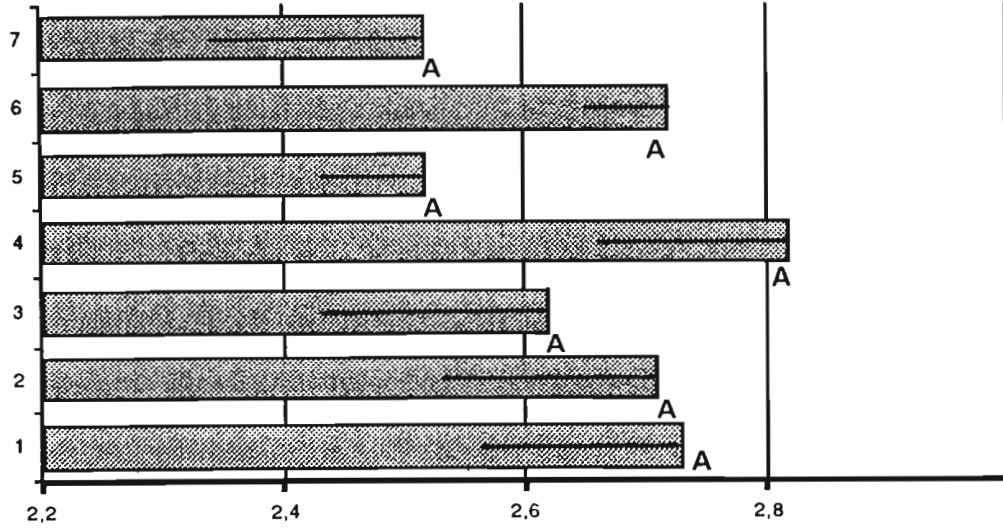
La proie, une femelle d'*Icerya seychellarum* (Westwood) avec ovisac, est offerte à raison d'1 cochenille renouvelée quotidiennement; L'échelle des abscisses est graduée en jours.

**Légende:**

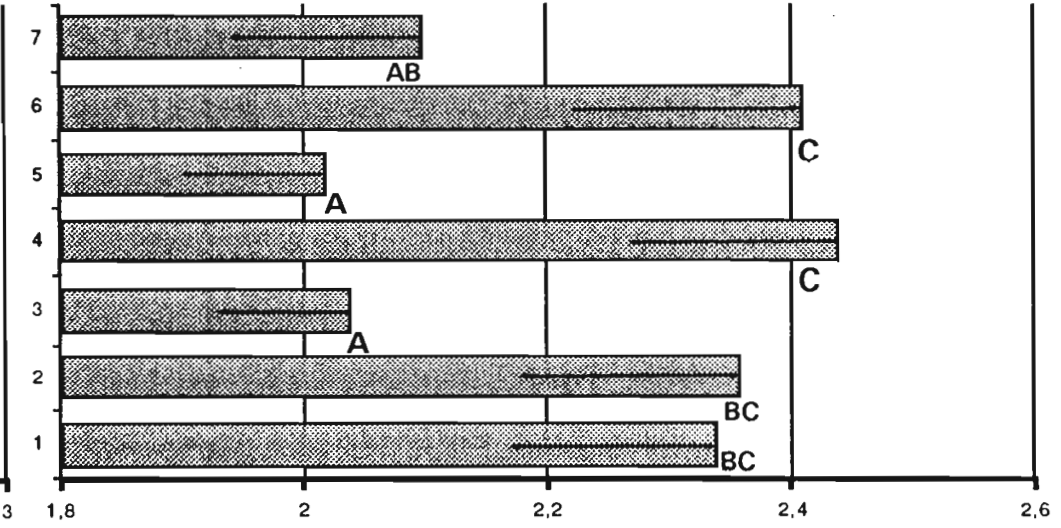
- 1 *Casuarina equisetifolia* L.
- 3 *Euphorbia pyrifolia* Lam.
- 5 *Dichrostachys microcephala* Renvoise
- 7 *Ficus avi-avi* Bl.

- 2 *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb.
- 4 *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.
- 6 *Sideroxylon inerme* L.
- 8 *Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg

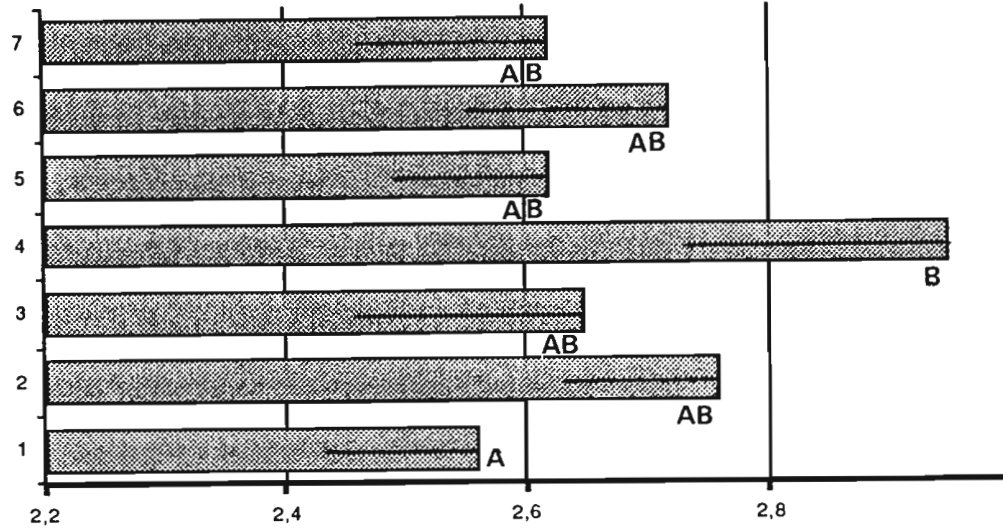
1er Stade larvaire :



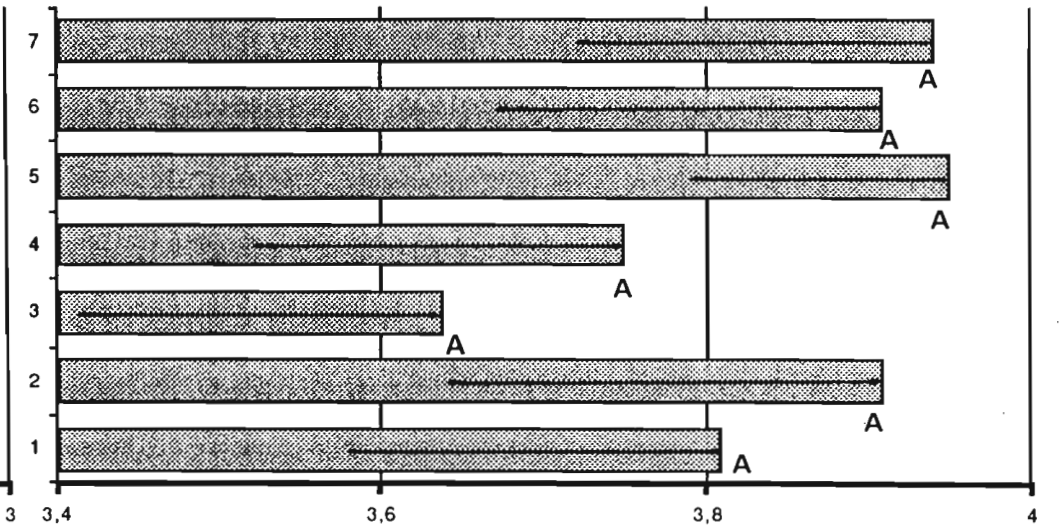
2ième Stade larvaire :



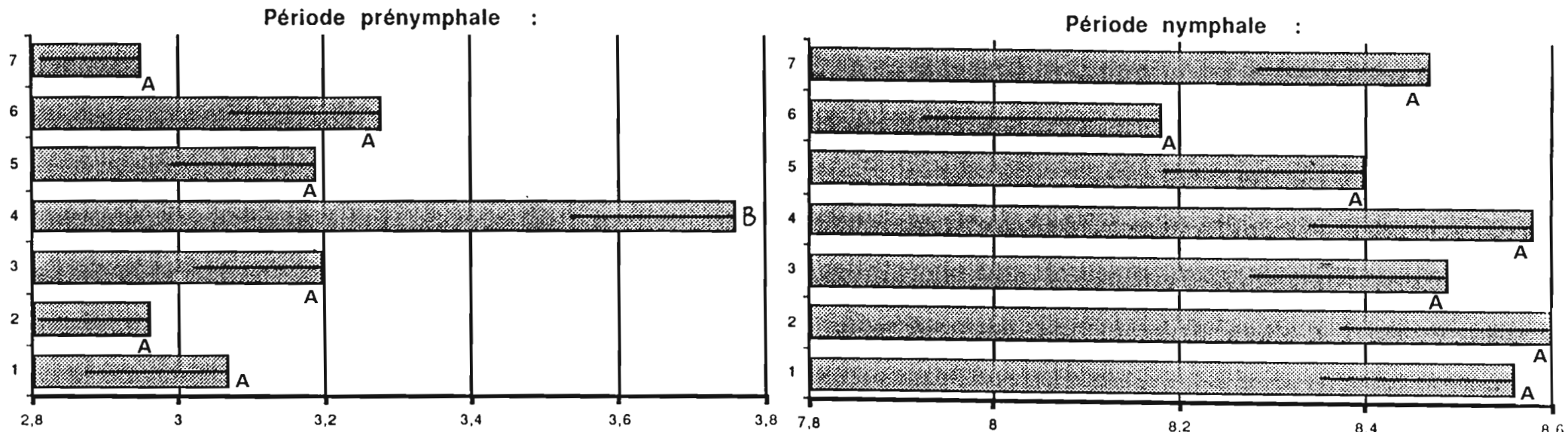
3ième Stade larvaire :



4ième Stade larvaire :







**Figure 20:**

Influence de 7 plantes-hôtes sur la durée des étapes du développement pré-imaginal de *Rodolia chermesina* Mulsant.

La proie, une femelle d'*Icerya seychellarum* (Westwood) avec ovisac, est offerte à raison de 2 ou 3 cochenilles renouvelées tous les 2 jours; L'échelle des abscisses est graduée en jours.

**Légende:**

- 1 *Casuarina equisetifolia* L.
- 3 *Euphorbia pyrifolia* Lam.
- 5 *Dichrostachys microcephala* Renvoise
- 7 *Ficus avi-avi* Bl.

- 2 *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb.
- 4 *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.
- 6 *Sideroxylon inerme* L.

### **Tableau 33 :**

Poids sec des femelles d'*Icerya seychellarum* (Westwood) avec ovisac prélevées à Aldabra sur 7 plantes-hôtes.

(séjour en étuve: 36 heures à 70°C)

Classement des moyennes par la méthode de Student-Newman-Keuls (lettres majuscules) et intervalles de confiance au risque 5%.

---

<b>GROUPES</b>	<b>Espèce végétale</b>	<b>Poids sec (mg)</b>	
1	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	9,116 ± 0,835	A
2	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	7,167 ± 0,748	B
3	<i>Euphorbia pyrifolia</i> Lam.	5,270 ± 0,451	C
4	<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh.	6,665 ± 0,529	B
5	<i>Dichrostachys microcephala</i> Renvoise	10,121 ± 0,101	A
6	<i>Sideroxylon inerme</i> L.	3,741 ± 0,305	D
7	<i>Ficus avi-avi</i> Bl.	6,743 ± 0,835	B

---

- 2 ou 3 cochenilles renouvelées tous les 2 jours: le premier stade n'est pas influencé; les cochenilles récoltées sur *Avicennia marina* Forssk.) Vierh. (groupe 4) entraînent des durées longues; celles provenant de *Dichrostachys microcephala* Renvoise (groupe 5) ou d'*Euphorbia pyrifolia* Lam. (groupe 3) pour le stade 2, et celles provenant de *Casuarina equisetifolia* (groupe 1) pour le stade 3, permettent les développements les plus courts.

### 3.4.2. Influence du végétal sur le poids sec des cochenilles

Les femelles d'*I.seychellarum* avec ovisac ne présentent pas la même teneur hydrique selon leur végétal-hôte (tableau 33). Celles collectées sur *D.microcephala* ont un poids sec 3 fois plus élevé que celles vivant sur *S.inerme*.

Cette teneur en eau intervient dans leur valeur nutritionnelle. Mais les larves de *R.chermesina* ne semblent pas sensibles à de telles différences, qui n'influent guère la durée de leur développement pré-imaginal. Il faut noter que l'âge des cochenilles utilisées n'est pas contrôlé; cette lacune introduit une source importante de variation entre proies d'un même groupe.

Par contre, la propension des cochenilles à produire du miellat pourrait être mise en relation avec les teneurs en eau. Sur l'atoll d'Aldabra, on remarque que les populations d'*I.seychellarum* parasitant *A.marina* ou *S.inerme* expulsent davantage de miellat que celles rencontrées sur *D.microcephala* ou *C.equisetifolia*, dont les feuilles sont rarement souillées de fumagine.

## 3.5. Conclusion

Cette étude comparative entre 7 essences végétales présentes à Aldabra montre qu'il y a une influence du végétal-hôte sur la durée du développement larvaire du prédateur. Ces résultats s'accordent avec une étude conduite sur d'autres associations "plante-cochenille-coccinelle" (GERY, 1987).

Dans la perspective d'un élevage de multiplication de *R.chermesina*, ce facteur n'est néanmoins pas fondamental. En pratique, les cochenilles peuvent être collectées sur toutes les plantes-hôtes disponibles.

**Tableau 34 :**

Rendement et durée de l'élevage collectif des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant jusqu'au deuxième stade larvaire.

(25°C, 75-85% HR, éclairage et photopériode naturels)

Nombre d'œufs placés en incubation	Larves du stade 2 placées en pilulier	Taux de survie de la période d'élevage collectif	Durée moyenne du séjour en boîte de Pétri
1317	887	67,35 %	7,1 jours

**Tableau 35 :**

Développement du premier stade larvaire de *Rodolia chermesina* Mulsant en fonction de la proie consommée :

proie I : femelle d'*Icerya seychellarum* (Westwood) avec ovisac  
 proie II : femelle d'*I.seychellarum* sans ovisac  
 proie III : œufs de *R.chermesina*.

(25°C, 75-85% HR, éclairage et photopériode naturels)

	PROIES CONSOMMEES			
	I	II	III	
Effectif initial	32	50	50	
Poids initial moyen $P_0$ (mg)	0,091 ±0,005	0,095 ±0,005	0,089 ±0,004	
Poids maximum moyen $P_m$ (mg)	0,887 ±0,077	0,873 ±0,062	0,638 ±0,058	
Poids final moyen $P_f$ (mg)	0,870 ±0,080	0,858 ±0,065	0,612 ±0,061	
Amplitude pondérale ( $P_m - P_0$ )	0,796	0,778	0,549	
Facteur multiplicateur ( $P_m/P_0$ )	9,72	9,20	7,17	
Constantes de l'équation de Verhulst :				
	$P_m$	0,928	0,899	0,667
	b	14,35	12,87	9,09
	k	0,062	0,067	0,052
Durée totale moyenne du stade (heures)	83,4 ±3,7	76,7 ±3,4	90,2 ±4,3	
Durée moyenne de la période entre $P_0$ et $P_m$ (heures)	79,9 ±4,6	69,5 ±4,3	74,8 ±5,7	
Mortalité (%)	0	2,08	4,08	

## 4. Cas particulier du premier stade larvaire

### 4.1. Problèmes rencontrés

Le premier stade larvaire constitue une étape clé du cycle de production des jeunes coccinelles adultes. Plusieurs difficultés d'élevage occasionnent la perte d'au moins 30% des jeunes larves **avant** leur isolement.

#### 4.1.1. La manipulation des larves

La petite taille des larves néonates (<1mm), nécessite de les manipuler avec soin à l'aide d'un pinceau très fin et sous une loupe binoculaire. Ces difficultés occasionnent déjà 20% de perte par égarement à la sortie des boîtes d'incubation.

Placées en pilulier individuel ( § 3.2.1.), certaines sont écrasées au moment de la fermeture et d'autres parviennent à s'échapper à travers les mailles distendues du filet d'aération.

#### 4.1.2. L'alimentation des jeunes larves

Une autre source d'échec, liée à la première, relève de l'adéquation de la proie offerte. En effet, les jeunes larves, sorties des boîtes d'incubation, sont placées en pilulier avec une cochenille *I. seychellarum* avec ovisac.

Dans la plupart des cas, la larve pénètre dans l'ovisac après un certain temps de recherche sur le corps de la cochenille. Quand elle n'y parvient pas, ses chances de s'alimenter sont alors réduites par la présence d'amas cireux recouvrant le corps de la cochenille.

### 4.2. Méthodologie

Le protocole expérimental est organisé à partir des 2 problèmes principaux rencontrés avec le premier stade larvaire:

a)- pour supprimer la manipulation des larves néonates, la mise en pilulier est retardée d'une semaine. La boîte de Pétri, utilisée comme

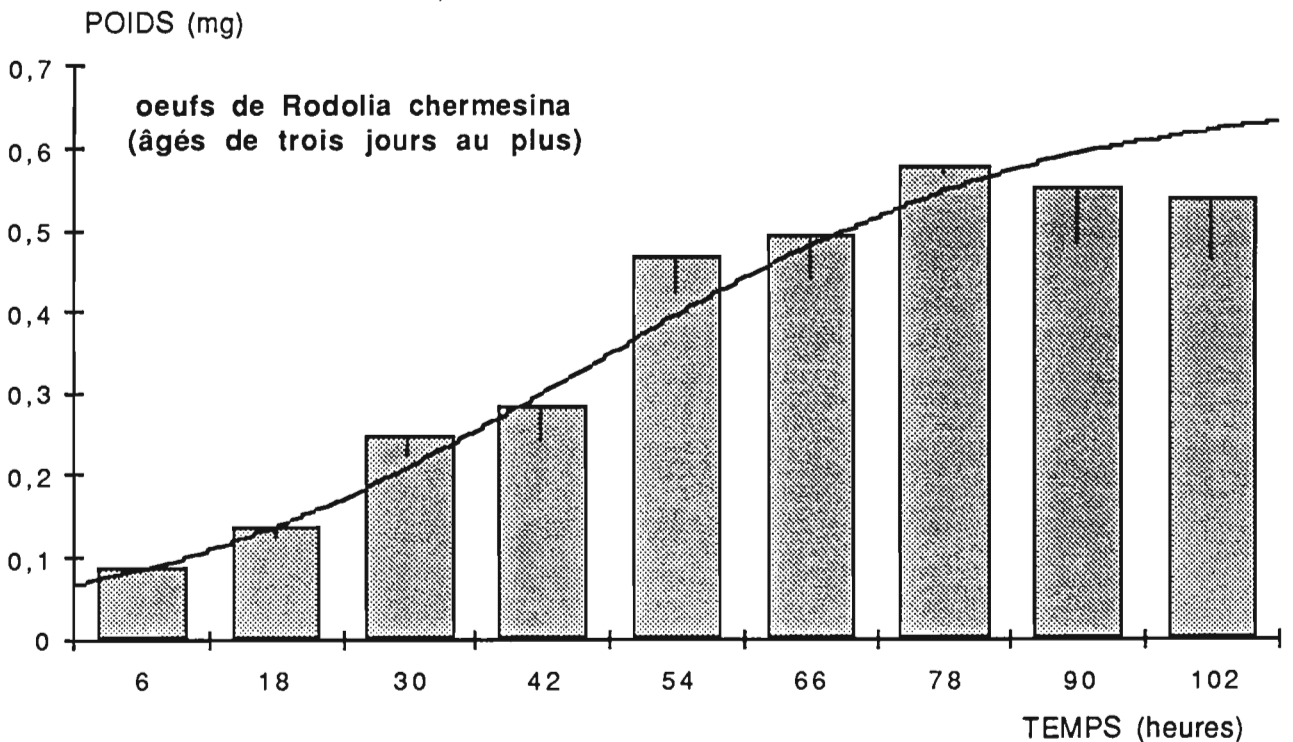
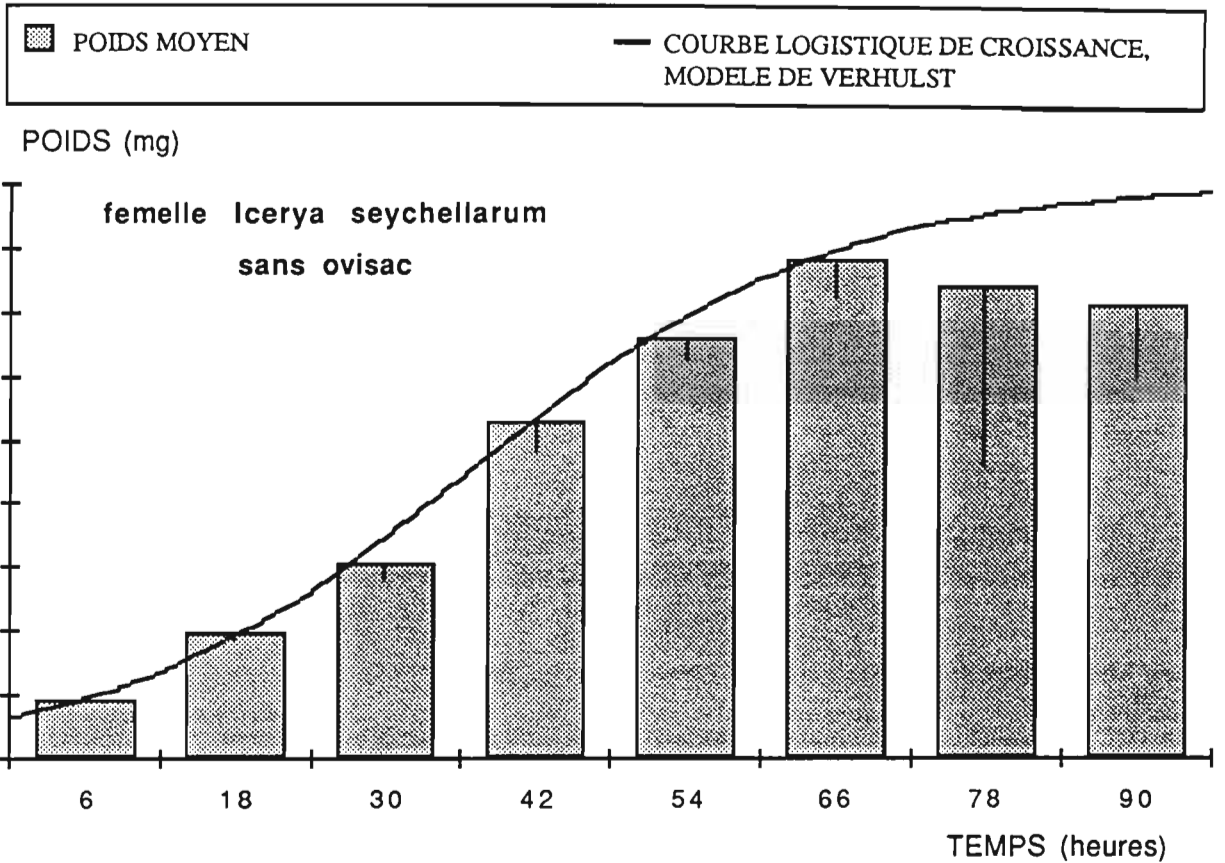
**Figure 21:**

Evolution pondérale de *Rodolia chermesina* Mulsant au cours du premier stade larvaire.

Les proies, renouvelées toutes les 12 heures, sont:

1- une femelle d'*Icerya seychellarum* (Westwood) sans ovisac;

2- des œufs de *Rodolia chermesina* Mulsant âgés au plus de 3 jours.



éclosoir, sert à l'élevage des larves. Au total, elle est mobilisée pendant 2 semaines environ. Dès les premières naissances, l'expérimentateur ajoute des femelles d'*I. seychellarum* et veille à ce que la nourriture ne manque pas.

Les larves parviennent au deuxième stade de leur développement. Ce n'est qu'à partir de ce moment que leur isolement a lieu et que chacune d'elle est isolée dans un pilulier.

b)- la recherche d'une proie plus adaptée conduit à vérifier si l'ovisac d'*I.seychellarum* est indispensable au développement du premier stade, et à évaluer l'adéquation des œufs de *R.chermesina* dont se nourrit également la larve néonate:

-50 larves néonates sont alimentées avec *I.seychellarum* sans ovisac (3eme stade larvaire)

-50 autres avec des œufs de leur propre espèce. Ces œufs, proposés en large excès, sont présentés tels que les femelles de l'élevage les ont déposés dans les plaquettes de mousse polyuréthane. Leur âge n'excède pas 3 jours.

Les larves sont élevées selon le même protocole décrit au chapitre 2, §1.4. Le renouvellement des proies et des plaquettes a lieu toutes les 12 heures.

### 4.3. Résultats

Après le séjour en boîte de Pétri, un bilan est réalisé en comparant le nombre de larves isolées en pilulier avec le nombre d'œufs placés en éclosoir. Le rapport entre les 2 quantités permet le calcul du "rendement" de la méthode (tableau 34).

La croissance pondérale est représentée par l'évolution du poids moyen de la cohorte en fonction du temps. La courbe logistique de croissance est ajustée avec les poids moyens enregistrés avant l'acquisition du poids maximum, figure 21. Les résultats sont présentés en annexe 41 et comparés avec ceux des larves aux dépens de cochenilles avec ovisac, tableau 35.

### 4.4. Discussion

#### 4.4.1. Retard dans la mise en pilulier individuel

Dans l'éclosoir, 67,35% des œufs évoluent jusqu'au deuxième stade larvaire. Une mortalité supplémentaire vient s'ajouter à celle de la

période d'incubation, dont le pourcentage moyen d'éclosion dans les mêmes conditions (25°C et 75-85% HR) est de 79,23% (tableau 30).

Les larves nées les premières se nourrissent parfois de quelques œufs avant de s'intéresser aux cochenilles. La prédation aux dépens des larves-sœurs a été observée entre larves du même stade de développement; lorsque la nourriture se raréfie, des larves, probablement les plus affamées, se nourrissent aux dépens des plus faibles, et attaquent celles en train de muer.

Ces risques de mortalité, directement imputables à la technique de l'élevage collectif du premier stade larvaire, sont évalués, par différence, à 12% de la mortalité totale. Comparé aux pertes dues à la manipulation des néonates, ce niveau reste acceptable, et, en veillant à l'abondance des proies dans l'éclosoir, il est possible de limiter son augmentation.

#### 4.4.2. Nécessité de l'ovisac pour le premier stade

L'absence d'ovisac ne modifie pas l'amplitude de la croissance pondérale des larves, mais a tendance à réduire sa durée; le poids maximum atteint est équivalent, mais la durée totale du stade est diminuée en moyenne de 6 heures et l'acquisition du poids maximum a lieu en moyenne 10 heures plus tôt.

Par son rôle protecteur et son contenu trophique, l'ovisac réunit des conditions propices aux premières prises alimentaires. Les néonates sont regroupées dans cet espace presque clos et les amas cireux protecteurs du corps de la cochenille sont moins denses. Les variations des facteurs climatiques (hygrométrie) y sont probablement pondérées.

Sur l'atoll d'Aldabra, la fourniture en cochenilles pour l'alimentation des coccinelles est facilitée par les niveaux de contamination élevés de la végétation alentour. Un stade immature de la cochenille peut éventuellement présenter une adéquation plus grande pour le premier stade larvaire. Mais sa collecte est matériellement impossible.

#### 4.4.3. Recherche d'une nourriture alternative

Les larves de *R. chermesina*, nourries uniquement avec des œufs de leur propre espèce, présentent une phase d'adaptation à cette proie pendant les 2 premiers jours. A l'âge de 42 heures, leur poids moyen ne dépasse pas 0,003 mg, alors que celui des larves nourries avec une femelle d'*I. seychellarum* (avec ou sans ovisac) est supérieur à 0,004 mg.

La présentation de la proie n'est pas en cause: les œufs insérés dans les plaquettes sont toujours accessibles par une de leurs extrémités. De plus, les larves du premier stade parviennent sans grande peine à se faufiler dans les cavités internes de la mousse.



Après ces 2 jours, le poids moyen de la cohorte augmente. Toutefois, en dépit d'une croissance plus longue, le poids maximum atteint reste inférieur à celui enregistré avec les autres proies (tableau 35).

On en conclut que les œufs de *R. chermesina* permettent la réalisation du premier stade et de la première mue larvaire, mais ils ne représentent pas la nourriture idéale.

**Tableau 36:**

Taux d'émergence des adultes de *Rodolia chermesina* Mulsant sous différentes conditions de température et d'humidité.

Températures (°C)	Humidités relatives (%)	Nombre de nymphes	Taux d'émergence (%)
20	90-100	39	87,18
	75-85	63	80,95
25	90-100	34	85,29
	75-85	31	90,32
	65-75	43	81,40
	< 50	37	97,30
30	90-100	70	81,43
	75-85	33	93,94
	65-75	44	86,36
	< 50	31	74,19
Conditions naturelles (1)		38	89,47
<b><u>Taux moyens d'émergence</u> , taux d'humidité confondus (en%):</b>			
	20°C	25°C	30°C
	84,07	88,58	83,98
<b><u>Taux moyens d'émergence</u> , températures confondues (en%):</b>			
90-100%	75-85%	65-75%	<50%
84,63	92,13	81,18	85,75

(1) Température maximale moyenne: 26,0°C ± 0,5  
Température minimale moyenne: 22,6°C ± 0,3

## **5. Développement nymphal**

### **5.1. Origine des nymphes**

Les nymphes utilisées proviennent toutes de nos élevages. Les larves du quatrième stade cessent de s'alimenter et se fixent par leur extrémité anale, le plus souvent sur les parois du pilulier, plus rarement sur la mousseline. C'est à ce moment que débute la période pré-nymphale. Les piluliers sont alors placés en conditions expérimentales.

### **5.2. Conditions expérimentales**

Les piluliers sont placés dans les boîtes d'élevage, réparties entre les 3 enceintes expérimentales (chapitre 2, § 1.1.), dans les conditions décrites tableau 12, ainsi qu'à l'extérieur, en conditions naturelles (température maximale moyenne:  $26,0^{\circ}\text{C}\pm 0,5$ ; température minimale moyenne:  $22,9\pm 0,3$ ).

### **5.3. Durée de la nymphose et taux d'émergence imaginale**

La durée de la nymphose est mesurée à partir de la dernière mue larvaire: le tégument dorsal de la pré-nymphe se déchire dans le sens longitudinal, laissant apparaître l'ébauche rouge vif des élytres du futur adulte.

Les taux d'émergence sont regroupés dans le tableau 36. Le rythme des émergences est donné en annexe 43.

L'influence de l'humidité sur le taux d'émergence imaginale est difficile à mettre en évidence; en effet, une différence de 10,95% d'émergence est enregistrée entre les 2 conditions 75-85% et 65-75%; entre les niveaux extrêmes d'humidité ( 90-100% et <50% ), la différence n'est que de 1,12%.

L'influence de la température s'exerce davantage sur la durée de la période nymphale plutôt que sur le taux d'émergence: à  $20^{\circ}\text{C}$ , 50% des adultes ont émergé au 21ème jour, alors que la même proportion est atteinte au 11ème et 12ème jours respectivement à  $30^{\circ}\text{C}$  et à  $25^{\circ}\text{C}$ .

## CHAPITRE IV

BIOLOGIE DE *RODOLIA CHERMESINA* ELEVE EN  
CAGE SUR LE MANGLIER BLANC *AVICENNIA MARINA*,  
ET INTRODUCTION SUR L'ATOLL D'ALDABRA

# Chapitre 4

## Introduction

Un programme de lutte biologique, basé sur l'enrichissement de l'entomocénose associée à un insecte ravageur, est conduit en plusieurs étapes. La première, l'étude comparée des différents ennemis naturels disponibles, aboutit au choix d'un ou plusieurs auxiliaires jugés aptes au contrôle du ravageur. Mais avant d'exprimer leur pouvoir régulateur, ces agents biologiques doivent réussir l'épreuve de l'introduction (REMINGTON, 1968).

En effet, dans le cas de l'enrichissement d'une entomocénose par lâcher introductif ou acclimatation, le "terrain d'application" n'appartient pas à leur région d'origine, et présente souvent des conditions écologiques différentes. C'est pourquoi en plus de leurs capacités de prédation ou de parasitisme, d'autres qualités d'adaptation et de tolérance sont requises. Ces qualités sont difficilement appréciables au laboratoire puisqu'elles s'expriment lors de la conquête du nouvel espace par les insectes introduits et leurs descendants. Il est admis que la variabilité génétique et l'effectif de la population d'origine conditionnent à la fois la réussite de son acclimatation, l'expression de son potentiel régulateur et le succès du contrôle biologique recherché (LEVINS, 1969; KREBS, 1972).

Dans les conditions contrôlées de l'insectarium, l'étude du cycle biologique des insectes choisis constitue la deuxième étape du programme. Elle précède souvent la phase finale qu'est la multiplication massive des insectes et leurs lâchers d'introduction.

Plus rarement, l'espèce à introduire est observée en captivité dans son nouvel environnement. Cette étude *in situ* approfondit la connaissance de cette espèce, en apportant des informations utiles sur son comportement en conditions réelles. Une telle étude a été entreprise avec *R. chermesina*, afin d'étudier les modalités de son action prédatrice et de sa reproduction, qui conditionnent le succès de son action régulatrice.

**Tableau 37:**

Répartition des 110 adultes de *Rodolia chermesina* Mulsant en cages expérimentales placées sur *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.

N° de la cage	Nombre de <i>Rodolia</i>		
	femelles	mâles	total
1	4	2	6
2	5	1	6
3	7	3	10
4	7	3	10
5	7	3	10
6	7	3	10
7	11	3	14
8	14	6	20
9	19	5	24
Total	81	29	110

**Tableau 38:**

Typologie des feuilles contaminées d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. établie à partir des classes des cochenilles vivantes d'*Icerya seychellarum* (Westwood) qui les contaminent.

Légende

- 0 : absence de cochenilles
- 1 : présence de cochenilles

Code pour chaque type de feuilles:	Classes de cochenilles		
	1	2	3
M	0	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
12	1	1	0
13	1	0	1
23	0	1	1
123	1	1	1

# 1. Suivi des populations encagées

*R. chermesina* a été observé dans les conditions naturelles de la mangrove d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. Les individus, élevés en cage, ont été observés successivement au stade adulte et au cours de leur développement préimaginal.

## 1.1. Cages d'adultes

### 1.1.1. Matériel

Les cages sont réalisées avec du tissu mousseline, employé ordinairement dans la fabrication des moustiquaires. De forme cylindrique, elles présentent une longueur de 150 cm et un diamètre de 60 cm. Elles ne possèdent pas d'armature. Une fois enfilées sur une branche, leurs 2 extrémités sont refermées par un lacet qui peut contribuer au maintien horizontal de la branche alourdie. L'extrémité inférieure est resserrée sur la tige.

Les cages sont placées sur le manglier blanc, *A. marina*, au lieu dit "La Gigi". Toutes les branches choisies sont contaminées par *I. seychellarum*, le niveau d'infestation est jugé visuellement et correspond à l'indice 3 de l'échelle de RENVOISE (1975). La branche, enfermée dans la cage sur une longueur d'1m, n'est pas détachée de son support tant qu'elle renferme les *Rodolia*. Ses ramifications maintiennent la forme cylindrique de la cage qui délimite ainsi un volume interne approximatif de 280 dm<sup>3</sup>.

Les *Rodolia* sont introduits dans la cage par l'extrémité supérieure. Pendant cette opération, l'expérimentateur maintient la cage entrouverte avec la tête et les coudes. De la même façon, il procède au comptage et à la collecte des *Rodolia*.

### 1.1.2. Méthodes d'observation

Une population de 110 *Rodolia* (81 femelles et 29 mâles) est répartie dans 9 cages, comme indiqué dans le tableau 37. Les *Rodolia* proviennent tous de nos élevages. Ils sont placés en cage le premier jour qui suit leur émergence.

Les *Rodolia* regroupés dans une cage ont le même âge; ceux issus des mêmes parents sont séparés dans des cages différentes.

### Tableau 39:

Description de la branche contenue dans une cage expérimentale après le séjour (de 24 heures au plus) d'une cohorte de *Rodolia chermesina*. Mulsant.

L'abréviation des données utilisées pour l'ACP est indiquée en gras.

---

<u>Date</u>	
<u>N° de la cage</u>	
<u>Effectif des <i>Rodolia</i> femelles</u>	<b>cocc</b>
<b>1. <u>Description de la branche</u></b>	
- longueur linéaire de la branche	<b>bran</b>
- nombre total de feuilles	<b>feui</b>
- nombre de feuilles non contaminées (indemnes)	<b>fnc</b>
- nombre de feuilles contaminées	<b>fcon</b>
- pourcentage des feuilles contaminées	<b>%fcon</b>
<b>2. <u>Description de la contamination des feuilles par <i>Icerya seychellarum</i></u></b>	
- nombre d' <i>Icerya</i> vivantes ( <b>cl1v</b> ) et mortes ( <b>cl1m</b> ) de la classe1 (classe 1 = larves aux stades 1 et 2)	
- nombre d' <i>Icerya</i> vivantes ( <b>cl2v</b> ) et mortes ( <b>cl2m</b> ) de la classe2 (classe 2 = larves au stade 3)	
- nombre d' <i>Icerya</i> vivantes ( <b>cl3v</b> ) et mortes ( <b>cl3m</b> ) de la classe3 (classe 3 = cochenilles matures avec ovisac)	
<b>3. <u>Description de la ponte des <i>Rodolia</i></u></b>	
- nombre d'œufs déposés:	
au voisinage de la classe 1	<b>ocl1</b>
de la classe 2	<b>ocl2</b>
de la classe 3	<b>ocl3</b>
dans les ovisacs	<b>oovi</b>
dans les exuvies de cochenilles	<b>odep</b>
- nombre d'œufs isolés sans contact avec une cochenille	<b>oiso</b>
- nombre total d'œufs déposés	<b>œuf</b>
<b>4. <u>Données climatiques journalières</u></b>	
- pluviométrie exprimée en mm	<b>plmm</b>
- nombre d'heures de pluie	<b>plhe</b>
- température nocturne maxi	<b>tnum</b>
- température nocturne mini	<b>tnum</b>
- température diurne maxi	<b>tjom</b>
- température diurne mini	<b>tjom</b>
- force du vent	<b>vent</b>
- durée d'ensoleillement	<b>sole</b>

---



A partir de la population d'adultes engagés, plusieurs études sont entreprises sur:

- la longévité des adultes,
- l'influence du niveau de contamination sur le nombre d'œufs pondus et le choix des sites de ponte,
- l'évaluation de la descendance de 7 femelles accouplées à 3 mâles (cage n°3).

#### 1.1.2.1. Longévité des adultes engagés

Les 110 *Rodolia* adultes sont suivis pendant toute la durée de leur vie. L'évolution de l'effectif de la cohorte est notée séparément pour les mâles et les femelles. Les résultats se présentent sous forme de 7 colonnes:

- âge x des *Rodolia* exprimé en jours
- nombre de mâles survivants
- nombre de femelles survivantes
- nombre total de survivants
- probabilité pour un mâle d'être encore en vie au jour x
- probabilité pour une femelle d'être encore en vie au jour x
- probabilité pour une coccinelle d'être encore en vie au jour x.

#### 1.1.2.2. Observation des branches

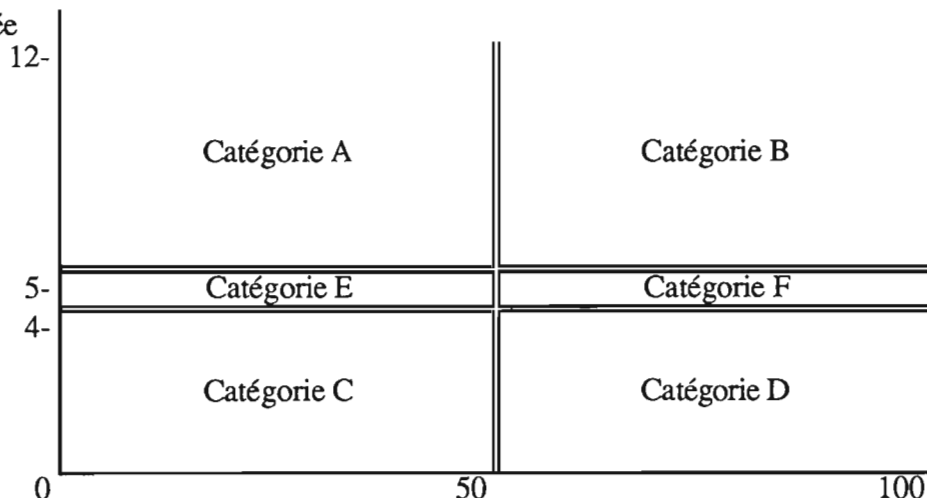
Chaque matin, les cages sont déplacées sur une nouvelle branche. Les branches contenues dans 4 cages, (n° 2, 7, 8 et 9) sont prélevées chaque matin pendant 37 jours et examinées au laboratoire. Elles comportent des cochenilles et contiennent les œufs que les *Rodolia* ont déposés pendant les 24 dernières heures. Les branches de la cage n°4 ont été prélevées matin et soir pendant 24 jours afin de séparer les pontes diurnes et nocturnes.

Au laboratoire, les branches sont décrites selon les critères présentés dans le tableau 39. Les cochenilles situées sur la tige représentent moins de 5 % de la population infestant la branche et ne sont pas prises en considération. Les œufs de *Rodolia* déposés sur la tige sont rares et ceux déposés sur la mousseline de la cage ne sont pas tous retrouvés; c'est pourquoi seuls les œufs déposés sur les feuilles sont pris en compte pour l'étude de la ponte.

Les données expérimentales collectées sont:

- pour la cage : la date, l'effectif des *Rodolia* et la description de la branche;
- pour la feuille : la contamination et la ponte.

Nombre moyen d'*Icerya*  
vivantes par  
feuille contaminée



Feuilles contaminées (en %  
du nombre total de feuilles)

**Figure 22**

Distribution des branches sur un plan orthonormé, avec en abscisse le pourcentage des feuilles contaminées et en ordonnée le niveau moyen d'infestation des feuilles.

Remarque: le plan est partagé en 6 parties à l'aide d'une limite verticale et de 2 horizontales:

- 50% des feuilles contaminées;
- une moyenne de 0 à 4 cochenilles vivantes par feuille contaminée;
- plus de 5 cochenilles vivantes par feuille contaminée.

**Tableau 40:**

Description des branches classées dans les 4 catégories de distribution retenues.

	Catégories			
	A	B	C	D
Nombre de branches	16	39	36	17
Nombre total de feuilles	982	1974	1828	786
Somme cumulée du ratio: femelles <i>Rodolia</i> / 24heures	172	792	445	173
Nombre moyen de cochenilles vivantes par feuille contaminée	de 5 à 12		≤ 4	
Pourcentage moyen de feuilles contaminées	37,74	71,97	35,14	62,12

### 1.1.2.3. Exploitation des données

L'exploitation des données est réalisée en 2 temps :

1) - une recherche de relations entre les variables étudiées, auxquelles sont ajoutées des données climatiques journalières (pluviométrie, températures maximales et minimales, vent et ensoleillement), est réalisée à l'aide d'une Analyse en Composantes Principales (ACP).

2) - dans un deuxième temps, la feuille est définie comme unité de base. La ponte et la contamination sont décrites à partir des renseignements fournis par chaque feuille.

L'analyse en composante principale est conduite à partir des données provenant de toutes les branches. Mais pour la deuxième partie de l'étude de la contamination et de la ponte, un choix préliminaire des branches a été réalisé à partir de la proportion des feuilles contaminées et du niveau moyen d'infestation de ces feuilles.

Les branches sont triées selon les 2 critères suivants :

- le pourcentage des feuilles contaminées  
(nombre de feuilles contaminées / nombre total de feuilles)x100
- le nombre moyen de cochenilles vivantes par feuille contaminée  
(toutes classes confondues).

Ces 2 critères permettent d'établir 6 catégories de contamination, représentées sur la figure 22.

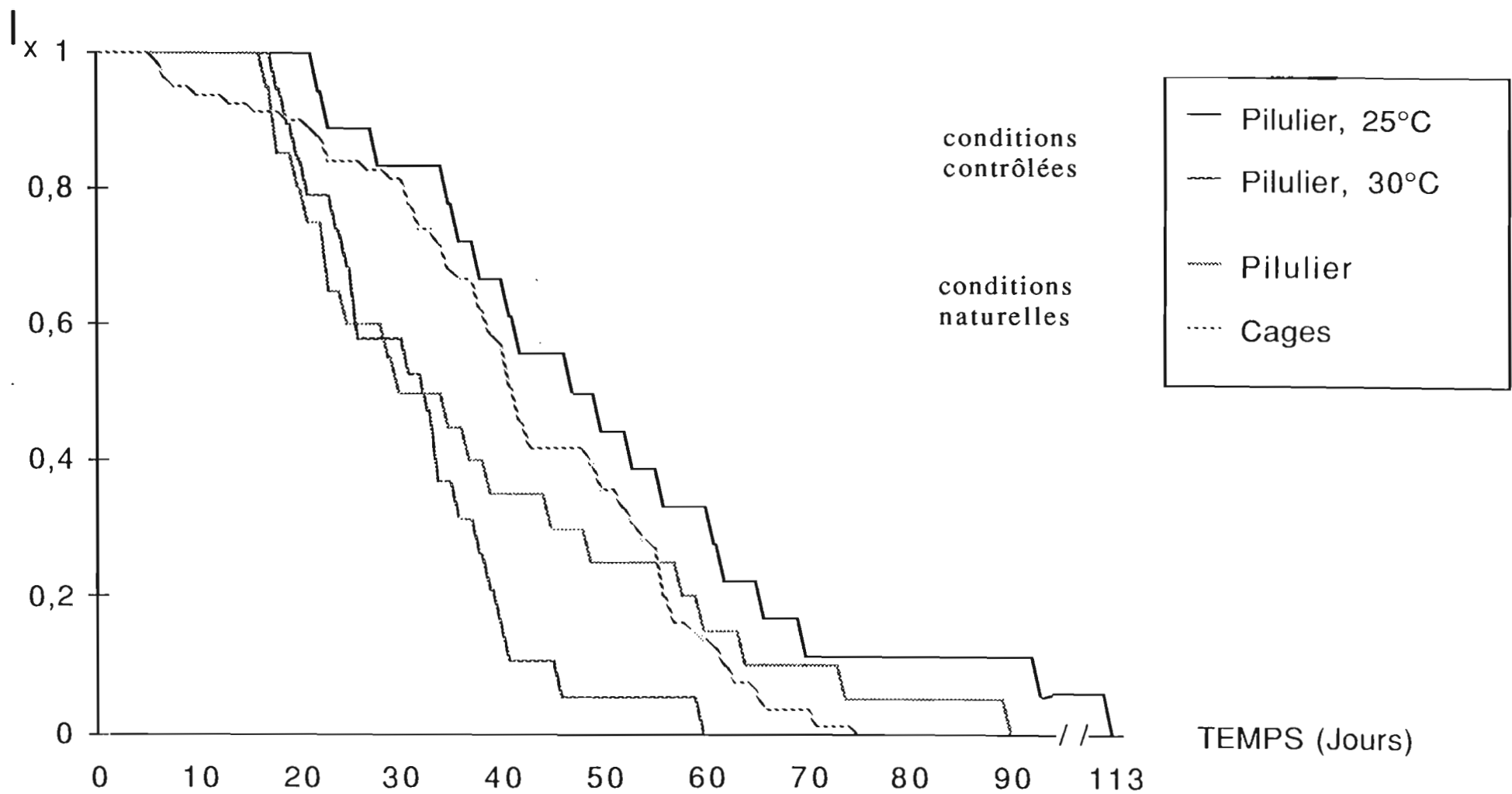
Seules les feuilles des branches situées dans les catégories A, B, C et D sont retenues pour l'étude descriptive de la ponte et de la contamination. Le choix de ces 4 catégories réduit de 25% le nombre des données; son avantage réside surtout dans la sélection de 4 situations de contamination, décrites dans le tableau 40. Dans ce tableau, l'effectif des femelles est donné par le nombre cumulé des *Rodolia* femelles par unité de temps de 24 heures.

