

THESE

présentée à
L'UNIVERSITE DE NICE

pour obtenir
LE DIPLOME UNIVERSITAIRE DE RECHERCHES
Mention: Biologie animale

par
Antoine KIYINDOU

Sujet de la thèse

ETUDE BIOLOGIQUE DE *Diomus hennesseyi* Fürsch
(Coleoptera, Coccinellidae)
DETERMINATION DE SES APTITUDES PREDATRICES POUR LUTTER
CONTRE LA COCHENILLE DU MANIOC *Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr.
(Homoptera, Pseudococcidae).

soutenue le 18 octobre 1990
devant la commission d'examen composée de:

G. GREUET, Professeur à l'Université de Nice	(Président)
G. IPERTI, Directeur de rech., INRA d'Antibes	(Rapporteur)
P. FALCONETTI, Maître de conf. Univ. de Nice	(Examineur)
G. FABRES, Directeur de rech., ORSTOM Montpellier	(Examineur)
J. BRUN, Ingénieur, INRA d'Antibes	(Examineur)
A. FERRAN, Chargé de rech., INRA d'Antibes	(Examineur)

76
RAVPLA08
KIY

par immense
h2 94863
KA Lea Bdey
F 34.098

AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé à la Station de Zoologie Agricole et de Lutte Biologique d'Antibes (I.N.R.A.) entre 1989 et 1990.

Il constitue notre modeste contribution au programme de lutte contre les ravageurs du manioc en République Populaire du Congo.

Les études ont pu être menées à bien grâce à une bourse "Formation Insertion" délivrée par l'O.R.S.T.O.M.

A Monsieur FABRES, Directeur de recherches O.R.S.T.O.M., qui a guidé les premiers pas de l'entomologiste débutant que j'étais, et m'a donné l'occasion de me former à l'I.N.R.A., j'exprime aujourd'hui ma sincère reconnaissance et ma volonté de continuer.

A Monsieur le Professeur GREUET, de l'Université de Nice-Sophia-Antipolis, qui ont bien voulu accepter de présider et de juger ma thèse, aidé en cela par Monsieur FALCONETTI C., j'exprime mes sincères remerciements.

A Monsieur ONILLON, Directeur de la Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes, qui a bien voulu m'accueillir en stage dans son établissement, j'exprime ma reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur IPERTI, Directeur de recherches à l'I.N.R.A., sous sa direction, j'ai appris à connaître avec plus de précision le monde passionnant des Coccinelles. Chez lui, je puis dire que j'ai été à la "Bonne Ecole".

A Monsieur BRUN, Ingénieur au laboratoire des Coccinelles de Valbonne dont la compétence dans l'élevage des coccinelles m'a été d'un grand secours, ainsi qu'à Madame BRUN j'adresse mes remerciements chaleureux.

Je tiens particulièrement à remercier Messieurs BENASSY et FERRAN de l'I.N.R.A. pour leurs conseils irremplaçables.

J'exprime mes très sincères remerciements à Madame ONILLON qui m'a aidé pour les aspects statistiques.

A Messieurs PANIS et MALAUSA, de l'I.N.R.A., pour leur disponibilité et leur sympathie, j'exprime mes remerciements.

A toute l'équipe de la Station de Zoologie d'Antibes et du Laboratoire de Lutte Biologique de Valbonne, particulièrement à Monsieur GIUGE, technicien du laboratoire des Coccinelles, à Monsieur DRESCHER, qui s'est chargé de la réalisation des photographies, à Monsieur KREITER, à Mademoiselle DUFAY, documentaliste, à Madame CUANY, qui s'est chargée avec compétence de la dactylographie du texte et à Madame BRIDE, j'exprime mes remerciements.

A Messieurs CHAZEAU et LERU de l'O.R.S.T.O.M., à tous mes collègues du Laboratoire d'Entomologie de l'O.R.S.T.O.M. à Brazzaville, et à tous ceux qui, à la Station à l'I.N.R.A. ou à l'extérieur m'ont aidé à réaliser ce travail et à aimer la France, notamment à Monsieur et Madame DEFANTI, de l'I.N.R.A. de Valbonne, j'exprime mes remerciements.

Enfin, je voudrais remercier Monsieur FÜRSCH, de l'Université de Passau en République Fédérale d'Allemagne, qui, malgré ses nombreuses occupations, a toujours bien voulu accepter d'identifier les échantillons que je lui ai envoyés.