Toutes les feuilles des branches situées dans les catégories A, B, C et D sont classées en "types", selon la présence de cochenille et leur classe, voir le tableau 38.

## 1.1.3. Résultats

### 1.1.3.1. Longévité des adultes engagés

La longévité des *Rodolia* est donnée sous forme d'un tableau en annexe 44. La longévité des femelles est comparée pour 4 modes d'élevage, figure 23.



**Figure 23:**

Survie des femelles adultes de *Rodolia chermesina* Mulsant, selon la température (contrôlée 25°C, 30°C ou naturelle) et le mode d'élevage (pilulier individuel ou cage);  $l_x$  est la probabilité d'être en vie au jour  $x$ .

### 1.1.3.2. Analyse factorielle en composantes principales

Deux analyses en composantes principales ont été réalisées.

Dans la première, les données relatives à la contamination sont définies comme composantes "principales". Les autres données sont considérées comme "explicatives". L'examen du plan principal (figure 24) montre:

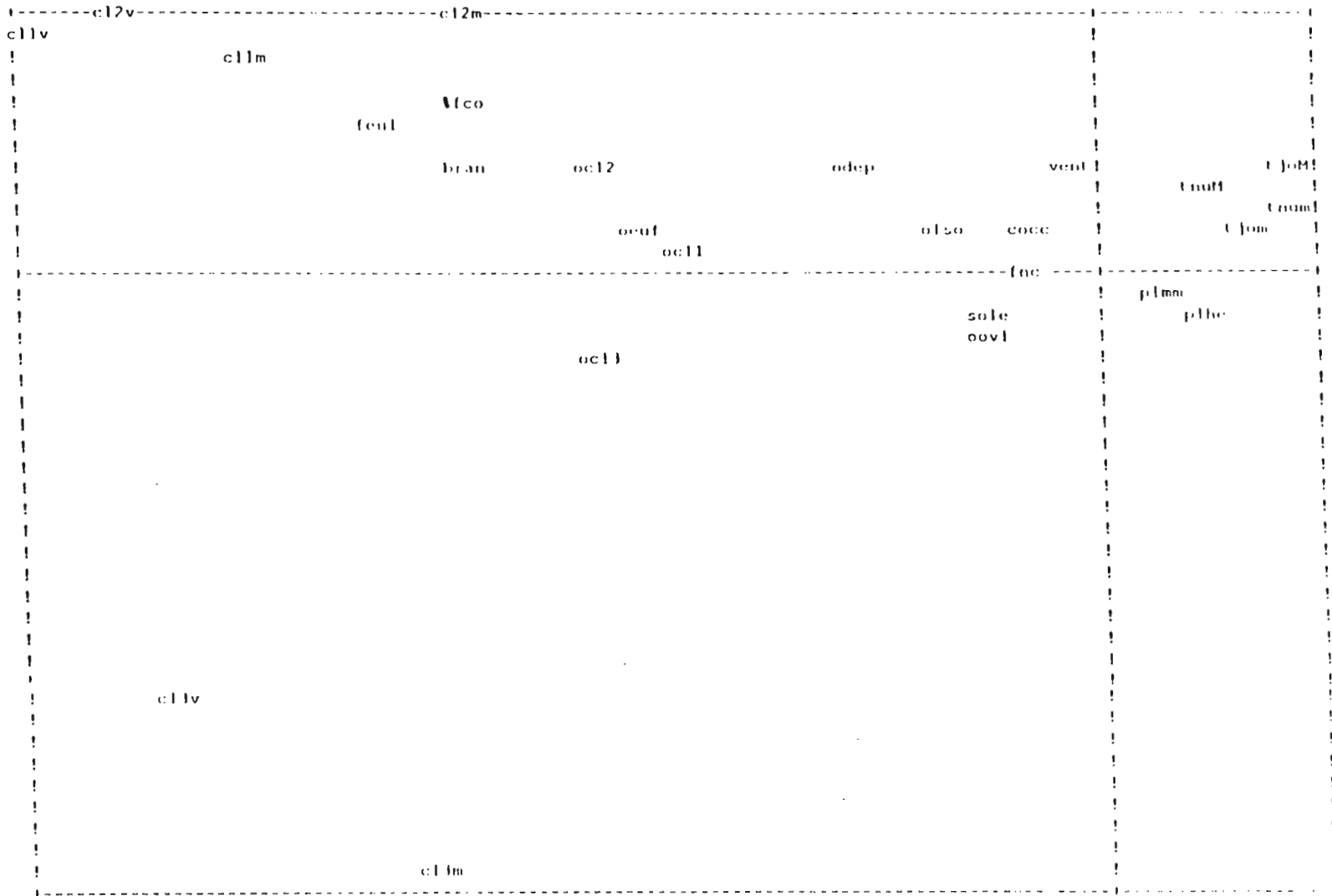
- la superposition de 2 variables, le nombre de feuilles contaminées et les cochenilles vivantes de la classe 1.
- une disposition opposée de la classe 3 par rapport aux autres classes de cochenille.
- l'effectif des classes de cochenilles paraît indépendant des données climatiques et du nombre de feuilles non contaminées.

Dans la seconde ACP, les données relatives à la ponte, (nombre d'œufs pondus et sites de ponte), sont définies comme "principales". Le plan principal est présenté figure 25. La disposition des variables montre:

- le rapprochement de 2 sites de ponte, "cochenilles de la classe 3" et "dans les ovisacs";
- une disposition opposée entre les sites de ponte "classe 3" et "classe 2";
- une opposition entre le nombre total d'œufs pondus et:
  - \* les températures moyennes journalières minimales et maximales,
  - \* la durée de l'ensoleillement.

Les deux analyses mettent en évidence la prédominance des cochenilles de la classe 1. De plus, la présence des cochenilles de la classe 3 semble peu liée à celle des deux autres classes. Le nombre d'œufs pondus ne semble pas déterminé par les caractéristiques de la branche, ou le pourcentage des feuilles contaminées; la ponte globale diminuerait les jours de forte chaleur. La répartition des œufs suit la proportion des classes de cochenilles.

Ces analyses soulignent l'importance des classes de cochenilles pour la ponte et plus précisément pour le choix des sites de ponte. C'est pourquoi, la description de la structure de la population du ravageur apparaît comme une étape nécessaire à l'étude de la ponte des *Rodolia*.



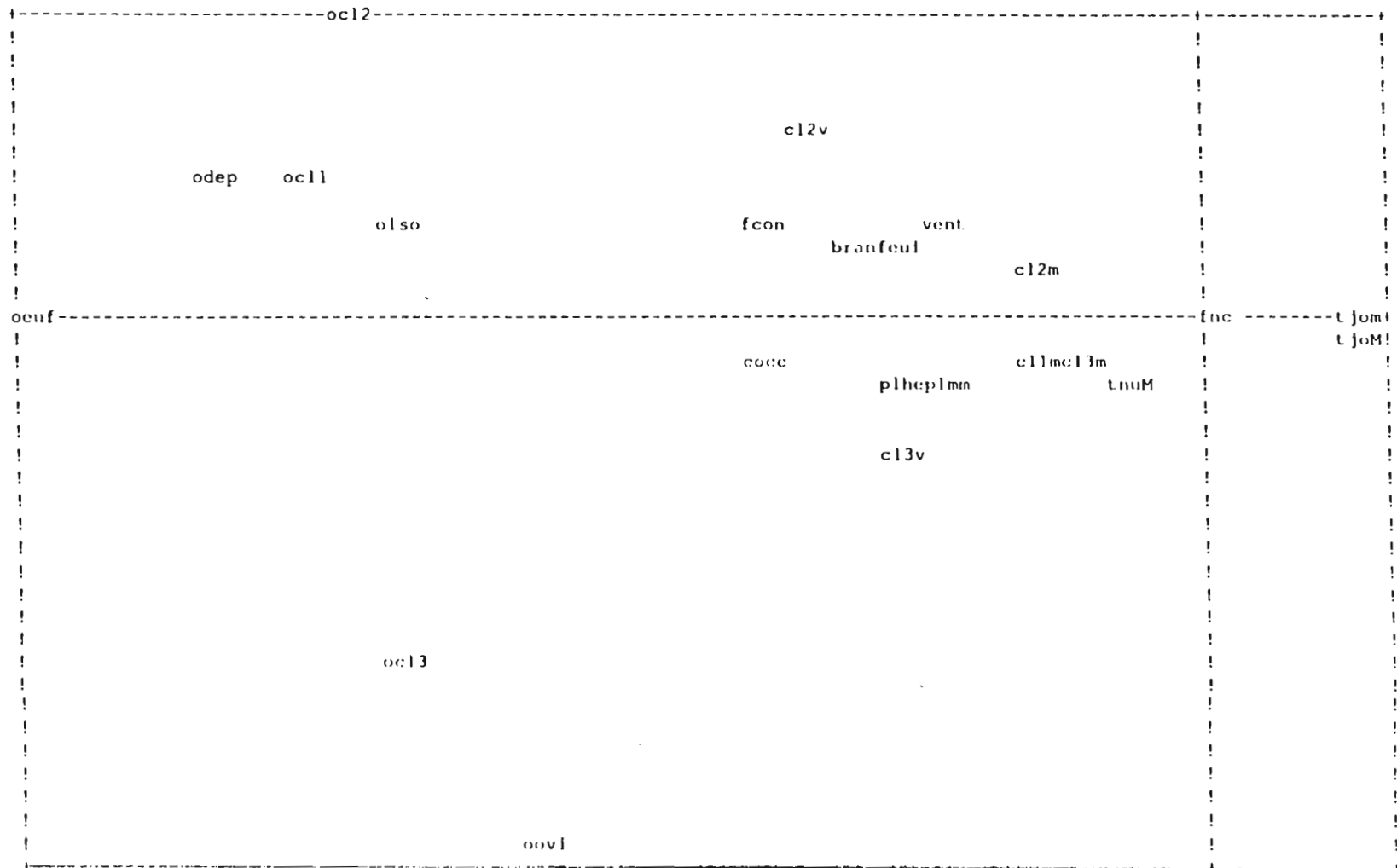
**Figure 24:**

Plan principal résultant de l'Analyse en Composantes Principales avec, comme composantes "principales", les variables relatives à la contamination.

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 1

fcon(c11v)

1--AXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--LIGNE:cochenilles en principal



**Figure 25:**

Plan principal résultant de l'Analyse en Composantes Principales avec, comme composantes "principales", les variables relatives à la ponte.

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 4

!fco(feui) c11v(bran) sole(tjom) tnum(tnum)  
 1 AXE HORIZONTAL.( 1)--AXE VERTICAL.( 2)--TITRE:nombre d'oeufs en principal

### 1.1.3.3. Description de la population de cochenilles

La population de cochenilles rencontrée sur les branches, est décrite en plusieurs étapes, selon les 4 catégories de contamination:

- effectif total et proportion entre les 3 classes, (tableau 41);
- description des classes rencontrées sur une même feuille (tableaux 42, 43 et 44).

### 1.1.3.4. Etude de la ponte

La ponte diurne est comparée avec la ponte nocturne de la même cohorte, sur la base du "nombre moyen d'œufs / femelle / 12 heures" (tableau 45).

L'influence de la contamination du feuillage sur la ponte est mise en évidence par la répartition des œufs sur les feuilles, selon la présence et la nature des cochenilles qui les infestent (tableau 46).

L'emplacement des œufs est décrit par:

- leur répartition entre les différents sites de ponte (tableau 47);
- la nature des sites de ponte sur des feuilles contaminées avec les 3 classes de cochenilles, avec les classes 1 et 2 ou les classes 1 et 3 (annexe45).

## 1.1.4. Discussion

Le milieu de vie, délimité par la cage expérimentale diffère peu des conditions naturelles:

-les variations climatiques sont peu altérées, sauf pour la pluviométrie (l'eau forme un film sur le tissu de la cage et ne tombe plus directement sur les feuilles) et le vent (la branche encagée offre plus d'emprise au vent et se trouve davantage secouée);

-les *Rodolia* s'alimentent à partir d'une population d'*I. seychellarum*, distribuée naturellement sur une branche. Proies et supports sont vivants et en excellentes conditions.

En revanche, les dimensions de la cage limitent l'espace disponible à la prospection. De plus, la composition et l'effectif de la population encagée, sont définis initialement par l'expérimentateur.



#### 1.1.4.1. Longévité des adultes encagés

La longévité maximum observée est de 74 jours. Celle des femelles n'excède pas de beaucoup celle des mâles; la probabilité de vivre 70 jours par exemple, est, pour les mâles de 3% contre 4% pour les femelles. De plus, 50% des mâles disparaissent avant le 36ème jour, tandis que 50% des femelles survivent jusqu'au 41ème jour.

La longévité des femelles en cage, comparée avec celles obtenues dans d'autres conditions d'élevage, montre les particularités suivantes :

\* la mortalité à l'extérieur, en cage, débute avant le 10ème jour, plus tôt que pour les autres modes d'élevage où l'effectif commence à diminuer au 20ème jour.

\* à 25°C, la diminution du nombre des *Rodolia* a lieu au même rythme que lorsqu'elles sont élevées en conditions naturelles.

\* dans les conditions naturelles la probabilité de rester en vie est plus élevée dans les cages que dans les piluliers, au moins pour les 55 premiers jours. Après ce jour c'est l'inverse: les *Rodolia* survivantes vivent plus longtemps en pilulier.

#### 1.1.4.2. La population d'*I.seychellarum*

La description de la population de la proie est faite à 2 niveaux:

##### **1- description sans distinction des types de feuilles;**

Les cochenilles vivantes (tableau 41) représentent 86% de la population lorsque les feuilles contaminées supportent au moins 5 cochenilles vivantes. A un niveau plus faible de contamination (au plus 4 cochenilles vivantes par feuille contaminée), cette part tombe à 81%.

La classe 1 (cochenilles des stades larvaires 1 et 2) représente plus de 95% des effectifs. Les cochenilles des 2 autres classes sont beaucoup moins fréquentes, moins de 3% pour la classe 2, et 1 à 1,5% pour la classe 3.

Pour les cochenilles mortes, les proportions entre les classes sont semblables à celles des vivantes.

##### **2- répartition des classes sur les feuilles;**

La répartition des cochenilles est donnée par type de feuille et pour chaque classe en tableaux 42, 43 et 44. La comparaison de ces tableaux renseigne sur la distribution des classes:

- 85% des cochenilles de la classe 1 sont rencontrés sans individus d'une autre classe; les autres sont rencontrées avec des cochenilles de la classe 2, ou 3 (pour 5 à 9% en catégories A et B; 1 à 4% en catégories C et D); plus rarement avec des cochenilles des classes 2 et 3 réunies.

**Tableau 41:**

Effectif et composition des populations d'*Icerya seychellarum* (Westwood) présentes sur les branches d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. choisies pour le suivi en cage de *Rodolia chermesina*.Mulsant.

	Catégories de contamination			
	A	B	C	D
Effectif total	4448	17053	8924	3962
Individus vivants part de l'effectif total (en%):	86,19	86,85	81,78	81,15
classe 1	95,58	95,89	97,34	95,86
classe 2	2,53	2,68	1,82	2,46
classe 3	1,89	1,42	0,84	1,68
Individus morts part de l'effectif total (en%):	13,81	13,15	18,22	18,85
classe 1	95,32	88,14	91,51	92,37
classe 2	1,77	5,26	4,43	3,35
classe 3	0,40	0,87	0,74	0,81

**Tableau 42:**

Distribution des larves d'*Icerya seychellarum* aux stades 1 et 2 (classe 1) sur les feuilles contaminées d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.  
Les feuilles sont désignées par les classes des cochenilles qui les contaminent (typologie en tableau 38).

	Secteurs de contamination			
	A	B	C	D
Effectif total	4.288	16.179	8.592	3.772
Individus vivants:				
part de l'effectif total (en%):	86,22	87,79	82,68	81,71
feuilles de type M	0	0	0	0
feuilles de type 1	88,83	84,71	96,16	92,96
feuilles de type 12	5,36	9,15	2,39	4,12
feuilles de type 13	4,73	4,51	1,03	2,63
feuilles de type 123	1,08	1,62	0,42	0,29
Individus morts:				
part de l'effectif total (en%):	13,78	12,21	17,32	18,29
feuilles de type M	3,89	3,80	13,04	8,99
feuilles de type 1	89,34	86,39	82,39	83,91
feuilles de type 2	0,51	0,05	1,08	0,87
feuilles de type 3	0	0,30	0,07	1,01
feuilles de type 12	2,88	4,71	2,28	2,61
feuilles de type 13	2,20	3,44	0,81	2,61
feuilles de type 23	0	0	0	0
feuilles de type 123	1,18	1,32	0,34	0

**Tableau 43:**

Distribution des larves d'*Icerya seychellarum* au stade 3 (classe 2) sur les feuilles contaminées d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. Les feuilles sont désignées par les classes des cochenilles qui les contaminent (typologie en tableau 38).

	Secteurs de contamination			
	A	B	C	D
Effectif total	109	515	205	104
Individus vivants:				
part de l'effectif total (en%):	89,91	77,09	64,88	75,96
feuilles de type M	0	0	0	0
feuilles de type 1	14,29	5,54	27,07	25,32
feuilles de type 12	70,41	80,35	63,91	69,62
feuilles de type 13	1,02	2,52	0	1,27
feuilles de type 123	14,29	11,59	9,02	3,80
Individus morts:				
part de l'effectif total (en%):	10,09	22,91	35,12	24,04
feuilles de type M	0	9,32	27,78	24,00
feuilles de type 1	72,73	64,41	65,28	48,00
feuilles de type 2	18,18	0,85	0	8,00
feuilles de type 3	0	0	0	8,00
feuilles de type 12	0	12,71	4,17	12,00
feuilles de type 13	0	5,93	1,39	0
feuilles de type 23	0	0,85	0	0
feuilles de type 123	9,09	5,93	1,39	0

**Tableau 44:**

Distribution des femelles d'*Icerya seychellarum* avec ovisac (classe 3) sur les feuilles contaminées d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.

Les feuilles sont désignées par les classes des cochenilles qui les contaminent (typologie en tableau 38).

	Secteurs de contamination			
	A	B	C	D
Effectif total	91	359	127	86
Individus vivants:				
part de l'effectif total (en%):	80,22	58,77	48,03	62,79
feuilles de type M	0	0	0	0
feuilles de type 1	4,11	7,11	19,67	16,67
feuilles de type 12	75,34	67,77	59,02	66,67
feuilles de type 13	1,37	4,27	0	11,11
feuilles de type 123	19,18	20,85	21,31	5,56
Individus morts:				
part de l'effectif total (en%):	19,78	41,23	51,97	37,21
feuilles de type M	0	3,38	13,64	9,38
feuilles de type 1	83,33	74,32	72,73	87,50
feuilles de type 2	0	0	4,55	0
feuilles de type 3	0	0,68	0	0
feuilles de type 12	11,11	8,11	3,03	0
feuilles de type 13	5,56	10,14	4,55	3,13
feuilles de type 23	0	1,35	0	0
feuilles de type 123	0	2,03	1,52	0

### **Tableau 45:**

Comparaison de la ponte diurne et nocturne de 7 femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant, élevées en cage sur *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. contaminé par *Icerya seychellarum*.(Westwood)

La comparaison porte sur les 24 premiers jours d'oviposition.

Proportion des feuilles contaminées	< 50 %		>50 %	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit
Période de dépôt des œufs				
Nombre de branches	9	15	8	16
Nombre total d'œufs	160	81	295	201
Nombre moyen d'œufs / ♀ / 12 h	2,61	0,91	5,46	1,95

- plus de 63% des cochenilles de la classe 2 sont accompagnées par des cochenilles de la classe 1; elles sont seules dans une proportion de 25% lorsque la contamination par feuille n'excède pas 4 cochenilles vivantes (catégories C et D). On rencontre moins de 3% d'entre elles en association avec les cochenilles de la classe 3.

- plus de 60% des cochenilles de la classe 3 sont accompagnées par des cochenilles de la classe 1; 17 à 20% d'entre elles sont rencontrées seules lorsque la contamination par feuille n'excède pas 4 cochenilles vivantes (catégories C et D); au delà de 5 cochenilles vivantes par feuille contaminée (catégories A et B), seulement 4 à 7% sont seules.

-la présence des 3 classes sur une feuille est rare en catégorie D; pour les autres, elle concerne en moyenne 20% des cochenilles de la classes 3, 12% des cochenilles de la classe 2 et moins de 2% des cochenilles de la classe 1.

Remarque: les cochenilles observées ne constituent pas un échantillon représentatif des populations de ce ravageur à Aldabra. En effet, les branches ne sont pas choisies d'une façon aléatoire mais selon un critère visuel de contamination (échelle 3 de RENVOISE, 1975). Dans la très grande majorité des cas, le segment prélevé correspond à l'extrémité terminale de la branche et appartient au catégorie périphérique du végétal. De plus, seules les cochenilles sur les feuilles sont décrites.

#### 1.1.4.3. Ponte diurne et ponte nocturne

L'activité de ponte des *Rodolia* a lieu principalement le jour (tableau 45). Le prélèvement des branches est réalisé avant la tombée de la nuit et après le lever du jour. Ainsi, les œufs pondus pendant la phase "nuit" correspondraient à l'activité de ponte en fin de journée et à celle débutée dès le lever du jour, probablement en liaison avec la reprise de l'alimentation.

#### 1.1.4.4. Relations ponte / contamination

Sur les branches étudiées, la population des cochenilles se présente plus ou moins éparpillée dans le feuillage (sur 35 à 38% des feuilles en catégories C et A; sur 62 à 72% en catégories D et B), et les individus sont peu nombreux (au plus 4 cochenilles vivantes par feuille en catégories C et D), ou au contraire regroupés sur les feuilles (entre 5 et 12 en catégories A et B). La combinaison de ces modalités crée des formes particulières de contamination, avec des conséquences différentes sur la ponte des *Rodolia*.

##### 1.1.4.4.1. Influence de la contamination sur la ponte

**Tableau 46:**

Pourcentages de répartition des œufs entre les feuilles selon la présence et la classe des cochenilles qui les contaminent.

	Catégories de contamination			
	A	B	C	D
Nombre total de feuilles	982	1974	1828	786
Feuilles indemnes	2,69	0,84	2,51	0,79
Feuilles porteuses uniquement de cochenilles mortes	1,64	0,89	4,04	5,35
Feuilles contaminées par des cochenilles vivantes et mortes de :				
type 1	54,41	69,05	70,88	63,94
type 2	1,79	0,45	3,44	2,05
type 3	0,75	0,99	0,86	3,31
type 12	15,99	13,29	9,07	12,44
type 13	16,59	10,52	6,35	11,02
type 23	0,75	0,55	0	0,63
type 123	5,38	3,42	2,85	0,47
Nombre total d'œufs	669	2016	1511	635
Nombre cumulé de <i>Rodolia</i> ♀ / 24 heures	172	392	445	173
Ponte par ♀ / 24 heures	3,89	5,14	3,40	3,67

**Tableau 47:**

Pourcentage de répartition des œufs entre différents sites de ponte (dans les quatre catégories de contamination).

	Catégories de contamination			
	A	B	C	D
Nombre total d'œufs	669	2016	1511	635
Œufs au contact des <i>Icerya</i> :				
de la classe 1	23,47	24,70	24,02	26,46
de la classe 2	10,01	9,18	9,66	7,87
de la classe 3	11,21	10,91	8,54	10,71
Œufs dans les ovisacs	5,83	4,07	2,05	7,40
Œufs dans les exuvies des <i>Icerya</i>	30,19	30,95	34,61	226,14
Œufs isolés	19,28	20,19	21,11	21,42



Le tableau 46 montre que les œufs se trouvent déposés essentiellement sur des feuilles contaminées par des cochenilles vivantes.

Plus de la moitié d'entre eux se trouvent sur des feuilles porteuses uniquement de cochenilles de la classe 1. Les classes 2 et 3 contribuent également à attirer les *Rodolia* pour la ponte à condition qu'elles soient associées avec la classe 1.

Le type de contamination des feuilles est donc essentiel pour le dépôt des œufs:

**1-lorsque les feuilles sont attaquées par moins de 5 cochenilles vivantes;** la ponte moyenne journalière des *Rodolia* n'est pas influencée par la proportion des feuilles contaminées; elle oscille entre 3,4 et 3,7 œufs/24 heures, que le feuillage soit touché à 35% (catégorie C) ou 62% (catégorie D).

**2-en revanche, à un niveau supérieur d'infestation, (5 à 12 cochenilles vivantes par feuille contaminée),** la ponte atteint 5,1 œufs/24 heures (catégorie B) avec 72% des feuilles attaquées; si ce pourcentage tombe à 38% (catégorie A), la ponte (3,9 œufs/24 heures) reste du même ordre que celle réalisée sur des branches aux feuilles moins infestées.

En conclusion, il semble que le niveau d'infestation des feuilles soit le facteur clé de la ponte des *Rodolia*. Une forte infestation ( $\geq 5$  cochenilles vivantes) stimule la ponte à condition que plus de la moitié du feuillage soit contaminée.

#### **1.1.4.4.2. Choix des sites de ponte**

Le tableau 46 montre la répartition des œufs entre les feuilles selon la classe des cochenilles qui les attaquent. Le choix des *Rodolia* pour le dépôt de leurs œufs est mal représenté, car cette répartition est influencée par les proportions inégales des 3 classes.

Le tableau 47 indique la répartition des œufs par site de ponte. La moitié des sites choisis n'ont pas de contact direct avec les cochenilles: 51% des œufs sont glissés dans l'étui formé par les exuvies des cochenilles, ou isolés à l'intersection des nervures dans le repli du limbe, ou bien glissés dans une craquelure de fumagine.

En faisant le parallèle avec les proportions des 3 classes (tableau 41), on remarque les tendances suivantes :

- les cochenilles de la classe 3, qui constituent moins de 2% de l'effectif total, reçoivent en moyenne 15,18% des pontes, dont presque la moitié est retrouvée dans les ovisacs.
- les cochenilles de la classe 2 représentent en moyenne moins de 2,5% de l'effectif; 9% des œufs sont déposés à leur contact.
- enfin, bien que plus de 95% des cochenilles vivantes appartiennent à la classe 1, moins d'un quart des œufs sont déposés à leur proximité.

La divergence entre les 2 distributions, celle des classes et celle des sites, montre que les *Rodolia* choisissent, pour le dépôt de leurs œufs, d'abord les cochenilles avec ovisac et celles du troisième stade, avant de s'intéresser à celles des 2 premiers stades.

Cet ordre de préférence entre les classes est bien mis en évidence par l'observation des sites de ponte relevés sur 3 types particuliers de feuille (type 123, type 12 et type 13), qui sont présentés en annexe 45. On remarque:

a) sur les feuilles comportant **les 3 classes** de cochenilles, les œufs sont déposés pour 48% auprès des cochenilles avec ovisac et pour 27% sur celles de la classe 2; les cochenilles de la classe 1 reçoivent moins de 1,5% des œufs; les œufs ne sont jamais isolés lorsque les feuilles sont contaminées par au moins 5 cochenilles vivantes.

b) sur les feuilles comportant **les classes 1 et 2**, 46% des sites concernent la classe 2 contre 17% pour la classe 1. L'utilisation des exuvies est fréquente (19% des œufs) et la part des œufs isolés reste importante (16% d'entre eux).

c) sur les feuilles comportant **les classes 1 et 3**, 65% des œufs sont déposés dans les ovisacs et sur le corps des cochenilles de la classe 3, contre 9 % pondus au contact de celles de la classe 1. Les œufs isolés sont moins nombreux que sur les feuilles de type 12 mais le rôle des exuvies reste comparable (elles recueillent 20% des œufs).

### 1.1.5. Conclusions sur la relation ponte/type de contamination des feuilles

Les branches placées dans les cages se différencient par la proportion des feuilles contaminées et le nombre moyen de cochenilles par feuille. Ces différences constituent des situations différentes de contamination: les cochenilles rencontrées sont plus ou moins groupées et ces groupes plus ou moins dispersés dans le feuillage.

La ponte des *Rodolia*, comme leur alimentation, s'effectue au fur et à mesure de la prospection du feuillage. Le dépôt des œufs est réalisé préférentiellement sur les feuilles infestées et la ponte est stimulée lorsque plus de la moitié des feuilles présente au moins 5 cochenilles vivantes.

Le choix des sites de ponte n'exclut pas les étuis formés par les exuvies des cochenilles, ni les reliefs du limbe foliaire, qui recueillent ensemble la moitié des œufs. Le reste de la ponte est placé en contact direct avec les cochenilles les plus développées (femelles avec ovisac et cochenilles du troisième stade larvaire).

**Tableau 48:**

Nombre moyen d'œufs déposés sur chaque cochenille (vivante ou morte) selon sa classe, la classe de celles qui se trouvent sur la même feuille, et la catégorie de contamination de la branche.

Remarque: pour la classe 3, les 2 sites "corps de la cochenille" et "ovisac" sont réunis.

Types de feuille	Catégories de contamination	Nombre moyen d'œufs par cochenille		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
M	A	0,09	0	0
	B	0,00	0,18	1,20
	C	0,03	0,15	2,11
	D	0,08	0,17	1,67
1	A	0,04	0,13	1,00
	B	0,03	0,22	0,96
	C	0,04	0,40	1,00
	D	0,04	0,75	1,32
2	A	0,00	0,63	0,00
	B	0,00	0,35	-
	C	0,13	0,94	0,67
	D	0,00	0,55	-
3	A	0,00	0,00	1,67
	B	0,00	-	1,00
	C	0,00	-	0,75
	D	0,00	0,00	1,78
12	A	0,07	0,67	1,00
	B	0,03	0,40	1,00
	C	0,10	0,90	0,00
	D	0,15	0,47	-
13	A	0,04	0,00	1,23
	B	0,04	0,14	0,76
	C	0,09	0,00	1,64
	D	-	-	-
23	A	0,00	2,00	2,00
	B	-	0,55	0,36
	C	-	-	-
	D	-	0,00	0,67
123	A	0,02	0,53	1,50
	B	0,01	0,32	0,83
	C	0,00	0,85	1,29
	D	0,00	0,33	0,33
MOYENNES (par catégorie de contamination)	A	0,03	0,49	1,05
	B	0,01	0,31	0,87
	C	0,05	0,54	1,06
	D	0,05	0,32	1,20
<b>Catégories confondues</b>		<b>0,04</b>	<b>0,42</b>	<b>1,05</b>

Le tableau 48 récapitule, pour chaque type de feuille et chaque situation de contamination, le nombre moyen d'œufs déposés sur les cochenilles des 3 catégories.

Dans les conditions de l'expérience, chaque cochenille de la catégorie 1 reçoit en moyenne 0,04 œufs, ce qui équivaut à 1 chance sur 25 d'être choisie comme support de ponte.

A l'opposé, toutes les cochenilles avec ovisac ont globalement une probabilité égale à 1 d'être choisies pour le dépôt d'un œuf au moins.

La cochenille choisie pour le dépôt d'un œuf risque d'être la première proie attaquée par la larve néonate. Les cochenilles situées à proximité du site de ponte, et en particulier celles présentes sur la même feuille, ont une même probabilité d'être attaquées à leur tour lorsque la larve changera de proie.

Les cochenilles de la classe 1 sont peu choisies pour le dépôt des œufs; leur dispersion dans le feuillage "isole" 91% d'entre elles qui sont sur des feuilles contaminées par aucune autre classe, ce qui conforte leur faible probabilité d'être attaquées.

Une femelle d'*I.seychellarum* avec ovisac (classe 3) peut nourrir une larve de *R.chermesina* pendant son premier stade de développement. Ensuite, la recherche d'une nouvelle proie est facilitée, car 88 % des cochenilles avec ovisac sont accompagnées, sur la même feuille, par des individus d'une autre catégorie et principalement par des cochenilles du premier stade larvaire.

Cette étude des sites de ponte montre que toutes les cochenilles *I.seychellarum* sont exposées à la prédation des adultes et des larves de *R.chermesina*. Le risque d'être choisi pour le dépôt des œufs et celui d'être attaqué, dépendent du stade de développement de la proie, de la densité moyenne des cochenilles (nombre d'individus par feuille contaminée) et de la proximité des feuilles contaminées (en liaison avec le pourcentage des feuilles contaminées).

### 1.1.6. Evaluation de la descendance

L'objet de cette expérimentation est d'évaluer la descendance d'un groupe de 7 femelles et 3 mâles, élevés en cage dans les mêmes conditions décrites au § 1.1.1.

#### 1.1.6.1. Méthodologie

La cage expérimentale n° 3 est changée de branche tous les jours. A cette occasion, les *Rodolia* sont installées dans une nouvelle cage sur une autre branche. L'ancienne cage est laissée en place jusqu'à la fin de

**Tableau 49:**

Description de la descendance de 7 femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées pendant 42 jours en cage sur *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.

Remarque: la descendance est décrite pour chaque jour par l'effectif des descendants et leur stade de développement.

Légende: I = Nombre de femelles le jour où les œufs sont pondus;  
II = Temps écoulé depuis le dépôt des œufs jusqu'à l'inventaire du contenu de la cage (en jours)

I	II	Stades de développement des descendants :								
		Œufs	Larves				Nymphes	Adultes		Somme
			L1	L2	L3	L4		Mâles	Femelles	
5	1	+								
5	2	+								
5	3	+								
5	4	+								
5	5	+								
5	6	+	1							
5	7	+	2							
5	8	+	9							
5	9									
5	10									
5	11									
5	12		2	10	3					
5	13			2						
5	14		2	4	1					
5	15			2	10	7				
5	16									
5	17			2	2	9				
5	18		1	2	3	7				
5	19			5	18					
5	20				1	5				
5	21									
5	22					4	3			
5	23					6	6			
6	24						6			
6	25					1	20			
6	26						1			
6	27			2	1	5	20			
6	28									
6	29									
6	30				1		14	3	7	10
6	31						2	0	0	0
7	32						6	2	2	4
7	33							5	4	9
7	34						1	0	0	0
7	35						1	3	4	7
7	36					1	2	6	7	13
7	37							6	11	17
7	38						1	2	7	9
7	39							10	14	24
7	40						3	7	12	19
7	41							0	0	0
7	42							0	0	0
Récapitulation par stade de développement			17	29	40	45	86	44	68	112

l'expérimentation, car elle entoure la branche sur laquelle la ponte des dernières 24 heures a été déposée.

Toutes les cages sont laissées en place jusqu'à la fin de l'expérimentation. Elles sont identifiées par la date de leur installation qui est celle du dépôt des œufs qu'elle contiennent.

La mortalité des adultes est notée lors du changement de branche. La descendance apparaît au rythme des éclosions dans les conditions naturelles de la cage (température moyenne maximale:  $27,8^{\circ}\text{C}\pm 0,2$ ; température moyenne minimale:  $22,7^{\circ}\text{C}\pm 0,1$ ).

L'expérimentation est arrêtée au 43eme jour. A ce moment, les branches des premières cages installées ne sont plus assez contaminées et les larves qu'elles contiennent ne trouvent plus de nourriture. Les cages sont alors toutes rapportées au laboratoire et les branches examinées. La descendance des 10 adultes est décrite cage par cage: les individus sont répertoriés selon leur stade de développement et la date à laquelle les œufs ont été pondus.

#### 1.1.6.2. Résultats

La descendance contient tous les stades de développement, répartis dans les cages selon leur ancienneté : les cages où les *Rodolia* ont séjourné récemment contiennent des œufs ou des jeunes larves. A l'inverse, les cages d'où les *Rodolia* ont été retirées depuis plus d'un mois, contiennent des nymphes ou déjà des adultes. La descendance observée est décrite dans le tableau 49 en fonction de l'âge des cages.

Dans les conditions expérimentales, seules les cages de 8 jours au plus contiennent des œufs. Les 4 stades larvaires sont présents simultanément dans les cages de 12 à 18 jours. Au-delà de 20 jours, on ne rencontre plus que le stade 4 et des nymphes. Dès le 30ème jour, la forme adulte apparaît.

#### 1.1.6.3. Discussion

Cette expérimentation illustre le caractère évolutif et dynamique de la descendance et les difficultés pour la quantifier. La ponte de 7 femelles pendant leurs 10 premiers jours d'oviposition a produit 100 adultes 33 jours plus tard.

Comme le nombre des œufs n'est pas connu, et que l'inventaire est réalisé en fin d'expérimentation, il n'est pas possible de déterminer les pourcentages de survie des stades successifs.

Le faible nombre de descendants trouvés dans les cages installées après le 20eme jour de vie des *Rodolia*, indique la date à partir de laquelle la ponte a commencé à décliner. Au 42eme jour, 73,9% des

descendants ont atteint ou dépassé le 4eme stade larvaire. La faible représentation des premiers stades larvaires, et leur rareté dans les dernières cages installées (moins de 10 jours), indiquent que la descendance des 10 adultes suivis a été engendrée pendant leur premier mois de ponte.

## 1.2. Suivi des œufs et des larves

### 1.2.1. Objectifs

Le suivi des larves et des œufs de *R. chermesina* placés en cage complète l'observation de cette espèce avant son introduction. En particulier, c'est le pourcentage d'éclosion et de survie larvaire qu'il semble intéressant de déterminer. Dans les cages, les larves sont moins affectées que les adultes par l'artéfact du confinement.

### 1.2.2. Matériel et méthode

Les œufs proviennent de nos élevages. Ils sont utilisés directement avec les plaquettes de mousse polyuréthane qui les contiennent. Au total, 535 œufs sont placés dans 19 cages. Les supports de ponte sont attachés à la branche avec un fil de couture. Dix jours après, les branches et la cage sont soigneusement inspectées afin de compter les larves.

Dans le même temps, 545 œufs sont placés également en conditions naturelles mais protégés des ennemis naturels.

### 1.2.3. Taux d'éclosion en conditions naturelles

En conditions naturelles protégées, le taux d'éclosion est de 78,17% (voir tableau 30).

Deux cas de figure se sont présentés au bout de 10 jours: ou bien la cage contenait des larves, ou bien elle n'en contenait pas. Dans la moitié des cages les œufs ont été retrouvés prédatés dans leur support. Le pourcentage d'éclosion, calculé à 10 jours sur l'ensemble des cages est de 22,2%. En faisant abstraction des cages où les œufs ont été prédatés, ce pourcentage devient 40,5%.

La vulnérabilité des œufs est augmentée par leur regroupement sur les plaquettes où ils ne sont ni protégés, ni dissimulés. Les prédateurs pourraient être des larves de Dictyoptère ou de Chrysope, enfermées dans les cages lors de leur installation: en captivité, les larves de Chrysope se nourrissent des œufs de *R. chermesina* offerts comme nourriture exclusive.

### Tableau 50:

Taux de survie des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant, élevées en cage sur *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh., contaminé par *Icerya seychellarum* (Westwood).

Température moyenne maximale: 27,8°C±0,2;

Température moyenne minimale: 22,7°C±0,1

TEMPS (jours)	1	10	15	20	25
EFFECTIF	195	87	54	42	36
TAUX DE SURVIE (%)	44,62	62,07	77,78	85,71	



Les œufs pondus en conditions naturelles sont davantage dispersés et pour la plupart dissimulés dans les exuvies ou les ovisacs des cochenilles. Les prédateurs oophages ont une action régulatrice moins prononcée que celle mesurée dans les cages.

La comparaison du taux d'éclosion dans les cages, avec celui obtenu en conditions naturelles et protégées, met également en évidence la vulnérabilité des larves du premier stade.

#### 1.2.4. Survie des larves

Des larves néonates sont déposées sur le feuillage contaminé de branches engagées. Le premier comptage des larves survivantes est réalisée à 10 jours, puis tous les 5 jours à l'occasion du changement d'emplacement des cages. A 25 jours, les larves sont toutes parvenues en fin du quatrième stade.

Les taux de survie sont donnés dans le tableau 50.

Calculé sur 25 jours, le taux de survie des larves est de 18,5%. La mortalité a lieu tout au long de cette période, mais la moitié d'entre elles meurent avant le 10ème jour.

### 1.3. Conclusion

L'observation de *R. chermesina* élevé en cage complète l'étude de son cycle biologique en insectarium. Les conclusions qu'on en retire sont de deux ordres:

-on est amené à corriger certaines conclusions de l'étude en insectarium;

-la méthode peut servir à des élevages de production de fondateurs, et même à leur lâcher.

Certains aspects du comportement de ponte, comme le choix des sites pour le dépôt des œufs, ne peuvent être observés que si l'on respecte les conditions naturelles de contamination du végétal hôte par la proie.

Ce mode d'élevage permet aussi de resituer le taux de survie des larves au cours de leur développement. Les valeurs obtenues sur de trop courtes périodes sont difficilement généralisables. Par exemple, la succession des 3 mortalités obtenues en conditions naturelles: le taux d'éclosion à 10 jours (22,24%), la survie des larves entre les 10ème et 25ème jours (41,38%) et le taux d'émergence (89,47%), aboutit à la probabilité de ne pas obtenir plus de 8 adultes à partir de 100 œufs pondus! En fixant la ponte journalière d'une femelle à 4 œufs, (tableau

**Tableau 51:**

Influence des différentes formes d'élevage en conditions naturelles de *Rodolia chermesina* Mulsant, depuis le stade œuf jusqu'à l'émergence des adultes.

Remarque: chaque forme d'élevage est accompagnée d'un taux de survie; le taux de réussite des successions de ces formes = nombre d'adultes espérés pour 100 œufs.

Œufs Incubation	Stades larvaires				Nymphose	Taux de réussite
	1 er	2 eme	3 eme	4 eme		
<b>A:</b> Cages changées régulièrement d'emplacement, ponte et développement pré-imaginal directement sur feuillage contaminé						36 (dans les conditions de la cage n°3)
<b>B:</b> en cages, œufs non protégés, 22,24%	<b>E:</b> larves en cage, déposées sur le feuillage contaminé, 44,62%		<b>G:</b> larves en cage sur feuillage contaminé, 41,38%		<b>I:</b> nymphes protégées des ennemis naturels, 89,47%	<b>BEGI:</b> 3,67
	<b>C:</b> œufs protégés des ennemis naturels, 78,17%	<b>H:</b> élevage des larves en pilulier individuel, 93,38% pertes des néonates, 70,00%				<b>CEGI:</b> 12,91  <b>CHI:</b> 45,72
<b>D:</b> Incubation et élevage des 2 premiers stades en boîte de Pétri, 67,35%						<b>DGI:</b> 24,93 <b>DHI:</b> 56,27

46), les résultats de la cage n°3 (voir § 1.1.6.), correspondent à la probabilité d'obtenir au moins 36 adultes pour 100 œufs pondus.

L'observation de *R. chermesina* en cage permet aussi de corriger les conclusions tirées de l'étude de consommation en conditions optimales. Sur les branches contaminées, les proies se présentent avec des stades différents de développement et des densités variables. L'étude de la consommation en insectarium ne tenait pas compte des données suivantes:

- la nature et l'adéquation de tous les stades rencontrés;
- le nombre moyen de proies par feuilles contaminées.

Ces caractéristiques ont des conséquences sur le comportement de prédation d'une larve, et en particulier sur:

- sa préférence entre plusieurs proies de stade différent, présentes simultanément sur la même feuille;
- l'allocation de son temps entre la recherche (ou l'essai) de nouvelles proies et les prises alimentaires;
- la fréquence de changement de ses proies, en relation avec le nombre de proies présentes à proximité;

L'expression du potentiel de prédation des larves doit être modulé en tenant compte des probabilités de survie de chaque stade.

Le tableau 51 récapitule les formes d'élevage et leurs combinaisons. A l'exception de l'utilisation des boîtes de Pétri pour retarder la mise en pilulier individuel, les techniques présentées sont conduites en conditions climatiques naturelles.


La combinaison la plus productive est celle du pilulier individuel précédée par l'élevage des 2 premiers stades en boîtes de Pétri. L'inconvénient de la mise en pilulier des néonates est la nécessité d'employer un matériel optique.


Pour la phase de production des auxiliaires destinés aux lâchers, l'utilisation des cages représente une forme supplémentaire d'élevage, qui dans certains cas peut remplacer avantageusement la production en insectarium. Elle présente des aspects intéressants:


- la ponte est déposée directement sur les branches contaminées et l'alimentation des larves comme celle des adultes n'est pas à la charge de l'insectarium;
- le lâcher de la première génération est optimisé; les "fondateurs" ne se dispersent pas aussitôt et ne dispensent pas beaucoup de temps à la recherche de leurs proies. Leur distribution peut être localisée sur des sites particulièrement attaqués, voir ciblée sur des végétaux rares pour lesquels l'infestation est menaçante.

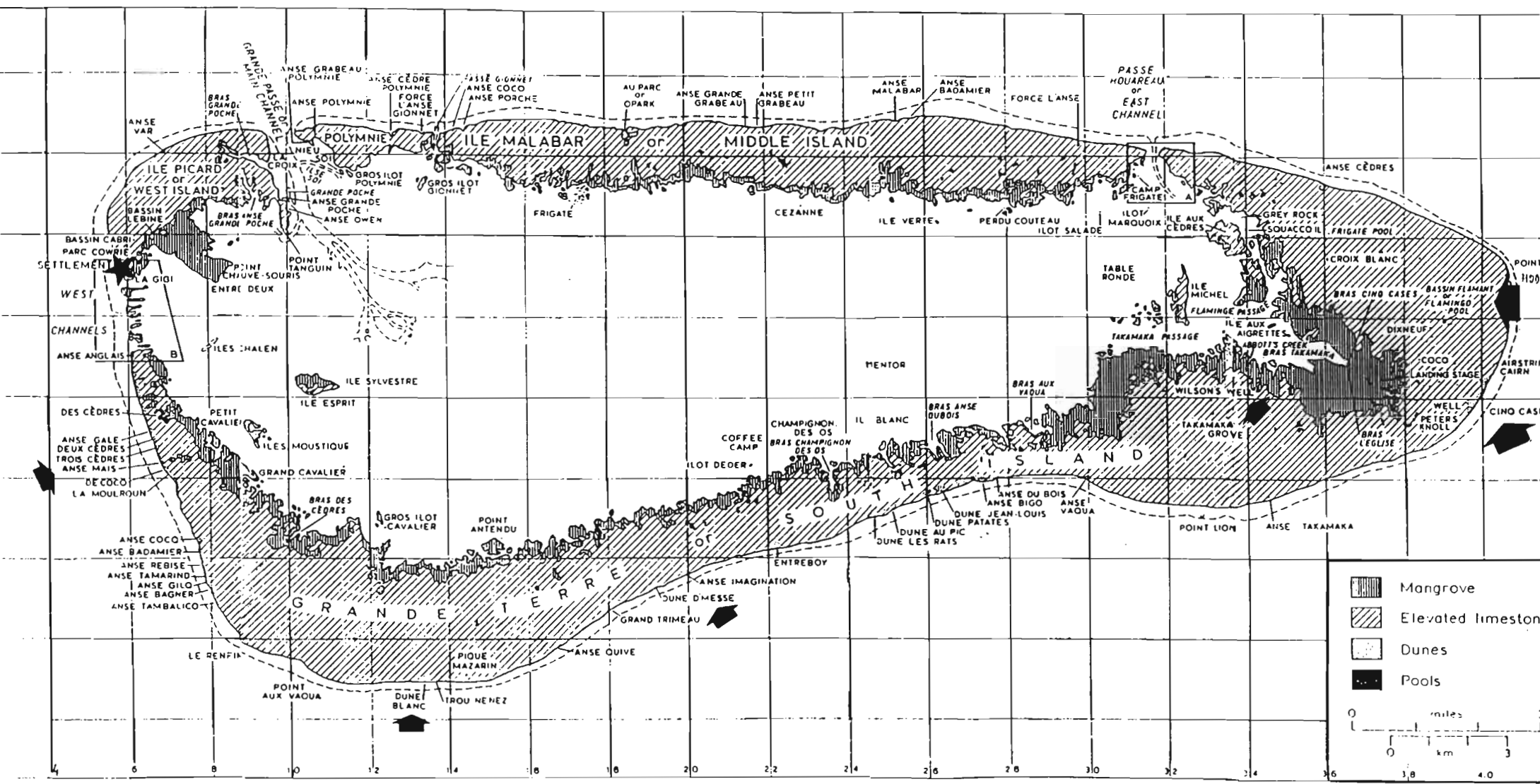
En revanche, dans la pratique, cette méthode est plus longue à conduire que de simples lâchers d'adultes, et nécessite une présence humaine régulière sur le terrain.

**Figure 26:** Sites d'introduction de *Rodolia chermesina* Mulsant sur l'atoll d'Aldabra.

Lâchers en 1989 

Lâchers en 1990 

Village et station 



(Source de la carte: STODDART, D.R., 1971 - Place names of Aldabra. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B* 260, 631-632.)

## 2. Introduction de *Rodolia chermesina* à Aldabra

L'introduction de *R.chermesina* à Aldabra est l'aboutissement concret du programme de lutte biologique décidé par la "Seychelles Island Foundation" (F.I.S.), pour contrôler la cochenille *I.seychellarum*. Cette dernière partie expose dans un ordre chronologique les étapes successives de l'introduction.

### 2.1. Protocole de production de l'inoculum

L'inoculum est composé de jeunes adultes âgés au plus de 15 jours. Des larves du 4ème stade et des nymphes dont le développement a été plus tardif, sont également apportées sur les sites de lâcher. La colonisation de l'atoll par cette nouvelle espèce résulte de l'accroissement numérique de la population initiale et de la dispersion des générations suivantes.

#### 2.1.1. Origine des fondateurs

Les 2690 individus de la population initiale ont été produits en deux fois, à partir de 2 cohortes différentes de femelles: 40 femelles en 1989, puis 48 en 1990, accouplées respectivement avec 31 et 60 mâles.

Dans les 2 cas, ces *Rodolia* ont été collectées sur l'île de Mahé, dans les districts agricoles, suivants: Port-Glaud, La Béolière, Grand'Anse, La Misère, Mon souvenir, Anse à la mouche et Val d'Endor. Les lieux de prospection ont été des vergers d'agrumes abandonnés, ou en culture extensive, des jardins familiaux en bordure d'habitations (arbre à pain) et la forêt avec prospection sur le bois Teck et le cannelier.

#### 2.1.2. Organisation de l'élevage en quarantaine

Les individus à l'origine de la souche ont été élevés individuellement en pilulier (chapitre 3, § 3.2.1.).

Deux préoccupations constantes ont dominé l'organisation et la conduite de l'élevage:

- la rigueur sanitaire justifiant l'isolement des insectes et le nettoyage régulier du matériel;
- la surveillance de la vigueur de la souche.

**Insectes fondateurs:**

1989 40 femelles et 31 mâles

1990 48 femelles et 60 mâles

**PASSAGE EN QUARANTAINE**  
**(population initiatrice G<sub>0</sub>)**



Obtention de femelles demi-sœurs (G<sub>1</sub>)  
Contrôle des partenaires de la reproduction

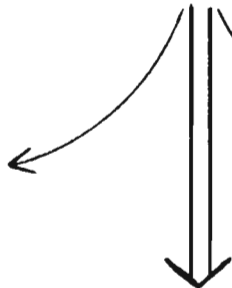
**FILIATION MATRIARCALE**



DESCENDANTS rigoureusement frères (G<sub>2</sub>)



Femelles en  
ponte



Observations  
expérimentales

LACHERS DE JEUNES  
ADULTES ACCOUPLES

PRESERVATION DE LA DIVERSITE ET DE LA VIGUEUR GENETIQUE

La plupart des femelles collectées sont déjà fécondées, probablement par plusieurs mâles. Leurs descendants, considérés comme demi-frères, constituent la première génération née en insectarium, et désignée par G1. Les jeunes femelles de la G1 sont fécondées par des mâles provenant directement des sites de collecte. Chacune d'elle est accouplée avec un seul mâle afin que sa descendance ne soit composée que d'individus frères, au sens strict.

L'origine génétique des individus nés en élevage est déterminée par leur filiation maternelle, établie dès la G1. Trois avantages justifient l'adoption de cette organisation:

- la préservation de la diversité génétique au cours des générations successives, en évitant par exemple que la descendance des femelles les plus prolifiques ne devienne majoritaire;
- la préservation de la vigueur génétique en évitant les croisements consanguins et en garantissant l'élimination totale des lignées porteuses d'éventuels caractères indésirables (WILSON, 1965);
- l'obtention d'un matériel relativement homogène pour les études expérimentales.

## **2.2. Réalisation des lâchers**

### **2.2.1. Programmation des émergences**

L'obtention de l'inoculum nécessite la coordination de trois activités de l'insectarium, qui composent en quelque sorte une chaîne de production: l'élevage des femelles adultes en ponte, l'incubation des œufs et l'élevage des larves jusqu'à l'émergence des adultes.

L'objectif recherché est de disposer du plus grand nombre de jeunes adultes émergés sur une courte période, car les lâchers sont sous la contrainte des marées qui conditionnent les déplacements sur le lagon intérieur.

Pour grouper les émergences, il faut placer le plus d'œufs possible en incubation sur une période n'excédant pas 10 jours et retarder le développement des premières nymphes en les plaçant quelques jours à 20°C. Les jeunes adultes s'accouplent ensuite dans les cages où ils attendent leur libération.

### **2.2.2. Sites de libération**

Trois lâchers d'introduction ont été réalisés de mai à juillet 1989 le long du sentier qui relie les lieux-dits "Cinq-Cases" et "Bassin Flamant", dans la partie sud-est de l'atoll (voir figure 26). Le choix de ce site d'introduction est justifié par plusieurs raisons:

- dans cette zone, la largeur des terres est maximale et la végétation est haute, constituant un milieu protégé des vents dominants sud-ouest, des embruns salés et de l'ensoleillement;

- de grands ficus, (*Ficus nautarum* Back.), dominant la végétation et présentent tous un niveau élevé de contamination; les cages ont été ouvertes à leur pied.

- c'est un des sites les plus éloignés de l'île Picard où est cantonnée la présence humaine (40km en survolant le lagon); la rencontre au village des premières *Rodolia* doit donc apporter une information sur l'étendue et la rapidité de leur progression.

### 2.2.3. Etablissement et dispersion naturelle de l'auxiliaire

Un an après les lâchers d'introduction, des *Rodolia* adultes ont été retrouvés au lieu-dit "Anse Var". *R. chermesina* s'est propagé en moins d'une année jusqu'à l'extrémité de l'atoll opposée à son site d'introduction, soit 40km à vol d'oiseau et 50km en longeant la côte.

L'observation des populations d'*I. seychellarum* en bordure des sentiers autour du nord de l'atoll, (Camp Gionnet, Au Parc, Anse Malabar, Middle Camp et Anse Cèdre), a confirmé la présence de *Rodolia* à tous les stades.

Par contre en région sud, les *Rodolia* ont été retrouvés moins nombreux que sur l'île Malabar. Quatre lâchers supplémentaires ont été réalisés de mai à septembre 1990 pour compléter la distribution naturelle des *Rodolia*: Anse Mais, Dune blanc, Dune de Messe et Takamaka (voir figure 26).

En 1990, il est sûr que la population initiale s'est multipliée dans son nouvel environnement. Sa dispersion naturelle sur l'atoll s'est produite probablement par le nord, sous l'influence des vents dominants sud-ouest (mai à octobre). Une progression par le sud n'est pas impossible comme l'attestent de vieilles exuvies larvaires et nymphales retrouvées sur *Ficus* près d'Anse Takamaka entre le lieu du lâcher et le lagon. Ces marques "témoins" étaient accompagnées par des restes de populations résiduelles de cochenilles (voir les photos 11 et 12).

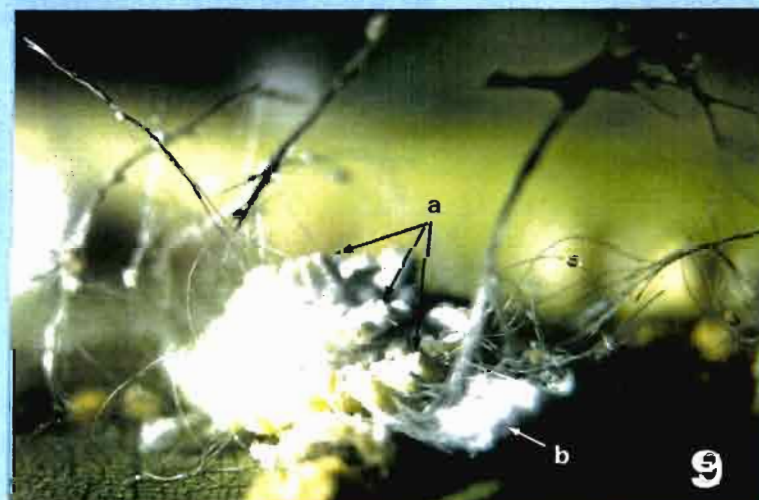


**Photo 8 :** Vue ventrale d'*Icerya seychellarum* (stade femelle avec ovisac); on observe entre les pattes noires, le point d'attache du stylet (a), la rangée des cellules synthétisant les soies de l'ovisac (b) et les longues cires dorsales (c).

**Photo 9 :** Vue latérale d'*I. seychellarum* (stade larvaire 3) ; les cires denses sont rangées en lignes dorsales longitudinales, on observe la rangée centrale et deux rangées latérales (a), l'ovisac en formation (b).

**Photo 10 :** Cage mousseline pour l'élevage de *R. chermesina* dans les conditions naturelles de la mangrove à *Avicennia marina*.

**Photos 11 et 12 :** Contrôle d'*I. seychellarum* par *R. chermesina* à Takamaka sur *Ficus nautarum* un an après l'introduction ; des exuvies nymphales de *R. chermesina* (A) ont été retrouvées à proximité des vestiges d'une colonie d'*I. seychellarum* (B).



**CONCLUSION**

**GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

La cochenille des Seychelles, *Icerya seychellarum* (Westwood), possède des caractéristiques biologiques qui confèrent à ses populations un taux d'accroissement élevé. Son mode de reproduction, probablement par parthénogénèse, permet à quelques individus de créer rapidement de nouvelles colonies. Sur l'atoll d'Aldabra, où cette cochenille a été introduite accidentellement en 1968, l'absence d'ennemis régulateurs a favorisé l'augmentation rapide de ses effectifs. Le transport passif des néonates par le vent a facilité sa dispersion sur tout l'atoll.

En 1975, au moment du pic de ses pullulations, *I.seychellarum* contaminait plus de la moitié des espèces végétales de l'atoll. Après cette date, le nombre de ses plantes hôtes a diminué, et les niveaux de contamination ont montré des différences d'une station à l'autre.

En 1990, les populations d'*I.seychellarum* se présentent sous forme d'un ensemble de petites colonies éparpillées. Les zones infestées constituent des foyers de contamination et contribuent à entretenir une évolution cyclique de la population du ravageur.

Les ennemis naturels connus d'*I.seychellarum* sont peu diversifiés. Les auxiliaires les plus utilisés en lutte biologique contre cette cochenille sont la coccinelle *Rodolia cardinalis* et le parasitoïde *Cryptochaetum monophlebi*. Sur plusieurs îles des Seychelles, la régulation des populations d'*I.seychellarum* est précisément assurée par deux coccinellides introduits, *Rodolia chermesina* et *R.cardinalis*. Leur introduction à Aldabra a été envisagée.

Au cours de travaux préliminaires à cette introduction, l'étude comparée de la prédation des larves de *R.cardinalis* et *R.chermesina* est réalisée par le suivi de leur croissance pondérale et la quantification de leur consommation. Les larves de *R.chermesina* ont une taille plus grande que les larves de *R.cardinalis* et présentent un potentiel de prédation supérieur, avec une consommation cumulée de 48,3 mg de matière fraîche contre 19,9 mg. La durée du développement larvaire est la même pour les deux espèces (304 heures). A la différence des larves de *R.cardinalis*, celles de *R.chermesina* acquièrent plus rapidement leur poids maximum lorsque la proie est renouvelée toutes les six heures. Cette différence montre que les proies fraîches présentent une adéquation plus grande pour les larves de *R.chermesina*. En conséquence, ces dernières devraient se nourrir aux dépens d'un nombre de proies supérieur à celles exploitées par les larves de *R.cardinalis*.

L'introduction de *R.chermesina* sur l'atoll d'Aldabra a consisté en la libération d'une petite population initiale d'individus. Leur faible nombre et l'abondance des proies éliminent toute compétition intra-spécifique et

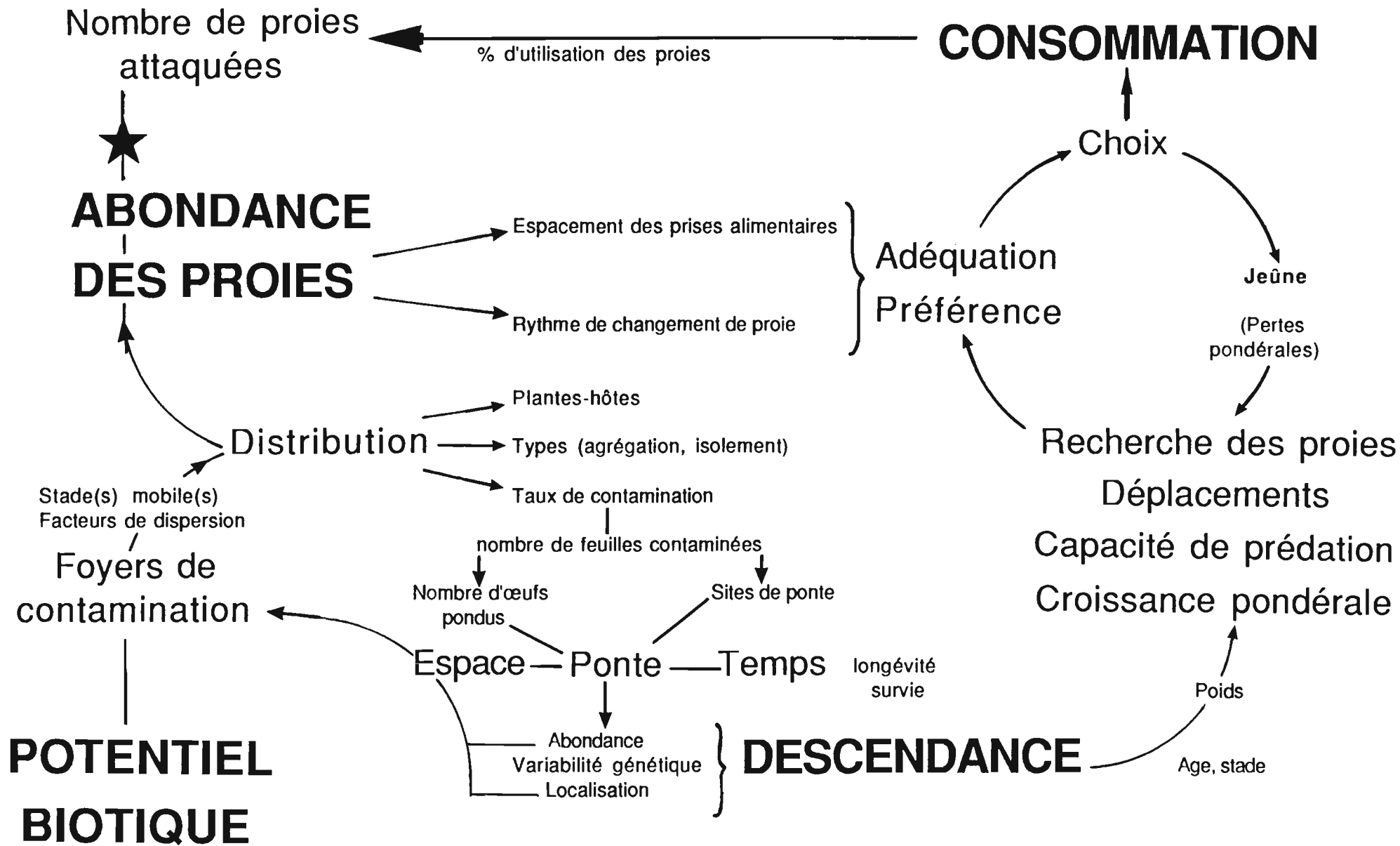


Figure 27: Facteurs intervenant dans les relations proie/prédateur et contexte de l'action régulatrice de *Rodolia chermesina* Mulsant à Aldabra.

créent une situation favorable à la conservation des génotypes introduits (REMINGTON, 1968). L'acclimatation de l'espèce dépend de la survie et de la reproduction de ces "fondateurs".

*R. chermesina*, dans son nouvel environnement, est régulé essentiellement par des prédateurs (lézards, oiseaux). Les larves ne restent pas à l'intérieur des ovisacs et ne sont pas dissimulées par mimétisme (POPE, 1979; RICHARDS, 1981).

La dispersion des sites de ponte et le petit nombre d'œufs déposés par site (moyenne observée inférieure à 4), réduisent l'impact des prédateurs oophages (larves de Chrysope). Lorsqu'elles sont dérangées, les larves émettent, comme les adultes, des gouttelettes, dont l'action est probablement répulsive vis à vis des fourmis (PASTEELS *et al.*, 1973).

Au moment de leur introduction, les premiers individus sont dans des conditions proches de celles qui caractérisent l'extinction: effectif réduit présent sur un vaste territoire. Pour pallier la faible probabilité de rencontre des jeunes adultes, ceux-ci sont accouplés avant d'être lâchés, et les femelles peuvent débiter leur ponte aussitôt après leur libération.

Un an après l'introduction de *R. chermesina* sur Aldabra, des individus sont retrouvés dans toutes les stations visitées. Leur distribution reflète celle des populations d'*I. seychellarum*, plus abondantes dans les régions nord. Mais, le succès de l'établissement d'un auxiliaire ne préfigure pas celui de son action régulatrice (HALL & EHLER, 1979).

*R. chermesina* exerce son action régulatrice dans un contexte particulier, schématisé sur la figure 27:

- *I. seychellarum* présente, sur le végétal hôte, une mobilité très réduite et n'esquive pas les attaques du prédateur. Mais des amas cireux gênent les larves néonates de *R. chermesina*, qui cherchent à pénétrer dans l'ovisac.

- *R. chermesina* exerce sa prédation au sein des populations d'*I. seychellarum* visitées par cinq espèces de fourmis; d'après nos observations, la coïncidence spatiale et temporelle de ces deux types de relations trophiques n'est pas incompatible.

- les larves néonates d'*I. seychellarum* sont transportées passivement par le vent. Il en résulte une distribution aléatoire des colonies du ravageur, en relation néanmoins avec la composition du couvert végétal.

L'acclimatation réussie ne préfigure pas le succès de l'introduction. Les études expérimentales et les observations préliminaires des facteurs-clé confirment la complexité des interactions proie/prédateur:

- la capacité prédatrice des adultes et des larves s'exprime en nombre de proies attaquées. La recherche de ces proies correspondent à des périodes de jeûne plus ou moins prolongées pouvant modifier la préférence alimentaire.

- la ponte est un élément capital pour l'établissement et la réussite de la régulation. Le nombre d'œufs pondus détermine l'abondance du prédateur dans le temps comme dans l'espace. Le choix et la répartition des sites de ponte favorisent la rencontre des larves et des proies. Ces rencontres sont également liées à la densité et la distribution des proies.

La mobilité des adultes améliore leur efficacité. Leur rassemblement sur un foyer d'infestation contribue à augmenter la densité des œufs pondus et permet d'atteindre plus rapidement un effet régulateur. Cet effet, caractérisé par la corrélation entre le nombre des proies attaquées et leur abondance, suffira t-il pour maintenir la population d'*Icerya* à un niveau acceptable et éviter toute nouvelle pululation?

Il est néanmoins possible d'espérer que les précautions prises pour la préservation de la qualité génétique de l'inoculum contribueront au succès de cette introduction datée et quantifiée.

## ANNEXES



## SOMMAIRE DES ANNEXES

<u>Annexe 1</u> : L'atoll d'Albabra: Rappels géographiques et écologiques.....	1
<u>Annexe 2</u> : Revue des cochenilles signalées dans l'Est de l'Océna Indien.....	4
<u>Annexe 3</u> : Liste des plantes-hôtes d' <i>Icerya seychellarum</i> (Westwood) répertoriées aux Seychelles et à l'île Maurice.....	6
<u>Annexe 4</u> : Liste des plantes-hôtes d' <i>Icerya seychellarum</i> (Westwood) répertoriées à Aldabra.....	9
<u>Annexe 5</u> : Matrices de corrélations totales dressées avec les caractéristiques de la branche, les effectifs des classes de cochenilles et le nombre de fourmis: 1- <i>Camponotus maculatus</i> , 2- <i>Paratrechina longicornis</i> , 3-les cinq espèces répertoriées.....	14
<u>Annexe 6</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale des larves de <i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant) Pesées et renouvellements des proies toutes les <b>6 heures</b> .....	16
<u>Annexe 7</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des deux derniers stades larvaires de <i>Rodolia cardinalis</i> Pesées et renouvellements des proies toutes les <b>12 heures</b> .....	17
<u>Annexe 8</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de <i>Rodolia cardinalis</i> Pesées toutes les 12 h. et renouvellements des proies toutes les <b>24 h.</b> ....	18
<u>Annexe 9</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale des larves de <i>Rodolia chermesina</i> Pesées et renouvellements des proies toutes les <b>6 heures</b> .....	19
<u>Annexe 10</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de <i>Rodolia chermesina</i> Pesées et renouvellements des proies toutes les <b>12 heures</b> .....	20
<u>Annexe 11</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de <i>Rodolia chermesina</i> Pesées toutes les 12 h. et renouvellements des proies toutes les <b>24 h.</b> ....	21
<u>Annexe 12</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de <i>Rodolia cardinalis</i> et <i>R. chermesina</i> . Pesées toutes les 12 h. et renouvellements des proies toutes les <b>48 h.</b> ...	22
<u>Annexe 13</u> : Consommations et variations pondérales de <i>Rodolia cardinalis</i> pendant les 2 derniers stades larvaires Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 12 h.....	23
<u>Annexe 14</u> : Consommations et variations pondérales des larves de <i>R. cardinalis</i> Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 24 h.....	24
<u>Annexe 15</u> : Consommations et variations pondérales de <i>R. cardinalis</i> pendant les 2 premiers stades larvaires Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 48 h.....	26
<u>Annexe 16</u> : Consommations et variations pondérales des larves de <i>R. chermesina</i> Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 12 h. ....	27
<u>Annexe 17</u> : Consommations et variations pondérales des larves de <i>R. chermesina</i> Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 24 h.....	29

<u>Annexe 18</u> : Consommations et variations pondérales de <i>R. chermesina</i> pendant les 2 premiers stades larvaires Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 48 h. ....	31
<u>Annexe 19</u> : Poids maximum (1), et poids final (2) (en mg) de <i>R. cardinalis</i> et <i>R. chermesina</i> selon le rythme de renouvellement de la proie .....	32
<u>Annexe 20</u> : Durées d'ensoleillement des mois d'avril, mai et juin 1989.....	33
<u>Annexe 21</u> : Pluviométrie des mois d'avril, mai et juin 1989.....	34
<u>Annexe 22</u> : Températures maximales des mois d'avril, mai et juin 1989 .....	35
<u>Annexe 23</u> : Températures minimales des mois d'avril, mai et juin 1989.....	36
<u>Annexe 24</u> : Durées d'ensoleillement des mois d'avril à août 1990.....	37
<u>Annexe 25</u> : Pluviométrie des mois d'avril, mai, juin, juillet et août 1990.....	38
<u>Annexe 26</u> : Températures maximales des mois d'avril à août 1990.....	39
<u>Annexe 27</u> : Températures minimales des mois d'avril à août 1990.....	40
<u>Annexe 28</u> : Evolution des températures journalières minimales et maximales pendant les périodes d'avril à juin 1989 et de juin à août 1990 .....	41
<u>Annexe 29</u> : Détermination mathématique du taux intrinsèque d'accroissement par la création d'un système de 2 équations à 2 inconnues, en l'occurrence le taux de naissance "b" et le taux de mort "d" .....	42
<u>Annexe 30</u> : Performances individuelles des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées en conditions naturelles (température moyenne maximale: $29,6^{\circ}\text{C}\pm 0,3$ ; température moyenne minimale: $24,5\pm 0,3$ ).....	44
<u>Annexe 31</u> : Performances individuelles des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $30^{\circ}\text{C}$ .....	46
<u>Annexe 32</u> : Performances individuelles des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $25^{\circ}\text{C}$ et nourries tous les jours .....	48
<u>Annexe 33</u> : Performances individuelles des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $25^{\circ}\text{C}$ et nourries 1 jour sur 2 .....	50
<u>Annexe 34</u> : Performances individuelles des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $25^{\circ}\text{C}$ et nourries 1 jour sur 3 .....	52
<u>Annexe 35</u> : Table de vie et de fécondité des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $30^{\circ}\text{C}$ .....	54
<u>Annexe 36</u> : Table de vie et de fécondité des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées en conditions naturelles (température moyenne maximale: $29,6^{\circ}\text{C}\pm 0,3$ ; température moyenne minimale: $24,5\pm 0,3$ ).....	56
<u>Annexe 37</u> : Table de vie et de fécondité des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $25^{\circ}\text{C}$ et nourries tous les jours .....	58
<u>Annexe 38</u> : Table de vie et de fécondité des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $25^{\circ}\text{C}$ et nourries 1 jour sur 2 .....	61
<u>Annexe 39</u> : Table de vie et de fécondité des femelles de <i>R. chermesina</i> élevées à $25^{\circ}\text{C}$ et nourries 1 jour sur 3 .....	62
<u>Annexe 40</u> : Durée des étapes du développement pré-imaginal de <i>R. chermesina</i> selon l'essence végétale sur laquelle est prélevée la proie, <i>Icerya seychellarum</i> .....	65
<u>Annexe 41</u> : Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale des larves de <i>R. chermesina</i> pendant leur premier stade larvaire, nourries avec une femelle de <i>I. seychellarum</i> sans ovisac	

(troisième stade larvaire) ou des œufs de <i>R. chermesina</i> . Pesées et renouvellements des proies toutes les <b>12 heures</b> .....	66
<u>Annexe 42</u> : Effet de la température à différents taux d'humidité relative sur la durée et le taux d'éclosion des œufs de <i>R. chermesina</i> .....	67
<u>Annexe 43</u> : Effet de la température à différents taux d'humidité relative sur la durée et le taux d'émergence des adultes de <i>R. chermesina</i> .....	69
<u>Annexe 44</u> : Longévité des adultes mâles et femelles de <i>R. chermesina</i> , élevés sur le manglier blanc, <i>Avicennia marina</i> (Foessk.) Vierh., contaminé par <i>I. seychellarum</i> .....	71
<u>Annexe 45</u> : Sites de ponte relevés sur les feuilles, en fonction de la classe des cochenilles qui les contaminent, et de la catégorie de contamination .....	73
<u>Annexe 46</u> : Schéma des thermostats électroniques utilisés dans les enceintes expérimentales .....	74

## ANNEXE 1:

### L'atoll d'Albabra: Rappels géographiques et écologiques.

Aldabra et ses voisines sont des îles coralliennes "hautes" de la zone tropicale; leur originalité tient en partie à leur climat actuel semi-aride. Leur étude, et particulièrement celle d'Aldabra quasi-intacte, a réellement débutée vers 1895 avec la récolte de nombreux échantillons d'oiseaux, d'insectes et de plantes par plusieurs expéditions scientifiques (Abbot, Voeltzkow, Percy Sladen Trust, ...) et la publication d'importants travaux. La première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle a été moins féconde, mais la menace de l'utilisation de l'île à des fins militaires a suscité une mobilisation scientifique animée par la Royal Society of London, et un regain d'activité très sensible depuis 1966 (STODDART 1971a). Voici l'essentiel de ce qui est connu des milieux terrestres d'Aldabra.

#### 1. Position et histoire

Aldabra (9°24'S, 46°20'E) est la composante la plus vaste et la plus occidentale d'un groupe de 4 îles coralliennes, distantes les unes des autres de plusieurs dizaines de kilomètres et isolées dans l'Ouest de l'Océan Indien. La côte malgache est à 420 km au Sud-Est, la côte africaine de Tanzanie et du Mozambique à 650 km à l'Ouest. C'est un atoll allongé (34 km par 14), qui ne comporte environ que 150 km<sup>2</sup> émergés, d'altitude générale inférieure à 8 m (quelques dunes sont plus élevées) (STODDART 1971b). Il est coupé par des passes aux courants violents qui le divisent en 4 îles de taille très inégale entourant un lagon peu profond, plus vaste que Mahé (la plus grande île de l'archipel des Seychelles), semé de "champignons" rocheux et d'îlots.

Les géologues admettent que l'île, qui couronne un piton volcanique de 4000m, est vieille de 200.000 ans et a été plusieurs fois submergée. Sa dernière émergence daterait d'environ 80.000 ans. Au Pléistocène (glaciation de Würm), l'altitude et la taille des îles étaient supérieures, avec pour conséquence un plus grand nombre de biotopes. L'occupation humaine a été tardive (fin XVIII<sup>ème</sup> siècle), et n'y a été qu'intermittente (pêche, exploitation des tortues terrestres et marines, plantations). L'isolement et la pauvreté en phosphates de l'atoll l'ont donc partiellement préservé d'une exploitation destructrice (STODDART, 1971b; 1971c).

#### 2. Les sols et le climat

Les sols d'Aldabra sont exclusivement coralliens, localement de sables ou de graviers, mais le plus souvent de roches compactes dont l'aspect microkarstique varie beaucoup: principalement en lapiaz ("champignon"), très déchiqueté donc très perméable, sur lequel la progression est parfois dangereuse, toujours difficile; mais localement tabulaire et imperméable, surtout dans l'Est de l'atoll, où les plus grandes dépressions se transforment en mares en saison des pluies (les "Bassins"); cette formation est appelée "platin" ou "pavé", selon que la surface est homogène ou divisée en plaques irrégulières. L'altitude s'élève du centre vers la périphérie, et la fissuration du substrat induit une salinité élevée de la nappe phréatique, très sensible dans les zones basses.

Le climat présente deux saisons: chaude et pluvieuse de Janvier à Mars, sèche pendant les alizés de Sud-Est qui soufflent à des vitesses de 10-20 nœuds le reste de l'année. De forts vents transportent, parfois loin à l'intérieur des terres, des embruns dont l'impact n'est pas négligeable. La pluviosité moyenne annuelle est faible (1070mm pour 1967-1973); moins de 400mm en 1958-59; maximum 1473mm en 1974). Les pluies sont très irrégulières, et des différences locales importantes se superposent aux fluctuations annuelles. L'hypothèse d'un assèchement progressif du climat depuis un siècle est appuyée par certaines observations écologiques et hydrologiques mais reste controversée, et l'existence d'un climat plus humide pendant la dernière période inter-glaciaire, qui aurait favorisé l'établissement de plusieurs espèces, n'est pas encore démontrée.

L'amplitude thermique est d'environ 4°C sur les moyennes mensuelles (7 ans d'observations); la moyenne des maxima de Décembre est de 31,24°C, celle des minima d'Août de 22,15°C, avec des extrema de 36,3°C et 17,5°C (FARROW, 1971; STODDART & MOLE, 1977).

### 3. La flore

La flore d'Aldabra, échantillonnée depuis 1835, a fait l'objet d'une monographie récente (FOSBERG et RENVOISE, 1980). Les auteurs reconnaissent 274 espèces et variétés d'Angiospermes et de Ptéridophytes, dont 185 indigènes et 43 endémiques; les affinités de cette flore sont est-africaines et malgaches (RENVOISE, 1971); le nombre élevé admis pour les endémiques devra sans doute être pondéré (FRIEDMANN, in lit.), mais l'intérêt scientifique de la flore n'est pas contestable.

Les principales formations végétales sont: la mangrove à *Avicennia*, *Brughiera*, *Cerriops* et *Rhizophora* dans la zone de balancement des marées, en bordure du lagon; le fourré à *Pemphis* et à *Sideroxylon* dans les zones basses où la salinité est forte; le fourré complexe ("mixed scrub") à *Apodytes*, *Ochna*, *Mystroxyton*, *Maytenus*, *Clerodendron* et *Ficus* dans les zones élevées; c'est l'association la plus riche en espèces, le refuge des formes les plus fragiles, et son aspect varie selon le substrat (discontinu, en bosquets dans les dépressions du "platin", en fourré dense sur les lapiaz); et le fourré complexe sublittoral des côtes Est et sud, où l'influence des alizés (embruns) favorise l'extension des *Scaevola*, *Tournefolia*, *Guettarda* et *Pandanus*.

Les troupeaux de tortues herbivores sont à l'origine de prairies rases à graminées et cypéracées, sur "platin" et sur sables, et de l'absence de repousses dans les bosquets où elles s'abritent du soleil. L'homme a planté cocotiers et "cèdres" (*Casuarina*) sur sables et graviers. L'envahissement par des espèces introduites (*Stachytarpheta*, *Lantana*, *Casuarina*, *Agave*) est préoccupante (MACNAE, 1971; FOSBERG & RENVOISE, 1980; FRIEDMANN, 1983).

### 4. La faune

Ce que l'on sait de la faune terrestre est comme de coutume moins exhaustif que les connaissances déjà acquises sur la flore, et l'exploitation des données recueillies depuis 1967 n'est pas achevée.

Les insectes sont les Arthropodes terrestres qui ont été les plus largement récoltés et étudiés, et, au cours des dernières années, des captures au piège lumineux ont été faites sur des périodes de plusieurs mois (FRITH, 1976, 1979). Tous les grands ordres sont représentés, à l'exception des Plécoptères, Trichoptères et Ephéméroptères. Des travaux récents portent sur les Odonates (BLACKMAN & PINHEY, 1976), les Chalcidiens (WIEBES, 1975), les Fulgoroides (WEBB, 1975), les Lépidoptères Noctuidae (VIETTE, 1958; BERIO, 1962), Tortricidae (DIAKONOFF, 1969) et Geometridae (HERBULOT, 1962; LEGRAND, 1965, 1971). Le nombre de familles par ordre est élevé, mais celui des espèces de chaque famille est faible, en moyenne inférieur à 5. Les affinités sont nettement malgaches et est-africaines (22%). Le nombre des espèces est estimé à un millier; la proportion d'endémiques dépasse 23%, mais il faut tenir compte, pour de nombreux groupes, de la relative méconnaissance des faunes voisines; il a été avancé que de nombreuses espèces ne sont pas réellement établies, mais que leurs populations sont maintenues par l'arrivée de nouveaux migrants (COGAN et al., 1971). La faune des cochenilles inventoriée, qui compte 16 espèces dont 12 pan-tropicales et une endémique, est très proche de celle des Seychelles granitiques (voir annexe 2) et ne suit donc pas le modèle général (HILL et NEWBERY, 1982). Plusieurs espèces d'insectes sont apparemment d'introduction récente, liée à la présence de l'Homme sur Aldabra.

**Photo 13** : Tortue terrestre éléphantine endémique d'Aldabra (*Dipsochelys elephantina* Dumeril et Bridon). Le poids moyen d'un adulte est de 40 kg. La population totale est estimée à 150 000 individus et représente une biomasse de 70 t / km<sup>2</sup> (environ 100 individus sur une surface inférieure à un terrain de football).

**Photo 14** : Souvenir de mes premiers pas sur Aldabra (Juin 1988) en compagnie des membres de l'Université d'Oxford, (Ile Malabar entre Anse Coco et Opark).

A : niveau de la mer à marée haute (sur la côte extérieure de l'Atoll).

B : communication entre le lagon et l'océan, Passe Gionnet.



13



14

B

A

Les araignées étudiées (Theridiidae, Tetragnathidae, Araneidae), comptent 36 espèces, dont 26 nouvelles pour la science (ROBERTS, 1983). Chilopodes, Isopodes, Diplopodes, Pseudoscorpions et Scorpions sont aussi connus d'Aldabra (SPAULL, 1979).

Les douze espèces connues de Crustacés Paguridae et Décapodes Brachioures terrestres ont fait l'objet de travaux écologiques récents (GRUBB, 1971; ALEXANDER, 1972, 1977); leurs populations sont très importantes, de même que le rôle nécrophage et détritiphage de la plupart d'entre elles.

Les Vertébrés les plus connus sont les oiseaux. La faune aviaire est riche; d'importantes colonies d'oiseaux marins s'abritent dans les mangroves; la faune terrestre de l'atoll (20 espèces), parente des faunes malgaches et comoriennes, compte 2 espèces (la fauvette *Nesillas aldabranus* Benson et Penny et le drongo *Dicrurus aldabranus* Ridway) et 8 sous-espèces endémiques, dont le dernier oiseau aptère de l'Océan Indien, la râle d'Aldabra *Dryolimnas cuvieri aldabranus* (Günter) (un millier d'individus); les frugivores sont crédités de l'installation sur Aldabra de la majorité des arbres et arbustes, dont les fruits sont des drupes et des baies de petites tailles; l'île est aussi un relais pour 20 espèces de migrants (BENSON & PENNY, 1971; PENNY & DIAMOND, 1971).

Les Chiroptères sont représentés par une espèce commune à l'Afrique, Madagascar et les Mascareignes, une espèce malgache, une espèce et sous-espèce endémique (*Tadarida pusilla* Miller, *Pteropus seychellensis aldabrensis* True) (HILL, 1971).

Geckos et Lézards sont présents sur l'atoll. L'effectif des troupeaux de la tortue géante terrestre *Dipsochelys elephantina* (DUMERIL et BRIBON) (nom de remplacement valide pour l'espèce -BOUR, 1982-), menacés au XIX<sup>e</sup> siècle par une surexploitation qui motivait, dès 1874, une pétition de la Royal Society au Gouvernement de Maurice, est estimé à plus de 130.000 individus; cette espèce n'a survécu que sur Aldabra. L'Homme a malheureusement introduit chèvres, chiens, rats et chats qui sont aujourd'hui une menace pour l'équilibre écologique de l'atoll.



## ANNEXE 2:

Revue des cochenilles signalées dans l'Est de l'Océna Indien.

Légende : I = Aldabra ; II = Seychelles ; III = Maurice ; IV = Agalega et Charos.

Références bibliographiques : GREEN 1907 (1), MAMET 1943 (2), GREATHEAD, 1971 (LIONNET pour la colonne II) (3), HILL et NEWBERY 1982 (4)

Répartition géographique	I	II	III	IV
<i>Abgrallaspis cyanophylli</i> (Sign.) P.				2
<i>Antonia (Chaetococcus) bambusae</i> (Maskell)			1	
<i>Aonidia allaudi</i> (de Charnoy)			1	
<i>Aspidiotus articulata simplex</i> de Charnoy			1	
<i>A. aurantii</i> Maskell			1	
<i>A. camellia</i> Signoret		1		
<i>A. cladii</i> Maskell			1	
<i>A. cyanophylli</i> Signoret			1	
<i>A. destructor</i> Signoret			1,3	
<i>A. ficus</i> Ashmead		1		
<i>A. hederæ simplex</i> de Charnoy			1	
<i>A. lataniae</i> Signoret		1	1	
<i>A. longispina</i> Morgan			1	
<i>A. tessarata</i> de Charnoy			1	
<i>A. trilobitiformis darutyi</i> de Charnoy		1	1	
<i>Asterolecanium bambusae</i> Boisduval		1	1	
<i>A. epidendri</i> (Bouché)		1		
<i>A. quercicola</i> (Maskell)			1	
<i>A. miliaris</i> Boisduval			1	
<i>A. pustulans</i> Cockerell	4			
<i>Aulacaspis tegalensis</i> (Zehnt)			3	
<i>Ceroplastes floridensis</i> Comstock		1		4
<i>C. rusci</i> (L.)	4			
<i>C. tenuitectus</i> sp. nov	1			
<i>C. vinsonnii</i> Signoret			1	
<i>Chionaspis inday</i> Banks		1		
<i>C. quercus</i> Comstock			1	
<i>C. tegalensis</i> Zehnter			1	
<i>Chloropulvinaria psidii</i> (Maskell)	4			
<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> (Morg.)				4
<i>C. aonidium</i> (L.)				4
<i>C. ficus</i> Ashm.		3		
<i>Coccus hesperidum</i> (L.)	4			
<i>C. longulus</i> (Douglas)	4			
<i>C. viridis</i> (Grenn)		3		
<i>Dactylopius citri</i> (Risso)	1	1	1	
<i>D. calceolariae minor</i> Maskell			1	
<i>D. filamentosus</i> Cockerell			1	
<i>D. longispinus</i> (Targioni-Tozzetti)			1	
<i>D. sacchari</i> Cockerell			1	
<i>D. virgatus</i> Cockerell	1	1	1	
<i>Diaspis pentagona</i> Targioni-Tozzetti		1		
<i>D. echnicocacti</i> (Bouche)			1	
<i>D. euphoriae</i> de Charnoy			1	
<i>Dismicoccus brevipes</i> (Cockerell)	4			
<i>Duplastidionus lacinae</i> Green & Laing	4			

<i>D. aldabraca</i> Green & Laing	4		
<i>Eucalymnatus tessellatus</i> (Signoret)		3	4
<i>Ferrisia virgata</i> (Cockerell)	2,3		
<i>Fiorinia aeloendri</i> (elaendri) de Charney			1
<i>F. fioriniae</i> (Targioni-Tozzetti)			1
<i>Hemiberlesia lataniae</i> (Signoret)	4		
<i>H. rapax</i> (Comstock)			
<i>Hemichionaspis aspidistrae</i> sp. nov.		1	
<i>H. minor</i> Maskell		1	
<i>Howardia biclavis</i> (Comstock)			1
<i>Icerya seychellarum</i> (Westwood)	3,4	1,2	2
<i>Ischnaspis longirostris</i> (Signoret)		3	
<i>Lecanium frontale</i> Grenn		1	
<i>L. guerinii</i> Signoret			1
<i>L. hemisphaericum</i> Targioni-Tozzetti			1
<i>L. hesperidum</i> Linnaeus	1	1	
<i>L. longulum</i> Douglas		1	1
<i>L. nigrum</i> Nietner		1	1
<i>L. oleae</i> (Bernard)	1		1
<i>L. tessellatum</i> Signoret		1	1
<i>L. viride</i> Grenn			1
<i>Leucaspis cockerelli</i> (de Charney)			1
<i>Lepidosaphes beckii</i> (Newm.)			4
<i>Mytilaspis auriculata</i> sp. nov.		1	
<i>M. citricola</i> (Packard)		1	1
<i>M. gloverii</i> (Packard)			1
<i>M. greeni</i> de Charney			1
<i>M. hibisci</i> de Charney			1
<i>M. ocellata</i> sp. nov.	1	1	
<i>Orthezia insignis</i> Douglas			1
<i>Paracoccus burnerae</i> (Brain)	4		
<i>Parasaissetia nigra</i> (Nietn.)	4		
<i>Phenacaspis gynandropsidis</i> Grenn	4		
<i>Phenacoccus nivalis</i> (Maskell)			1
<i>Pinnaspis aspidistrae</i> (Signoret)			4
<i>P. buxi</i> (Bouche)		3	
<i>P. strachani</i> (Cooley)		3	4
<i>Planococcus citri</i> (Risso)	3		
<i>P. lilacinus</i> (Cockerell)			
<i>P. longispinus</i> (Targ.)		4	
<i>Protopulvinaria mangifera</i> (Green)			
<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i> (Grenn)			
<i>Pseudococcus longispinus</i> (Targioni-Tozzetti)			4
<i>Pseudolacaspis cockerelli</i> (Cooley)			
<i>P. major</i> (de Charney)			
<i>P. pentagona</i> (Targioni-Tozzetti)			
<i>Pulvinaria antigoni</i> , sp. nov.		1	
<i>P. cariei</i> de Charney			1
<i>P. floccifera</i> (Westwood)		1	
<i>P. iceryi</i> Guerin-Meneville			1
<i>P. psidii</i> Maskell		1	
<i>Pulvinaria grabhami</i> (Cockerell)			4
<i>Saccharicoccus sacchari</i> (Cockerell)			2,4
<i>Saissetia coffea</i> (Walk.)			4
<i>S. oleae</i> (Oliv.)	3		
<i>Vinsonia stellifera</i> (Westwood)		1	

### ANNEXE 3

Liste des plantes-hôtes d'*Icerya seychellarum* (Westwood) répertoriées aux Seychelles et à l'île Maurice.

Remarque: Le nom vernaculaire est celui utilisé aux Seychelles ou à défaut à l'île Maurice.

Légende :     c= comestible, employé dans l'alimentation humaine  
                   o= ornementale ou ombrage  
                   f= espèce forestière.

Références bibliographiques: MAMET, 1943; BAILET, 1971; GERY (obs.pers.)