A Sabine mon épouse ,

à mes enfants Flore,Kévin,Romaric,Donald,Mikael et

Grâce et à toute ma famille

pour leurs nombreuses privations

ETUDE BIOLOGIQUE DE *Diomus hennesseyi* FURSCH. (Coleoptera, Coccinellidae) DETERMINATION DE SES APTITUDES PREDATRICES POUR LUTTER CONTRE LA COCHENILLE DU MANIOC, *Phenacoccus manihoti* MAT.FERR. (Homoptera, Pseudococcidae).

par

KIYINDOU Antoine

Thèse de Diplôme Universitaire de Recherches - Université de Nice

oOo

RESUME

Diomus hennesseyi FURSCH. est une coccinelle tropicale prédatrice de la Cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* MAT. FERR. Sa biologie a été étudiée au laboratoire dans la gamme des températures et d'humidité relative identiques à celles de la nature au Congo. Les actions conjuguées de la température et de l'alimentation sur le cycle biologique, la durée du développement des différents stades, le taux sexuel, la fécondité et la longévité des femelles ont été précisées.

Les fluctuations de la durée du cycle et de la biomasse alimentaire consommée par les larves ont été analysées. L'ensemble des résultats ainsi obtenus ont permis le calcul de la capacité d'accroissement de l'espèce. Si la tendance actuelle de la lutte contre la cochenille du manioc est orientée vers la diversification des méthodes de lutte, il n'en demeure pas moins vrai que l'utilisation de ce prédateur paraît fournir une solution particulièrement raisonnable, car les autres espèces de Coccinellidae prédatrices de la cochenille du manioc possèdent un faible taux d'accroissement naturel et ne présentent pas une bonne occupation spatio-temporelle.

Mots-clés : *Diomus hennesseyi* FURSCH, *Phenacoccus manihoti* MAT. FERR., Coccinellidae, Pseudococcidae, Cycle biologique, Taux d'accroissement, Biomasse alimentaire, Manioc, Congo.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1 - 5
--------------------	-------

PREMIERE PARTIE :
GENERALITES SUR LA CULTURE DU MANIOC
ET SUR SES RAVAGEURS AU CONGO

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE MANIOC

1 - LE MANIOC	6
2 - INTERET ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION DU MANIOC	7
3 - LES RAVAGEURS DU MANIOC	7
4 - RECHERCHES MISES EN OEUVRE	8
5 - AGENTS DE REGULATION NATURELLE DE P. MANIHOTI	9
6 - SYSTEMES DE LUTTE CONTRE P. MANIHOTI	11

**CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES ENNEMIS NATURELS DE
P. MANIHOTI**

1 - POSITION SYSTEMATIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE D. HENNESSEYI	13
2 - REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET ORIGINE DE LA SOUCHE DE D. HENNESSEYI	14

DEUXIEME PARTIE :
**ETUDE DES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET
ANATOMIQUES DE D. HENNESSEYI**

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES.

1 - TECHNIQUE D'ELEVAGE DES COCCINELLES	15
a) Les végétaux	16
b) Elevage des Cochenilles	17
c) Multiplication de D. hennesseyi	17
2 - EXAMEN ANATOMIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE D. HENNESSEYI	19
a) La Dissection	19
b) Les Préparations	19
c) Les Photographies	20
d) Les Dessins	21
e) L'Expérimentation	21

CHAPITRE II : ETUDE MORPHOLOGIQUE ET ANATOMIQUE DE
D. HENNESSEYI

I - MORPHOLOGIE	23
1 - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES STADES PREIMAGINAUX	23
a) L'oeuf	23
b) Les larves	23
c) La Nymphe	24
2 - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES ADULTES	24
3 - DIMORPHISME SEXUEL	25
II - ANATOMIE	25
1 - LE TUBE DIGESTIF	25
2 - L'APPAREIL GENITAL	26
a) Femelle	26
b) Mâle	26
3 - LE SYSTEME NERVEUX	27
4 - CONCLUSION	27

TROISIEME PARTIE : ETUDE DE LA BIOLOGIE DES STADES PREIMAGINAUX
--

CHAPITRE I : L'ALIMENTATION DE D. HENNESSEYI

1 - INTRODUCTION	29
2 - MATERIEL ET METHODES UTILISES POUR CETTE ETUDE	30
a) La Proie	30
b) Le Prédateur	31
c) Estimation des quantités d'oeufs prédatés	32
d) Le Rendement alimentaire	33
e) Le Coefficient de multiplication du poids au sein de chaque stade larvaire	33
3 - RESULTATS	34
3.1. Aspects quantitatifs des besoins alimentaires	34
a) Prédation en nombre	34
b) Prédation en biomasse	35