NOM BOTANIQUE	FAMILLE	NOM VERNACULAIRE
Abrus precatorium Adans.	c Leguminosae	réglisse
Acacia farnesiana (L.) Willd.	o Leguminosae	cassie flower
Acalypha grandis	o Euphorbiaceae	acalypha
Ademathera microsperma L.	f Leguminosae	agati
Agauria salicifolia		
Albizia bebbek Durazz	f Leguminosae	bois noir
Anona muricata L.	c Annonaceae	corossol
Anona reticulata L.	c Annonaceae	cœur de bœuf
Anona squamosa L.	c Annonaceae	attier
Anthurium sp.	o Araceae	anthurium
Antigonon leptopus Endl.	o Polygonaceae	antigone
Antirrhium sp.		
Areca catechu L.	c Palmae	arequier
Arthocarpus communis Forst.	c Moraceae	arbre à pain
= A. altilis (Park.) Fosberg		
Arthocarpus integrifolia L. f.	c Moraceae	jacquier
= A. heterophyllus Lam.		
Asparagus sp.	o Liliaceae	fougère mariage
Averrhoa carambola L.	c Oxalidaceae	carambolier
Bauhinia sp.	o Leguminosae	sabot-bœuf
Bellis sp.	o Compositae	marguerite
Bixa orellana L.	o Bixaceae	roucou
Boehmeria nivea Jacq.	Urticaceae	ramie
Bougainvillea spectabilis Comm.	o Nyctaginaceae	bougainvilléa
Cæsalpinia bonducella L.	Leguminosae	cadoque
Cæsalpinia sappan L.	c Leguminosae	sappanwood
Cajanus cajan (L.) Millsp.	c Leguminosae	cajou
Camellia sp.	o Theaceae	thé
Canna sp.	o Cannaceae	tous les mois
Capsicum annum L.	c Solanaceae	piment
Carica papaya L.	c Caricaceae	papayer
Carissa carandas L.	c Apocynaceae	sandal
Cassia fistula L.	c Leguminosae	butor
Cassia occidentalis L.	c Leguminosae	casse puante
Cassia siamea Lam.	f Leguminosae	
Casuarina equisetifolia L.	f Casuarinaceae	cèdre filao
Chrysalidocarpus lutescens		
Cinnamum camphora (L.) Nees & Eberm.	Lauraceae	camphor
Cinnamum zeylanicum Schaeffer	c Lauraceae	canelier
Citrus sp.	c Rutaceae	citrus
Clusia rosea		
Cocos nucifera L.	c Palmae	cocotier
Codiaeum sp.	o Euphorbiaceae	croton
Coffea arabica L.	c Rubiaceae	caféier
Cordia interrupta	Boraginaceae	
Cordia mixa	Boraginaceae	

<i>Cratægus oxyacantha</i>		
<i>Cucumis sativus</i> L.	c	Cucurbitaceae
<i>Cucurbita pepo</i> L.	c	Cucurbitaceae
<i>Cycas revoluta</i>		Cycadaceae
<i>Cynara scolymus</i> L.	c	Compositae
<i>Cyperus rotundus</i> L.	o	Cyperaceae
<i>Dahlia</i> sp.	o	Composae
<i>Dictyosperma alba</i>		
<i>Dieffenbachia seguine</i> Schott.	o	Araceae
<i>Dioscorea bulbifera</i>	c	Dioscoraceae
<i>Dracaena reflexa</i> Vand.	o	Agavaceae
<i>Duranta plumieri</i>		Rosaceae
<i>Erybotrya japonica</i> Lindl.		
<i>Erythrina indica</i> Lam.	o	Leguminosae
<i>Eucalyptus</i> sp.	f	Myrtaceae
<i>Eugenia aquea</i> Burm. f.	c	Myrtaceae
<i>Eugenia jambolona</i>		Myrtaceae
<i>Eugenia jambos</i> L.	c	Myrtaceae
<i>Eupatorium triplinerve</i>		Compositae
<i>Euphorbia longana</i>		Euphorbiaceae
<i>Ficus bengalensis</i> L.	o	Moraceae
<i>Ficus carica</i> L.	c	Moraceae
<i>Ficus religiosa</i> L.	o	Moraceae
<i>Ficus repens</i> Roth	f	Moraceae
= <i>F. pumila</i> L.		
<i>Furcraea gigantea</i>	o	Agavaceae
<i>Gerbera</i> sp.	o	Compositae
<i>Gingko biloba</i>	o	
<i>Gladiolus illyricus</i> L.	o	Iridaceae
<i>Gossypium barbadense</i> L.	o	Malvaceae
<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn.	f	Proteaceae
<i>Hæmatoxylon campechianum</i> L.	c	Leguminosae
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	o	Malvaceae
<i>Hydnocarpus wightiana</i> Gaertn.		Flacourtiaceae
<i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam.	c	Convolvulaceae
<i>Ipomea purpurea</i> (L.) Roth	o	Convolvulaceae
<i>Jacaranda ovalifolia</i> Juss.		Bignoniaceae
<i>Latania verschaffeltii</i>		
<i>Leucœna glauca</i> (L.) Benth	f	Leguminosae
<i>Litchi sinensis</i> Sonn.	c	Sapindaceae
<i>Litchi glutinosa</i>		
<i>Livistona chinensis</i>		
<i>Lucuma</i> sp.		
<i>Luffa acutangula</i> (L.) Roxb.	c	Cucurbitaceae
<i>Malus</i> sp.	o	Rosaceae
<i>Mangifera indica</i> L.	c	Anacardiaceae
<i>Muehlenbeckia platyclada</i>		Leguminosae
<i>Mimosa pudica</i> L.		Sapotaceae
<i>Mimusops</i> sp.		Rutaceae
<i>Murraya exotica</i>	o	
<i>Monstera deliciosa</i>	c	Moringaceae
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	c	Moraceae
<i>Morus nigra</i> L.	c	Musaceae
<i>Musa sapientum</i>	o	Oleandraceae
<i>Nephrolepis cordifolia</i> Schott.	o	Apocynaceae
<i>Nerium oleander</i> L.	c	
<i>Olea europea</i>		
<i>Paederia fœtida</i>	o	Pandanaceae
<i>Pandanus utilis</i> L.	c	Passifloraceae
<i>Passiflora edulis</i> Sims	o	Geraniaceae
<i>Pelargonium</i> sp.		Rubiaceae
<i>Pentas carnea</i>	c	Lauraceae
<i>Persea americana</i> Mill.		
		concombre
		marrow
		globe artichoke
		laïche
		dahlia
		bois tangué
		cambare
		bois chandelle
		bibassier
		moutouc
		eucalyptus
		water rose apple
		jambrosa
		ayapana
		panyan
		figuier
		pipal-stree
		agave
		gerbera
		glaioul
		cotton
		silky oak
		bois campèche
		foulsapate
		choulmoogra
		patate
		moming glory
		jacaranda
		litchi
		pipengaye à côte
		mangier
		sensible
		horse radishtree
		mûrier
		bananier
		fougère
		laurier
		vacoa
		fruit passion
		géranium
		avocatier

Phoenix dactylifera L.	c	Palmae	dattier
Physalis peruviana L.	c	Solanaceae	pock pock
Pimenta officinalis Lindl. = P. dioica (L.) Merr.	c	Myrtaceae	quatre épices
Pithecellobium indica Jacq.		Leguminosae	saman
Pithecellobium unguis-cati Mart.	o	Leguminosae	campèche
Pittosporum wrightii Juss.	f	Pittosporaceae	bois joli cœur
Plumeria acutifolia	o	Apocynaceae	frangipane
Poinsettia sp.	o	Euphorbiaceae	
Prunus persica L.	o	Rosaceae	pécher
Psidium cattleianum Sabine = P. littorale Raddi	c	Myrtaceae	goyave
Psidium guajava L.	c	Myrtaceae	goyave
Punica granatum L.	c	Punicaceae	grenadier
Rosa sp.	o	Rosaceae	rosier
Rubus rosæfolius L.	c	Rosaceae	framboisier
Rubus roridus			
Salvia coccinea L.	o	Labiaceae	salvia
Sanchezia nobilis			
Sechium edulis (Jacq.) Swart	c	Cucurbitaceae	chou choute
Seigesbeckia orientalis			
Serissa foetida			
Sida acuta		Malvaceae	
Sida rhombifolia L.		Malvaceae	herbe dure
Solanum auriculatum L.		Solanaceae	
Solanum indicum L.		Solanaceae	bringelle
Solanum lycopersicum L; = Lycopersicum esculentum Mill.	c	Solanaceae	tomate
Solanum macrocarpum L.		Solanaceae	anguive
Solanum melongena	c	Solanaceae	bringelle
Solanum tuberosum L.	c	Solanaceae	pomme de terre
Solanum wendlandii Hook. f.	o	Solanaceae	
Spondias cytherea Sonn.	c	Anacardiaceae	fruit cythère
Stachytarpheta jamaicensis	o	Verbenaceae	épi bleu
Tamarindus indica L.	c	Leguminosae	tamarinier
Tectona grandis L.	f	Verbenaceae	bois teck
Tephrosia candida		Leguminosae	téphrosia
Tephrosia purpurea		Leguminosae	téphrosia
Terminalia catappa	f	Combretaceae	badamier
Thysanolaena agrostis			
Tithonia diversifolia			
Vanilla planifolia	o	Compositae Orchidaceae	vanille
Verbena bonariensis			
Verschaffeltia spendida H. Wendlo	o	Palmae	lattanier latte
Vitis vinifera	c	Vitidaceae	raisin
Yucca gloriosa	o	Agavaceae	yucca
Wormia ferruginea			
Zingiber officinalis Boehm.	c	Zingiberaceae	gingembre

## ANNEXE 4

Liste des plantes-hôtes d'*Icerya seychellarum* (Westwood) répertoriées à Aldabra.

Les espèces endémiques sont citées à part en fin de tableau.

Les espèces herbacées sont séparées des ligneuses et grimpantes.

Les espèces indigènes sont différenciées des espèces introduites.

Références bibliographiques:

RENVOISE, 1975; HILL ET NEWBERY, 1980; NEWBERY ET HILL, 1985; GERY (obs.pers., 1989, 1990)

NOM BOTANIQUE	1975	1978	1983	1989
<b>ESPECES HERBACEES INDIGENES :</b>				
Cyperaceae				
Fimbristylis ferruginea	1-2			
Fimbristylis obtusifolia	0			
Cyperus obtusiflorus	0			
Cyperus dubius	1-2			
Cyperus ligularis	1-2			
Cyperus conglomeratus	0			
Pycneus pumilus	0			
Gramineae				
Eragrostis subsequiglumis	1-2			
Sclerodactylon macrostachyum	1-2			
Dactyloctenium pilosum	0			
Dactyloctenium ctenoides	0			
Daknopholis boivinii	0			
Enteropogon sechellensis	0			
Sporobolus virginicus	0			
Lepturus repens	0			
Portulacaceae				
Portulaca mauritiensis	0			
Portulaca cleracea	0			
Malvaceae				
Sida parvifolia	1-2			
Leguminosae				
Tephrosia pumila	1-2			
Aizoaceae				
Sesuvium portulacastrum	0			
Rubiaceae				
Oldenlandia sp.	0			
Compositae				
Launaea sarmentosa	0			
Convolvulaceae				
Evolvulus alsinoides	0			
Acanthaceae				
Asystasia gangetica	0			
Nyctaginaceae				
Boerhaavia sp	0			
Amaranthaceae				
Lagezia madagascariensis	0			
Euphorbiaceae				
Euphorbia prostata	0			
Phyllanthus maderaspatensis	0			
Urticaceae				
Laportea aestuans	0			
Scrophulariaceae				
Bryodes micrantha	0			

ESPECES HERBACEES INTRODUITES :				
	Graminae			
Panicum maximum		0		
Digitaria setigera		0		
Paspalum vaginatum		0		
Cymbopogon citratus		0		
	Capparidaceae			
Cleome strigosa		0		
	Malvaceae			
Sida acuta		0		
Abutilon angulatum		0		1
	Leguminosae			
Cassia occidentalis		0		
	Compositae			
Vernonia cinerea				
Launaea intybacca		0		
Synodrella nodiflora				
Tridax procumbens		0		
	Apocynaceae			
Catharanthus roseus				
	Solanaceae			
Solanum nigrum		0		0
	Convolvulaceae			
Ipomoea batatea		0		
	Verbenaceae			
Stachytarpheta jamaicensis		0		
	Labiatae			
Leonotis nepetifolia				
	Euphorbiaceae			
Acalypha indica				0
Euphorbia hirta				2
	Scrophulariaceae			
Striga asiatica		0		
ESPECES LIGNEUSES ET GRIMPANTES INDIGENES :				
	Polypodiaceae			
Acrostichum aureum		0		
	Liliaceae			
Asparagus umbellulatus		1-2		0
Dracaena reflexa		3-4	0,07	1
	Pandanaceae			
Pandanus tectorius		1-2	0	2
	Dioscoriaceae			
Dioscorea bemarivensis		0		0
	Orchidaceae			
Angraecum eburneum		0		
Acampe pachyglossa		0		
	Capparidaceae			
Maerua triphylla		0		
Capparis cartilaginea		0	0	0
	Flacourtiaceae			
Flacourtia ramontchii		1-2	0,01	0,04
	Malvaceae			
Hibiscus tiliaceus		0		0
Thespesia populnea		1-2		
Thespesia populneoides		1-2	1,82	1,85
	Surianaceae			
Suriana maritima		1-2	0	0
	Guttiferae			
Calophyllum inophyllum		1-2	1,06	0,70
	Icacinaceae			

Apodytes dimidiata		1-2	0,15	0,24	3
Maytenus senegalensis		1-2	0,01	0,18	
Mystroxydon aethiopicum		3-4	0,06		1
	Rhamnaceae				
Scutia myrtina		3-4	0,33		3
Colubrina asiatica		1-2	0		
Gouania scandens		1-2			
	Ochnaceae				
Ochna ciliata		1-2	0		0
	Meliaceae				
Xylocarpus granatum		0			
Xylocarpus moluccensis		0			
	Sapindaceae				
Macphersonia hildebrandtii		3-4			
	Anacardiaceae				
Operculicarya gummifera		0	0		
	Leguminosae				
Teramnus labialis		1-2			
Clitoria tematea		1-2			
Abrus precatorius		0			
Sophora tomentosa		3-4			0
Dichrostachys microcephala		3-4	0,03	0,38	2,3
Caesalpinia bonduc			0		3
Calliandra alternans		1-2	0		
	Rhisophoraceae				
Bruguiera gymnorhiza		1-2	0		1
Ceriops tagal		1-2	0,13		1,2
Rhizophora micronata		1-2	0		0
	Combretaceae				
Terminalia catappa		0			3
Terminalia boivinii		1-2	0		
Lumnitzera racemosa		3-4	1,00	2,41	2
	Lythraceae				
Pemphis acidula		1-2	0,05	0,27	1
	Sonneratiaceae				
Sonneratia alba		3-4	0,75		4
	Passifloraceae				
Passiflora suberosa		0			0
	Rubiaceae				
Canthium bibracteatum		0	0,01		
Tarenna verdcourtiana		0	0		
Tarenna trichantha		1-2	0	0,02	
Tricalysia sonderana		1-2	0		
Polyspheria multiflora		3-4	0,43	0,36	1
Psychotria pervillei		3-4			
Triainolepis africana		3-4	0		
Guettarda speciosa		1-2	0,13	0,68	2,4
	Compositae				
Vernonia grandis		1-2			
	Goodeniaceae				
Scaevola taccada		3-4	2,5	0,74	3
	Plumbaginaceae				
Plumbago sphylla		3-4			1
	Salvadoraceae				
Azima tetraantha		3-4	0,73	0,38	4
Salvadora angustifolia		1-2			
	Oleaceae				
Jasminum elegans		0	0		2
	Asclepiadaceae				
Pleurostelma cernuum		0			
Sarcostemma viminale		1-2			
	Boraginaaceae				
Tournefortia argentea		0	0		0



Cordia subcordata	Convolvulaceae	0	0		
Ipomoea macrantha		1-2			1
Ipomoea pes-caprae	Verbenaceae	1-2			
Premna obtusifolia		1-2			
Avicennia marina	Nyctaginaceae	3-4	2,40	1,06	2,4
Pisonia grandis		3-4			1,2
	Amaranthaceae				
Deeringia polysperma		1-2			
Achyranthes aspera		1-2	0,19		1
	Lauraceae				
Cassytha filiformis		1-2			
	Viscaceae				
Viscum triflorum		1-2			
	Euphorbiaceae				
Phyllanthus casticum		0			
Euphorbia pyriformis		3-4	0,09	0,50	3
	Moraceae				
Ficus nautarum		3-4	1,5	1,65	3,4
Ficus avi-avi		3-4	0,34	0,35	3
Ficus reflexa		3-4	0,21	0,44	2
Obetia morifolia		1-2			
	Casuarinaceae				
Casuarina equisetifolia		3-4	1,25	1,03	1,3
<b>ESPECES LIGNEUSES ET GRIMPANTES INTRODUITES :</b>					
	Liliaceae				
Agave sisalana		0			0
	Palmae				
Cocos nucifera		0			0,2
	Gramineae				
Bambusa vulgaris		0			
	Malvaceae				
Gossypium hirsutum		1-2			0
	Moringaceae				
Moringa oleifera		0			
	Leguminosae				
Erythrina variegata		1-2			2
Delonix regia		1-2			1
Tamarindus indica		1-2			0,1
	Caricacea				
Carica papaya		0			0
	Solanaceae				
Datura metel		0			0
Capsicum frutescens		1-2			0
	Verbenaceae				
Lantana camara		0			0
	Euphorbiaceae				
Ricinus comunis		0			0
Pedilanthus tithymaloides		1-2			
<b>ESPECES ENDEMIQUES D'ALDABRA</b>					
<b>ESPECES HERBACEES</b>					
	Cyperaceae				
Scirpus sp.		0			
	Gramineae				
Eragrostis decumbens		0			
Sporoborus testudinum		0			
Panicum aldabrensis		0			

Stenotaphrum clavigerum		0			
	Leguminosae				
Cassia aldabrensis		1-2			
	Acanthaceae				
Hypoestes aldabrensis		1-2			
	Dicrasyliaceae				
Nesogenes dupontii		1-2			
	Amaranthaceae				
Lagrezia oligomeroides		0			
ESPECES LIGNEUSES ET GRIMPANTES :					
	Verbenaceae				
Clerodendrum glabrum var. multiflorum		1-2	0	0,06	
	Liliaceae				
Lomatophyllum aldabrensis		1-2			1
	Pandanaceae				
Pandanus vandermeeschii		1-2			0
	Tiliaceae				
Grewia salicifolia		1-2			
Grewia aldabrensis		3-4			
	Erythroxylaceae				
Erythroxylum acranthum		1-2		0,08	
	Meliaceae				
Malleastrum leroyi		0			
	Sapindaceae				
Allophylus aldabricus		3-4	0,14	1,03	
	Rubiaceae				
Tarenna supra-axillaris		0	0,01		
	Sapodaceae				
Sideroxylon inerme ssp cryptophlebia		3-4	1,35	0,90	3
	Asclepiadaceae				
Secamone fryeri		0			
	Solanaceae				
Solanum aldabrensis		1-2			0
	Moraceae				
Maillardia pendula		3-4			
	Euphorbiaceae				
Phyllanthus cheloniphorbe		3-4			
Acalypha claoxyloides		1-2			1
Margaritaria anomala var. cheloniphorbe (Hutch.) Fosberg		3-4	0,10		0

## ANNEXE 5

Matrices de corrélations totales dressées avec les caractéristiques de la branche, les effectifs des classes de cochenilles et le nombre de fourmis: 1-*Camponotus maculatus* , 2-*Paratrechina longicornis* , 3-les cinq espèces répertoriées.

### Légende:

- heure à laquelle la branche a été prélevée H
- longueur de la branche prélevée (en cm) d'*Euphorbia pyrifolia* Lam. (Euphorbiaceae)prélevée (en cm) CM
- nombre total de feuilles non contaminées IND
- nombre total de feuilles FEU
- proportion de feuilles contaminées (exprimé en pourcentage du nombre total de feuilles) CONTA
- nombre de cochenilles vivantes de la classe 1 (premier et deuxième stade larvaire) trouvées sur les feuilles CL1
- nombre de cochenilles vivantes de la classé 2 (troisième stade larvaire) trouvées sur les feuilles CL2
- nombre de cochenilles vivantes de la classe 3 (femelle avec ovisac) trouvées sur les feuilles CL3
- nombre total de cochenilles néonates trouvés dans les ovisacs OVI
- nombre moyen de cochenilles néonates par ovisac L1
- nombre total de cochenilles trouvées sur la tige, les 3 classes confondues Tige
- proportion des cochenilles sur la tige exprimée en pourcentage du nombre total de cochenilles sur la branche en %
- nombre total de fourmis trouvées sur la branche Total
- nombre de *Camponotus maculatus* (Fabricius, 1781) sensu Forel 1891 F1
- nombre de *Camponotus grandidieri* Forel, 1879 F2
- nombre de *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802) F3
- nombre de *Pheidole* sp. F4
- nombre de *Monomorium destructor* (Jerdon, 1851) F5

Page d'annexe: 14

	<b>1-Camponotus maculatus</b>								<b>2-Paratrechina longicornis</b>									
	H	F1	CM	IND	FEU	CL1	CL2	CL3	OVI	H	F3	CM	IND	FEU	CL1	CL2	CL3	OVI
<b>H</b>	1,000									1,000								
<b>F1ou3</b>	0,301	1,000								-0,105	1,000							
<b>CM</b>	-0,156	0,323	1,000							0,324	-0,308	1,000						
<b>IND</b>	0,009	0,248	0,349	1,000						0,038	-0,436	0,275	1,000					
<b>FEU</b>	0,095	0,471	0,404	0,938	1,000					0,321	-0,336	0,424	0,810	1,000				
<b>CL1</b>	0,265	0,796	0,369	-0,072	0,175	1,000				0,182	0,534	0,033	-0,496	-0,068	1,000			
<b>CL2</b>	0,061	0,435	0,340	0,169	0,399	0,382	1,000			-0,051	0,218	0,217	0,160	0,329	0,145	1,000		
<b>CL3</b>	0,197	0,668	0,340	-0,039	0,175	0,852	0,385	1,000		-0,220	0,408	0,020	-0,172	-0,004	0,580	0,498	1,000	
<b>OVI</b>	0,183	0,685	0,338	0,068	0,279	0,807	0,365	0,942	1,000	-0,257	0,491	-0,118	-0,248	-0,094	0,609	0,609	0,935	1,000

### 3- Les cinq espèces répertoriées

Page d'annexe: 15

	H	CM	IND	FEU	CONT	CL1	CL2	CL3	OVI	L1	Tige	en%	Total	F1	F2	F3	F4	F5	
<b>H</b>	1,000																		
<b>CM</b>	0,053	1,000																	
<b>IND</b>	0,192	0,224	1,000																
<b>FEU</b>	0,282	0,404	0,912	1,000															
<b>CON</b>	0,042	0,106	-0,625	-0,337	1,000														
<b>CL1</b>	0,245	0,601	-0,080	0,239	0,459	1,000													
<b>CL2</b>	0,198	0,358	0,287	0,503	0,126	0,332	1,000												
<b>CL3</b>	0,216	0,517	0,006	0,266	0,377	0,838	0,437	1,000											
<b>OVI</b>	0,234	0,328	0,135	0,345	0,301	0,683	0,429	0,886	1,000										
<b>L1</b>	0,177	0,036	0,126	0,150	0,054	0,020	0,120	0,089	0,397	1,000									
<b>Tige</b>	-0,038	0,386	-0,228	-0,055	0,405	0,525	0,296	0,630	0,556	-0,056	1,000								
<b>en%</b>	-0,277	0,098	-0,212	-0,245	0,112	-0,077	-0,001	0,009	-0,003	-0,210	0,609	1,000							
<b>Total</b>	0,010	0,104	-0,139	-0,042	0,217	0,365	-0,026	0,244	0,136	-0,164	0,086	-0,004	1,000						
<b>F1</b>	0,474	0,265	0,427	0,588	0,082	0,495	0,538	0,535	0,639	0,281	0,338	-0,092	-0,067	1,000					
<b>F2</b>	-0,128	0,023	-0,095	-0,116	-0,152	-0,033	-0,122	-0,045	-0,116	-0,122	-0,075	-0,144	-0,106	-0,260	1,000				
<b>F3</b>	-0,104	-0,001	-0,221	-0,203	0,110	0,185	-0,215	0,047	-0,057	-0,221	-0,048	0,005	0,865	-0,339	-0,103	1,000			
<b>F4</b>	-0,036	0,638	-0,132	0,051	0,231	0,569	0,047	0,413	0,108	-0,108	0,131	-0,065	0,373	-0,107	0,073	0,369	1,000		
<b>F5</b>	-0,114	-0,050	-0,135	-0,108	0,161	-0,067	0,000	-0,038	-0,090	-0,072	0,018	0,075	0,297	-0,160	0,104	-0,090	-0,031	1,000	

## ANNEXE 6

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale des larves de *Rodolia cardinalis* (Mulsant)

Pesées et renouvellements des proies toutes les 6 heures.

(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en jours); n = EFFECTIF

### -----PREMIER STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	46	0,036 ± 0,003
12	45	0,043 ± 0,004
18	51	0,054 ± 0,005
24	38	0,070 ± 0,010
30	51	0,074 ± 0,009
36	52	0,091 ± 0,012
42	50	0,102 ± 0,012
48	41	0,121 ± 0,016
54	46	0,134 ± 0,016
60	40	0,148 ± 0,020
66	35	0,154 ± 0,021
72	29	0,154 ± 0,021
78	23	0,157 ± 0,018
84	18	0,169 ± 0,025
90	18	0,177 ± 0,025
96	15	0,187 ± 0,026
102	12	0,184 ± 0,038

### -----DEUXIEME STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	45	0,229 ± 0,031
12	42	0,263 ± 0,024
18	42	0,323 ± 0,033
24	41	0,376 ± 0,040
30	43	0,430 ± 0,043
36	38	0,463 ± 0,044
42	39	0,554 ± 0,056
48	31	0,598 ± 0,061
54	29	0,606 ± 0,050
60	23	0,647 ± 0,051
66	17	0,680 ± 0,083
72	12	0,633 ± 0,067

### -----TROISIEME STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	41	0,698 ± 0,045
12	39	0,871 ± 0,075
18	39	1,059 ± 0,095
24	41	1,278 ± 0,125
30	41	1,424 ± 0,154
36	41	1,604 ± 0,187
42	35	1,771 ± 0,204
48	25	1,846 ± 0,237
54	19	2,047 ± 0,362
60	23	2,119 ± 0,279
66	25	2,294 ± 0,294
72	16	2,127 ± 0,298
78	16	2,235 ± 0,301

### -----QUATRIEME STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	38	2,679 ± 0,236
12	38	3,162 ± 0,273
18	36	3,644 ± 0,346
24	35	4,231 ± 0,419
30	36	4,899 ± 0,504
36	30	5,225 ± 0,602
42	34	5,432 ± 0,636
48	34	6,160 ± 0,674
54	26	6,858 ± 0,993
60	28	7,261 ± 0,869
66	30	7,573 ± 0,758
72	26	7,279 ± 0,841
78	21	7,041 ± 0,859
84	17	7,292 ± 1,050

## ANNEXE 7

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des deux derniers stades larvaires de *Rodolia cardinalis*  
Pesées et renouvellements des proies toutes les **12 heures**.  
(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en heures)  
n = EFFECTIF

-----TROISIEME STADE-----				-----QUATRIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
<b>6</b>	20	0,732 ± 0,083		20	2,938 ± 0,398	
<b>1 8</b>	19	1,231 ± 0,164	0,968 ± 0,248	20	4,107 ± 0,559	2,000 ± 0,398
<b>3 0</b>	20	1,977 ± 0,283	2,196 ± 0,459	20	5,359 ± 0,646	4,098 ± 1,584
<b>4 2</b>	20	2,588 ± 0,352	3,703 ± 0,575	20	7,255 ± 0,785	7,355 ± 0,685
<b>5 4</b>	20	2,656 ± 0,309	4,049 ± 0,513	18	8,300 ± 0,904	9,881 ± 1,173
<b>6 6</b>	16	2,988 ± 0,495	4,687 ± 0,760	16	9,350 ± 0,983	12,026 ± 1,360
<b>7 8</b>				9	9,024 ± 1,935	12,415 ± 1,860

## ANNEXE 8

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de *Rodolia cardinalis*  
Pesées toutes les 12 heures et renouvellements des proies toutes les **24 heures**.  
(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en heures)  
n = EFFECTIF

-----PREMIER STADE-----				-----DEUXIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	25	0,037 ± 0,006		27	0,236 ± 0,021	
18	32	0,056 ± 0,008		27	0,328 ± 0,048	
30	32	0,088 ± 0,014	0,138 ± 0,106	27	0,456 ± 0,071	0,646 ± 0,211
42	31	0,126 ± 0,016		26	0,584 ± 0,083	
54	30	0,159 ± 0,024	0,250 ± 0,089	24	0,728 ± 0,127	1,380 ± 0,269
66	24	0,187 ± 0,027		15	0,745 ± 0,134	
78	16	0,192 ± 0,029	0,434 ± 0,129	7	0,802 ± 0,213	1,385 ± 0,522
90	13	0,206 ± 0,038				
102	8	0,229 ± 0,033	0,530 ± 0,237			

-----TROISIEME STADE-----				-----QUATRIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	30	0,622 ± 0,056		29	2,801 ± 0,274	
18	30	1,146 ± 0,111		29	3,849 ± 0,446	
30	30	1,692 ± 0,220	2,016 ± 0,303	29	5,083 ± 0,557	3,871 ± 0,576
42	30	2,266 ± 0,243		29	6,066 ± 0,578	
54	30	2,303 ± 0,250	4,017 ± 0,442	28	6,631 ± 0,669	7,440 ± 0,988
66	23	2,567 ± 0,370		25	7,306 ± 0,604	
78	11	2,100 ± 0,387	5,430 ± 1,120	23	7,793 ± 0,545	10,570 ± 0,900
90				14	7,478 ± 0,574	
102				9	7,648 ± 1,032	12,578 ± 1,313

## ANNEXE 9

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale des larves de *Rodolia chermesina*

Pesées et renouvellements des proies toutes les 6 heures.

(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en heures); n = EFFECTIF

### -----PREMIER STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	48	0,095 ± 0,006
12	37	0,129 ± 0,011
18	45	0,160 ± 0,014
24	45	0,214 ± 0,020
30	45	0,259 ± 0,023
36	43	0,332 ± 0,029
42	43	0,409 ± 0,040
48	44	0,450 ± 0,048
54	44	0,585 ± 0,055
60	43	0,665 ± 0,050
66	40	0,702 ± 0,056
72	36	0,716 ± 0,050
78	28	0,725 ± 0,060
84	26	0,727 ± 0,064
90	18	0,648 ± 0,069
96	11	0,600 ± 0,091

### -----DEUXIEME STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	56	0,724 ± 0,053
12	54	0,959 ± 0,077
18	56	1,188 ± 0,101
24	57	1,427 ± 0,118
30	56	1,769 ± 0,148
36	50	2,067 ± 0,170
42	47	2,328 ± 0,162
48	50	2,464 ± 0,178
54	46	2,448 ± 0,173
60	48	2,478 ± 0,183
66	38	2,465 ± 0,220
72	21	2,510 ± 0,290
78	13	2,432 ± 0,372

### -----TROISIEME STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	53	2,729 ± 0,198
12	39	3,794 ± 0,292
18	47	4,438 ± 0,324
24	32	4,894 ± 0,451
30	42	5,763 ± 0,397
36	48	6,817 ± 0,459
42	45	8,041 ± 0,565
48	47	8,724 ± 0,558
54	43	9,157 ± 0,532
60	46	9,069 ± 0,439
66	33	8,766 ± 0,489
72	34	8,908 ± 0,560
78	36	9,159 ± 0,556
84	32	9,194 ± 0,693
90	13	8,773 ± 1,400

### -----QUATRIEME STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	50	9,713 ± 0,555
12	33	12,015 ± 0,744
18	28	13,702 ± 1,042
24	41	14,850 ± 0,891
30	45	16,747 ± 0,862
36	34	17,827 ± 0,998
42	29	18,706 ± 1,247
48	29	19,626 ± 1,142
54	38	20,254 ± 0,935
60	28	20,307 ± 1,084
66	12	21,902 ± 1,989
72	16	21,189 ± 1,569
78	14	20,894 ± 1,500



## ANNEXE 10

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de *Rodolia chermesina*  
Pesées et renouvellements des proies toutes les 12 heures.  
(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en heures)  
n = EFFECTIF

-----PREMIER STADE-----				-----DEUXIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	32	0,091 ± 0,005		20	0,881 ± 0,106	
18	24	0,167 ± 0,011	0,029 ± 0,022	19	1,403 ± 0,186	0,910 ± 0,230
30	24	0,269 ± 0,022	0,103 ± 0,044	20	1,981 ± 0,253	1,986 ± 0,453
42	24	0,444 ± 0,044	0,359 ± 0,135	20	2,546 ± 0,245	3,069 ± 0,570
54	24	0,658 ± 0,060	0,804 ± 0,251	20	2,620 ± 0,201	3,723 ± 0,643
66	24	0,720 ± 0,058	1,272 ± 0,326	19	2,717 ± 0,303	4,169 ± 0,749
78	22	0,809 ± 0,066	1,606 ± 0,364			

-----TROISIEME STADE-----				-----QUATRIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	32	3,384 ± 0,372		29	9,311 ± 0,729	
18	32	5,180 ± 0,591	3,706 ± 1,865	29	11,916 ± 1,058	3,956 ± 0,950
30	32	6,928 ± 0,754	6,531 ± 1,977	28	14,107 ± 1,279	7,793 ± 1,175
42	32	8,379 ± 0,696	9,196 ± 2,032	28	15,905 ± 1,447	11,684 ± 1,712
54	32	9,438 ± 0,749	11,211 ± 2,018	19	16,097 ± 1,620	13,972 ± 2,279
66	32	9,303 ± 0,724	11,503 ± 2,019	11	16,726 ± 2,540	17,089 ± 4,664
78	30	9,150 ± 0,711	12,022 ± 2,124	9	17,380 ± 1,683	21,439 ± 3,273
90	19	9,432 ± 0,937	12,370 ± 1,236			

## ANNEXE 11

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant  
Pesées toutes les 12 heures et renouvellements des proies toutes les 24 heures.  
(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en heures)  
n = EFFECTIF

-----PREMIER STADE-----				-----DEUXIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	44	0,099 ± 0,006		36	0,979 ± 0,106	
18	44	0,152 ± 0,012		36	1,478 ± 0,186	
30	44	0,261 ± 0,021	0,359 ± 0,096	36	2,065 ± 0,253	2,243 ± 0,325
42	44	0,417 ± 0,041		35	2,614 ± 0,245	
54	44	0,614 ± 0,061	0,906 ± 0,141	34	2,736 ± 0,201	3,757 ± 0,378
66	44	0,712 ± 0,054		33	2,803 ± 0,303	
78	42	0,766 ± 0,065	1,671 ± 0,452	16	3,096 ± 0,396	5,164 ± 1,074
90	24	0,889 ± 0,124				
102	9	0,833 ± 0,229	1,935 ± 1,273			

-----TROISIEME STADE-----				-----QUATRIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	33	3,152 ± 0,247		31	8,333 ± 0,682	
18	34	4,645 ± 0,465		31	10,915 ± 0,880	
30	33	5,623 ± 0,608	4,482 ± 0,806	31	11,973 ± 0,983	11,306 ± 5,965
42	33	7,376 ± 0,760		31	14,071 ± 1,301	
54	33	7,796 ± 0,695	8,635 ± 1,009	31	15,197 ± 1,262	20,401 ± 11,241
66	33	7,899 ± 0,587		28	16,495 ± 1,491	
78	32	7,862 ± 0,588	9,915 ± 1,008	26	16,957 ± 1,361	26,203 ± 7,075
90	20	7,737 ± 0,874		17	17,105 ± 1,957	
102	9	7,304 ± 1,872	10,867 ± 1,969	9	16,115 ± 2,038	30,322 ± 2,380

## ANNEXE 12

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale et de la consommation des larves de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant.

Pesées toutes les 12 heures et renouvellements des proies toutes les **48 heures**.  
(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en heures)  
n = EFFECTIF

### *Rodolia cardinalis* :

-----PREMIER STADE-----				-----DEUXIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	49	0,055 ± 0,007		43	0,391 ± 0,037	
18	49	0,074 ± 0,010		43	0,518 ± 0,056	
30	49	0,120 ± 0,015		42	0,571 ± 0,068	
42	48	0,176 ± 0,016		35	0,602 ± 0,092	
54	46	0,207 ± 0,020	1,108 ± 0,882	19	0,658 ± 0,109	1,940 ± 0,147
66	22	0,217 ± 0,043		14	0,714 ± 0,127	

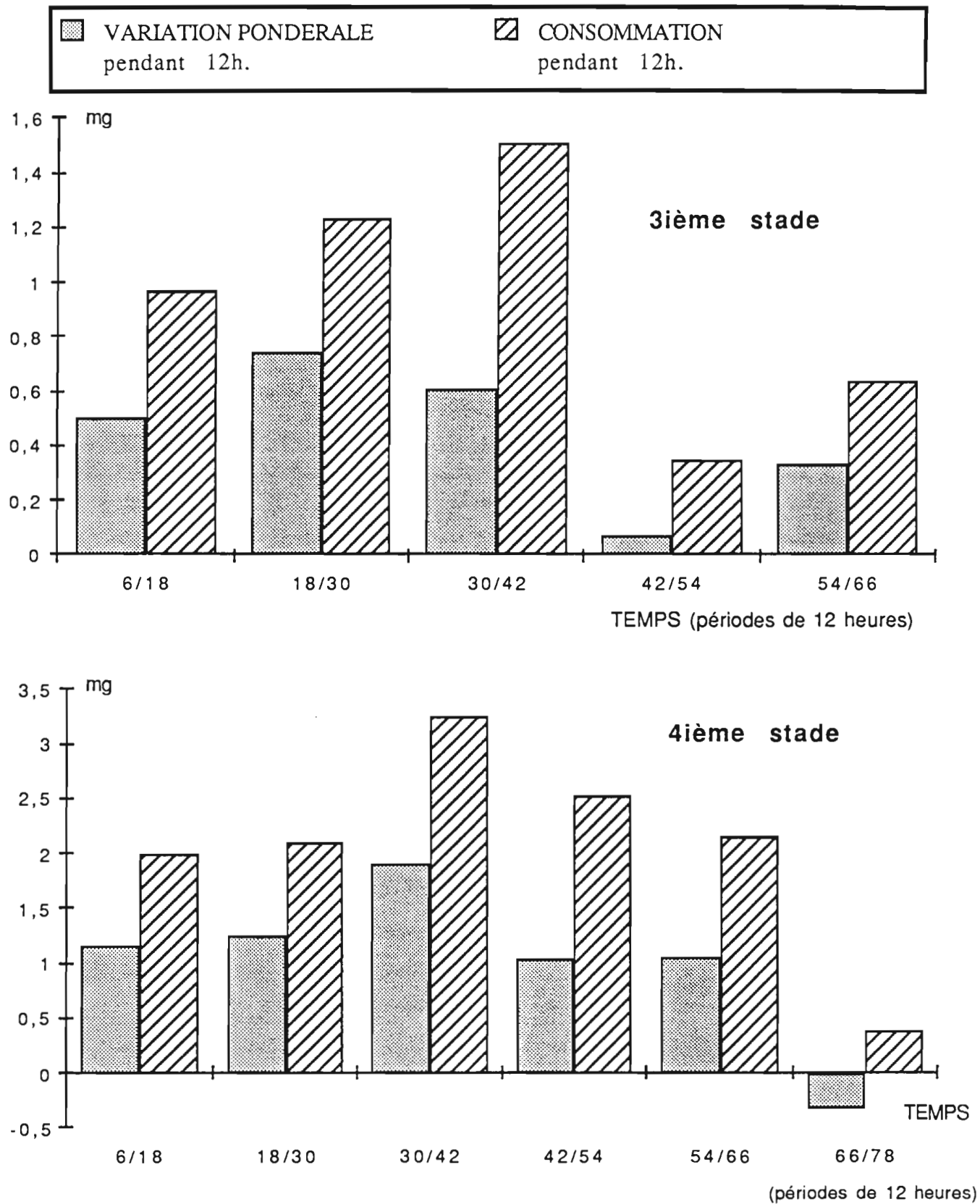
### *Rodolia chermesina* :

-----PREMIER STADE-----				-----DEUXIEME STADE-----		
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)	CONSOMMATION MOYENNE (mg de matière fraîche)
6	45	0,086 ± 0,004		42	1,348 ± 0,134	
18	45	0,132 ± 0,011		42	1,848 ± 0,188	
30	45	0,216 ± 0,022		42	2,101 ± 0,241	
42	45	0,323 ± 0,036		37	2,170 ± 0,274	
54	45	0,430 ± 0,054	0,593 ± 0,096	34	2,449 ± 0,293	3,372 ± 0,325
66	44	0,600 ± 0,062		22	2,057 ± 0,210	
78	44	0,752 ± 0,072	1,222 ± 0,255	11	1,898 ± 0,189	
90	33	0,794 ± 0,088				
102	24	0,819 ± 0,124				
114	11	0,738 ± 0,248				

## ANNEXE 13

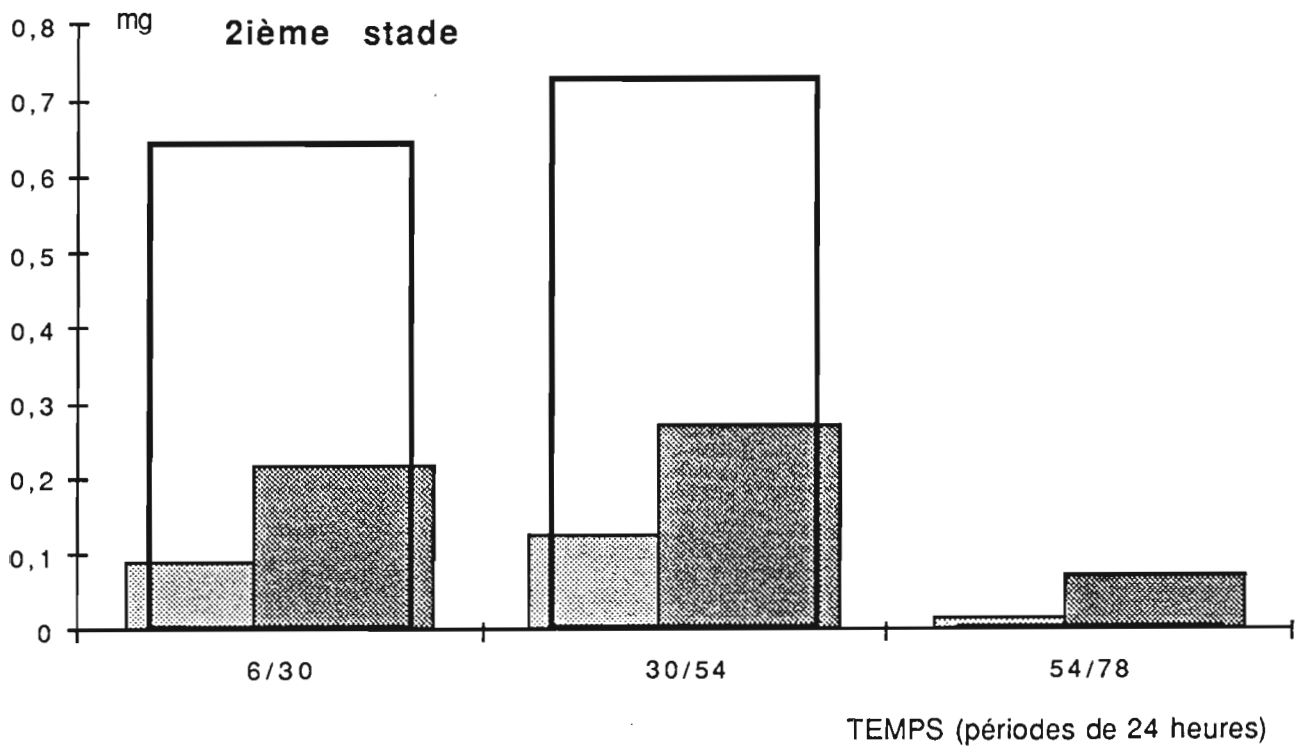
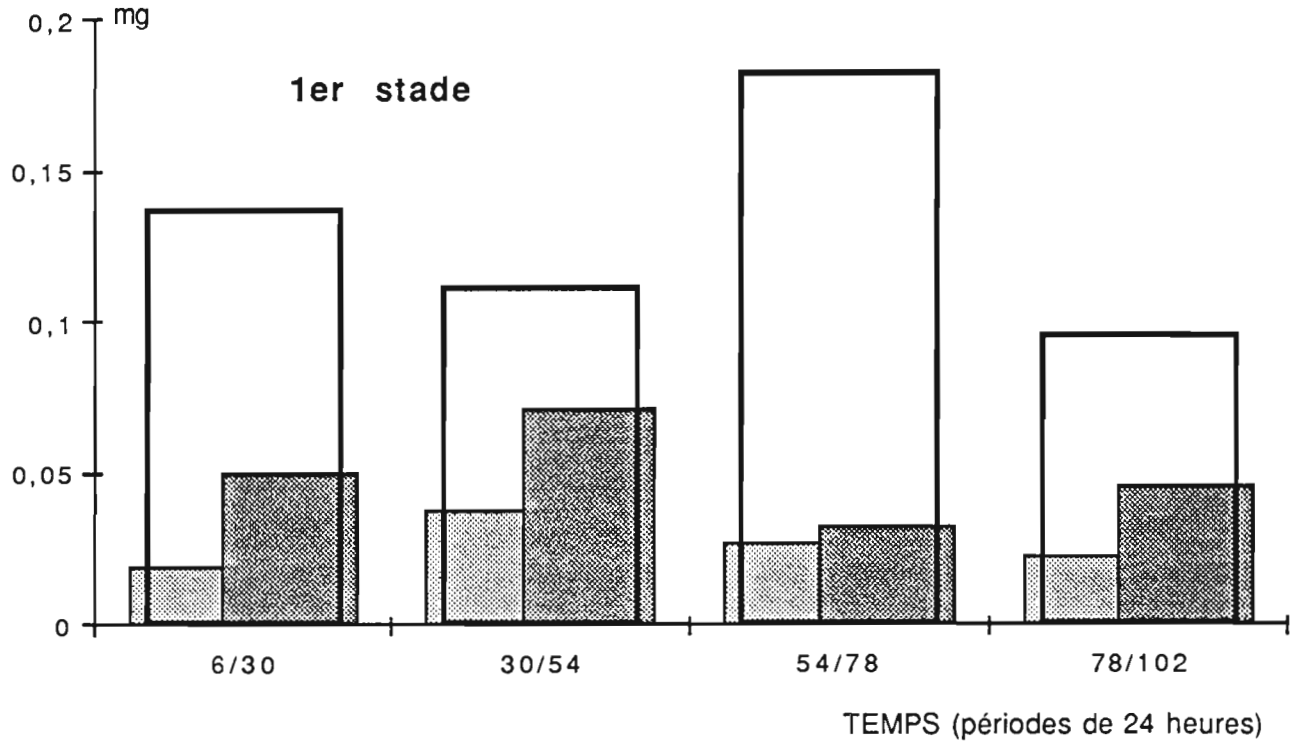
Consommations et variations pondérales de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) pendant les 2 derniers stades larvaires

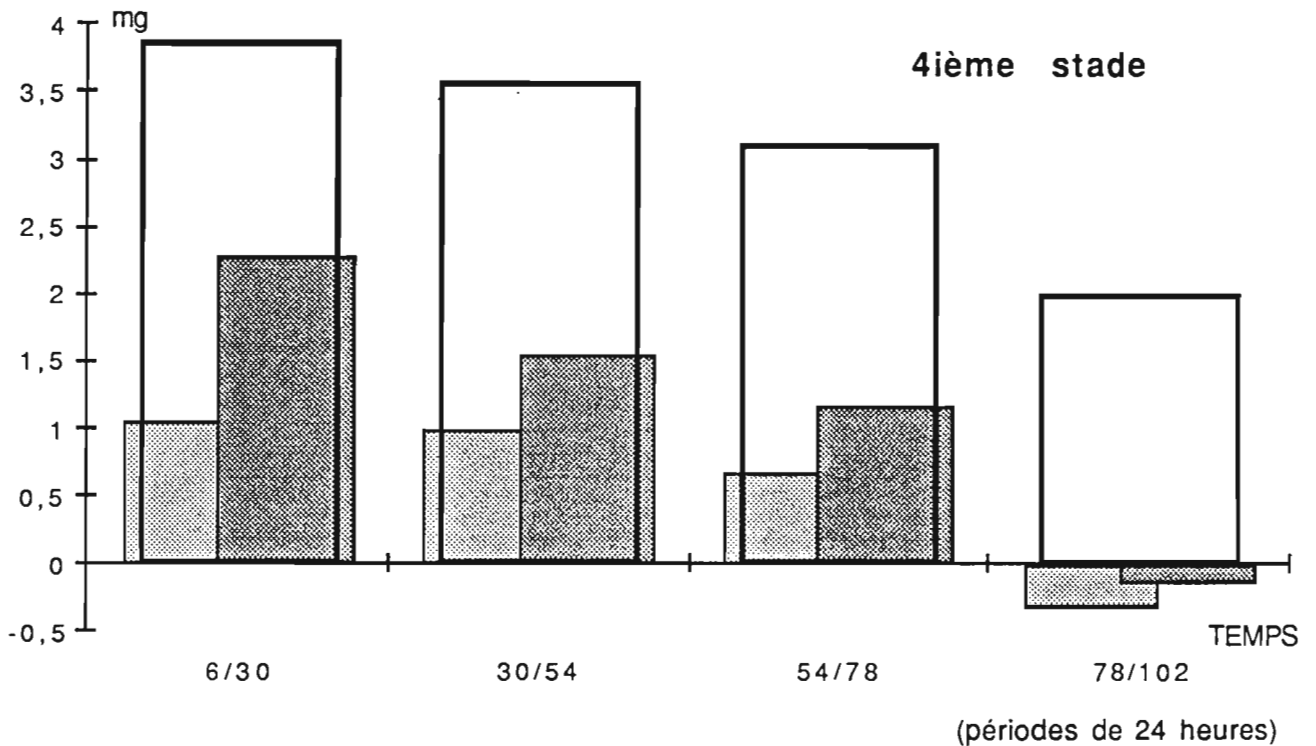
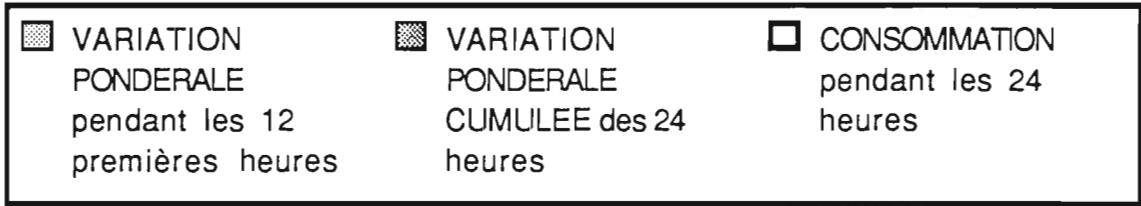
Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 12 heures.



## ANNEXE 14

Consommations et variations pondérales des larves de *Rodolia cardinalis* (Mulsant)  
Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 24 heures.

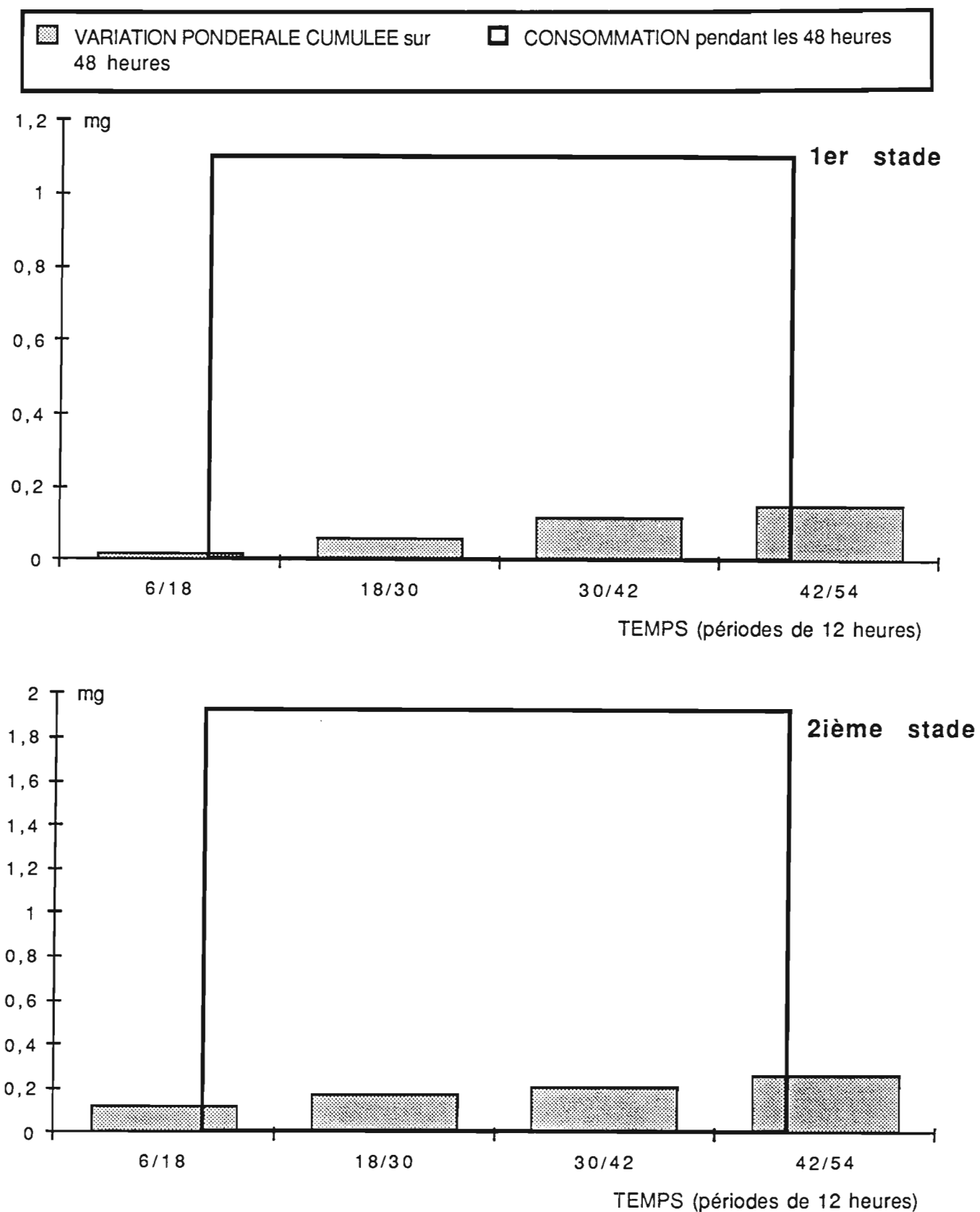




## ANNEXE 15

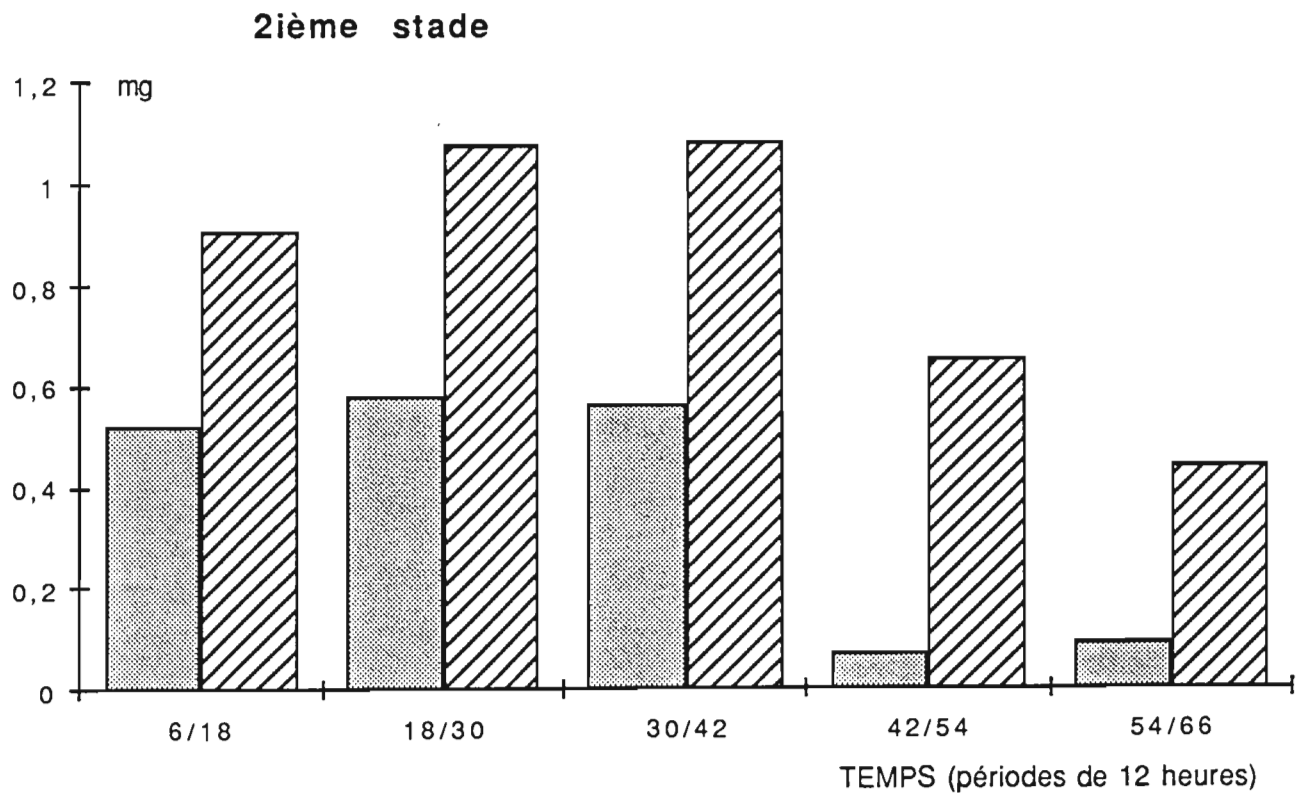
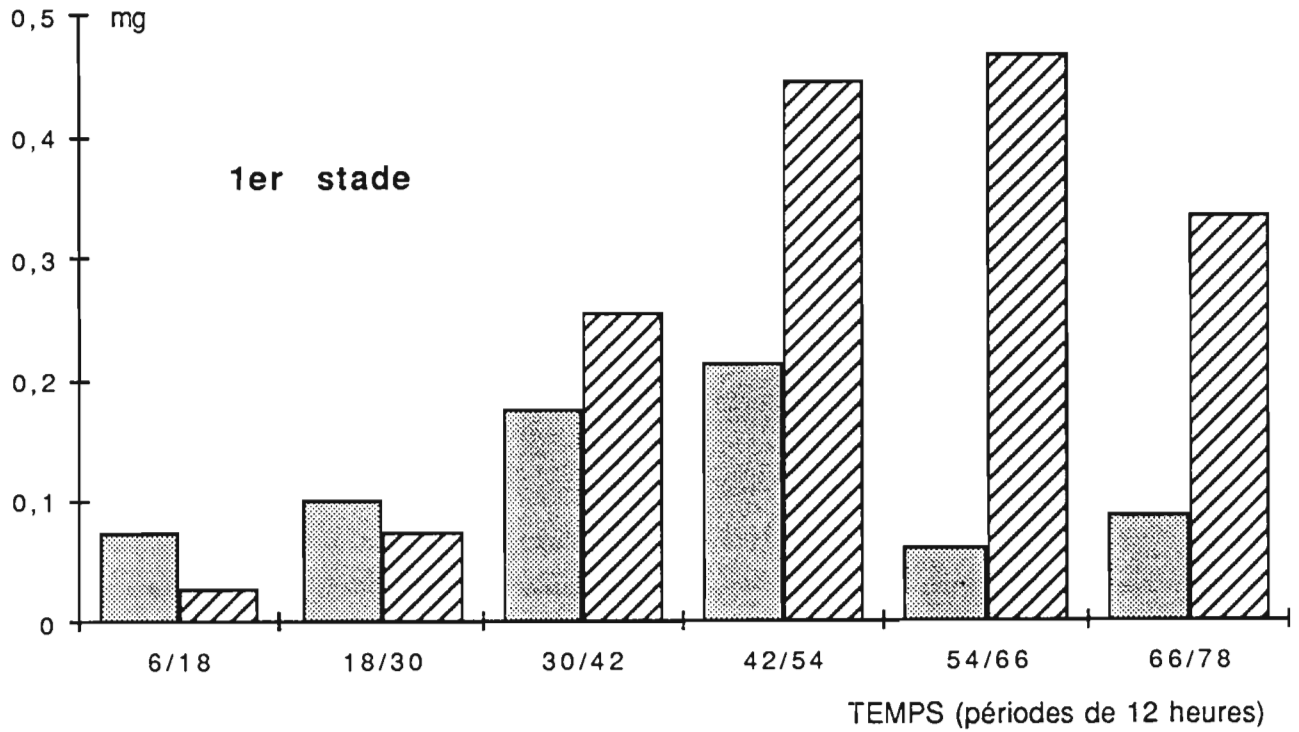
Consommations et variations pondérales de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) pendant les 2 premiers stades larvaires

Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 48 heures.

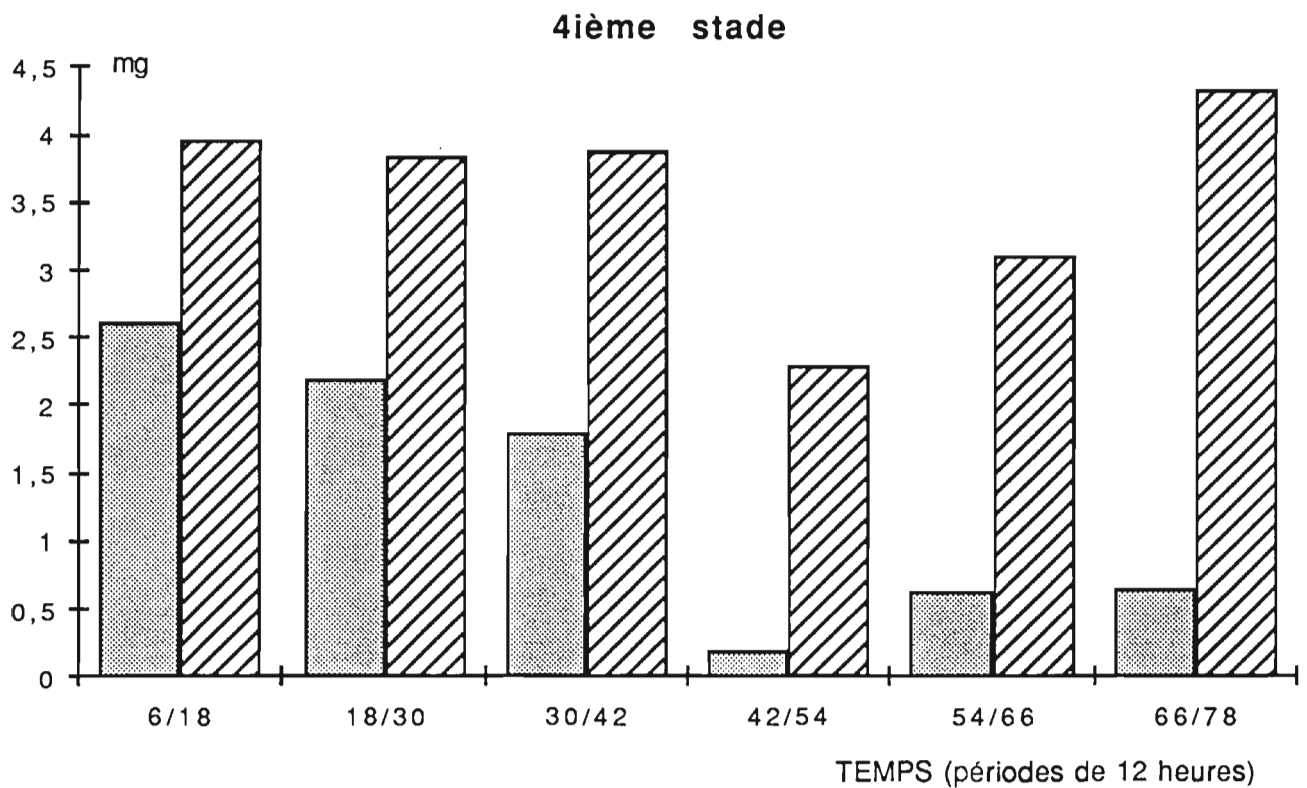
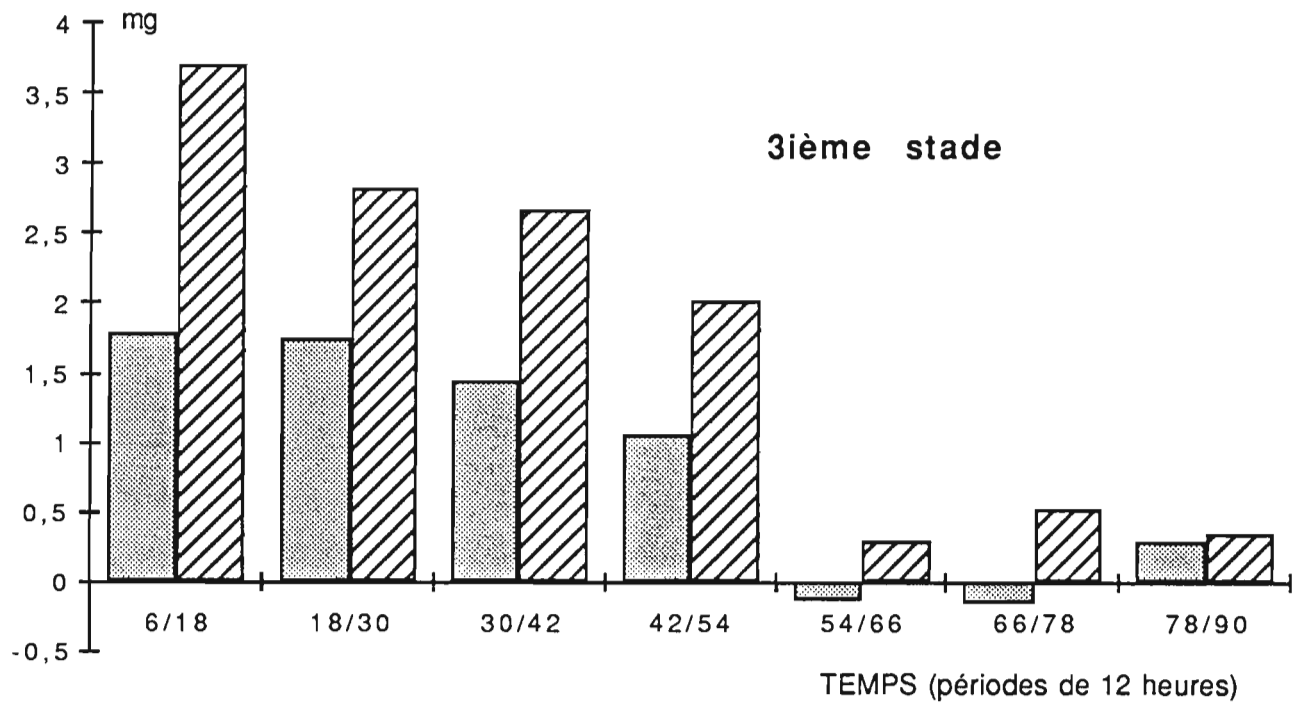
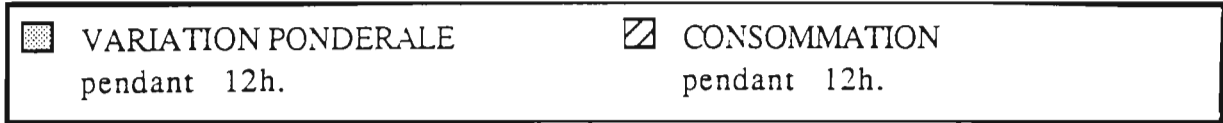


## ANNEXE 16

Consommations et variations pondérales des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant  
Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 12 heures.

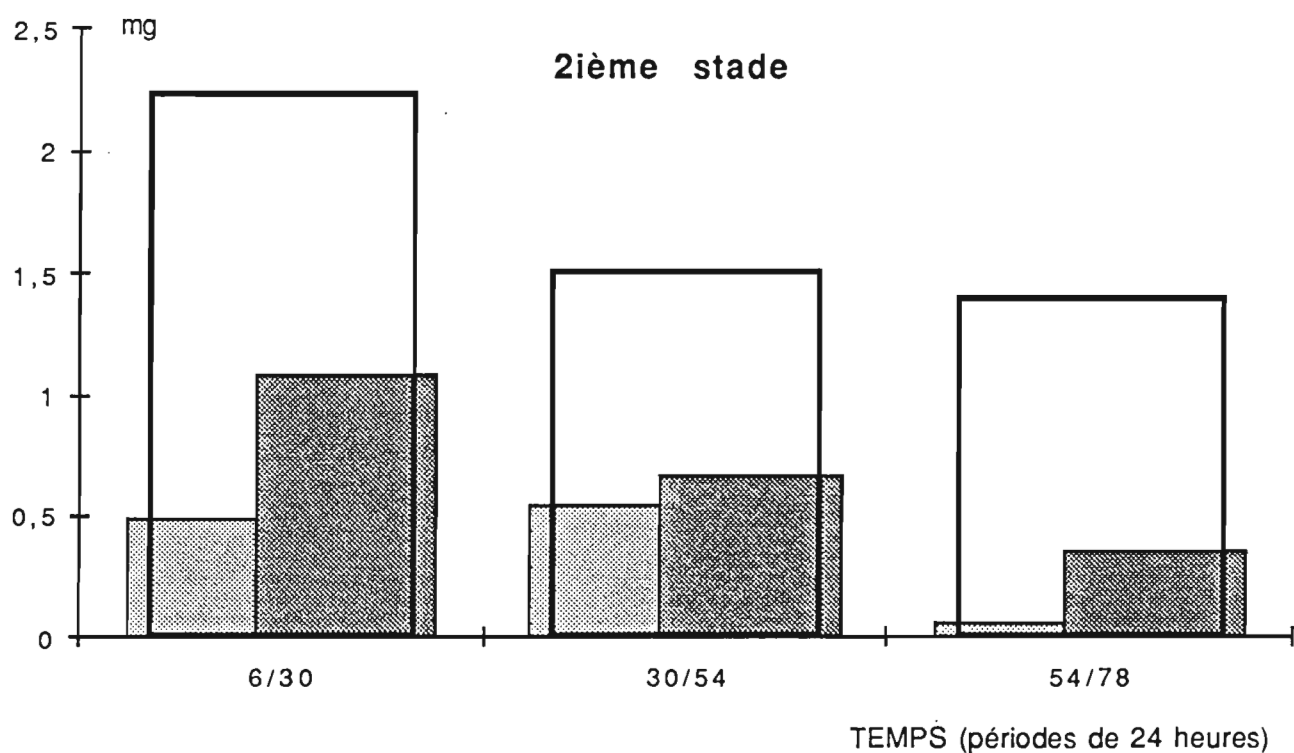
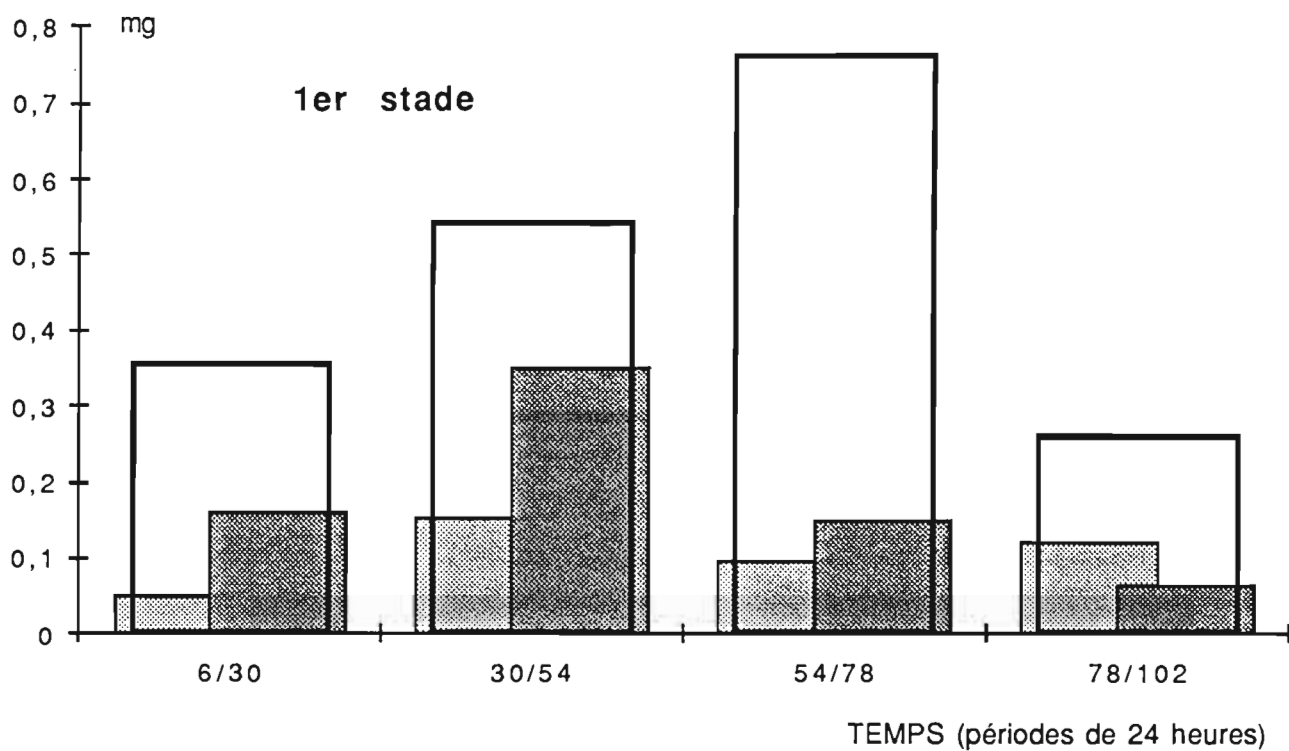


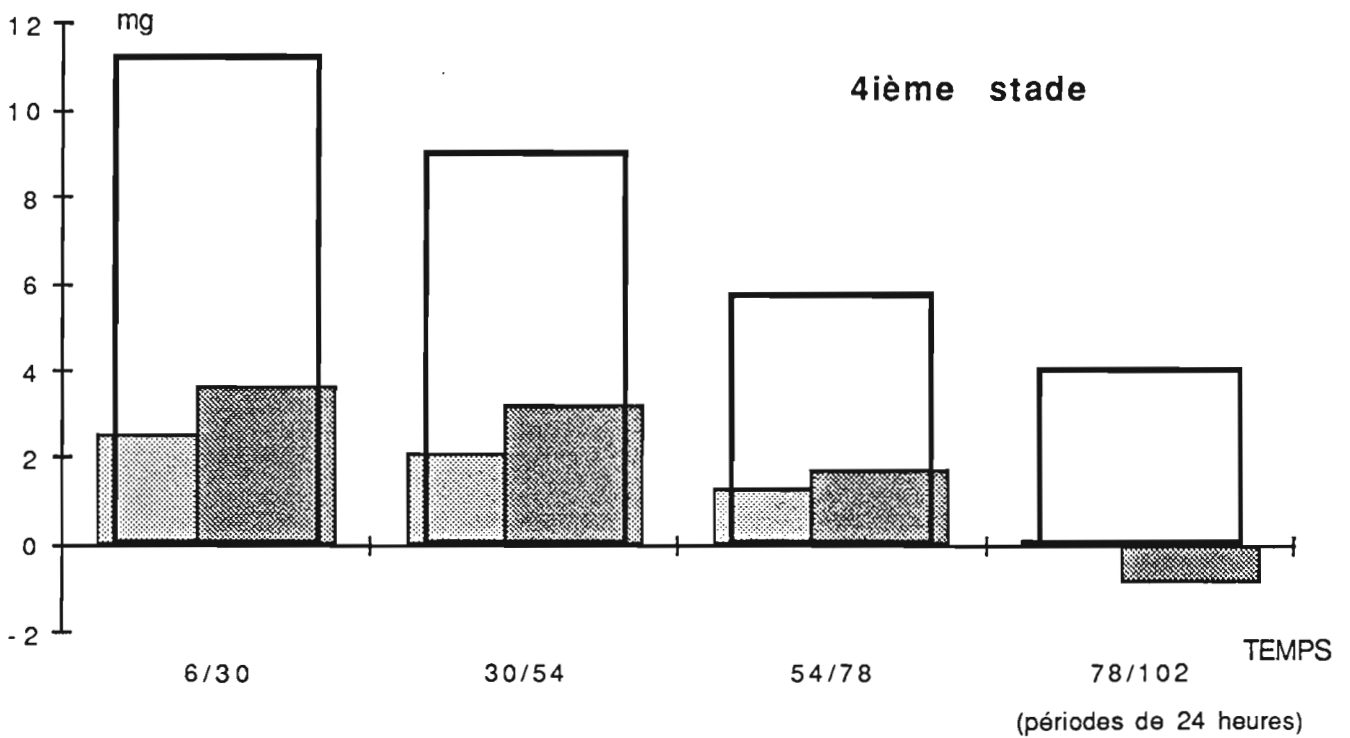
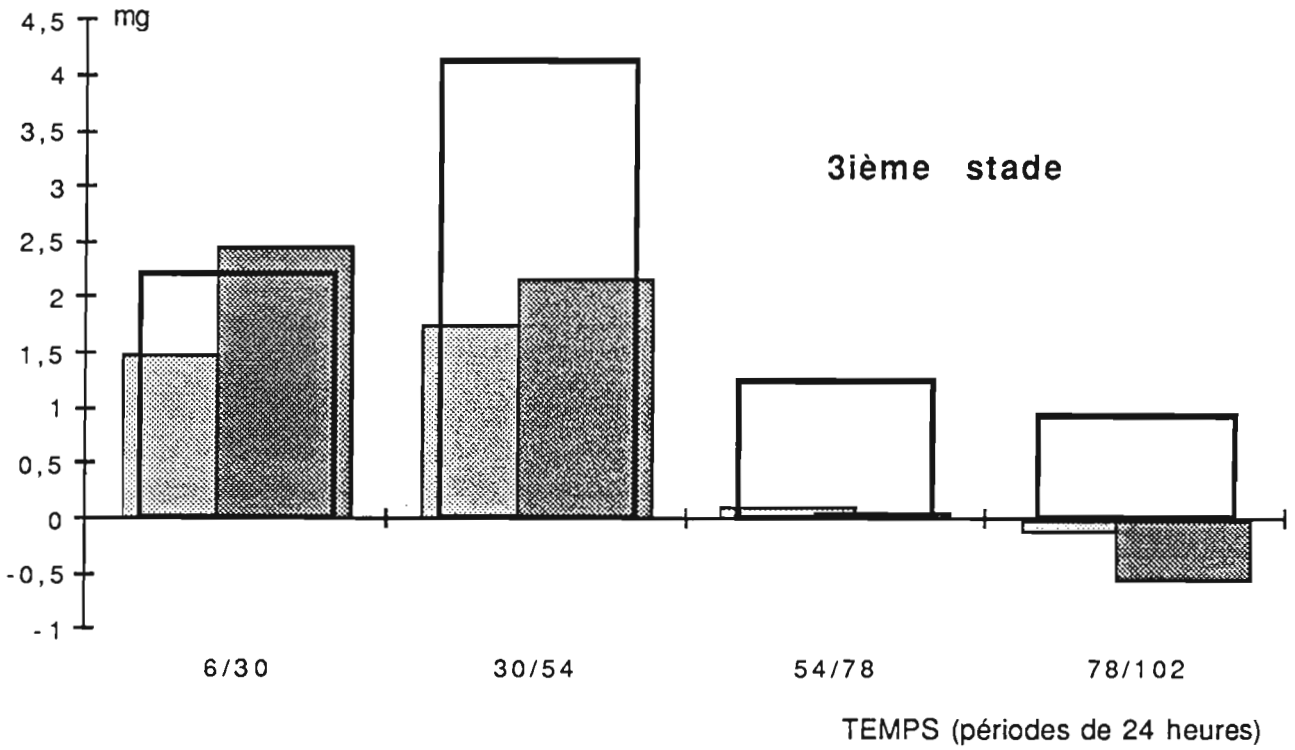
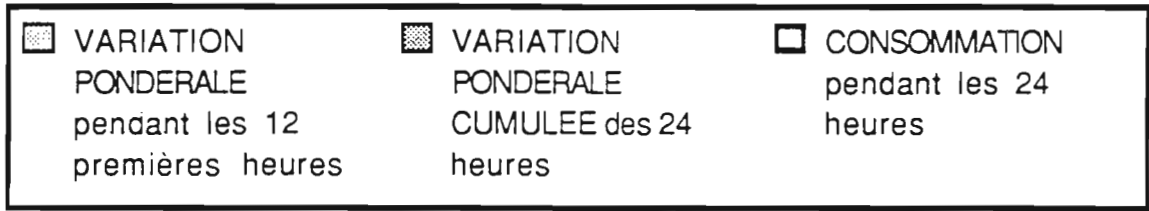




## ANNEXE 17

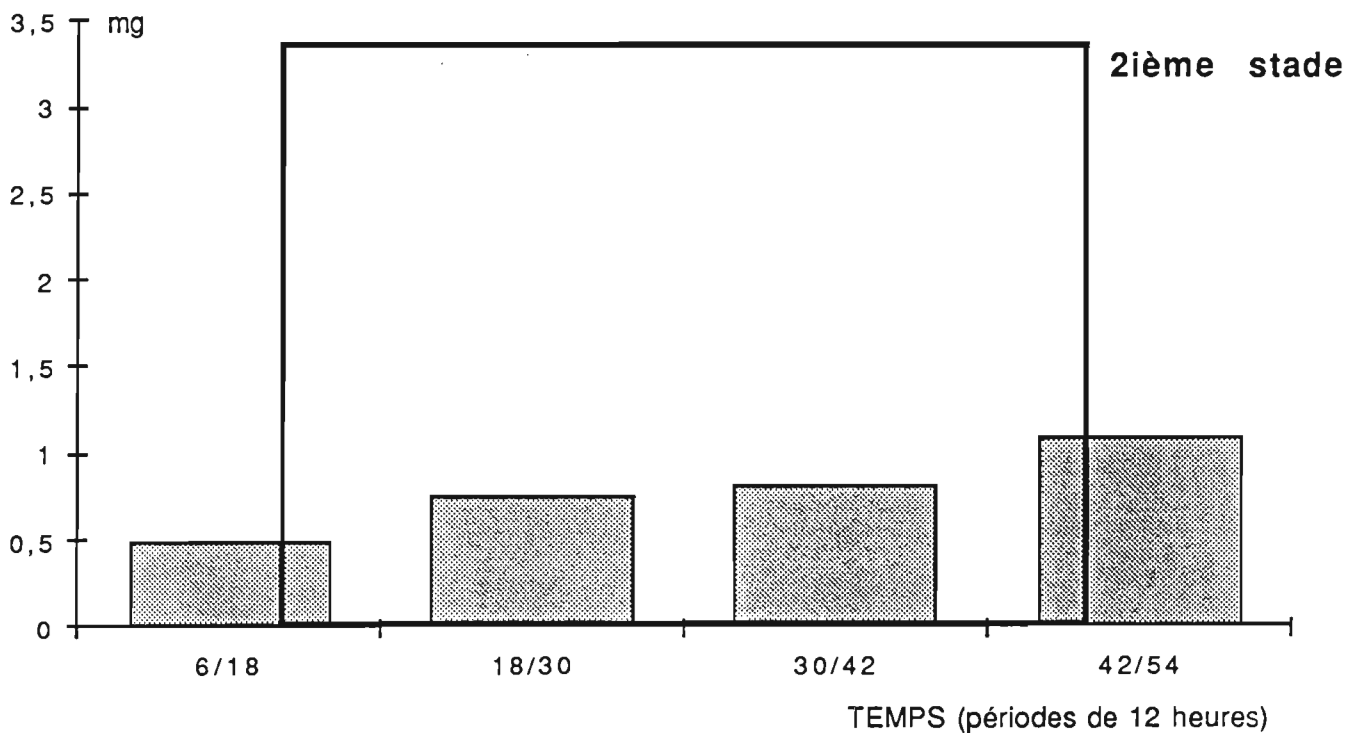
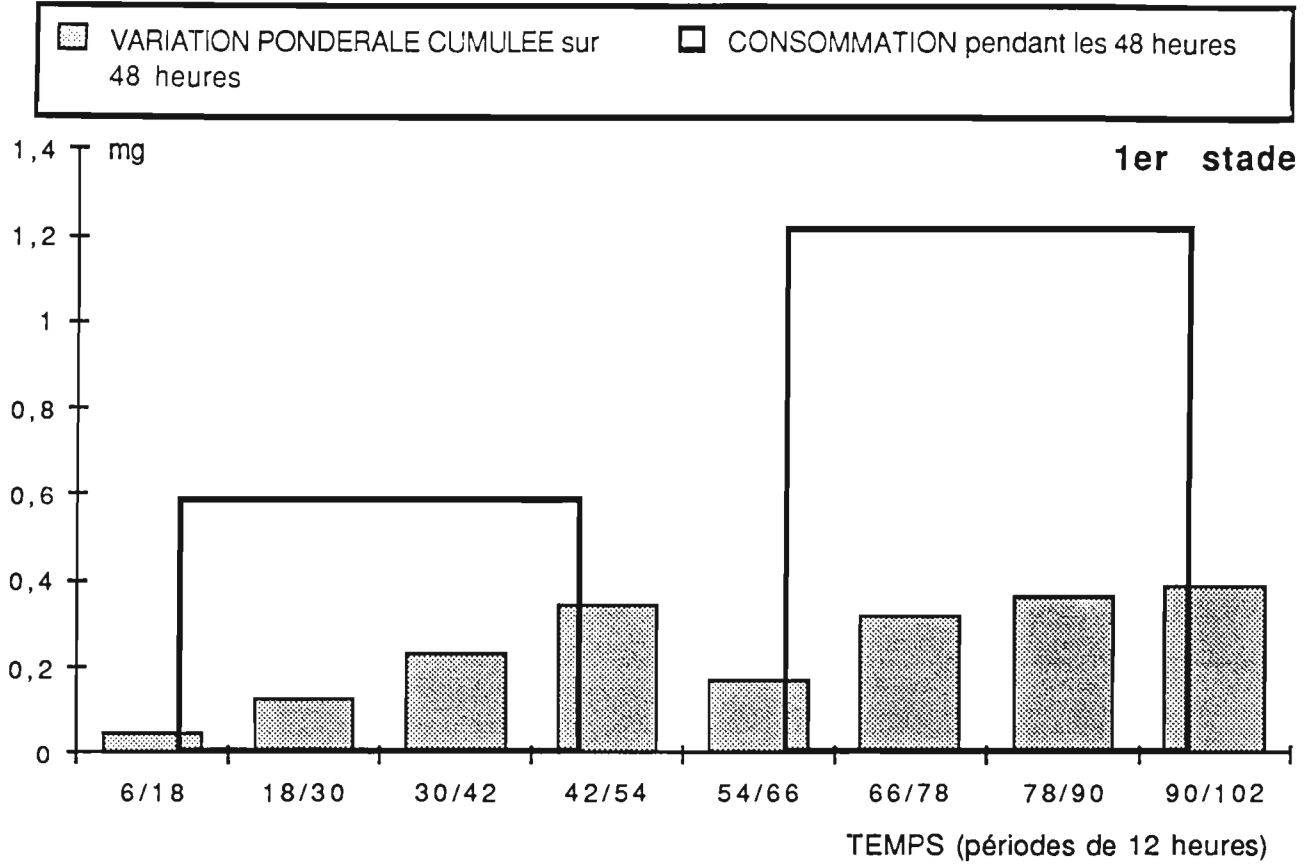
Consommations et variations pondérales des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant  
Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 24 heures.





## ANNEXE 18

Consommations et variations pondérales de *Rodolia chermesina* Mulsant pendant les 2 premiers stades larvaires  
Rythme de pesée et de renouvellement de la proie: toutes les 48 heures.



## ANNEXE 19:

Poids maximum (1), et poids final (2) (en mg) de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant selon le rythme de renouvellement de la proie.

	RYTHME	STADES LARVAIRES			
		L1	L2	L3	L4
<b>1</b>	<i>R.cardinalis</i>				
	6h	0,216 ± 0,016	0,714 ± 0,045	2,699 ± 0,194	8,887 ± 0,547
	12h			3,063 ± 0,373	9,672 ± 0,913
	24h	0,238 ± 0,021	0,872 ± 0,117	2,866 ± 0,266	8,177 ± 0,494
	48h	0,253 ± 0,018	0,737 ± 0,070		
<b>1</b>	<i>R.chermesina</i>				
	6h	0,789 ± 0,040	2,614 ± 0,150	9,555 ± 0,453	21,684 ± 0,790
	12h	0,887 ± 0,077	2,993 ± 0,278	10,112 ± 0,741	18,372 ± 1,056
	24h	0,934 ± 0,076	3,197 ± 0,242	8,705 ± 0,669	18,367 ± 1,095
	48h	0,908 ± 0,076	2,667 ± 0,221		
<b>2</b>	<i>R.cardinalis</i>				
	6h	0,207 ± 0,016	0,694 ± 0,046	2,614 ± 0,226	8,635 ± 0,562
	12h			2,938 ± 0,398	9,587 ± 0,983
	24h	0,234 ± 0,021	0,857 ± 0,121	2,801 ± 0,274	7,915 ± 0,491
	48h	0,248 ± 0,020	0,713 ± 0,076		
<b>2</b>	<i>R.chermesina</i>				
	6h	0,768 ± 0,049	2,730 ± 0,197	9,735 ± 0,561	21,313 ± 0,875
	12h	0,870 ± 0,080	2,854 ± 0,325	9,506 ± 0,771	18,262 ± 1,068
	24h	0,922 ± 0,080	3,137 ± 0,254	8,144 ± 0,690	17,966 ± 1,102
	48h	0,881 ± 0,079	2,575 ± 0,253		

## ANNEXE 20

Durées d'ensoleillement des mois d'avril, mai et juin 1989.

<b>DUREE D'ENSOLEILLEMENT (EN HEURE)</b>			
<b>ANNEE 1989</b>			
<b>jours:</b>	<b>AVRIL</b>	<b>MAI</b>	<b>JUIN</b>
1	9,00	9,00	10,40
2	2,70	10,70	10,50
3	3,50	11,00	10,20
4	4,00	10,70	9,30
5	0,00	5,70	10,20
6	9,10	6,60	10,60
7	8,90	3,20	10,70
8	10,60	1,10	0,70
9	10,00	6,80	10,20
10	10,60	8,50	8,30
11	8,90	10,20	10,60
12	8,10	9,20	8,50
13	10,80	10,60	5,90
14	7,40	10,50	1,00
15	10,30	6,00	7,40
16	10,90	7,40	9,00
17	1,20	9,10	10,40
18	10,90	9,90	10,10
19	10,50	9,30	8,30
20	8,90	9,20	5,70
21	10,30	9,10	5,20
22	10,60	8,40	9,40
23	9,70	9,80	4,90
24	5,20	10,20	10,00
25	0,00	10,20	6,60
26	5,90	9,00	7,60
27	10,00	6,40	10,00
28	10,90	10,20	10,30
29	9,90	9,20	9,40
30	9,30	9,80	8,60
31		8,90	
<b>TOTAL</b>	<b>238,10</b>	<b>265,90</b>	<b>250,00</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>7,94</b>	<b>8,58</b>	<b>8,33</b>
<b>intervalle 5%</b>	<b>1,23</b>	<b>0,80</b>	<b>0,96</b>
<b>ECART TYPE</b>	<b>3,43</b>	<b>2,26</b>	<b>2,67</b>
<b>MAXIMUM</b>	<b>10,90</b>	<b>11,00</b>	<b>10,70</b>
<b>MINIMUM</b>	<b>0,00</b>	<b>1,10</b>	<b>0,70</b>

## ANNEXE 21

Pluviométrie des mois d'avril, mai et juin 1989.

<b>PLUVIOMETRIE : durée (heure) et niveau (mm)</b>						
<b>ANNEE 1989</b>						
<b>jours:</b>	<b>AVRIL</b> durée	<b>AVRIL</b> niveau	<b>MAI</b> durée	<b>MAI</b> niveau	<b>JUIN</b> durée	<b>JUIN</b> niveau
1						
2						
3	1,4	4,1				
4	0,8	0,5				
5	12,3	136,3	3,1	10,2		
6	0,4	0,3	2,5	9,2	0,4	4,5
7	0,3	2,8	1	1	0,9	2,2
8			10,1	44,2		
9			0,9	0,4		
10			0,9	2,5		
11	0,1	0,1	0,2	0,1		
12						
13			0,2	0,2	2,7	3,9
14	0,2	0,3			4,8	15,2
15			2,7	4,8		
16			0,9	1,2		
17	5,3	39,2	1	1,4		
18			0,4	0,4		
19			0,3	0,4		
20	2,2	4,2	1	1		
21	0,2	0,6	1,3	2,2	1,3	1,2
22			0,7	0,3		
23					1,3	2
24	1,5	4,8				
25			0,5	0,3	0,5	0,7
26	0,5	0,9	0,9	2,4	0,2	0,2
27			0,8	0,6		
28	0,3	0,6			0,2	0,2
29	1,2	1,2			0,7	0,8
30			0,5	0,7	1,1	1,7
31			0,2	0,1		
<b>TOTAL</b>	<b>26,70</b>	<b>195,90</b>	<b>30,10</b>	<b>83,60</b>	<b>14,10</b>	<b>32,60</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>1,91</b>	<b>13,99</b>	<b>1,43</b>	<b>3,98</b>	<b>1,28</b>	<b>2,96</b>
<b>intervalle 5%</b>	<b>1,72</b>	<b>19,19</b>	<b>0,92</b>	<b>4,12</b>	<b>0,81</b>	<b>2,54</b>
<b>ECART TYPE</b>	<b>3,28</b>	<b>36,63</b>	<b>2,14</b>	<b>9,63</b>	<b>1,37</b>	<b>4,29</b>
<b>MAXIMUM</b>	<b>12,30</b>	<b>136,30</b>	<b>10,10</b>	<b>44,20</b>	<b>4,80</b>	<b>15,20</b>
<b>MINIMUM</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>

## ANNEXE 22

Températures maximales des mois d'avril, mai et juin 1989.

TEMPERATURES MAXIMALES (°C)			
ANNEE 1989			
jours:	AVRIL	MAI	JUIN
1	28,8	31,1	29,9
2	28,5	31	29,8
3	30	31,3	29,5
4	30,3	31,3	29,5
5	27,6	30,3	29,5
6	30,6	28,9	29,6
7	30,6	30,3	28,5
8	31,9	27,4	28,9
9	30,6	30	29,5
10	29,5	30,6	29,2
11	32	29,5	30,4
12	32	30,6	28,2
13	31,3	30,5	27
14	30,5	30,6	26,1
15	29	30,2	28,3
16	31,2	29	28,3
17	28	29,7	28,8
18	30,2	29,7	28,3
19	30,8	29,7	28,2
20	30,8	29,7	28
21	31,2	28,8	27,3
22	29,3	29,2	28,7
23	31,4	29,5	28,5
24	30	29,5	28,5
25	28,6	29,7	27,8
26	31	29,3	28,2
27	31,5	29,2	27,9
28	31,4	29,8	27,9
29	31,5	29	28,9
30	31,3	29,3	27,2
31		29,8	
TOTAL	911,40	924,50	856,40
MOYENNE	<b>30,38</b>	<b>29,82</b>	<b>28,55</b>
intervalle 5%	<b>0,43</b>	<b>0,30</b>	<b>0,34</b>
ECART TYPE	1,22	0,84	0,95
MAXIMUM	32,00	31,30	30,40
MINIMUM	27,60	27,40	26,10



## ANNEXE 23

Températures minimales des mois d'avril, mai et juin 1989.