3.2. Aspects qualitatifs des besoins alimentaires	35
a) La Mortalité	36
b) La Durée des stades et la période de prise de nourriture au sein de chaque stade	36
c) L'Evolution pondérale des larves	37
d) Le Rendement alimentaire	37
4 - DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS	38

CHAPITRE II : CYCLE DE DEVELOPPEMENT DE D. HENNESSEYI

I - ACTION DE LA TEMPERATURE SUR LA DUREE DU DEVELOPPEMENT PREIMAGINAL	39
A - MATERIEL ET MEHTODES	40
1) ELEVAGE	40
2) SEUIL THERMIQUE DE DEVELOPPEMENT	40
B - RESULTATS ET DISCUSSIONS	41
1) DUREE D'INCUBATION	41
2) DUREE DU DEVELOPPEMENT LARVAIRE ET NYMPHAL	42
3) VITESSE DE DEVELOPPEMENT	42
4) SEUIL THERMIQUE DE DEVELOPPEMENT	44
II - ACTION DE L'ALIMENTATION SUR LA DUREE DU DEVELOPPEMENT	
A - ELEVAGE DE D. HENNESSEYI	46
B - RESULTATS	46
1) SURVIE DES STADES PREIMAGINAUX	46
2) DUREE DU DEVELOPPEMENT PREIMAGINAL DE D.HENNESSEYI	46
3) DISCUSSION ET CONCLUSION	47

QUATRIEME PARTIE : ETUDE DE LA BIOLOGIE DES ADULTES DE D. HENNESSEYI

CHAPITRE I : LA LONGEVITE IMAGINALE DE D. HENNESSEYI

1 - MATERIEL ET CONDITIONS EXPERIMENTALES	47
2 - RESULTATS	50
a) Influence de la température sur la longévité de D. Hennesseyi	50
3 - DISCUSSION ET CONCLUSION	51

CHAPITRE II : LA FECONDITE DES FEMELLES DE D. HENNESSEYI

1 - INTRODUCTION	52
2 - MATERIEL ET METHODES	53
3 - RESULTATS ET DISCUSSIONS	54
3.1. Influence de la température sur la fécondité	54
3.1.1. Durée de maturation sexuelle	54
3.1.2. Fécondité moyenne journalière	55
3.1.3. Fécondité totale	55
3.1.4. L'Optimum thermique de ponte	58
a) Diagrammes	58
b) Optimum thermique de ponte	58
3.2. Influence de la proie sur le potentiel de multiplication de <i>D. hennesseyi</i> au labo- ratoire	60
3.2.1. Résultats et Discussions	61
CONCLUSIONS GENERALES	64
BIBLIOGRAPHIE	70 - 76

INTRODUCTION

INTRODUCTION

GENERALITES SUR LE CONGO

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le Congo qui intéresse principalement notre étude est un état de l'Afrique Centrale de 342.000 km², compris entre le 4° de latitude Nord et le 5° de latitude Sud (fig. 1). Outre la plaine littorale, (limitée par les Monts de Mayombe), chaude et humide, caractérisée par une forêt dense (largement défrichée, d'abord pour l'exploitation forestière et maintenant pour l'agriculture vivrière, le Congo est formé de plateaux bordant la partie Nord-Ouest du bassin du fleuve Congo.

2. FACTEURS CLIMATIQUES

Le Congo offre une diversité très grande de climats influencés dans une large mesure par les conditions géographiques, hydrographiques et botaniques locales. Ce pays dont les régions sont très étroitement liées se prête bien à des études bioclimatiques.

La climatologie est un facteur important pour les insectes et détermine en partie leurs relations avec le milieu. Elle permet notamment de délimiter leurs aires de répartition et de préciser éventuellement cette dernière en terme d'adaptation.

On s'est donc intéressé essentiellement aux facteurs climatiques suivants : température, humidité et pluviométrie.

(Tableau I).