<b>TEMPERATURES MINIMALES (°C)</b>			
<b>ANNEE 1989</b>			
<b>jours:</b>	<b>AVRIL</b>	<b>MAI</b>	<b>JUIN</b>
1	22,7	25,5	24,4
2	25,1	25,5	24
3	25,5	26,2	24,2
4	23,7	26	24,2
5	23,5	25	24,2
6	24	23,5	24
7	25,4	24,5	23
8	25,5	23,2	24,5
9	24,5	24,3	24
10	24	24,5	23,5
11	24,4	25,3	23,5
12	26,3	25,5	23,8
13	26,2	25,4	21,6
14	26	25,5	21,1
15	26	23,2	23,5
16	26,4	23	23,5
17	24	24,5	23,5
18	26	24,1	24,6
19	25,6	24,4	23,5
20	25	24	23,5
21	26,5	23	22,8
22	26	23,5	23,8
23	25,5	24,6	22,1
24	24	24,3	22,2
25	24,5	21,8	22,5
26	25,3	22,5	22,6
27	26	23	23,5
28	25,2	24,5	23
29	26	24,5	23,1
30	25,5	23,5	21,2
31		23,6	
<b>TOTAL</b>	<b>754,30</b>	<b>751,90</b>	<b>698,90</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>25,14</b>	<b>24,25</b>	<b>23,30</b>
<b>intervalle 5%</b>	<b>0,35</b>	<b>0,38</b>	<b>0,34</b>
<b>ECART TYPE</b>	<b>0,99</b>	<b>1,08</b>	<b>0,94</b>
<b>MAXIMUM</b>	<b>26,50</b>	<b>26,20</b>	<b>24,60</b>
<b>MINIMUM</b>	<b>22,70</b>	<b>21,80</b>	<b>21,10</b>

## ANNEXE 24

Durées d'ensoleillement des mois d'avril, mai, juin, juillet et août 1990.

<b>DUREE D'ENSOLEILLEMENT (EN HEURE)</b>						
<b>ANNEE 1990</b>						
<b>jours:</b>	<b>AVRIL</b>	<b>MAI</b>	<b>JUIN</b>	<b>JUILLET</b>	<b>AOUT</b>	
1	0,00	10,20	10,20	9,80	10,50	
2	2,50	10,40	9,50	0,50	9,10	
3	6,90	10,90	8,50	8,00	10,90	
4	11,00	9,10	7,50	6,50	10,70	
5	7,90	3,20	10,00	1,60	7,20	
6	4,50	7,70	10,10	5,50	9,80	
7	9,40	10,60	9,00	8,60	10,90	
8	10,40	9,70	8,10	10,30	8,20	
9	0,00	9,20	8,00	8,50	8,10	
10	0,80	7,20	9,80	9,80	11,20	
11	2,60	10,10	4,60	10,10	9,60	
12	6,50	10,10	10,10	10,20	6,70	
13	10,80	10,50	10,20	10,50	10,90	
14	10,90	10,60		7,00	9,30	
15	11,00	10,40	8,40	5,80	10,40	
16	11,00	7,20	9,40	9,50	10,70	
17	8,90	8,90	9,80	9,50	10,80	
18	10,60	6,50	9,60	10,20	9,70	
19	8,60	8,20	9,20	10,10	10,80	
20	10,70	7,30	7,40	10,20	8,10	
21	1,00	9,70	8,50	8,30	10,90	
22	7,50	9,60	9,70	6,50	9,80	
23	10,10	9,90	10,20	9,30	9,80	
24	8,50	7,90	2,00	10,00	3,40	
25	3,00	9,70	6,00	7,30	11,00	
26	7,60	10,10	6,20	9,70	10,30	
27	9,00	10,40	6,80	9,50	10,90	
28	9,40	10,50	10,10	7,40	10,00	
29	7,70	10,00	9,90	10,50	7,80	
30	10,70	9,30	9,60	10,80	8,20	
31		10,20		8,10	5,80	
<b>TOTAL</b>	<b>219,50</b>	<b>285,30</b>	<b>248,40</b>	<b>259,60</b>	<b>291,50</b>	
<b>MOYENNE</b>	<b>7,32</b>	<b>9,20</b>	<b>8,57</b>	<b>8,37</b>	<b>9,40</b>	
<b>intervalle 5%</b>	<b>1,32</b>	<b>0,58</b>	<b>0,70</b>	<b>0,87</b>	<b>0,64</b>	
<b>ECART TYPE</b>	<b>3,70</b>	<b>1,64</b>	<b>1,93</b>	<b>2,46</b>	<b>1,81</b>	
<b>MAXIMUM</b>	<b>11,00</b>	<b>10,90</b>	<b>10,20</b>	<b>10,80</b>	<b>11,20</b>	
<b>MINIMUM</b>	<b>0,00</b>	<b>3,20</b>	<b>2,00</b>	<b>0,50</b>	<b>3,40</b>	

## ANNEXE 25

Pluviométrie des mois d'avril, mai, juin, juillet et août 1990.

### PLUVIOMETRIE (EN MILLIMETRES)

ANNEE 1990

jours:	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT
1	3,80			1,20	
2	23,70		8,00	4,60	
3			0,50	0,50	
4		1,10		0,10	2,60
5	2,00	11,10		0,10	
6					
7					
8		0,20			
9		1,50			0,20
10	1,20	5,00			
11	57,90				
12	0,90	0,20			0,20
13					
14				1,70	
15		7,80	0,10	3,30	
16		0,90		1,60	
17	0,30		1,70		
18		0,20			
19	3,40			0,20	
20				0,10	3,22
21	55,40				
22				1,50	
23	14,30	0,40			
24	8,60		0,50		
25	22,70		1,70		
26	0,10		0,40		
27	3,50			0,30	
28					
29		0,10			
30					
31					
<i>Jours de pluie</i>	<i>14,00</i>	<i>11,00</i>	<i>7,00</i>	<i>12,00</i>	<i>4,00</i>
<b>TOTAL</b>	<b>197,80</b>	<b>28,50</b>	<b>28,10</b>	<b>14,00</b>	<b>6,22</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>14,13</b>	<b>2,59</b>	<b>1,48</b>	<b>1,27</b>	<b>1,56</b>
<b>intervalle 5%</b>	<b>10,30</b>	<b>2,21</b>	<b>0,89</b>	<b>0,88</b>	<b>1,55</b>
<b>ECART TYPE</b>	<b>19,66</b>	<b>3,74</b>	<b>1,98</b>	<b>1,49</b>	<b>1,58</b>
<b>MAXIMUM</b>	<b>57,90</b>	<b>11,10</b>	<b>8,00</b>	<b>4,60</b>	<b>3,22</b>
<b>MINIMUM</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>

## ANNEXE 26

Températures maximales des mois d'avril, mai, juin, juillet et août 1990.

<b>TEMPERATURES MAXIMALES (°C)</b>						
<b>ANNEE 1990</b>						
jours:	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	AOÛT	
1	28,5	31,7	29,1	25,9	28,4	
2	30,5	32,1	29,5	28,3	28	
3	32,1	32,1	29	27,7	28,1	
4	32,4	31,9	29,2	26,7	27,8	
5	31,8	30,1	29,4	27,7	26,6	
6	31,9	31,3	28,8	27,9	27,6	
7	31,7	31,5	28,8	28,3	27,4	
8	32,2	31,5	26,5	25,3	27,2	
9	28,9	30,3	28,6	27	27,7	
10	31	29,8	28,3	28,5	27,6	
11	29	31	28,7	28,1	27,8	
12	28,9	31,4	29	26,1	26,9	
13	29,5	31	28,4	25,2	28,3	
14	29,6	29,8	29	25,2	28,2	
15	29,7	30,9	27,3	25,9	28,3	
16	28,6	30,7	28,7	25,8	27,9	
17	30	28,7	29,8	25,7	26,7	
18	32,3	29,2	28,9	26,1	28,2	
19	31,9	29,9	27,3	25,9	28,5	
20	32,2	30,1	29	25,7	27,9	
21	29,4	29,3	28,8	26	25,9	
22	31,2	29,9	29	26	28,2	
23	32	29,5	29,5	25,8	29	
24	31,3	30	28,9	25,5	28,2	
25	30,6	30,5	29,5	25,8	27,7	
26	31,5	30,1	29	25,7	28,1	
27	31	29,8	29,4	25	28	
28	31,1	29,4	28,9	25,9	27,8	
29	32,2	29,3	28,7	25,8	27,9	
30	31,6	29,7	28,7	24,5	28	
31		29,6			28,1	
<b>TOTAL</b>	924,60	942,10	1652,70	763,10	862,00	
<b>MOYENNE</b>	<b>30,82</b>	<b>30,39</b>	<b>27,55</b>	<b>26,31</b>	<b>27,81</b>	
<b>intervalle 5%</b>	<b>0,46</b>	<b>0,33</b>	<b>0,39</b>	<b>0,41</b>	<b>0,22</b>	
<b>ECART TYPE</b>	1,28	0,94	1,55	1,12	0,62	
<b>MAXIMUM</b>	32,40	32,10	29,80	28,50	29,00	
<b>MINIMUM</b>	28,50	28,70	24,50	24,50	25,90	

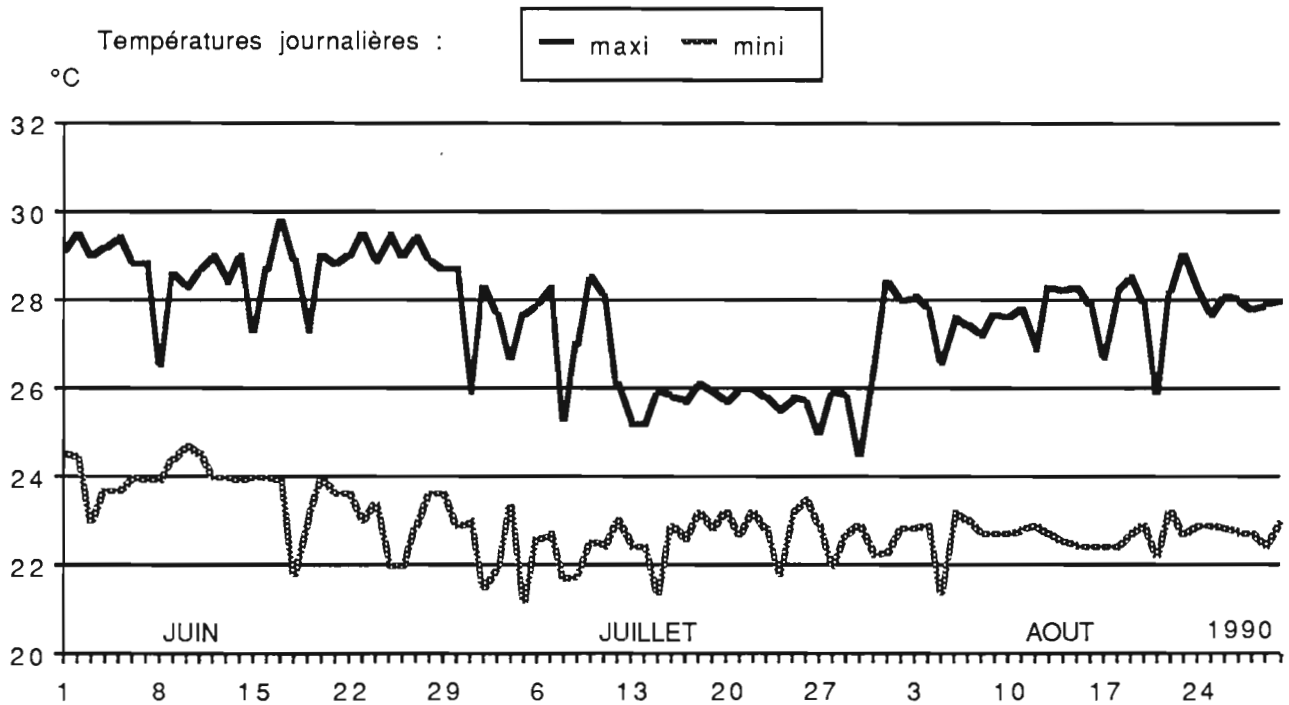
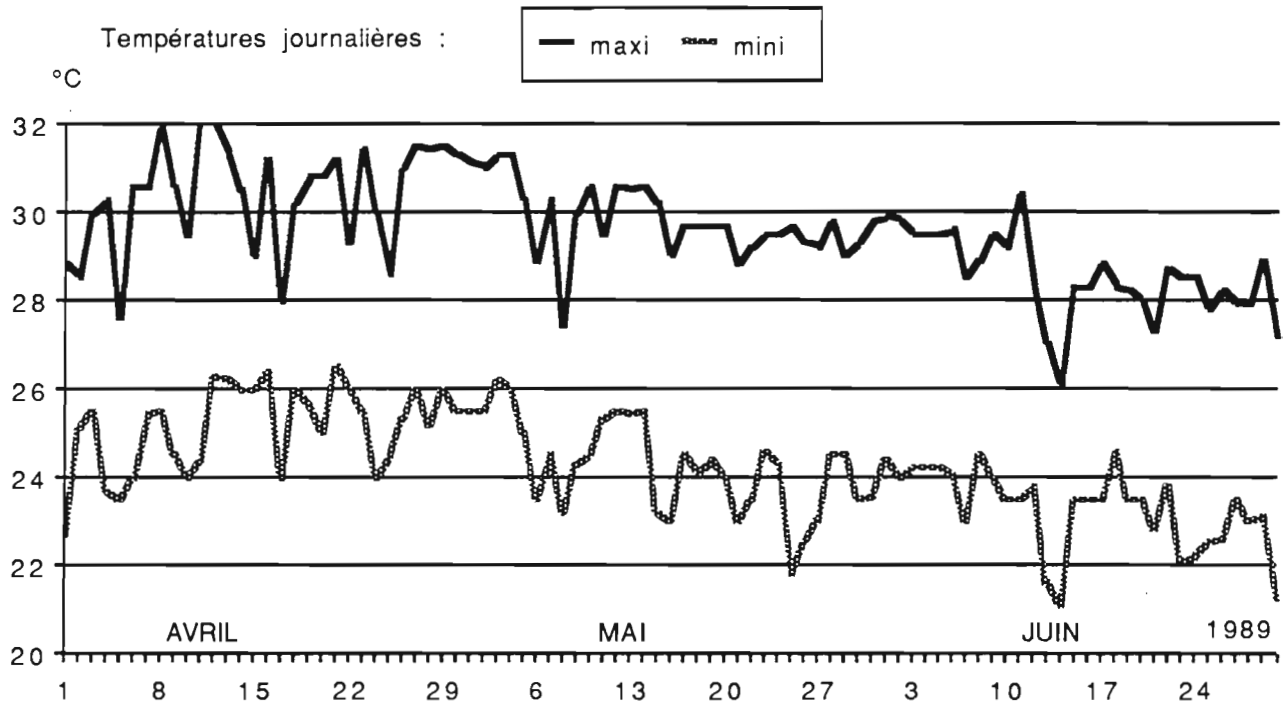
## ANNEXE 27

Températures minimales des mois d'avril, mai, juin, juillet et août 1990.

<b>TEMPERATURES MINIMALES (°C)</b>						
<b>ANNEE 1990</b>						
jours:	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	
1	24,6	26	24,5	23	22,3	
2	24	26	24,4	21,5	22,8	
3	22,5	25,8	23	21,9	22,8	
4	26,5	26,7	23,7	23,3	22,9	
5	26,8	25,1	23,7	21,2	21,4	
6	26	26	24	22,6	23,2	
7	25,7	26,2	23,9	22,7	23	
8	27	26,5	23,9	21,7	22,7	
9	26	25,5	24,4	21,8	22,7	
10	24,6	25	24,7	22,5	22,7	
11	23	26,5	24,5	22,4	22,8	
12	23,7	26	24	23	22,9	
13	25,3	26	24	22,4	22,7	
14	27	26	23,9	22,4	22,5	
15	27	25,2	24	21,4	22,4	
16	27	23,8	24	22,9	22,4	
17	25,5	26	23,9	22,6	22,4	
18	24,9	25,6	21,8	23,2	22,4	
19	26,6	25,2	23,1	22,8	22,7	
20	26,9	26	23,9	23,2	22,9	
21	23	25,4	23,6	22,7	22,2	
22	24,9	25,5	23,6	23,2	23,2	
23	26,9	25,2	23	22,8	22,7	
24	24,6	24,1	23,4	21,8	22,9	
25	22,7	25,1	22	23,2	22,9	
26	24,3	24,9	22	23,5	22,8	
27	26,4	24,6	22,9	22,9	22,7	
28	27,2	24,8	23,6	22	22,7	
29	25,6	24,5	23,6	22,7	22,4	
30	26,2	23,5	22,9	22,9	23	
31		24,7		22,2	23	
<b>TOTAL</b>						
	762,40	787,40	1406,30	675,40	703,10	
<b>MOYENNE</b>						
	25,41	25,40	23,05	22,51	22,68	
<b>intervalle 5%</b>						
	0,52	0,28	0,22	0,22	0,12	
<b>ECART TYPE</b>						
	1,45	0,79	0,86	0,61	0,35	
<b>MAXIMUM</b>						
	27,20	26,70	24,70	23,50	23,20	
<b>MINIMUM</b>						
	22,50	23,50	21,20	21,20	21,40	

## ANNEXE 28

Evolution des températures journalières minimales et maximales pendant les périodes:  
- d'avril à juin 1989;  
- de juin à août 1990.



## ANNEXE 29

Détermination mathématique du taux intrinsèque d'accroissement par la création d'un système de 2 équations à 2 inconnues, en l'occurrence le taux de naissance "b" et le taux de mort "d".

Références bibliographiques: LESLIE, 1945; BIRCH, 1948; LESLIE, 1949; PIELOU 1969.

Soit une population stable dont l'effectif est  $N_t$  au temps t. Au temps t+1, sous l'effet de l'augmentation démographique, son effectif devient:

$$N_{t+1} = N_t \cdot e^r$$

r est le taux intrinsèque d'accroissement. C'est la différence instantannée entre le taux de naissance b et le taux de mort d par individu:  $r = b - d$

Il faut déterminer les deux inconnues b et d pour calculer r à partir d'un système de deux équations que l'on se propose de définir.

Données fournies par l'observation expérimentale:

$l_x$ : proportion des individus survivants à l'âge x

$m_x$ : nombre moyen de descendants nés d'un individu de classe d'âge x

Données construites provisoirement pour la construction des équations:

$c_x \cdot d_x$ : proportion des individus situés en âge x lorsque la distribution est stable

$B_t \cdot d_x$ : nombre d'individus nés au jour t pendant l'intervalle de temps dt

La démonstration est construite en 6 étapes:

1- L'effectif des individus situés en classe d'âge x au temps t est:

$$N_t \cdot c_x \cdot d_x$$

2- Ces individus ont tous le même âge x, ils sont nés le même jour (t-x) et résultent donc des survivants de ceux nés ce jour-là:

$$N_t \cdot c_x \cdot d_x = l_x \cdot B_{t-x} \cdot d_x \quad (1)$$

3- Le taux de naissance b est le rapport du nombre des naissances pour le jour t sur l'effectif au jour t, soit:

$$b = B_t / N_t$$

b est une constante dans le cas d'une distribution stable, d'où

$$B_{t-x} = b \cdot N_{t-x} = b \cdot N_t \cdot e^{-r \cdot x}$$

4- De l'équation (1) on sort  $c_x$ :

$$N_t \cdot c_x \cdot d_x = l_x \cdot B_{t-x} \cdot d_x$$

$$c_x = (l_x \cdot B_{t-x}) / N_t$$

$$c_x = l_x \cdot b \cdot e^{-r \cdot x} \quad (2)$$

5- Or la somme de toutes les proportions vaut 1 :

$$\int_0^{\infty} c_x \cdot d_x = 1 \quad \text{donc d'après (2)} \quad \int_0^{\infty} l_x \cdot b \cdot e^{-rx} \cdot d_x = 1$$

comme b est une constante ,

on en déduit la première équation du système :

$$1/b = \int_0^{\infty} l_x \cdot e^{-rx} \cdot d_x$$

6- Les "  $N_t \cdot c_x \cdot d_x$  " individus âgés de x jours au temps t se sont multipliés pendant la durée x. Au temps t, chacun d'eux a produit  $m_x$  descendants par jour  $d_x$ . Pour ce groupe d'âge, le nombre total de descendants  $B_t$  est :

$$B_t = \int_0^{\infty} N_t \cdot c_x \cdot m_x \cdot d_x = \int_0^{\infty} N_t \cdot l_x \cdot b \cdot e^{-rx} \cdot m_x \cdot d_x$$

$N_t$  et b sont des constantes, d'où :

$$B_t / (N_t \cdot b) = \int_0^{\infty} l_x \cdot e^{-rx} \cdot m_x \cdot d_x \quad \text{Or } B_t = (N_t \cdot b)$$

d'où la deuxième équation 
$$\int_0^{\infty} l_x \cdot e^{-rx} \cdot m_x \cdot d_x = 1$$



# ANNEXE 30

Performances individuelles des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées en conditions naturelles (température moyenne maximale: 29,6°C±0,3; température moyenne minimale: 24,5±0,3).

LONGEVITE ET FECONDITE DES FEMELLES ELEVEES EN CONDITIONS NATURELLES																					
JOURS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	PONTES
1																					0
2																					0
3																					0
4																					0
5																	10		2		12
6			3	4									5			1	9		7		29
7	5		4	8	1		1		1		1		8		0	6		15	1		51
8	5		12	11	0	4	4	1	3	5	3	8	4	4	0	6		0	2		72
9	10	5	1	10	9	11	9	3	11	5	5	2	6	4	0	15		11	8		125
10	13	3	7	7	5	7	8	3	13	8	1	4	5	7	14	0	6		7	8	126
11	10	6	7	4	6	9	8	2	9	5	3	4	8	4	3	0	10		13	7	118
12	5	8	5	6	10	9	9	6	12	6	6	11	16	7	14	0	1	8	7	12	158
13	2	4	15	6	5	11	6	4	3	8	16	7	6	6	9	11	4	6	9	9	147
14	2	3	12	5	0	23	5	3	2	4	8	6	13	4	11	9	3	5	20	1	139
15	8	7	19	7	9	13	7	0	2	5	5	6	8	16	9	16	10	7	12	7	173
16	11	5	20	10	8	11	1	0	1	1	12	5	9	5	10	4	5	4	22	4	148
17	8	11	8	9	7	7	1	1	0	1	16	10	6	9	6	7	5	7	17	3	139
18	2	5	17	14	8	13	0	0	0	0	4	9	9	3	7	7	5	7	6	12	128
19	6	17	11	4	1	10	1	0		0	4	13	11	8	6	3	7	7	20	4	133
20	15	5	8	12	11	20	0	0		0	0	10	12	1	7	6	1	6	19	6	139
21	3	8	13	7	9	13	0	0		0	6	2	1	0	7	10	9	5	5	0	98
22	5	2	14	8	8	18	0	0		0	14	12	2	0	6	12	12	3	9	4	129
23	12	14	13	6	0	8	0	0		0	7	7	0	0	0	3	10	5	21	0	106
24	6	4	16	13	0	18	0	0		0	3	9	0	0	0	6	12	1	11	1	100
25	1	9	8	7	0	17	0	0		0	6	15	0	0	0	4	12	4	17	0	100
26	1	10	23	6	0	5				0	1	10	0	0	0	4	4	5	6	0	75
27	9	5	10	10	0	6					5	18	0		0	6	9	10	5	0	93
28	8	10	12	13	0	6					5	9			0	9	4	7	5	0	88
29	9	7	10	6	0	6					0	9			1	6	5	6	5	0	70
30	0	5	8	17	0	6					0	6			4	17	9	5	6	0	83
31	0	7	7	6	0	11					0	15			9	7	7	2	4	0	75
32	0	0	12	12	0	5					0	4			10	8	4	6	4	0	65
33	0	0	11	22	0	18					0	6			10	7	10	3	4		91
34	0	0	5	9	0	7					0	8			9	7	6	2	6		59
35	0	0	9	8	0	7					0	6			12	7	3	0	17		69
36	0	1	6	9		6					0	7			8	10	3	0	10		60
37	0	0	6	8		20					0	5			6	5	0	0	5		55
38	0	5	4	8		5						11			6	1	0	0	9		49
39		4	6	4		7						2			10	0	0	0	4		37
40		10	4	6		6						11			5	0	0	0	4		46
41		5	5	10		3						9			9	0	0		6		47
42		12	4	7		8						4			10	0	0		11		56
43		8	4	7		6						2			8	0			5		40
44		5	6	10		1						2			7	0			9		40
45		4	4	7		0						3			9	0			8		35
46		3	4	8		0						5			6				9		35
47		6	3	12		0						4			4				6		35
48		6	2	12		0						3			7				8		38
49		7	0	3		0						2			6				9		27
50		4	0	13		0						1			6				4		28
51		4	0	4		0						1			11				5		25
52		7	0	8								2			9				4		30
53		5	0	3								1			7				2		18
54		1	0	2								2			5				7		17

55	1	1	2	0	6	10
56	2	4	0	0	4	10
57	5	2	3	1	7	18
58	4	0	0	0	8	12
59	3	3	4	0	6	16
60	5	5	0	0	0	10
61	5	4	0	0	5	14
62	1	4	0	0	4	9
63	1	3	0	0	2	6
64	0	1	0	0	7	8
65	0	2	0	0	4	6
66	0	2	0	0	2	4
67	0	1	0	0	3	4
68	0	4	0	0	3	7
69	0	2	0	0	1	3
70	0	1	0	0	4	5
71	0	6	0	0	1	7
72	0	7	0	0	1	8
73	0	5	0	0	2	7
74		5	0	0	0	5
75		3	0	0	0	3
76		2	0	0	0	2
77		2	0	0	0	2
78		1	0	0	0	1
79		0	0	0	0	0
80		0	0	0	0	0
81		0	0	0	0	0
82		0	0	0	0	0
83		0	0	0	0	0
84		0	0	0	0	0
85		0	0	0	0	0
86		0	0	0	0	0
87		0	0	0	0	0
88		0	0	0	0	0
89		0	0	0	0	0

156 282 378 478 97 361 60 23 57 48 131 317 129 78 304 193 222 121 507 89 4033

# ANNEXE 31

Performances individuelles des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 30°C.

## LONGEVITE ET FECONDITE DES FEMELLES ELEVEES A 30°C

JOURS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	PONTES
1																				0
2																				0
3																				0
4				1				1		1			2							5
5				7				2		0			4				8	2		23
6		4	5	8	3		3	6		9			6				5	9		58
7		1	1	1	1		1	1	1	1	5		7					8	11	39
8	15	6	6	7	7	1	6	1	6	12	9		4	6	1		4	1	12	104
9	7	12	9	3	2	6	10	1	3	9	9	4	4	6	4		6	2	2	99
10	10	10	1	9	10	10	10	1	1	2	3	6	8	4	6		2	6	1	100
11	7	1	3	3	4	8	10	2	6	11	1	10	10	9	4		4	1	4	98
12	7	8	10	3	1	2	4	14	12	7	5	6	9	11	7		1	8	10	125
13	4	1	1	12	9	2	0	2	11	8	8	1	4	10	10		0	8	4	95
14	2	16	9	5	5	6	1	2	9	2	10	6	13	12	2		0	6	9	115
15	5	1	5	9	6	13	4	11	5	7	5	7	7	8	1	3	2	4	7	110
16	9	8	5	8	12	15	0	3	2	4	2	1	4	7	0	2	8	3	11	104
17	9	2	11	3	6	4	3	9	1	9	0	12	8	9	8	0	1	2	10	107
18	11	2	9	2	10	1	6	8	9	1	7	7	6	3	0	1	1	3	10	97
19	6	5	13	11	9	10	6	8	8	5	6	4	4	13	0	0	2	0	11	121
20	12	0	8	8	2	13	6	10	4	1	5	2	12	12	0	2	0	0	11	108
21	8	0	5	3	13	4	7	1	9	3	9	10	8	2	0	1	0	0	8	91
22	6	0	9	4	8	1	7	7	5	5	1	12	7	1	0	0	0	0	3	76
23	3	0	4	11	5	7	3	7	2	12	10	8	6	15	0	0	0	0	12	105
24	13	0	9	6	1	1	4	4	0	4	8	13	3	1		5	0	0	5	77
25	8	0	3	5	4	9	4	1	0	2	10	2	0	1		2	0	0	9	60
26	9	0	9	6	8	4	9	10	0	0	7	4	0	1		0	0	0	13	80
27	6	0	10	8	1	4	3	3	0	0	1	1	0	7		0	0	0	7	51
28	5	0	5	0	11	7	2	1	0	0	3	8	0	1		0		0	3	46
29	5	0	4	0	10	6	2	3	0	0	5	10	0	1		0		0	8	54
30	9	0	2	1	1	5	1	1	0	0	2	4	0	8		0		0	3	37
31	5		1	0	11	3	5	0	0	0	4	8	0	5		0			8	50
32	4		0	0	9	4	6	6		0	9	11		9		0			5	63
33	2		0	0	5	3	2	5			5	5		7		0			6	40
34	5		0	0	1	4	0	3			0	2		9		0		10		34
35	6		0	0	5	3	0	5			0	2		4		0			8	33
36	4		0	0	2	4	0	2			0	0		10		0			4	26
37	4		0		3	3	0	0			0	0		6					4	20
38	4		0		0	0	0	1			0	0		2					0	7
39	5		0		0	1	0	0			0	0		1					2	9
40	3		0		0	1	0	0			0	0		0					5	9
41	7		0		0	0	0	0			0			0					11	18
42	3		0		0	0	0	0			0			0					7	10
43	0		0		0	0	0	0			0			0					4	4
44	3					0		0						0					0	3
45	2					0		0						0					1	3
46	2					0		0											0	2
47	2					0		0											0	2
48	3					0													0	3
49	0					0														0
50	0					0														0
51	0					0														0
52	0					0														0
53	0					0														0
54	0					0														0

55	0																			0
56	0																			0
57	0																			0
58	0																			0
59																				0
60																				0

240 77 157 144 185 165 125 142 94 115 149 166 136 201 43 16 31 65 270 2521

Performances individuelles des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 25°C et nourries tous les jours.

## LONGEVITE ET FECONDITE DES FEMELLES ELEVEES A 25°C

RYTHME DES PRISES ALIMENTAIRES: TOUS LES JOURS

JOURS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	PONTES
1																			0
2																			0
3																		1	1
4				3														7	10
5		5		12						4								12	33
6		4		6						8		2		2	4			10	36
7	4	6		5	2					7		0		6	4	2		18	54
8	2	8	3	1	3				6	1	2	0	4	2	6	2		8	48
9	7	5	4	0	9		2		2	12	6	1	7	3	9	7		12	86
10	4	16	5	9	0		7		1	7	6	6	8	7	4	5		3	88
11	4	1	0	0	10		4	5	6	10	5	4	3	6	11	8	1	8	86
12	9	10	10	8	4		0	2	3	3	5	9	7	7	5	3	0	1	86
13	9	7	10	4	0	1	5	5	3	9	6	10	5	10	11	5	0	8	108
14	9	0	2	8	3	4	10	2	10	11	7	10	7	5	8	1	0	9	106
15	8	6	5	0	1	1	7	4	4	12	5	0	4	3	6	3	0	10	79
16	5	6	3	3	0	2	7	5	9	3	1	0	7	2	4	2	0	4	63
17	1	5	5	8	7	2	6	10	5	7	3	6	3	11	9	12	0	13	113
18	8	4	3	8	1	0	2	1	1	8	0	5	1	2	4	4	3	12	67
19	0	3	2	7	6	0	4	7	8	8	1	11	0	3	12	6	4	10	92
20	2	4	1	8	3	0	7	4	7	2	0	7	0	4	11	5	3	11	79
21	2	6	4	5	1	0	5	7	6	4	0	10	0	3	6	3	3	12	77
22	1	2	2	5	2		8	7	0	6	0	11	0	7	5	7	3	4	70
23	4	4	0	5	5		5	4	5	2		10	0	4	11	9	1	0	69
24	8	3	1	1	5		7	8	6	2		5	0	4	12	1	2	4	69
25	1	8	0	9	4		7	1	5	3		5	0	5	6	9	1	0	64
26	2	6	0	4	0		7	10	7	0		4	0	7	3	8	1	11	70
27	0	3	0	2	2		6	7	8	6		4	0	5	0	9	0	5	57
28	0	5	0	6	2		3	0	5	4		6		0	0	4	3	2	40
29	3	7	0	7	2		0	6	5	5		11		0	0	2	0	1	49
30	1	4	0	0	0		0	9	5	3		9		6	0	0	5	7	49
31	3	8	0	8	4		0	9	6	1		3		1	0	8	0	9	60
32	0	4	0	0	0		0	7	5	2		2		10	8	5	0	8	51
33	0	1	0	5	3		0	5	6	2		0		3	6	1	0	4	36
34	0	1	0	11	1		0	6	2	0		2		5	13	6	1	5	53
35	0	0		2	1		0	7	7	0		9		4	9	9	5	7	60
36	0	0		5	2			1	1	0		4		3	7	5	0	11	39
37	0	0		11	0			2	6	0		5		0	2	9	2	13	50
38	0	0		9	0			1	9			4		1	8	15	1	12	60
39	0	0		12	0			9	2			2		0	12	8	0	11	56
40	0	0		7	0			3	3			3		0	3	5	1	13	38
41	0	0		7	0			1	2			0			6	8	1	10	35
42	0			0	0			1	5			0			14	5	2	12	39
43	0			10	0			3	7			0			9	7	0	9	45
44	0			5	0			1	8			0			13	5	1	8	41
45	0			11	0			0	7			0			2	0	1	12	33
46	0			1	0			0	1			0			4	8	1	8	23
47	0			5				0	1			0			13	9	7	21	56
48	0			3				0	13			0			6	6	1	12	41
49	0			4				0	10			0			6	9	2	18	49
50	0			8					3			0			6	7	0	8	32
51	0			6					6			0			3	1	3	7	26
52	0			3					11			0			3	3	2	10	32
53				3					2			0			1	6	2	15	29
54				0					1			0			1	3	0	5	10
55				6					11			0			0	9	0	14	40
56				7					1			0			0	5		11	24

57	3	9	0	0	0	14	26
58	4	5	0		1	13	23
59	1	10	0		0	17	28
60	2	7	0		3	17	29
61	7	7			0	13	27
62	4	1			0	11	16
63	6	2			0	9	17
64	4	1			0	11	16
65	4	6			0	11	21
66	0	10				13	23
67	0	12				6	18
68	0	2				11	13
69	0	6				7	13
70		5				5	10
71		1				7	8
72		3				3	6
73		0				8	8
74		5				7	12
75		1				5	6
76		0				6	6
77		0				7	7
78		0				6	6
79		1				8	9
80		0				8	8
81		0				8	8
82		0				12	12
83		0				9	9
84		0				13	13
85		0				9	9
86		0				7	7
87		0				4	4
88		0				4	4
89		0				5	5
90		0				7	7
91		0				8	8
92		0				6	6
93		0				5	5
94		0				5	5
95		0				5	5
96		0				4	4
97		0				4	4
98		0				0	0
99		0				0	0
100		0				0	0
101		0				0	0
102		0				0	0
103		0				0	0
104		0				0	0
105		0				0	0
106						0	0
107						0	0
108						0	0
109						0	0
110						0	0
111						0	0
112						0	0

97 152 60 318 83 10 109 160 347 152 47 180 56 141 306 283 63 814 3378

## ANNEXE 33

Performances individuelles des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 25°C et nourries 1 jour sur 2.

LONGEVITE ET FECONDITE DES FEMELLES ELEVEES A 25°C											
RYTHME DES PRISES ALIMENTAIRES: 1 JOUR SUR 2											
JOURS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PONTES
1											0
2											0
3											0
4			9								9
5	2		3								5
6	0	6	5	3							14
7	5	1	8	2	7	1	8	7			39
8	10	3	2	7	9	1	7	2			41
9	18	8	1	2	7	3	8	8		1	56
10	5	4	3	8	8	1	11	6		2	48
11	0	9	0	4	2	7	3	4		6	35
12	11	7	5	7	5	0	8	3		6	52
13	0	3	0	0	2	2	8	2	2	0	19
14	3	2	6	2	11	2	6	1	5	3	41
15	6	6	2	4	0	7	7	7	5	0	44
16	7	10	9	2	2	0	13	7	4	0	54
17	6	7	4	2	0	1	6	10	5	1	42
18	4	13	7	7	0	5	13	7	0	4	60
19	7	4	2	1	3	3	8	7	4	5	44
20	0	7	4	0	0	4	10	6	5	4	40
21	0	12	1	2	0	5	6	4	4	1	35
22	12	6	9	1	0	9	10	6	9	4	66
23	4	4	0	0	0	4	7	9	7	7	42
24	4	7	16	0	0	4	14	2	6	6	59
25	4	5	1	1	0	1	5	7	8	6	38
26	6	2	4	0	0	4	10	11	3	5	45
27	5	7	2	13	0	2	2	0	1	3	35
28	2	6	5	3	0	4	0	3	5	0	28
29	0	9	0	8	0	3	2	4	13	1	40
30	0	6	6	0	0	4	1	0	9	0	26
31	0	2	4	9	0	4	3	0	13	1	36
32	0	1	5	0	0	0	10	5	9	0	30
33	0	0	0	7		0	11	2	17	0	37
34	0	5	0	2		0	11	8	9	0	35
35	0	7	1	8		0	7	2	13	0	38
36	0	6	0	4		0	8	0	13	0	31
37	0	3	0	7			2	0	8		20
38		3	0	2			14	0	5		24
39		3	0	3			1	0	16		23
40		1	0	9			9	0	2		21
41		6	0	5			3	0	5		19
42		2	0	9			6	0	6		23
43		3	0	6			9	0	5		23
44		5	0	14			10		5		34
45		2	0	5			6		2		15
46		0	0	12			9		4		25
47		5		3			7		2		17
48		4		12			7		1		24
49		3		1			6		0		10
50		2		15			4		0		21
51		0		2			0		0		2
52		0		12			0		0		12
53		0		0			0		0		0
54		0		4			0		0		4
55		0		0					0		0
56		0		5					0		5

57	0	2		0	2
58	0	10		0	10
59	0	3		0	3
60	0	7		0	7
61	0	2		0	2
62		8			8
63		2			2
64		3			3
65		1			1
66		0			0
67		0			0
68		0			0
69		0			0
70		0			0
71		0			0
72		0			0
73		0			0
121 217 124 273 56 81 316 140 230 66					1624



ANNEXE 34

Performances individuelles des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 25°C et  
nourries 1 jour sur 3.

LONGEVITE ET FECONDITE DES FEMELLES ELEVEES A 25°C											
RYTHME DES PRISES ALIMENTAIRES: 1 JOUR SUR 3											
JOURS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PONTES
1											0
2											0
3											0
4		9									9
5		3		4	2						9
6	6	5	6	8	7	1					33
7	5	11	6	7	5	1					35
8	10	3	9	0	2	4	4	7	1		40
9	10	8	6	12	5	0	6	10	6		63
10	9	2	16	4	9	5	0	1	3	1	50
11	14	10	9	3	4	2	4	3	0	1	50
12	8	0	9	3	4	3	1	5	4	3	40
13	0	2	0	6	3	2	0	4	2	5	24
14	0	5	0	5	4	0	2	3	2	0	21
15	10	8	14	3	1	1	2	4	3	7	53
16	0	3	6	4	1	0	8	2	8	12	44
17	5	3	1	6	4	0	3	1	2	1	26
18	5	1	6	4	8	0	6	2	1	2	35
19	2	0	10	2	5		5	4	4	6	38
20	4	1	5	2	3		3	2	3	4	27
21	2	0	8	0	10		6	1	2	2	31
22	6	6	4	1	2		9	1	3	0	32
23	5	7	3	2	6		5	2	2	0	32
24	4	1	4	0	7		2	1	1	2	22
25	3	5	1	0	8		7	7	4	7	42
26	1	8	6	0	1		2	2	1	3	24
27	0	0	6	3	13		5	4	2	3	36
28	4	13	5	0	3		5	8	2	0	40
29	2	8	4	1	7		3	0	8	0	33
30	0	4	3	0	3		0	4	4	0	18
31	0	11	0	2	3		4	4	1	2	27
32	0	3	0	0	0		2	5	5	2	17
33	0	1	0	0	5		0	7	9	1	23
34	0	3	0	0	4		1	5	3	0	16
35	0	5	0	0	10		2	0	3	0	20
36	0	4	0	1	9		0	4	6	1	25
37		6	0	0	0		0	3	3	1	13
38		0	0	0	8		0	7	2	0	17
39		8	0	0	6		0	4	4	0	22
40		7	0	0	5		0	5	1	0	18
41		1	0	0	10		0	2	3	0	16
42		6	0	0	1			5	4	0	16
43		1	0	0	0			1	0	0	2
44		7	0	0	8			6	4	0	25
45		8	0	0	0			2	3	0	13
46		0	0	0	7			3	0		10
47		6	0	0	2			4	6		18
48		2	0	0	3			1	5		11
49		5	0	0	6			4	4		19
50		2	0	0	2			4	4		12
51		6	0	0	7			4	4		21
52		5	0	0	5			0	0		10
53		2	0	0	3			4	0		9
54		3	0	0	7			1	0		11
55		5	0	0	7			0	3		15
56		4	0	0	3			3	0		10
57		6	0	0	5			5	13		29
58		5	0	0	7			3	4		19
59		4	0	0	7			2	3		16

60	7	5	2	3	17
61	6	6	2	1	15
62	5	1	2	3	11
63	3	6	3	3	15
64	3	6	2	0	11
65	7	5	5	4	21
66	4	3	1	1	9
67	7	5	3	6	21
68	2	1	5	1	9
69	6	5	2	0	13
70	3	6	5	4	18
71	4	1	0	3	8
72	0	1	3	4	8
73	4	7	6	5	22
74	6	2	3	5	16
75	6	8	3	5	22
76	1	5	3	7	16
77	5	4	0	7	16
78	3	1	6	0	10
79	4	0	5	5	14
80	2	0	6	5	13
81	4	0	3	6	13
82	4	0	6	4	14
83	4	0	4	6	14
84	2	0	2	6	10
85	1	0	3	4	8
86	0	0	2	2	4
87	0	0	0	3	3
88	0	0	0	4	4
89	0	0	0	3	3
90	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0
97	0	0			0
98	0	0			0
99	0	0			0
100	0	0			0
101	0	0			0
102	0	0			0
103	0	0			0
104	0	0			0
105	0	0			0
106	0	0			0
107	0	0			0
108	0	0			0
109	0	0			0
110	0	0			0
111	0	0			0
112	0	0			0
113	0	0			0
114	0	0			0
115	0	0			0
116	0				0
117	0				0

115 355 147 83 345 19 97 263 275 66

1765

## ANNEXE 35

Table de vie et de fécondité des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 30°C.

Jour x	Nombre d'œufs	Nombre de femelles	lx	mx	lx . mx	lx . mx
1			1,00			
-----Période préimaginale-----						
39	0	19	0,65	0	0	0
40	0	19	0,65	0	0	0
41	0	19	0,65	0	0	0
42	5	19	0,65	0,0876	0,057	0,00445
43	23	19	0,65	0,4031	0,262	0,01927
44	58	19	0,65	1,0164	0,6607	0,04573
45	39	19	0,65	0,6834	0,4442	0,02894
46	104	19	0,65	1,8225	1,1846	0,07262
47	99	19	0,65	1,7349	1,1277	0,06506
48	100	19	0,65	1,7524	1,1391	0,06184
49	98	19	0,65	1,7174	1,1163	0,05704
50	125	19	0,65	2,1905	1,4238	0,06847
51	95	19	0,65	1,6648	1,0821	0,04897
52	115	19	0,65	2,0153	1,3099	0,05579
53	110	19	0,65	1,9277	1,253	0,05022
54	104	19	0,65	1,8225	1,1846	0,04469
55	107	19	0,65	1,8751	1,2188	0,04327
56	97	18	0,61	1,7943	1,0945	0,03657
57	121	17	0,58	2,3699	1,3745	0,04322
58	108	16	0,54	2,2475	1,2136	0,03591
59	91	15	0,51	2,02	1,0302	0,02869
60	76	15	0,51	1,687	0,8604	0,02255
61	105	15	0,51	2,3307	1,1887	0,02932
62	77	14	0,48	1,8313	0,879	0,0204
63	60	13	0,44	1,5367	0,6762	0,01477
64	80	11	0,37	2,4215	0,896	0,01842
65	51	11	0,37	1,5437	0,5712	0,01105
66	46	11	0,37	1,3924	0,5152	0,00938
67	54	11	0,37	1,6345	0,6048	0,01036
68	37	11	0,37	1,12	0,4144	0,00668
69	49	10	0,34	1,6315	0,5547	0,00842
70	64	10	0,34	2,1309	0,7245	0,01035
71	40	9	0,31	1,4798	0,4587	0,00617
72	34	7	0,24	1,6172	0,3881	0,00491
73	33	7	0,24	1,5697	0,3767	0,00449
74	26	6	0,20	1,4428	0,2886	0,00323
75	20	6	0,20	1,1099	0,222	0,00234
76	7	5	0,17	0,4661	0,0792	0,00079
77	9	4	0,14	0,7492	0,1049	0,00098
78	9	3	0,10	0,9989	0,0999	0,00088
79	18	2	0,07	2,9966	0,2098	0,00174
80	10	2	0,07	1,6648	0,1165	0,00091
81	4	2	0,07	0,6659	0,0466	0,00034
82	3	2	0,07	0,4994	0,035	0,00024
83	3	2	0,07	0,4994	0,035	0,00023

84	2	1	0,03	0,6659	0,02	0,00012
85	2	1	0,03	0,6659	0,02	0,00011
86	3	1	0,03	0,9989	0,03	0,00016
87	0	1	0,03	0	0	0
88	0	1	0,03	0	0	0
89	0	1	0,03	0	0	0
90	0	1	0,03	0	0	0
91	0	1	0,03	0	0	0
92	0	1	0,03	0	0	0
93	0	1	0,03	0	0	0
94	0	1	0,03	0	0	0
95	0	1	0,03	0	0	0
96	0	1	0,03	0	0	0
97	0	1	0,03	0	0	0
98	0	0	0,00			
<b>Total des œufs 2521</b>				<b>Ro=</b>	<b>28,59</b>	<b>1,0001</b>

## ANNEXE 36

Table de vie et de fécondité des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées en conditions naturelles (température moyenne maximale:  $29,6^{\circ}\text{C}\pm 0,3$ ; température moyenne minimale:  $24,5\pm 0,3$ ).

Jour x	Nombre d'œufs	Nombre de femelles	lx	mx	lx . mx	
1			1,00			
-----Période préimaginale-----						
39	0	20	0,65	0	0	0
40	0	20	0,65	0	0	0
41	0	20	0,65	0	0	0
42	0	20	0,65	0	0	0
43	12	20	0,65	0,2018	0,1312	0,00822
44	29	20	0,65	0,4876	0,317	0,01862
45	51	20	0,65	0,8576	0,5574	0,0307
46	72	20	0,65	1,2107	0,787	0,04063
47	125	20	0,65	2,1019	1,3662	0,06614
48	126	20	0,65	2,1187	1,3772	0,06251
49	118	20	0,65	1,9842	1,2897	0,05489
50	158	20	0,65	2,6568	1,7269	0,06891
51	147	20	0,65	2,4718	1,6067	0,06011
52	139	20	0,65	2,3373	1,5193	0,0533
53	173	20	0,65	2,909	1,8909	0,06219
54	148	20	0,65	2,4887	1,6176	0,04989
55	139	19	0,62	2,4603	1,5254	0,04411
56	128	17	0,56	2,5322	1,418	0,03844
57	133	17	0,56	2,6311	1,4734	0,03745
58	139	16	0,52	2,9216	1,5193	0,03621
59	98	15	0,49	2,1972	1,0766	0,02406
60	129	15	0,49	2,8922	1,4172	0,02969
61	106	13	0,42	2,7422	1,1517	0,02263
62	100	13	0,42	2,587	1,0865	0,02001
63	100	12	0,39	2,8025	1,093	0,01888
64	75	12	0,39	2,1019	0,8197	0,01327
65	93	12	0,39	2,6064	1,0165	0,01543
66	88	12	0,39	2,4662	0,9618	0,01369
67	70	11	0,36	2,1401	0,7704	0,01028
68	83	10	0,33	2,7913	0,9211	0,01153
69	75	10	0,33	2,5223	0,8324	0,00977
70	65	10	0,33	2,186	0,7214	0,00794
71	91	10	0,33	3,0604	1,0099	0,01042
72	59	10	0,33	1,9842	0,6548	0,00633
73	69	9	0,29	2,5783	0,7477	0,00678
74	60	9	0,29	2,242	0,6502	0,00553
75	55	8	0,26	2,3121	0,6011	0,00479
76	49	8	0,26	2,0599	0,5356	0,004
77	37	7	0,23	1,7776	0,4088	0,00287
78	46	7	0,23	2,21	0,5083	0,00334
79	47	7	0,23	2,258	0,5193	0,0032
80	56	7	0,23	2,6904	0,6188	0,00357
81	40	7	0,23	1,9217	0,442	0,00239
82	40	7	0,23	1,9217	0,442	0,00224
83	35	6	0,20	1,9618	0,3924	0,00187

84	35	6	0,20	1,9618	0,3924	0,00175
85	35	6	0,20	1,9618	0,3924	0,00164
86	38	6	0,20	2,1299	0,426	0,00167
87	27	5	0,16	1,816	0,2906	0,00107
88	28	5	0,16	1,8833	0,3013	0,00104
89	25	5	0,16	1,6815	0,269	0,00087
90	30	5	0,16	2,0178	0,3229	0,00098
91	18	5	0,16	1,2107	0,1937	0,00055
92	17	5	0,16	1,1434	0,1829	0,00049
93	10	5	0,16	0,6726	0,1076	0,00027
94	10	5	0,16	0,6726	0,1076	0,00025
95	18	5	0,16	1,2107	0,1937	0,00043
96	12	4	0,13	1,0089	0,1312	0,00027
97	16	4	0,13	1,3452	0,1749	0,00034
98	10	3	0,10	1,121	0,1121	0,0002
99	14	3	0,10	1,5694	0,1569	0,00027
100	9	3	0,10	1,0089	0,1009	0,00016
101	6	3	0,10	0,6726	0,0673	0,0001
102	8	2	0,07	1,3452	0,0942	0,00013
103	6	2	0,07	1,0089	0,0706	9,3E-05
104	4	2	0,07	0,6726	0,0471	5,8E-05
105	4	2	0,07	0,6726	0,0471	5,4E-05
106	7	2	0,07	1,1771	0,0824	8,9E-05
107	3	2	0,07	0,5045	0,0353	3,6E-05
108	5	2	0,07	0,8408	0,0589	5,6E-05
109	7	2	0,07	1,1771	0,0824	7,3E-05
110	8	2	0,07	1,3452	0,0942	7,9E-05
111	7	2	0,07	1,1771	0,0824	6,5E-05
112	5	1	0,03	1,6815	0,0504	3,7E-05
113	3	1	0,03	1,0089	0,0303	2,1E-05
114	2	1	0,03	0,6726	0,0202	1,3E-05
115	2	1	0,03	0,6726	0,0202	1,2E-05
116	1	1	0,03	0,3363	0,0101	5,7E-06
117	0	1	0,03	0	0	0
118	0	1	0,03	0	0	0
119	0	1	0,03	0	0	0
120	0	1	0,03	0	0	0
121	0	1	0,03	0	0	0
122	0	1	0,03	0	0	0
123	0	1	0,03	0	0	0
124	0	1	0,03	0	0	0
125	0	1	0,03	0	0	0
126	0	1	0,03	0	0	0
127	0	1	0,03	0	0	0
128	0	0	0,00			
<b>Total des œufs 4033</b>				<b>Ro= 44,27</b>	<b>1</b>	

## ANNEXE 37

Table de vie et de fécondité des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 25°C et nourries tous les jours.

Jour x	Nombre d'œufs	Nombre de femelles	lx	mx	lx . mx	
1			1,00			
-----Période préimaginale-----						
39	0	18	0,67	0	0	0
40	0	18	0,67	0	0	0
41	1	18	0,67	0,0191	0,0128	0,00104
42	10	18	0,67	0,1912	0,1281	0,0098
43	33	18	0,67	0,6309	0,4227	0,03043
44	36	18	0,67	0,6882	0,4611	0,03123
45	54	18	0,67	1,0323	0,6916	0,04406
46	48	18	0,67	0,9176	0,6148	0,03684
47	86	18	0,67	1,644	1,1015	0,06209
48	88	18	0,67	1,6823	1,1271	0,05976
49	86	18	0,67	1,644	1,1015	0,05493
50	86	18	0,67	1,644	1,1015	0,05167
51	108	18	0,67	2,0646	1,3833	0,06104
52	106	18	0,67	2,0264	1,3577	0,05635
53	79	18	0,67	1,5102	1,0119	0,03951
54	63	18	0,67	1,2044	0,8069	0,02964
55	113	18	0,67	2,1602	1,4473	0,05
56	67	18	0,67	1,2808	0,8582	0,02789
57	92	18	0,67	1,7587	1,1784	0,03602
58	79	18	0,67	1,5102	1,0119	0,02909
59	77	18	0,67	1,472	0,9862	0,02667
60	70	17	0,63	1,4169	0,8926	0,02271
61	69	16	0,59	1,4839	0,8755	0,02095
62	69	16	0,59	1,4839	0,8755	0,01971
63	64	16	0,59	1,3764	0,8121	0,0172
64	70	16	0,59	1,5054	0,8882	0,01769
65	57	16	0,59	1,2259	0,7233	0,01355
66	40	15	0,56	0,9176	0,5139	0,00906
67	49	15	0,56	1,1241	0,6295	0,01043
68	49	15	0,56	1,1241	0,6295	0,00982
69	60	15	0,56	1,3764	0,7708	0,01131
70	51	15	0,56	1,1699	0,6552	0,00904
71	36	15	0,56	0,8258	0,4625	0,006
72	53	15	0,56	1,2158	0,6809	0,00831
73	60	14	0,52	1,4747	0,7669	0,00881
74	39	13	0,48	1,0323	0,4955	0,00535
75	50	13	0,48	1,3235	0,6353	0,00645
76	60	12	0,45	1,7205	0,7742	0,0074
77	56	12	0,45	1,6058	0,7226	0,0065
78	38	12	0,45	1,0897	0,4903	0,00415
79	35	11	0,41	1,0949	0,4489	0,00357
80	39	10	0,37	1,342	0,4965	0,00372
81	45	10	0,37	1,5485	0,5729	0,00403
82	41	10	0,37	1,4108	0,522	0,00346
83	33	10	0,37	1,1355	0,4201	0,00262

84	23	10	0,37	0,7914	0,2928	0,00172
85	56	9	0,33	2,1411	0,7066	0,00389
86	41	9	0,33	1,5676	0,5173	0,00268
87	49	9	0,33	1,8734	0,6182	0,00301
88	32	8	0,30	1,3764	0,4129	0,00189
89	26	8	0,30	1,1183	0,3355	0,00145
90	32	8	0,30	1,3764	0,4129	0,00168
91	29	7	0,26	1,4256	0,3706	0,00141
92	10	7	0,26	0,4916	0,1278	0,00046
93	40	7	0,26	1,9663	0,5112	0,00173
94	24	6	0,22	1,3764	0,3028	0,00096
95	26	6	0,22	1,4911	0,328	0,00098
96	23	6	0,22	1,3191	0,2902	0,00082
97	28	6	0,22	1,6058	0,3533	0,00093
98	29	6	0,22	1,6632	0,3659	0,00091
99	27	5	0,19	1,8582	0,353	0,00083
100	16	4	0,15	1,3764	0,2065	0,00045
101	17	4	0,15	1,4624	0,2194	0,00045
102	16	4	0,15	1,3764	0,2065	0,0004
103	21	4	0,15	1,8065	0,271	0,0005
104	23	3	0,11	2,6381	0,2902	0,0005
105	18	3	0,11	2,0646	0,2271	0,00037
106	13	3	0,11	1,4911	0,164	0,00025
107	13	3	0,11	1,4911	0,164	0,00024
108	10	2	0,07	1,7205	0,1204	0,00016
109	8	2	0,07	1,3764	0,0963	0,00012
110	6	2	0,07	1,0323	0,0723	8,6E-05
111	8	2	0,07	1,3764	0,0963	0,00011
112	12	2	0,07	2,0646	0,1445	0,00015
113	6	2	0,07	1,0323	0,0723	7,2E-05
114	6	2	0,07	1,0323	0,0723	6,8E-05
115	7	2	0,07	1,2044	0,0843	7,4E-05
116	6	2	0,07	1,0323	0,0723	6E-05
117	9	2	0,07	1,5485	0,1084	8,4E-05
118	8	2	0,07	1,3764	0,0963	7E-05
119	8	2	0,07	1,3764	0,0963	6,6E-05
120	12	2	0,07	2,0646	0,1445	9,4E-05
121	9	2	0,07	1,5485	0,1084	6,6E-05
122	13	2	0,07	2,2367	0,1566	9E-05
123	9	2	0,07	1,5485	0,1084	5,8E-05
124	7	2	0,07	1,2044	0,0843	4,3E-05
125	4	2	0,07	0,6882	0,0482	2,3E-05
126	4	2	0,07	0,6882	0,0482	2,2E-05
127	5	2	0,07	0,8603	0,0602	2,5E-05
128	7	2	0,07	1,2044	0,0843	3,3E-05
129	8	2	0,07	1,3764	0,0963	3,6E-05
130	6	2	0,07	1,0323	0,0723	2,5E-05
131	5	2	0,07	0,8603	0,0602	2E-05
132	5	2	0,07	0,8603	0,0602	1,9E-05
133	5	2	0,07	0,8603	0,0602	1,8E-05
134	4	2	0,07	0,6882	0,0482	1,3E-05



135	4	2	0,07	0.6882	0,0482	1,2E-05
136	0	2	0,07	0	0	0
137	0	2	0,07	0	0	0
138	0	2	0,07	0	0	0
139	0	2	0,07	0	0	0
140	0	2	0,07	0	0	0
141	0	2	0,07	0	0	0
142	0	2	0,07	0	0	0
143	0	2	0,07	0	0	0
144	0	1	0,04	0	0	0
145	0	1	0,04	0	0	0
146	0	1	0,04	0	0	0
147	0	1	0,04	0	0	0
148	0	1	0,04	0	0	0
149	0	1	0,04	0	0	0
150	0	1	0,04	0	0	0
151	0	0	0,00			
<b>Total des œufs 3378</b>				<b>Ro= 42,5</b>	<b>1,0001</b>	

## ANNEXE 38

Table de vie et de fécondité des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 25°C et nourries 1 jour sur 2.

Jour x	Nombre d'œufs	Nombre de femelles	lx	mx	lx . mx	
1			1,00			
-----Période préimaginale-----						
39	0	10	0,67	0	0	0
40	0	10	0,67	0	0	0
41	0	10	0,67	0	0	0
42	9	10	0,67	0,3097	0,2075	0,01606
43	5	10	0,67	0,1721	0,1153	0,00839
44	14	10	0,67	0,4817	0,3228	0,02211
45	39	10	0,67	1,342	0,8991	0,05795
46	41	10	0,67	1,4108	0,9453	0,05732
47	56	10	0,67	1,927	1,2911	0,07366
48	48	10	0,67	1,6517	1,1066	0,05941
49	35	10	0,67	1,2044	0,8069	0,04076
50	52	10	0,67	1,7893	1,1989	0,05698
51	19	10	0,67	0,6538	0,438	0,01959
52	41	10	0,67	1,4108	0,9453	0,03977
53	44	10	0,67	1,5141	1,0144	0,04016
54	54	10	0,67	1,8582	1,245	0,04637
55	42	10	0,67	1,4452	0,9683	0,03393
56	60	10	0,67	2,0646	1,3833	0,04561
57	44	10	0,67	1,5141	1,0144	0,03147
58	40	10	0,67	1,3764	0,9222	0,02692
59	35	10	0,67	1,2044	0,8069	0,02216
60	66	10	0,67	2,2711	1,5216	0,03932
61	42	10	0,67	1,4452	0,9683	0,02354
62	59	10	0,67	2,0302	1,3602	0,03112
63	38	10	0,67	1,3076	0,8761	0,01886
64	45	10	0,67	1,5485	1,0375	0,02101
65	35	10	0,67	1,2044	0,8069	0,01538
66	28	10	0,67	0,9635	0,6455	0,01157
67	40	10	0,67	1,3764	0,9222	0,01556
68	26	10	0,67	0,8947	0,5994	0,00951
69	36	10	0,67	1,2388	0,83	0,01239
70	30	10	0,67	1,0323	0,6916	0,00972
71	37	9	0,60	1,4146	0,8488	0,01122
72	35	9	0,60	1,3382	0,8029	0,00999
73	38	9	0,60	1,4529	0,8717	0,0102
74	31	9	0,60	1,1852	0,7111	0,00783
75	20	7	0,47	0,9832	0,4621	0,00479
76	24	6	0,40	1,3764	0,5506	0,00537
77	23	6	0,40	1,3191	0,5276	0,00484
78	21	6	0,40	1,2044	0,4817	0,00416
79	19	6	0,40	1,0897	0,4359	0,00354
80	23	6	0,40	1,3191	0,5276	0,00403
81	23	6	0,40	1,3191	0,5276	0,00379
82	34	5	0,33	2,3399	0,7722	0,00522
83	15	5	0,33	1,0323	0,3407	0,00217

84	25	5	0,33	1,7205	0,5678	0,0034
85	17	4	0,27	1,4624	0,3949	0,00222
86	24	4	0,27	2,0646	0,5574	0,00295
87	10	4	0,27	0,8603	0,2323	0,00116
88	21	4	0,27	1,8065	0,4878	0,00229
89	2	4	0,27	0,1721	0,0465	0,00021
90	12	4	0,27	1,0323	0,2787	0,00116
91	0	4	0,27	0	0	0
92	4	4	0,27	0,3441	0,0929	0,00034
93	0	3	0,20	0	0	0
94	5	3	0,20	0,5735	0,1147	0,00037
95	2	3	0,20	0,2294	0,0459	0,00014
96	10	3	0,20	1,147	0,2294	0,00066
97	3	3	0,20	0,3441	0,0688	0,00019
98	7	3	0,20	0,8029	0,1606	0,00041
99	2	3	0,20	0,2294	0,0459	0,00011
100	8	1	0,07	2,7528	0,1927	0,00044
101	2	1	0,07	0,6882	0,0482	0,0001
102	3	1	0,07	1,0323	0,0723	0,00014
103	1	1	0,07	0,3441	0,0241	4,5E-05
104	0	1	0,07	0	0	0
105	0	1	0,07	0	0	0
106	0	1	0,07	0	0	0
107	0	1	0,07	0	0	0
108	0	1	0,07	0	0	0
109	0	1	0,07	0	0	0
110	0	1	0,07	0	0	0
111	0	1	0,07	0	0	0
112	0	0	0,00			
<b>Total des œufs 1624</b>				<b>Ro=</b>	<b>37,41</b>	<b>1,0001</b>

## ANNEXE 39

Table de vie et de fécondité des femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant élevées à 25°C et nourries 1 jour sur 3.

Jour x	Nombre d'œufs	Nombre de femelles	lx	mx	lx . mx	
1			1,00			
-----Période préimaginale-----						
39	0	10	0,67	0	0	0
40	0	10	0,67	0	0	0
41	0	10	0,67	0	0	0
42	9	10	0,67	0,3097	0,2075	0,01731
43	9	10	0,67	0,3097	0,2075	0,01632
44	33	10	0,67	1,1355	0,7608	0,0564
45	35	10	0,67	1,2044	0,8069	0,05638
46	40	10	0,67	1,3764	0,9222	0,06074
47	63	10	0,67	2,1678	1,4525	0,09017
48	50	10	0,67	1,7205	1,1527	0,06745
49	50	10	0,67	1,7205	1,1527	0,06358
50	40	10	0,67	1,3764	0,9222	0,04794
51	24	10	0,67	0,8258	0,5533	0,02711
52	21	10	0,67	0,7226	0,4842	0,02236
53	53	10	0,67	1,8237	1,2219	0,0532
54	44	10	0,67	1,5141	1,0144	0,04163
55	26	10	0,67	0,8947	0,5994	0,02319
56	35	10	0,67	1,2044	0,8069	0,02942
57	38	9	0,60	1,4529	0,8717	0,02996
58	27	9	0,60	1,0323	0,6194	0,02006
59	31	9	0,60	1,1852	0,7111	0,02171
60	32	9	0,60	1,2235	0,7341	0,02113
61	32	9	0,60	1,2235	0,7341	0,01991
62	22	9	0,60	0,8411	0,5047	0,0129
63	42	9	0,60	1,6058	0,9635	0,02322
64	24	9	0,60	0,9176	0,5506	0,01251
65	36	9	0,60	1,3764	0,8258	0,01768
66	40	9	0,60	1,5293	0,9176	0,01852
67	33	9	0,60	1,2617	0,757	0,0144
68	18	9	0,60	0,6882	0,4129	0,0074
69	27	9	0,60	1,0323	0,6194	0,01047
70	17	9	0,60	0,65	0,39	0,00621
71	23	9	0,60	0,8794	0,5276	0,00792
72	16	9	0,60	0,6117	0,367	0,0052
73	20	9	0,60	0,7647	0,4588	0,00612
74	25	9	0,60	0,9558	0,5735	0,00721
75	13	8	0,53	0,5592	0,2964	0,00351
76	17	8	0,53	0,7312	0,3875	0,00433
77	22	8	0,53	0,9463	0,5015	0,00528
78	18	8	0,53	0,7742	0,4103	0,00407
79	16	8	0,53	0,6882	0,3647	0,00341
80	16	7	0,47	0,7865	0,3697	0,00326
81	2	7	0,47	0,0983	0,0462	0,00038
82	25	7	0,47	1,2289	0,5776	0,00453
83	13	7	0,47	0,639	0,3004	0,00222

84	10	5	0,33	0,6882	0,2271	0,00158
85	18	5	0,33	1,2388	0,4088	0,00268
86	11	5	0,33	0,757	0,2498	0,00155
87	19	5	0,33	1,3076	0,4315	0,00252
88	12	5	0,33	0,8258	0,2725	0,0015
89	21	5	0,33	1,4452	0,4769	0,00247
90	10	4	0,27	0,8603	0,2323	0,00113
91	9	4	0,27	0,7742	0,209	0,00096
92	11	4	0,27	0,9463	0,2555	0,00111
93	15	4	0,27	1,2904	0,3484	0,00142
94	10	4	0,27	0,8603	0,2323	0,0009
95	29	4	0,27	2,4947	0,6736	0,00245
96	19	4	0,27	1,6345	0,4413	0,00151
97	16	4	0,27	1,3764	0,3716	0,0012
98	17	4	0,27	1,4624	0,3949	0,0012
99	15	4	0,27	1,2904	0,3484	0,001
100	11	4	0,27	0,9463	0,2555	0,00069
101	15	4	0,27	1,2904	0,3484	0,00089
102	11	4	0,27	0,9463	0,2555	0,00061
103	21	4	0,27	1,8065	0,4878	0,0011
104	9	4	0,27	0,7742	0,209	0,00045
105	21	4	0,27	1,8065	0,4878	0,00098
106	9	4	0,27	0,7742	0,209	0,0004
107	13	4	0,27	1,1183	0,302	0,00054
108	18	4	0,27	1,5485	0,4181	0,0007
109	8	4	0,27	0,6882	0,1858	0,00029
110	8	4	0,27	0,6882	0,1858	0,00028
111	22	4	0,27	1,8926	0,511	0,00072
112	16	4	0,27	1,3764	0,3716	0,00049
113	22	4	0,27	1,8926	0,511	0,00064
114	16	4	0,27	1,3764	0,3716	0,00044
115	16	4	0,27	1,3764	0,3716	0,00041
116	10	4	0,27	0,8603	0,2323	0,00024
117	14	4	0,27	1,2044	0,3252	0,00032
118	13	4	0,27	1,1183	0,302	0,00028
119	13	4	0,27	1,1183	0,302	0,00027
120	14	4	0,27	1,2044	0,3252	0,00027
121	14	4	0,27	1,2044	0,3252	0,00025
122	10	4	0,27	0,8603	0,2323	0,00017
123	8	4	0,27	0,6882	0,1858	0,00013
124	4	4	0,27	0,3441	0,0929	6,1E-05
125	3	4	0,27	0,2581	0,0697	4,3E-05
126	4	4	0,27	0,3441	0,0929	5,4E-05
127	3	4	0,27	0,2581	0,0697	3,8E-05
128	0	4	0,27	0	0	0
129	0	4	0,27	0	0	0
130	0	4	0,27	0	0	0
131	0	4	0,27	0	0	0
132	0	4	0,27	0	0	0
133	0	4	0,27	0	0	0
134	0	4	0,27	0	0	0

135	0	2	0,13	0	0	0
136	0	2	0,13	0	0	0
137	0	2	0,13	0	0	0
138	0	2	0,13	0	0	0
139	0	2	0,13	0	0	0
140	0	2	0,13	0	0	0
141	0	2	0,13	0	0	0
142	0	2	0,13	0	0	0
143	0	2	0,13	0	0	0
144	0	2	0,13	0	0	0
145	0	2	0,13	0	0	0
146	0	2	0,13	0	0	0
147	0	2	0,13	0	0	0
148	0	2	0,13	0	0	0
149	0	2	0,13	0	0	0
150	0	2	0,13	0	0	0
151	0	2	0,13	0	0	0
152	0	2	0,13	0	0	0
153	0	2	0,13	0	0	0
154	0	1	0,07	0	0	0
155	0	1	0,07	0	0	0
156	0	0	0,00			
<b>Total des œufs 1765</b>				<b>Ro=</b>	<b>36,86</b>	<b>1,0001</b>

## ANNEXE 40

Durée des étapes du développement pré-imaginal de *Rodolia chermesina* Mulsant selon l'essence végétale sur laquelle est prélevée la proie, *Icerya seychellarum* (Westwood):

Le groupe 8 ne participe pas au calcul des durées moyennes "plantes-hôtes confondues" (en gras)

GROUPES	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Répétition N°1 :</u>								
Effectif	79	79	86	80	86	82	76	228
L1	2,94 ±0,21	2,78 ±0,21	2,70 ±0,20	2,93 ±0,21	2,78 ±0,18	2,99 ±0,24	2,43 ±0,15	<b>2,79</b> 3,00 ±0,11
L2	2,05 ±0,18	2,12 ±0,20	2,26 ±0,21	2,24 ±0,20	2,38 ±0,19	2,53 ±0,24	2,30 ±0,23	<b>2,27</b> 2,06 ±0,10
L3	2,43 ±0,16	2,68 ±0,19	2,41 ±0,17	2,52 ±0,21	2,45 ±0,16	2,55 ±0,17	2,30 ±0,20	<b>2,48</b> 3,09 ±0,15
L4	3,39 ±0,27	3,36 ±0,30	3,08 ±0,24	3,64 ±0,30	3,25 ±0,23	3,05 ±0,27	3,19 ±0,29	<b>3,28</b> 3,84 ±0,19
Prénympe	3,34 ±0,24	3,11 ±0,19	3,30 ±0,20	3,45 ±0,26	3,05 ±0,24	3,50 ±0,26	3,35 ±0,20	<b>3,30</b> 3,81 ±0,18
Nymphose	7,43 ±0,24	7,38 ±0,22	7,43 ±0,21	7,62 ±0,26	7,36 ±0,20	7,43 ±0,24	7,51 ±0,23	<b>7,45</b> 8,14 ±0,16
Durée totale	21,59 ±0,26	21,42 ±0,34	21,18 ±0,27	22,39 ±0,34	21,27 ±0,29	22,05 ±0,38	21,09 ±0,30	<b>21,58</b> 23,95 ±0,28
<u>Répétition N°2 :</u>								
Effectif	92	89	85	89	90	93	87	-
L1	2,73 ±0,17	2,71 ±0,18	2,62 ±0,19	2,82 ±0,16	2,52 ±0,09	2,72 ±0,07	2,52 ±0,18	<b>2,66</b> - -
L2	2,34 ±0,17	2,36 ±0,18	2,04 ±0,11	2,44 ±0,17	2,02 ±0,12	2,41 ±0,19	2,10 ±0,16	<b>2,24</b> - -
L3	2,56 ±0,13	2,76 ±0,13	2,65 ±0,19	2,95 ±0,22	2,62 ±0,13	2,72 ±0,17	2,62 ±0,16	<b>2,70</b> - -
L4	3,81 ±0,23	3,91 ±0,27	3,64 ±0,23	3,75 ±0,23	3,95 ±0,16	3,91 ±0,24	3,94 ±0,22	<b>3,84</b> - -
Prénympe	3,07 ±0,20	2,96 ±0,20	3,20 ±0,18	3,76 ±0,23	3,19 ±0,20	3,28 ±0,21	2,95 ±0,17	<b>3,20</b> - -
Nymphose	8,56 ±0,21	8,60 ±0,23	8,49 ±0,21	8,58 ±0,24	8,40 ±0,22	8,18 ±0,26	8,47 ±0,19	<b>8,47</b> - -
Durée totale	23,08 ±0,22	23,31 ±0,28	22,64 ±0,30	24,29 ±0,34	22,70 ±0,28	23,22 ±0,30	22,61 ±0,23	<b>23,10</b> - -

## ANNEXE 41

Données numériques relatives à l'étude de la croissance pondérale des larves de *Rodolia chermesina* Mulsant pendant leur premier stade larvaire, nourries avec:

- une femelle d'*Icerya seychellarum* (Westwood) sans ovisac (troisième stade larvaire);
- ou des œufs de *Rodolia chermesina* Mulsant âgés au plus de 3 jours.

Pesées et renouvellements des proies toutes les **12 heures**.  
(intervalles de confiance au risque 5%).

Légende: x = TEMPS (en heures); n = EFFECTIF

*Icerya seychellarum* sans ovisac  
-----PREMIER STADE-----

x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	50	0,095 ± 0,006
18	50	0,197 ± 0,018
30	50	0,306 ± 0,032
42	50	0,529 ± 0,050
54	50	0,658 ± 0,045
66	50	0,780 ± 0,063
78	29	0,740 ± 0,282
90	12	0,709 ± 0,127
102		

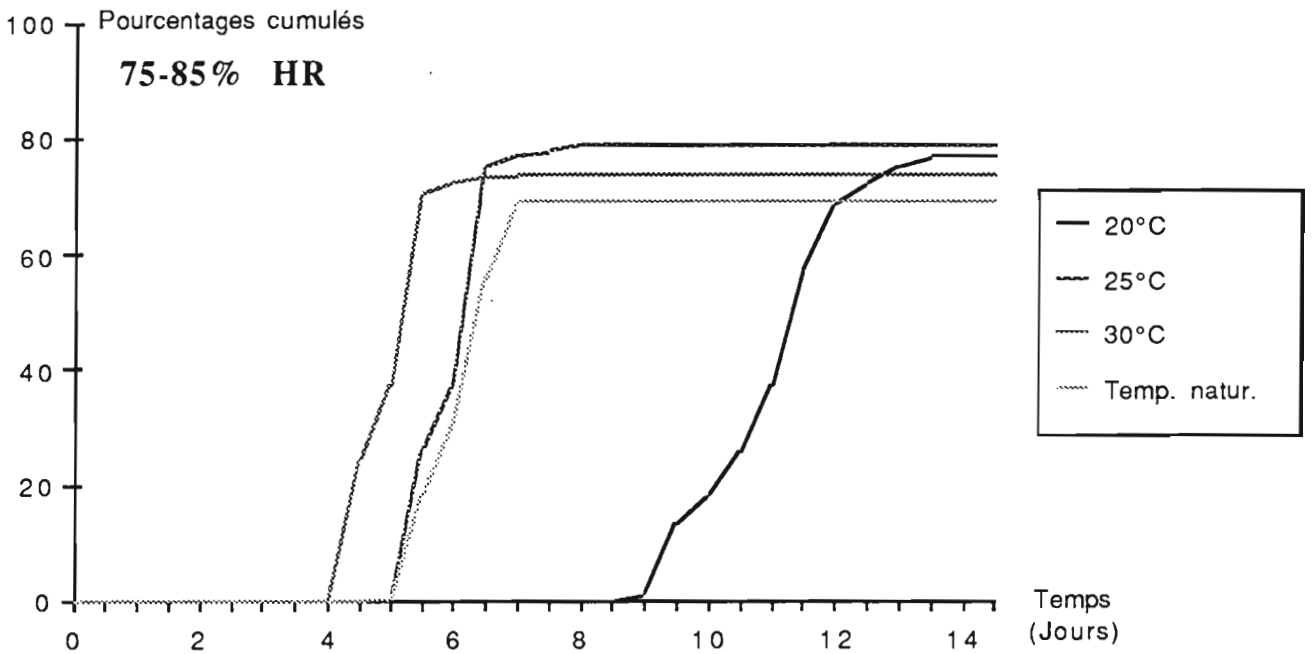
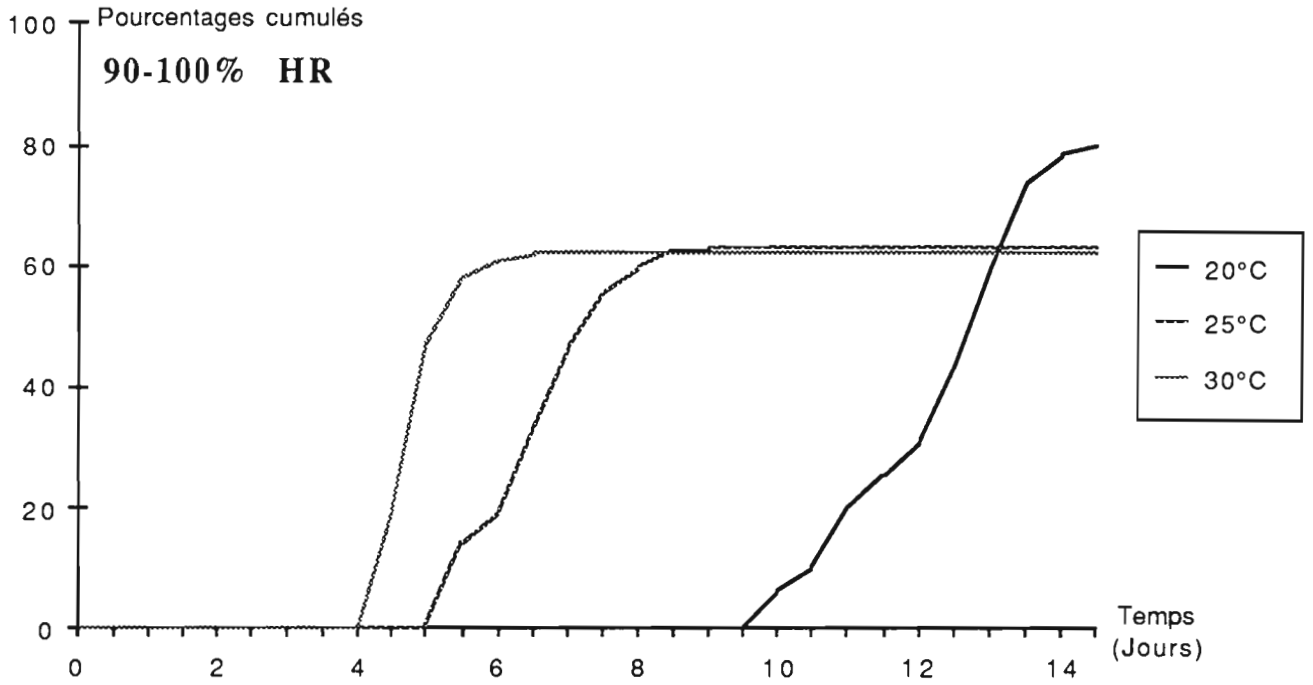
œufs de *Rodolia chermesina*  
-----PREMIER STADE-----

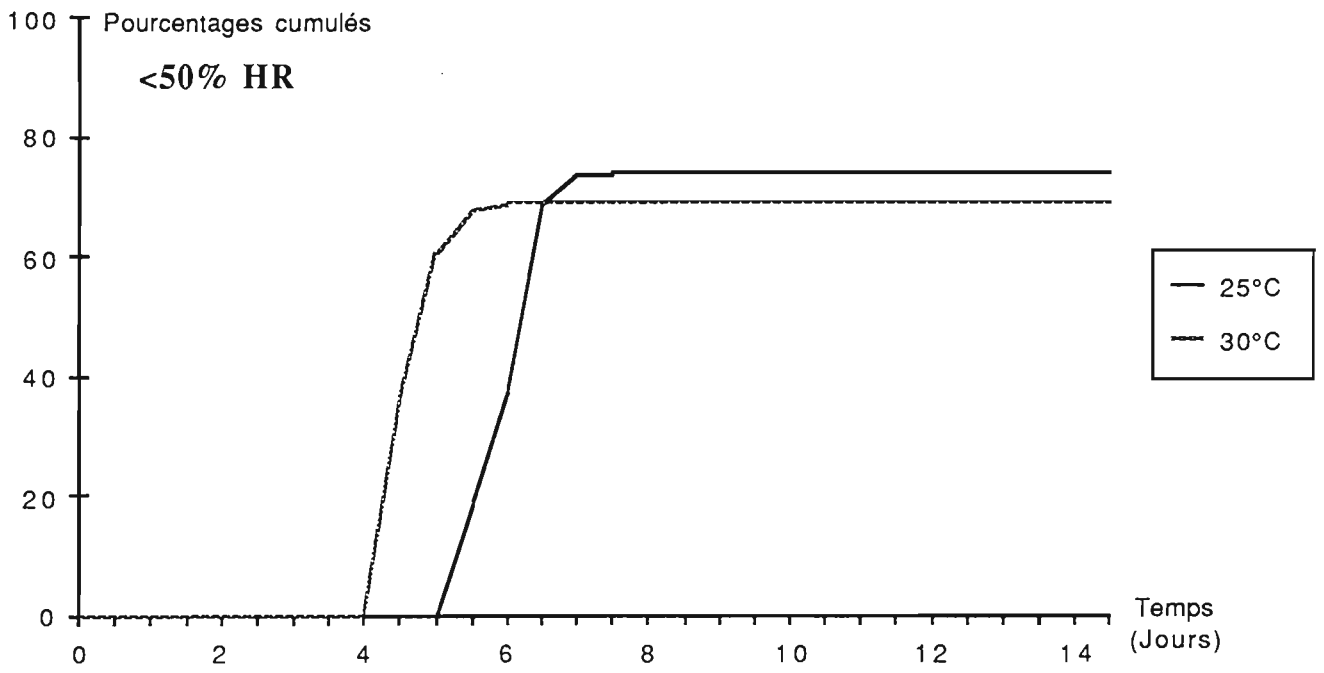
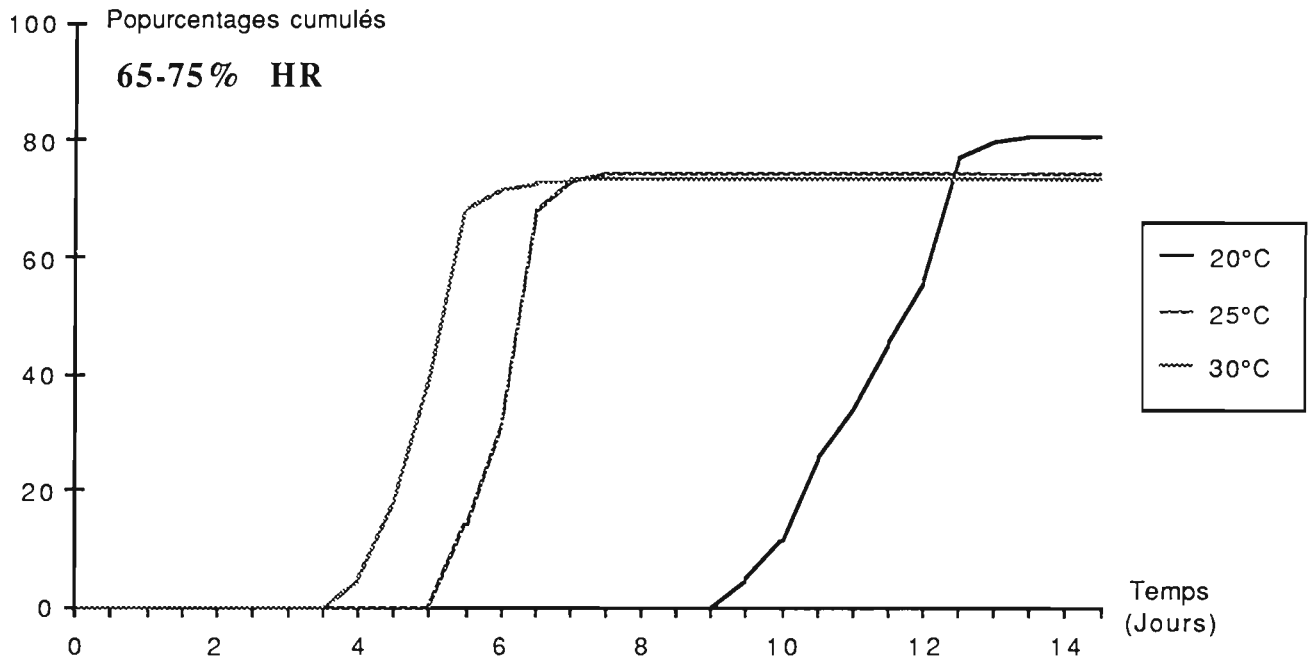
x	n	POIDS MOYEN (10 <sup>-3</sup> mg)
6	50	0,089 ± 0,005
18	31	0,139 ± 0,019
30	51	0,250 ± 0,030
42	31	0,285 ± 0,047
54	50	0,467 ± 0,048
66	31	0,493 ± 0,055
78	49	0,577 ± 0,061
90	24	0,534 ± 0,072
102	16	0,541 ± 0,081



## ANNEXE 42

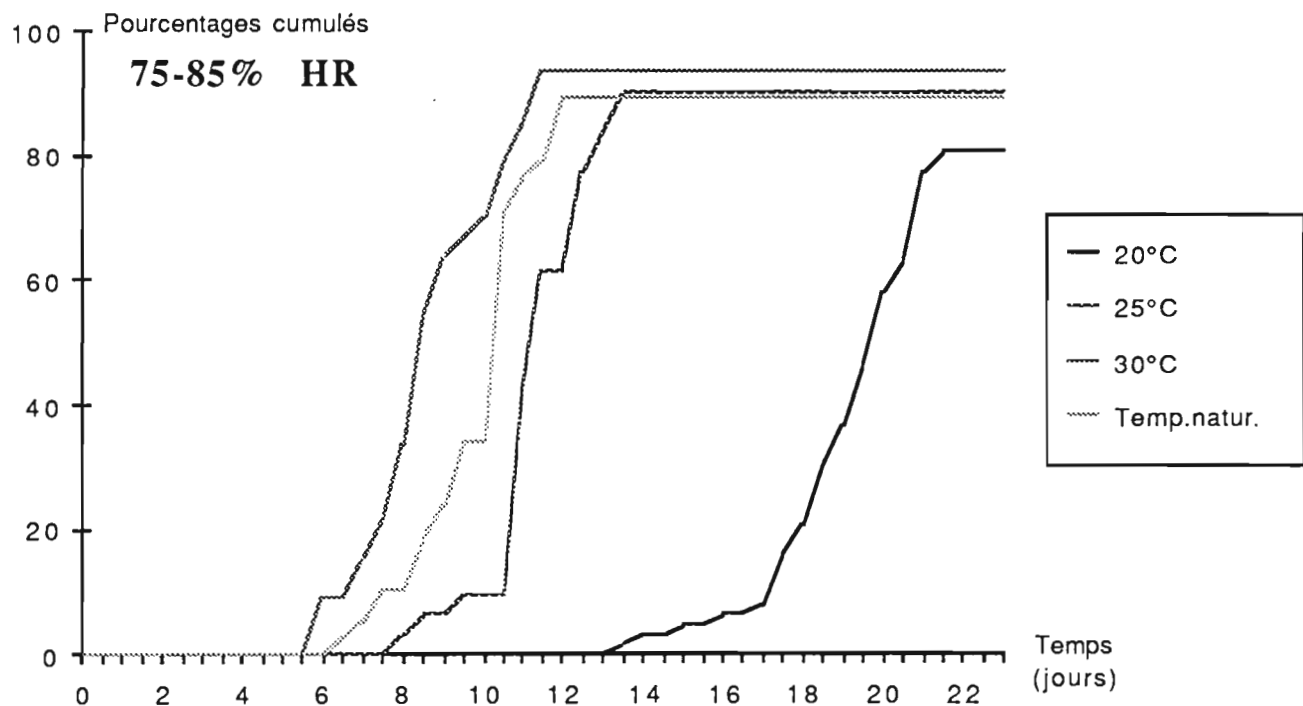
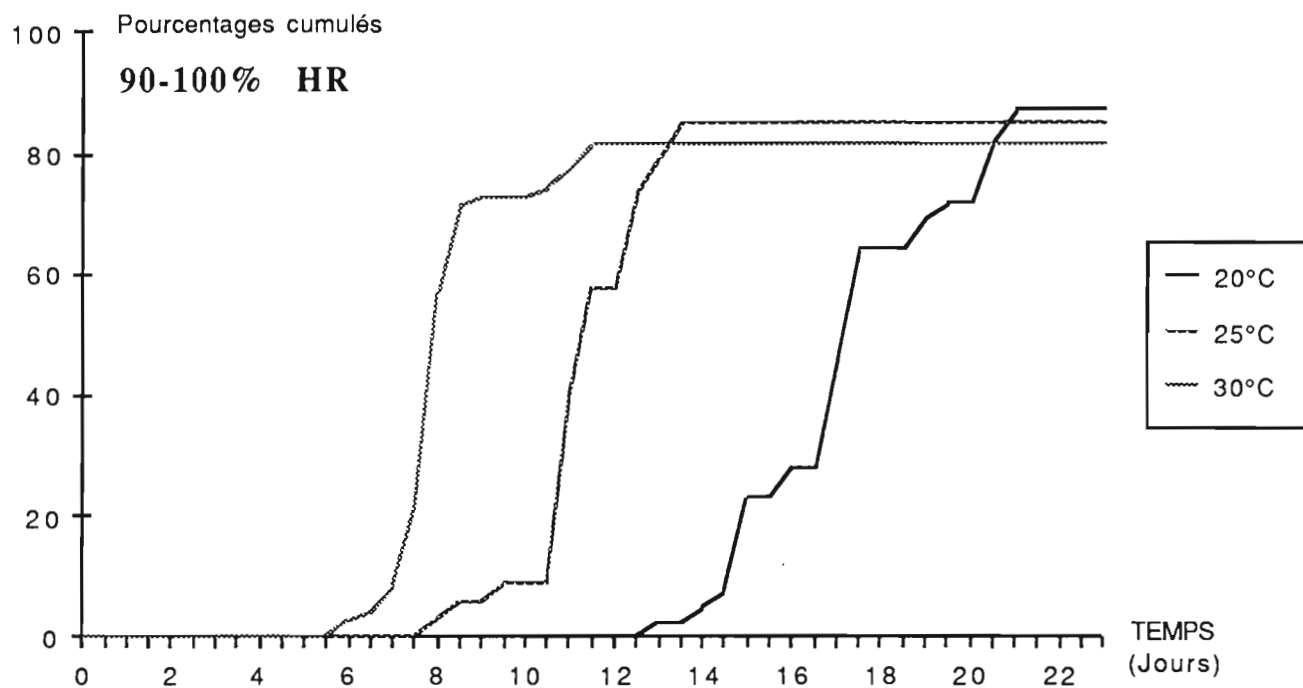
Effet de la température à différents taux d'humidité relative sur la durée et le taux d'éclosion des œufs de *Rodolia chermesina* Mulsant.

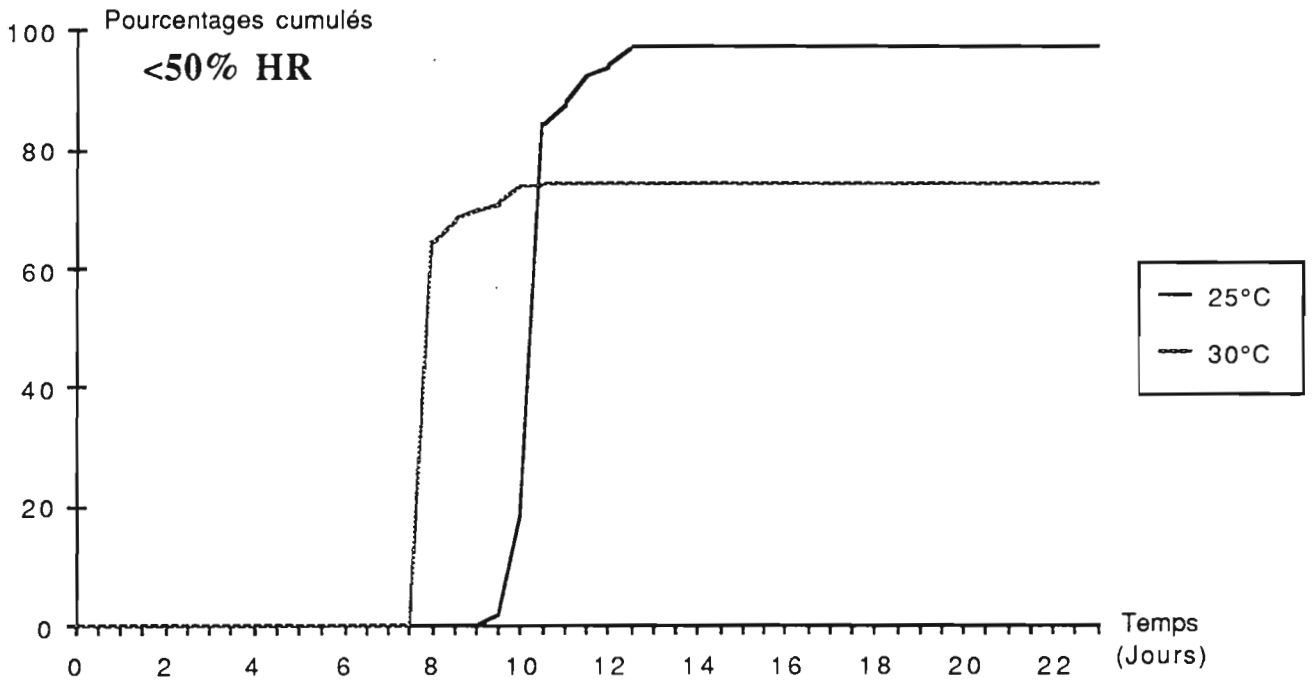
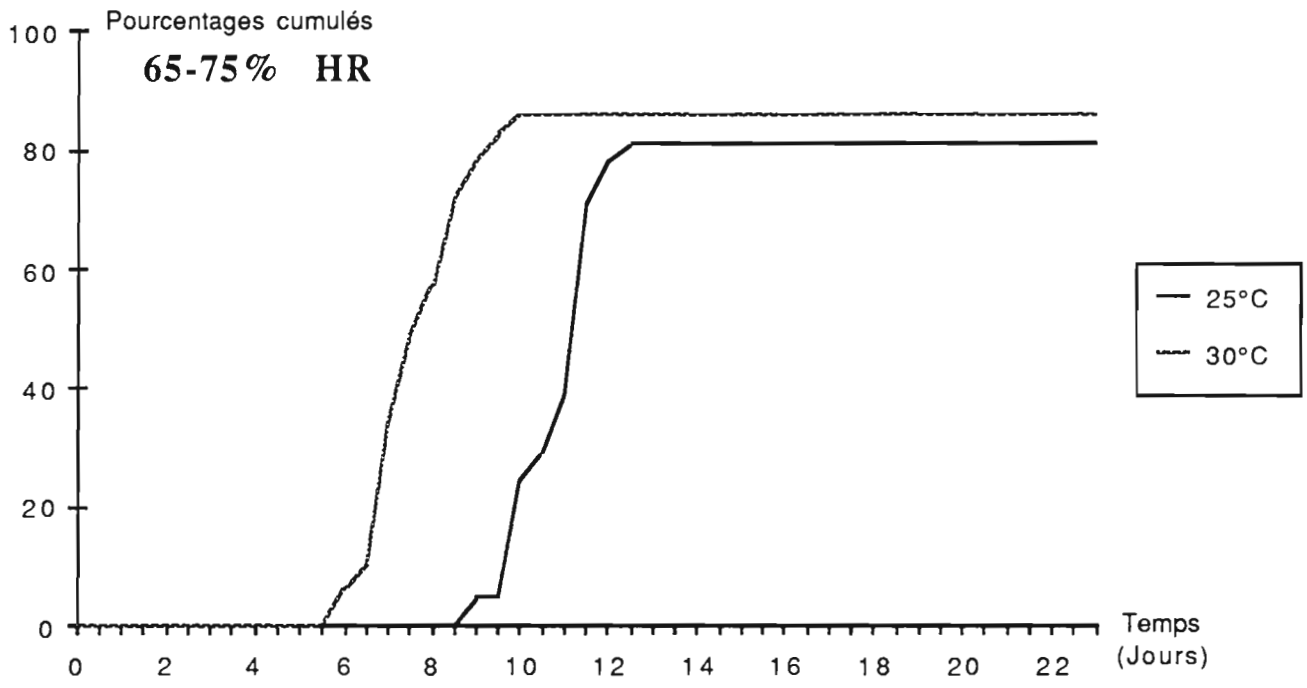




## ANNEXE 43

Effet de la température à différents taux d'humidité relative sur la durée et le taux d'émergence des adultes de *Rodolia chermesina* Mulsant.





## ANNEXE 44

Longévité des adultes mâles et femelles de *Rodolia chermesina* Mulsant, élevés sur le manglier blanc, *Avicennia marina* (Foessk.) Vierh., contaminé par *Icerya seychellarum* (Westwood).

TEMPS (jours x)	NOMBRE DE SURVIVANTS			PROBABILITE L <sub>x</sub> D'ETRE EN VIE AU JOUR x		
	Mâles	Femelles	Total	Mâles	Femelles	Sexes confondus
1	29	81	110	1,00	1,00	1,00
2	29	81	110	1,00	1,00	1,00
3	29	81	110	1,00	1,00	1,00
4	29	81	110	1,00	1,00	1,00
5	29	81	110	1,00	1,00	1,00
6	29	80	109	1,00	0,99	0,99
7	29	78	107	1,00	0,96	0,97
8	28	77	105	0,97	0,95	0,95
9	28	77	105	0,97	0,95	0,95
10	27	76	103	0,93	0,94	0,94
11	27	76	103	0,93	0,94	0,94
12	26	76	102	0,90	0,94	0,93
13	26	75	101	0,90	0,93	0,92
14	26	75	101	0,90	0,93	0,92
15	26	75	101	0,90	0,93	0,92
16	26	74	100	0,90	0,91	0,91
17	26	74	100	0,90	0,91	0,91
18	25	74	99	0,86	0,91	0,90
19	24	73	97	0,83	0,90	0,88
20	20	73	93	0,69	0,90	0,85
21	20	72	92	0,69	0,89	0,84
22	20	71	91	0,69	0,88	0,83
23	19	68	87	0,66	0,84	0,79
24	19	68	87	0,66	0,84	0,79
25	18	68	86	0,62	0,84	0,78
26	18	68	86	0,62	0,84	0,78
27	18	67	85	0,62	0,83	0,77
28	18	67	85	0,62	0,83	0,77
29	18	66	84	0,62	0,81	0,76
30	17	66	83	0,59	0,81	0,75
31	17	63	80	0,59	0,78	0,73
32	15	60	75	0,52	0,74	0,68
33	15	60	75	0,52	0,74	0,68
34	15	58	73	0,52	0,72	0,66
35	15	55	70	0,52	0,68	0,64
36	14	54	68	0,48	0,67	0,62
37	12	54	66	0,41	0,67	0,60
38	12	50	62	0,41	0,62	0,56
39	12	47	59	0,41	0,58	0,54
40	11	46	57	0,38	0,57	0,52
41	10	41	51	0,34	0,51	0,46
42	10	37	47	0,34	0,46	0,43

43	10	34	44	0,34	0,42	0,40
44	10	34	44	0,34	0,42	0,40
45	10	34	44	0,34	0,42	0,40
46	10	34	44	0,34	0,42	0,40
47	10	34	44	0,34	0,42	0,40
48	9	34	43	0,31	0,42	0,39
49	8	32	40	0,28	0,40	0,36
50	7	29	36	0,24	0,36	0,33
51	7	29	36	0,24	0,36	0,33
52	6	27	33	0,21	0,33	0,30
53	5	25	30	0,17	0,31	0,27
54	4	23	27	0,14	0,28	0,25
55	4	22	26	0,14	0,27	0,24
56	4	16	20	0,14	0,20	0,18
57	4	13	17	0,14	0,16	0,15
58	4	13	17	0,14	0,16	0,15
59	4	12	16	0,14	0,15	0,15
60	4	11	15	0,14	0,14	0,14
61	3	10	13	0,10	0,12	0,12
62	3	8	11	0,10	0,10	0,10
63	3	6	9	0,10	0,07	0,08
64	3	6	9	0,10	0,07	0,08
65	1	5	6	0,03	0,06	0,05
66	1	3	4	0,03	0,04	0,04
67	1	3	4	0,03	0,04	0,04
68	1	3	4	0,03	0,04	0,04
69	1	3	4	0,03	0,04	0,04
70	1	3	4	0,03	0,04	0,04
71	1	1	2	0,03	0,01	0,02
72	1	1	2	0,03	0,01	0,02
73	0	1	1	0,00	0,01	0,01
74	0	1	1	0,00	0,01	0,01
75	0	0	0	0,00	0,00	0,00

---

## ANNEXE 45

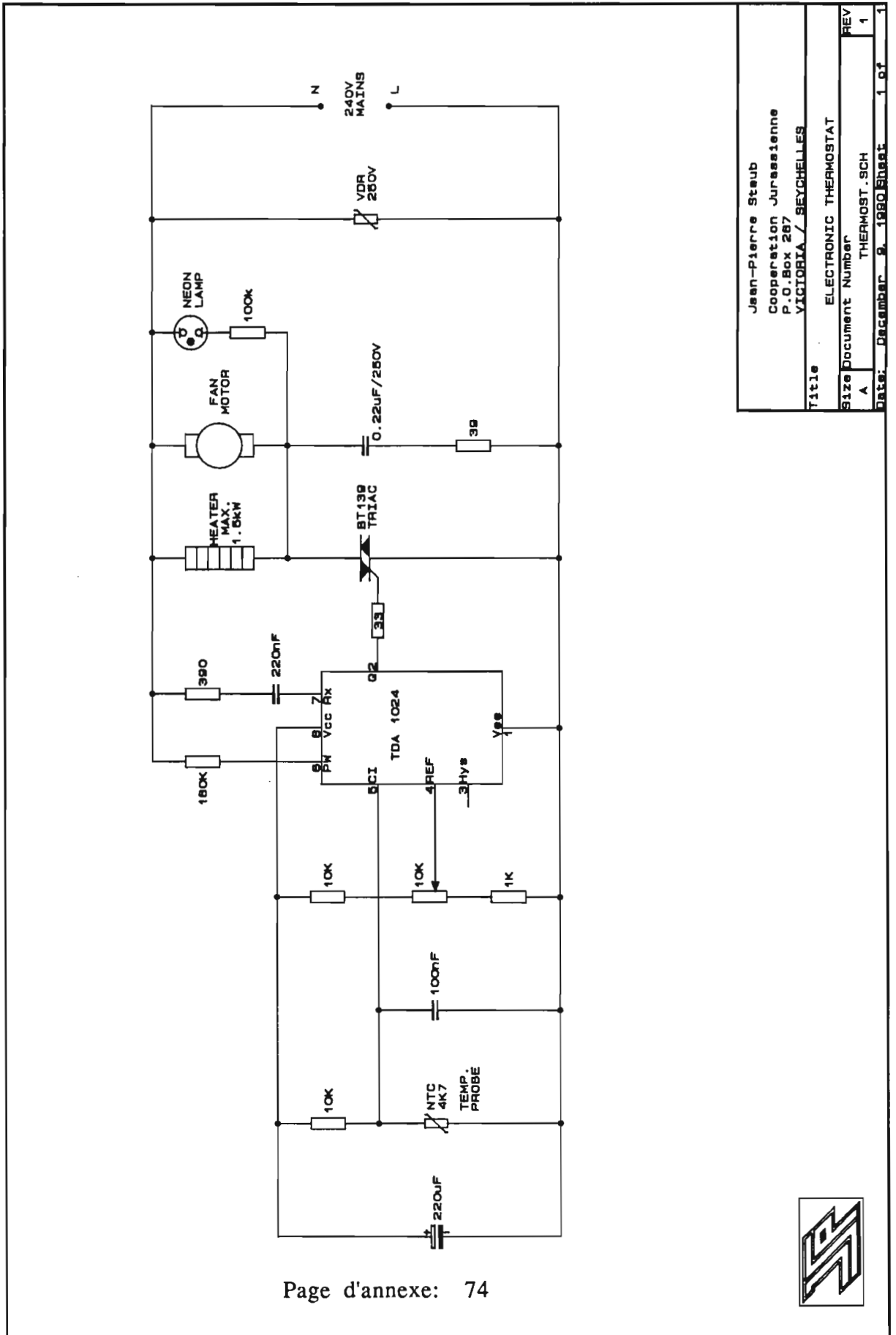
Sites de ponte relevés sur les feuilles, en fonction de la classe des cochenilles qui les contaminent, et de la catégorie de contamination.

Légende: le signe " \* " désigne des cochenilles mortes.

	Catégories de contamination			
	A	B	C	D
<b>Classes présentes: 1, 2, et 3</b>				
Nombre d'œufs pondus	36	69	43	3
Directement sur cochenilles (en%) :				
classe 1	2,8	2,9	0	0
classe 2	22,2	24,6	25,6	33,3
classe 3				
sur le corps de la femelle	36,1	44,9	37,2	33,3
dans l'ovisac	22,2	11,6	4,7	0
Sans contact avec les cochenilles (en%):				
dans les exuvies des cochenilles	16,7	15,9	20,9	0
œufs isolés	0	0	11,6	33,3
<b>Classes présentes: 1 et 2</b>				
Nombre d'œufs pondus	107	268	137	79
Directement sur cochenilles (en%) :				
classe 1	14,0	13,1	14,6	27,9
classe 2	43,0	50,0	57,7	34,2
classe 3 *				
sur le corps de la femelle	0	3,4	0	0
dans l'ovisac	0,9	1,1	0	0
Au voisinage des cochenilles (en%) :				
dans les exuvies des cochenilles	23,4	20,5	16,8	13,9
œufs isolés	17,8	11,9	8,8	24,0
<b>Classes présentes: 1 et 3</b>				
Nombre d'œufs pondus	111	212	96	70
Directement sur cochenilles (en%) :				
classe 1	6,3	12,3	8,3	8,6
classe 2 *	0	0,5	0	0
classe 3				
sur le corps de la femelle	41,4	38,7	51,0	41,4
dans l'ovisac	20,7	17,9	15,6	31,9
Sans contact avec les cochenilles (en%):				
dans les exuvies des cochenilles	28,8	21,2	18,8	12,9
œufs isolés	2,7	9,4	6,3	4,3

# ANNEXE 46

Schéma des thermostats électroniques utilisés dans les enceintes expérimentales.



Jean-Pierre Staub Cooperation Jurassienne P.O. Box 287 VICTORIA / SEYCHELLES	
TITLE ELECTRONIC THERMOSTAT	
Size A	Document Number THERMOST . SCH
Date: 9. 1980	Drawn: 1. 07
REV 1	





**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

## BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER, H.G.L., 1972 - An ecological study of terrestrial decapod crustaceans of Aldabra. Ph. D. University of London, 266pp.
- ALEXANDER, H.G.L., 1977 - A preliminary assessment of the role of terrestrial decapod crustaceans in the Aldabra ecosystem. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **B 286**, 241-246.
- ANDREWARTHA, H.G., BIRCH, L.C., 1954 - The distribution and abundance of animals. XV, Chicago, 782pp.
- ANONYME, 1955 - Pest : *Icerya seychellarum* (Westwood). In "Distribution Maps of Insect Pest. Commonwealth Institute of Entomology". *Entomology*, séries 1, n° 52.
- BAILEY, D., OBE, J.P., 1971 - List of the flowering plants and ferns of Seychelles with their vernacular names. Printed by the Government, *Printer Seychelles*, 48 pp.
- BEARDSLEY, J.W., 1955 - Fluted scales and their biological control in United States administered Microsenia. *Proceedings of the Hawaiian entomological Society*, **15** (3), 391-399.
- BECK, S.D., REESE, J.C., 1976 - Insect-plant interaction: nutrition and metabolism. In "Biochemical interactions between plants and insects". J.W. WALLACE and R.L. MANSELL (ed.), *Recent Adv. Phytochem.*, **10**, 42-92.
- BEDFORD, E.C.G., 1965 - An attempt to control the Seychelles scale, *Icerya seychellarum* (Westw.) (Homoptera : Coccidea) in South Africa by introducing *Cryptochaetum monophlebi* Skuse (Diptera : Cryptochaetidae). *Jour. Ent. Soc. S. Africa*, **28** (2), 155-165.
- BENEVENT, M., 1981 - Quelques aspects de la croissance chez les animaux supérieurs d'élevage. Laboratoire de Zootechnie, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, 93pp.
- BENSON, C.W., PENNY, M.J., 1971 - The land birds of Aldabra. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **B 260**, 417-527.
- BERIO, E., 1962 - Diagnosi di alcune Noctuidae della isole Seicelle e Aldabra. *Annali. Mus. Cir. Stor. Nat. Giacomo Doria*, **73**, 172-180.
- BERTALANFFY von, L., 1960 - Principles and theory of growth. In "Fundamental aspect of normal and malignant Growth". W.W. NOWINSKI (ed.), Elsevier, Amsterdam, 137-253.

- BIRCH, L.C., 1948 - The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.*, **17**, 15-26.
- BLACKMAN, R.A.A., PINHEY, E.C.G., 1967 - Odonata of Seychelles and other Indian Ocean island groups, based primarily on the Bristol University Expedition of 1964-1965. *Arnoldia*, **3** (12), 1-38.
- BLACKMORE, S., 1981 - Penetration of the host plant tissues by the stylets of the coccid *Icerya seychellarum* (Coccoidea : Margarodidae) on Aldabra Atoll. *Atoll Res. Bull.*, **255**, 33-38.
- BLUMBERG, D., MENDEL, Z., ASSAEL, F., RASIS, A., 1989 - Outbreak of the cushion scale, *Icerya purchasi*, and acclimatization of the parasitic fly *Cryptochaetum iceryae* in Israel. *Alon Hanotea*, **43**, 395-400.
- BOUR, R., 1982 - Contribution à la connaissance des Tortues terrestres des Seychelles: définition du genre endémique et description d'une espèce nouvelle probablement originaire des îles granitiques et au bord de l'extinction. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **295**, III, 117-122.
- BRADLEY, G.A., 1973 - Effect of *Formica obscuripes* (Hymenoptera : Formicidae) on the predator-prey relationship between *Hyperaspis congressis* (Coleoptera : Coccinellidae) and *Toumeyella numismaticum* (Homoptera : Coccidae). *Can. Ent.*, **105**, 1113-1118.
- BRIAN, M.V., 1953 - Oviposition by workers of the ant *Myrmica*. *Phys. comp. æcol.*, **3**, 25-36.
- BRODY, S., 1945 - Bioenergetics and growth. Reinhold, New-York, 1023 pp.
- BÜNZLI, G.H., 1935 - Untersuchungen über coccidophile Ameisen aus den Kaffeefeldern von Surinam. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, **16**, 455-534.
- BURNS, D.P., 1973 - The foraging and tending behaviour of *Dolichoderus taschenbergi* (Hym. Form.). *Can. Ent.*, **105**, 97-104.
- CALTAGIRONE, L.E., DOUTT, R.L., 1989 - The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Ann. Rev. Ent.*, **34**, 1-16.
- CHAZEAU, J., ETIENNE, J., FURSCH, H., 1974 - Les Coccinellidae de l'île de la Réunion (Insecta, Coleoptera). *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle*, 3è série, 210, Zoologie **140**, 265-297.
- CHAZEAU, J., FRIEDMANN, F., 1988 - L'invasion d'Aldabra par la cochenille *Icerya seychellarum* (Westw.) : état du problème en décembre et proposition d'intervention. Rapport de mission. Antenne ORSTOM, Mahé, République des Seychelles, 32 pp.

- CHEKE, A.S., 1984 - Lizards of the Seychelles, in Biogeography and ecology of the Seychelles Islands STODDART D.R. (ed.), W. JUNK Publishers, The Hague Boston, Lancaster, 331-360.
- COGAN, B.H., HUTSON, A.M., SHAFFER, J.C., 1971 - Preliminary observations on the affinities and composition of the insect fauna of Aldabra. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **B 260**, 315-325.
- DE BACH, P., BARTLETT, B.R., 1964 - Methods of colonization, recovery and evaluation, in P. BACH, ed., Biological control of insect pests and weeds, Reinhold, New-York, 402-428.
- DE BACH, P., HUFFAKER, C.B., 1971 - Experimental techniques for evaluation of the effectiveness of natural enemies, in C.B. HUFFAKER, ed., Biological Control, Chap. 5, Plenum Press. New-York, 113-140.
- DE BACH, P., ROSEN, D., 1976 - Armoured scale insects, in Studies in Biological Control, International Biological Programme 9, DELUCCHI V.L. ed., Cambridge University Press, Cambridge, 139-178.
- DELAVALT, R., ROYER, M., DUVIGNEAU, C., 1970 - Chronology of embryogenesis in *Icerya purchasi* insecta coccidae. *Ann. Embryol. & Morphog.*, **3**, n° 1, 71-80.
- DIAKONOFF, A., 1969 - Tortricidae from the Seychelles and Aldabra (Lepidoptera). *Tijdschr. Ent.*, **112**, 81-100.
- DONISTHORPE, H., 1927 - The guests of British ants, their habits and lifehistories. G. Routledge & Sons, Ltd. London, **23**, 244 pp.
- EHLER, L.E., 1990 - Introduction Strategies in Biological Control of Insects, in Critical Issues in Biological Control. ed. MACKAUER M., EHLER L.E., ROLAND J., Intercept, Andover, Hants UK, **3**, 11-134.
- EL-ZIADY, S., KENNEDY, J.S., 1956 - Beneficial effects of the common garden ant, *Lasius niger* L., on the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli. *Proc.eding Royal Entomol. Soc. of London*, (A) **31**, 61-65.
- ENTWISTLE, P.F., LONGWORTH, J.F., 1963 - The relationships between Cacao viruses and their vectors : the feeding beahviour of three mealybug (Homoptera : Pseudococcidae) species. *Ann. Appl. Biol.*, **52**, 387-391.
- EVANS, H.C., LESTON, D., 1971 - A ponerine ant (Hymenoptera : Formicidae) associated with Homoptera on cococa in Ghana. *Bull. Entomol. Res.*, **61**, 357-362.

- EWART, W.H., METCALF, R.I., 1956 - Preliminary studies of sugars and amino acids in the honeydew of five species of coccids feeding on citrus in California. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **49**, 441 pp.
- FARROW, G.E., 1971 - The climate of Aldabra Atoll. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **B 260**, 67-91.
- FERRAN, A., 1982 - Sur quelques caractéristiques éco-physiologiques de la prédation chez *Semiadalia undecimnotata* Schn. (Coleoptera : Coccinellidae). *Thèse d'Etat, Toulouse*, **3**, 173 pp.
- FOSBERG, F.R., RENVOISE, S.A., 1980 - The flora of Aldabra and neighbouring islands. *Kew Bulletin Additional*, séries VII, 358 pp.
- FRASER, A., LEWONTIN, R.C., 1965 - Discussion contribution,
- FRAZIER, J.G., 1971 - Behavioural and Ecological Observations on Giant Tortoises on Aldabra Atoll. University of Oxford, Merton Collège 257 pp.
- FRIEDERICHS, K., 1920 - Weberameisen und Pflanzenschutz. *Tropenflanzer*, **23**, 142-150.
- FRIEDMAN, F., 1983 - Compte-rendu d'une mission à Aldabra du 14 Mai au 1er Juillet 1983. Multigraphié, Antenne ORSTOM au Laboratoire de Phanérogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris), 18 p.
- FRITH, C.B., 1976 - A twelve month study of the Aldabran Fody *Foudia essinentissima aldabrana*. *Ibis*, **118**, 155-178.
- FRITH, C.B., 1979 - Feeding ecology of land birds on West Island Aldabra Atoll, Indian Ocean : a preliminary survey. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **B 286**, 195-210.
- FRITH, D.W., 1979 - A list of insects caught in light traps on West Island, Aldabra atoll, Indian Ocean. *Atoll. Res. Bull.*, **225**, 11 p.
- FRITZ, R.S., 1982 - An ant-treehopper mutualism : effects of *Formica subsericea* on the survival of *Vanduzea arquata*. *Ecol. Entomol.*, **7** (3), 267-276.
- GERY, R., 1987 - Etude expérimentale des aptitudes trophiques des larves d'*Hyperaspis raynevali* Muls. Coccinellidae néotropicale, prédateur de la cochenille du manioc *Pseudococcus manihoti* Matile-ferrero (Pseudococcidae). Mém. D.E.A. : Biologie-Agronomie, option : Protection des Cultures, Université de Rennes I, 38 pp.
- GHESQUIERE, J., 1942 - Recherches sur les Diptères d'Afrique, II. Notice monographique sur les muscoids Cryptochaetidae, parasites de Coccides Monophlebinae. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, **36**, fasc. 4, 390-410.

- GIBBS, R.D., 1975 - The chemataxonomy of flowering plants, Mc Graw-Hill.
- GOULD, M.S., HILL, M.G., NEWBERY, D.Mc.C., 1983 - The Goat and the coccid: interactions between two introduced herbivores and the vegetation of Aldabra atoll. *Atoll. Res. Bull.*, **273**, 247-254.
- GRAY, H.E., FRAENKEL, G., 1954 - The carbohydrate components of honeydew. *Physiol. Zool.*, **27**, 56 pp.
- GREATHEAD, D.J., 1971 - A review of Biological control in the Ethiopian Region. CIBC Techn. Bull., **5**, CAB, 161 pp.
- GREATHEAD, D.J., 1972 - The rediscovery in Kenya of 2 introduced Coccinellids *Cryptolaemus montrouzieri* and *Rodolia cardinalis*. *East African Agricultural and Forestry Journal (Kenya)*, **2**, 214.
- GREATHEAD, D.J., POPE, R.D., 1977 - Studies on the biology and taxonomy of some *Chilocorus* spp. (Coleoptera : Coccinellidae) preying on *Aulacaspis* spp. (Homoptera : Diaspididae) in East Africa, with the description of a new species. *Bull. ent. Res.*, **67**, 259-270.
- GREEN, E.E., 1907 - Notes on the Coccidae collected by the Percy Sladen Trust Expedition to the Indian Ocean : supplemented by a collection received from Mr. R. Dupont, Directeur. *Trans. Linn. Soc. London*, 197-207.
- GRUBB, P., 1971 - The growth, ecology and population structures of giant tortoises on Aldabra. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **B 260**, 327-372.
- GUNN, B.H., 1979 - Dispersal of the cochineal insect *Dactylopius austrinus* De Lotto (Homoptera : Dactylopiidae). Unpublished Ph. D. thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- GURNEY, B, HUSSEY, N.N., 1970 - Evaluation of some coccinellid species for the biological control of aphid in protected cropping. *Ann. Appl. Biol.*, **65**, 451-458.
- HAIMES, I.H., HAIMES, J.B., 1978 a - Colony structure, seasonality and food requirements of the crazy ant *Anoplolepis longipes* in the Seychelles. *Ecol. Entomol.*, **3**, 109-118.
- HAIMES, I.H., HAIMES, J.B., 1978 b - Pest status of the crazy ant *Anoplolepis longipes* (Hym. Form.) in the Seychelles. *Bull. Entomol. Res.*, **68**, 627-638.
- HANOVER, J.W., 1975 - Physiology of tree resistance to insects. *Ann. Rev. Ent.*, **20**, 75-95.
- HERBULOT, C., 1962 - Nouveaux Geometridae d'Aldabra. *Lambillionea*, **62**, 31-33.

- HILL, J.E., 1971 - The bats of Aldabra Atoll, western Indian Ocean. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **B 260**, 573-576.
- HILL, M.G., 1980 a - Wind dispersal of the coccid *Icerya seychellarum* (Margarodidae : Homoptera) on Aldabra atoll. *J. anim. Ecol.*, **49**, p. 939-957.
- HILL, M.G., 1980 b - Susceptibility of *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. bushes to attack by the coccid *Icerya seychellarum* (Westw.) : the effects of leaf loss. *Ecol. Entomol.*, **5**, p. 345-352.
- HILL, M.G., BLACKMORE, P.J.M., 1980 - Interactions between Ants and the coccid *Icerya seychellarum* (Westw.) on Aldabra Atoll. *Oecol. (Berl.)*, **45**, p. 360-365.
- HILL, M.G., NEWBERY, D.Mc C., 1980 - The distribution and abundance of the coccid *Icerya seychellarum* (Westw) on Aldabra Atoll. *Ecol. Entomol.*, **5**, p. 115-122.
- HILL, M.G., NEWBERY, D.Mc C., 1982 - An analysis of the origins and affinities of the coccid fauna (Coccoidea : Homoptera) of Western Indian Ocean Islands with special reference to Aldabra atoll". *J. Biogeogr.*, **9**, p. 223-229.
- HILL, M.G., NEWBERY, D.Mc C., WALOFF, N., RUTTER, A.J., 1988 - Proposals for the biological control of *Icerya seychellarum* on Aldabra atoll. *Bull. Biol. Soc. Washington*, **8**, 38-39.
- HUGHES-SCHRADER, S., 1948 - Cytology of coccids (Coccoidea-Homoptera). *Adv. Genet.*, **2**, 127-203.
- HUGHES-SCHRADER, S., MONAHAN, D.F., 1966 - Hermaphroditism in *Icerya zeteki* Cockerell and the mechanism of gonial reduction in Iceryne coccids (Coccoidea : Margarodidae, Morrison). *Chromosoma*, **20**, 15-31.
- JANZEN, D.H., 1972 - Protection of *Barteria* (Passifloracea) by *Pachysima* ants (Pseudomyrmecinae) in a Nigerian rain forest. *Ecology*, **53**, 885-892.
- JOLIVET, E., 1982 - Introduction aux modèles mathématiques en biologie. Actualités scientifiques et agronomiques de l'INRA, Institut Nationale de la Recherche Agronomique, n° 11, INRA et Masson, Paris, ISBN : 2-225-78188, **5**, 151 pp.
- JOLIVET, P., 1986 - Les Fourmis et les Plantes, un exemple de coévolution. *Boubée ed., Fondation Singer-Polignac*, 254 pp.
- KAPUR, A.P., 1949 - On the Indian species of *Rodolia Mulsant* (Coleoptera : Coccinellidae). *Bull. entomol. Res.*, **39**, 531-538.

- KIRITANI, K., DEMPSTER, J.P., 1973 - Different approaches to the quantitative evaluation of natural enemies. *J. appl. Ecol.*, **10**, 323-330.
- KOEBELE, A., 1890 - Report of a trip to Australia made under direction of the Entomologist to investigate the natural enemies of the Fluted Scale. *Bull. Bur. Ent. U.S. Dep. Agric.*, **21**, 1-32.
- KREBBS, C.J., 1972 - Ecology : The experimental analysis of distribution and abundance. *Harper & Row, New-York*, 694 pp.
- LAUGHLIN, R., 1965 - Capacity for increase : a useful population statistic. *J. Anim. Ecol.*, **34**, 77-91.
- LEDOUX, A., 1950 - Recherche sur la biologie de la fourmi fileuse *Oecophylla longinoda* Latr. *Ann. Sci. nat. Zool.*, **II,12**, 314-461.
- LEGRAND, H., 1965 - Lépidoptères des Iles Seychelles et d'Aldabra. *Mem. Museum National d'Histoires Naturelles de Paris A, Zoologie*, **37**, 1-210.
- LEGRAND, H., 1971 - Notes sur les Geometridae des Seychelles et d'Aldabra (Lepidoptera). *Bull. Soc. ent., France*, **76**, 81-82.
- LENTEREN, J.C. van, 1980 - Evaluation of control capabilities of natural enemies : does art have to become science. *Netherlands Journal of Zoology*, **30**, 369-381.
- LESLIE, P. H., 1945 - The use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, **33**, 213-245.
- LEVINS, R., 1969 - Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bull. ent. Soc. Amer.*, **15**, 237-240.
- LOTKA, A.J., 1922 - The stability of the normal age distribution. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.*, **8**, 339-345.
- LOTKA, A.J., 1931 - The structure of a growing population. *Hum. Biol.*, **3**, 459-493.
- LUFF, M.L., 1983 - The potential of predators for pest control. *Agric., Ecosyst. Environ.*, **10**, 159-181.
- MACNAE, W., 1971 - Mangroves on Aldabra. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **B 260**, 237-247.
- MACKAUER, M., 1976 - Genetic problems in the production of biological control agents. *Annu. Rev. Entomol.*, **21**, 369-385.
- MAMET, R., 1943 - A revised list of Coccoidea of the Islands of the Western Indian



Ocean, South of the Equator. *The Mauritius Ins. Bull.*, **2**, p. 137-170.

- MATTSON, W.J., ADDY, N.D., 1975 - Phytophagous insects as regulators of forest primary production. *Science*, **190**, 515-522.
- MURRAY, G.H., 1937 - Outbreak *Promecotheca antiqua*. Lindenhafen Estate. *New Guinea agric. Gaz.*, **3**, n° 2, 1-2.
- NAKAHARA, S., 1982 - Seychelles Fluetid Scale *Icerya seychellarum* (Westw.), in : pest not know to occur in the United States of limited distribution. Aphis 81-40, USDA, Beltsville, MS, USA, n° 21, 10 pp.
- NEWBERY, D. Mc. C., 1980 a - Infestation of the coccid *Icerya seychellarum* (Westw.), on the Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. on Aldabra atoll, with special reference to tree age. *Oecologia. (Berlin)*, **45**, 325-330;
- NEWBERY, D. Mc. C., 1980 b - Interactions between the Coccid, *Icerya seychellarum* (Westw.) and its host tree species on Aldabra Atoll. I. *Euphorbia pyrifolia* Lam. *Oecologia. (Berlin)*, **46**, p. 171-179.
- NEWBERY, D. Mc. C., 1980 c - Interactions between the Coccid, *Icerya seychellarum* (Westw.) and its Host Tree Species on Aldabra Atoll. II. *Scaveola taccada* (Gaertn.) Roxb. *Oecologia. (Berlin)*, **46**, p. 180-185.
- NEWBERY, D. Mc. C., 1988 - Recently monitored trends in the abundance of *Icerya seychellarum* Westw. (Insecta : Homoptera) on Aldabra atoll, with suggestions for its biological control. *Biol. Soc. Wash. Bull.*, **8**, 30-39.
- NEWBERY, D. Mc. C., HILL, M.G., WATERMAN, P.G., 1983 - Host tree susceptibility to the coccid *Icerya seychellarum* Westw. (Margarodidae : Homoptera) Aldabra Atoll : the role of leaf morphology, chemistry, phenology. *Oecologia (Berlin)*, **60**, p. 333-339.
- NEWBERY, D. Mc. C., HILL, M.G., 1985 - Changes in the distribution of the coccid *Icerya seychellarum* Westw. on Aldabra Atoll in relation to vegetation density. *Atoll Res. Bull.*, **291**, 1-12.
- NIXON, G.E.J., 1951 - The association of ants with aphids and coccids. Commonwealth Inst. Ent., London, 36 p.
- NUR, U., 1980 - Evolution of unusual chromosome systems in scale insects (Coccoidea : Homoptera), In Insect cytogenetics, BLACKMAN R.L., HEWITT G.M., ASHBURNER M. (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford,

- PASTEELS, J.M., DEROE, R., TURSCH, B., BRACKMAN, J.C., DALOZE D., HOOTELE, C., 1973 - Distribution et activités des alcaloïdes défensifs des Coccinellidae. *J. Insect Physiol.*, **19**, 1771-1784.
- PEAKE, J.F., 1975 - Aldabra coccids. Aldabra Research Station, Station report, ALD/23 (75), 3 pp.
- PENNY, M.J., DIAMOND, A.W., 1971 - The Write-throated Rail *Dryolimnas cuvieri* on Aldabra. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B **260**, 529-548.
- PHILLIPS, J.S., 1940 - Immature nutfall of coconuts in the Solomon Islands. *Bull. Ent. Res.*, **31**, 295-316.
- PIELOU, E.C., 1969 - An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, United States of America, 286pp.
- POLJAKOFF MAYBER, A., GALE, J., 1975 - Plants in saline environments. Berlin Heidelberg N.Y., Springer - Verlag, 213 pp.
- POPE, R.D., 1979 - Wax production by coccinellid larvae (Coleoptera). *Syst. Entomol.*, **4**, 171-196.
- PRELL, H., 1925 - Ameisen als Schutz gegen Raupenfrass. *Forstl. Wschr., Silva*, **1925**, n°7, repr. 16 pp. (R.A.E., (A) **13**, 208).
- PRYS-JONES, R.P., DIAMOND, A.W., 1984 - Ecology of the land birds on the granitic and coralline islands of the Seychelles, with particular reference to Cousin Island and Aldabra Atoll. In Biogeography and ecology of the Seychelles Island, STODDART, D.R. (ED.), W.JUNK Publishers, The Hague, Boston, Lancaster, 529-558.
- QUEZADA, J.R., DE BACH, P., 1973 - Biological and population studies of the Cottony-cushion Scale, *Icerya purchasi* Mask., and its Natural enemies, *Rodolia cardinalis* Mul. and *Cryptochaetum icerya* Will., in Southern California Division of Biological control, Riverside, California USA, *Hilgardia*, **41**, (20), 631-688.
- RAU, P., 1934 - Notes on the behavior of certain ants of St. Louis County. *Mo. Trans. Acad. Sci. St. Louis*, **28**, 207-215.
- REMYNGTON, C.L., 1968 - The population genetics of insect introduction. *Annu. Rev. Entomo.*, **13**, 415-426.
- RENVOISE, S.A., 1971 - The origin and distribution of the flora of Aldabra. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, B **260**, 227-236.
- RENVOISE, S.A., 1975 - *Icerya seychellarum* on Aldabra. Unpublished Royal Society Aldabra Research Station report, ALD / **21** (75), 41 pp.

- RICHARDS, A.M., 1981 - *Rhyzobius ventralia* (Erichson) and *R. foretieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), their biology and value for scale insect control. *Bull. Ent. Res.*, **71**, 33-46.
- RICHARDS, O.W., DAVIES, R.G., 1977 - Imm's General Textbook of Entomology. Vol. 2 : classification and Biology. London, Chapman and Hall, Halsted Press, 1354 pp.
- RICHARDS, O.W., SOUTHWOOD, T.R.E., 1968 - The abundance of insects : introduction. Symposia of the Royal entomological Society of London: Number four, *Insect Abundance* edited by T.R.E. SOUTHWOOD, Blackwell Scientific Publications, 1-7.
- RILEY, C.V., 1886 - Report of the Entomologist for the year 1886. Government Printing Office, Washington D.C.
- ROBERTS, M.J., 1983 - Spiders of the families Theridiidae , Tetragnathidae and Araneidae (Arachnida: Araneae) from Aldabra atoll. *Zoological Journal of the Linnean Society*, V. **77**, n°3, 217-291.
- ROBERTS, P.J., 1986 - Aldabra research station, Warden report 1986, july-november 1986, 19 pp.
- ROYER, M., DELAVAUULT, R., 1974 - Formation of males in *Icerya purchasi*, hermaphrodite insect (Homoptera: Coccidea). *Comptes Rendus hebdomadaires des Seances de l'Académie des Sciences, Série D, Sciences Naturelles*, V.**278**, n°17, 2205-2208.
- SCHANDERL, H., 1987 - Détermination des conditions optimales d'élevage de la coccinelle *Harmonia axyridis* Pallas (Col., Coccinellidae) et possibilité d'une production continue à l'aide d'une proie de substitution, les œufs d'*Ephestia kuechniella* Zeller (Lep., Pyralidae), Thèse de Docteur en Sciences de l'Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille 3, spécialité Ecologie.
- SCHERRER, B., 1984 - Biostatistique, Gaétan Morin Editeur, Canada, 850 pp.
- SILVESTRI, F., 1903 Contribuzioni alla conoscenza dei Mirmecofili. I. Osservazioni su alcuni mirmecofili dei dintorni di Portici, *Annuario del Museo Zoologico della R. Università di Napoli (n.s.)*, **1** (13), 1-5.
- SKINNER, G.J., WHITTAKER, J.B., 1981 - An experimental investigation of interrelationships between the wood ant (*Formica rufa*) and some tree-canopy herbivores. *J. Anim. Ecol.*, **50** (1), 313-326.
- SPAULL, V.W., 1979 - Distribution of soil and litter arthropods on Aldabra atoll. *Phil. Trans. R. Soc. London*, **B. 286**, 109-117.

- STODDART, D.R., 1971 a - Scientific studies at Aldabra and neighboring islands, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **B 260**, 5-29.
- STODDART, D.R., 1971 b - Settlement, development and conservation of Aldabra. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **B 260**, 611-628.
- STODDART, D.R., 1971c - Place names of Aldabra. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **B 260**, 631-632.
- STODDART, D.R., MORRIS, M.G., 1980 - A management Plan for Aldabra. *Royal Society Aldabra Res. Station*, Station Report, 59 pp.
- STODDART, D.R., SAVY, S., 1983 - Aldabra: Island of Giant Tortoises. *Ambio*, V. 12, n°3-4, 180-185.
- STODDART, D.R., MOLE, L.U. 1977 - Climate of Aldabra atoll. *Atoll Research Bulletin*, n°202, 1-21.
- STOUT, J., 1979 - An association of an ant, a mealybug and an understorey free from a Costa Rican rain forest. *Biotropica*, **11**, 309-311.
- STRICKLAND, A.H., 1951 - The entomology of Swollen Shoot of cacao. II. The bioeconomics and ecology of the species involved. *Bull. Ent. Res.*, **42**, 65-103 pp.
- SUNDBY, R.A., 1966 - A comparative study of the efficiency of three predatory insects, *Coccinella septempunctata* L. (Col. Coccinellidae), *Chrysopa carnea* Steph. (Neur. Chrysopidae) and *Syrphus ribesii* L. (Diptera, Syrphidae) at two different temperatures. *Entomophaga*, **2**, 395-407.
- SWINGLAND, I.R., 1977 - Reproductive effort and life strategy of the Aldabran giant tortoise. *Nature London*, **269**, 402-404.
- TAYLOR, L.R., 1974 - Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. *Journal of Animal Ecology*, **43**, 225-238.
- TEDDERS, W.L., SMITH J.S., 1976 - Shading effect on pecan by sooty mold growth. *J. Econ. Entomol.*, **69**, 551-553.
- THORPE, W.J., 1930 - The biology and post embryonic development and economic importance of *Cryptochaetum icerya* (Diptera : Agromyzidae), a parasite of *Icerya purchasi*. *London Zool. Soc. Proc.*, **60** (4), 929-971.
- TYNES, J.S., HUTCHINS, R.E., 1964 - Studies of plant-nesting ants in east central Mississippi, *Am. Midl. Natur.*, **72**, 152-156.
- VESEY-FITZGERALD, D., 1940 a - Notes on some Coccinellidae (Col.) from Islands in the Indian Ocean". *Bull. Ent. Res.*, **31**, 191-192.

- VESEY-FITZGERALD, D., 1940 b - The control of Coccidae on coconuts in Seychelles. *Bull. Ent. Res.*, **31**, 253-283.
- VESEY-FITZGERALD, D., 1941 a - Some insects of economic importance in Seychelles. *Bull. Ent. Res.*, **32**, 153-160.
- VESEY-FITZGERALD, D., 1941 b - Progress of the control of coconut feeding coccidae in Seychelles. *Bull. Ent. Res.* **32**, 161-164.
- VESEY-FITZGERALD, D., 1953 - Review of biological control of coccid coconut palms in the Seychelles. *Bull. Ent. Res.*, **44**, 405-413.
- VEYSSIERE, P., 1961 - Contribution à l'étude biologique et systématique des Coccidae. *Ann. des Epiphytes*, **12**, 197-382.
- VIETTE, P., 1958 - Notes sur des petites collections de Lépidoptères récoltés aux îles Comores et en Aldabra, *Lambillionea*, **58**, 60-65.
- VOUTE, A.D., 1935 - *Cryptorrhynchus gravis* F. und die Ursachen seiner Massenvermehrung in Java. *Arch. néerl. Zool.*, **2**, 112-142, (R.A.E., (A) **24**, 198 pp.).
- WAISEL, Y., 1972 - Biology of Halophytes. Academic Press, London, 395 pp.
- WALOFF, N., 1977 - Population Ecology of *Icerya seychellarum* and its effect on vegetation of Aldabra. The Royal Society, Visit to Aldabra by Professor A.J. RUTTER and Dr. N. WALOFF, 24th March- 5th May 1977 (43 days), Station Report ALD/33 (77), 3pp.
- WAY, M.J., 1954 a - Studies of the life history and ecology of the ant *Oecophylla longinoda* Latreille. *Bulletin of Entomological Research*, **45**, 93-112.
- WAY, M.J., 1954 b - Studies on the association of the ant *Oecophylla longinoda* Latreille, with the scale insect *Saissetia zanzibarensis* Williams. *Bulletin of Entomological Research*, **45**, 113-134.
- WAY, M.J., 1963 - Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. *A. Rev. Ent.*, **8**, 307-344.
- WEBB, M.D., 1975 - Fulgoroidea from Aldabra, Astove and Cosmoledo Atolls, collected by the Royal Society Expedition 1967-68 (Hemiptera-Homoptera), *Atoll Res. Bull.*, **117**, 1-10.
- WHITE, M.J.D., 1973 - Animal Cytology and Evolution. 3 rd. edn. Cambridge, University Press, London & New-York.
- WIEBES, J.T., 1975 - Fig insects from Aldabra (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Zool. Meded. Leiden*, **49**, 225-236.

- WILLARD, J.R., 1976 - Dispersal of the California red scale (*Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera : Diapsididae) in relation to weather variables. *Journal of the Austr. Entomol. Soc.*, **15**, 395-404.
- WILSON, F., 1965 - Biological Control and the genetics of colonizing species. In "The genetics of colonizing species" BACKER H.G. & LEDYARD STEBBINS G. ed., Academic Press New-York, 307-325.
- WOOD, D., 1972 - Report on Aldabra botanical work Sept. 1971 - June 1972. *The Royal. Soc.*, ALD/32 (72), 1-8.
- YENSEN, N., YENSEN, E., JENSEN, D., 1980 - Intertidal ants from the gulf of California, Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **73**, 266-269.

-----

---

## Abstract

The biological control against *Icerya seychellarum* (Westwood) (Homoptera:Margarodidae), on Aldabra-atoll is based on the predation activity of the ladybird *Rodolia chermesina* Mulsant (Coleoptera:Coccinellidae). This four-parts work presents the realisation and the studies preliminary to its introduction.

The first part concerns the pest *I.seychellarum* :

- a bibliographical review of its distribution throughout the world, gives a list of natural enemies which have been used to attempt its biological control; the parasitoïdes *Cryptochaetum* are specially described;
- the situation of the coccid on Aldabra-atoll is explained: the consequences of its attacks on the plants, the evolution of its populations, its local natural enemies;
- its biotic potential is evaluated by the description of the woolly pouch contents;
- the relationship with five different ant species is also examined in view of biological control.

The second part is about the larvae (weight evolution and predation) of two predators candidates for the introduction: *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). The comparaision of the four larvae instars includes: their duration, the death rate of each one, and the measure of the pest consumption level made allows the appreciation of the relation between food intake and weight growth.

The life-cycle of the ladybird *R.chermesina* is studied in laboratory: "innate capacity for increase" (at 25°C, 30°C and natural temperatures), eggs development, influence of the coccids'food-plants on the duration of the larvae instars, pupa development.

The last part is on the biology of *R.chermesina* in the mangrove of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.: longevity and laying-comportment, expression for the progeniture, death rate during the development instars. At the end, the introduction of *R.chermesina* is described: first "introductory release" of 1442 adults in 1989 at 'Cinq Cases', and in 1990 "supplementary releases" in the southen parts of the atoll.

---

VU : le 6 Novembre 1991

Le Président de la thèse

VU :

Le Directeur de thèse

VU et APPROUVE

RENNES, le 7 novembre 1991

Le Directeur de l' U.F.R.

VU pour autorisation de soutenance

RENNES, le

Le Président de l'Université de RENNES I,

J.C. HARDOUIN



---

## Résumé

Le prédateur *Rodolia chermesina* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) a été introduit sur l'atoll d'Aldabra pour contrôler les pullulations de la cochenille des Seychelles, *Icerya seychellarum* (Westwood) (Homoptera: Margarodidae). Les quatre parties de ce travail présentent les études préliminaires et la réalisation de cette introduction.

La première partie est consacrée à la cochenille *I.seychellarum* :

- une revue bibliographique porte sur sa répartition mondiale et les ennemis naturels utilisés dans des tentatives de lutte biologique; le cas des diptères *Cryptochaetum* est développé;
- sur l'atoll d'Aldabra, la situation du ravageur est décrite (conséquences de ses attaques sur les végétaux, évolution de ses populations, ennemis naturels locaux);
- son potentiel biotique est déterminé par une étude du contenu des ovisacs;
- ses relations avec les fourmis sont étudiées dans la perspective d'une lutte biologique.

La deuxième partie porte sur la prédation des larves de deux prédateurs candidats à l'introduction: *Rodolia cardinalis* (Mulsant) et *Rodolia chermesina* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). L'étude comparée est menée sur la durée et la mortalité des quatre stades larvaires. La mesure de la consommation des larves des quatre stades et le suivi de leur croissance pondérale permettent le calcul du rendement alimentaire.

La troisième partie est consacrée à l'étude de la biologie du prédateur *R.chermesina* : potentiel d'accroissement à 25°C, 30°C et en conditions naturelles, développement de l'œuf, effet des plantes-hôtes d'*I.seychellarum* sur la durée des stades larvaires de *R.chermesina*, développement nymphal.

La dernière partie est consacrée à la biologie de *R.chermesina* dans les conditions naturelles de la mangrove d'*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. à Aldabra: longévité et ponte des adultes, expression de la descendance, taux de survie des stades de développement pré-imaginaux. L'introduction du prédateur est décrite: en 1989 lâcher d'introduction de 1442 adultes à "Cinq Cases" et lâchers complémentaires en 1990.

---