REPUBLIQUE POP. DU CONGO

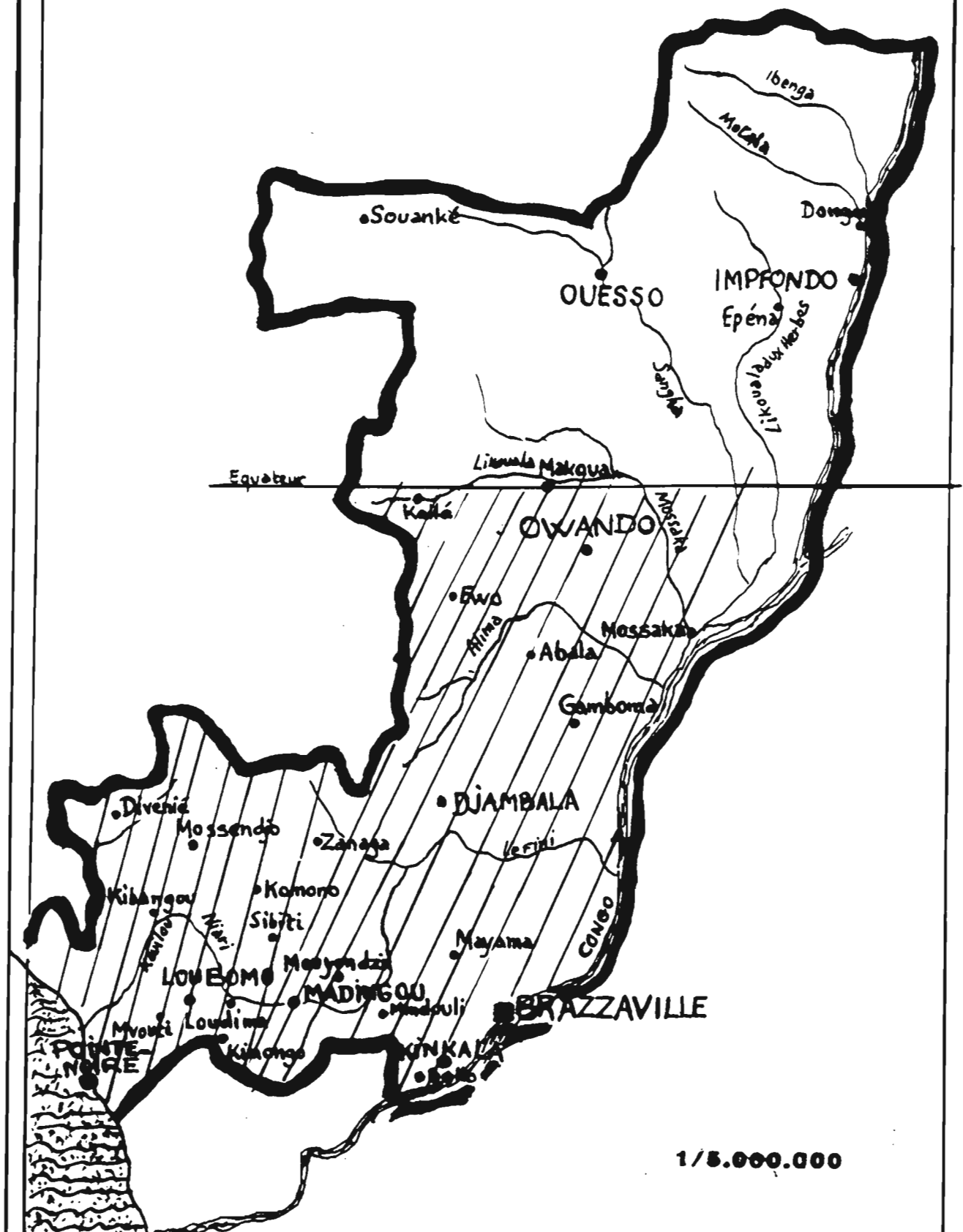


Fig.1 ZONE DE CULTURE DU MANIOC(hachurée)

TABLEAU I :Données climatiques sur une période de 10 ans dans la région de Brazzaville (source: Météorologie Nationale)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
TEMPERATURE MOYENNE en C°	25,53	25,81	26,15	26,2	25,48	23,06	21,29	22,6	24,52	27,47	25,53	25,49	24,76
HYGROMETRIE RELATIVE MOYENNE en %	79,90	78,80	78,50	78,05	79,90	79,25	79,10	75,05	74,25	77,05	79,15	80,20	78,25
PLUVIOMETRIE MOYENNE en mm	121,8	142,1	208,6	211,6	152,4	1,2	0,3	1,7	24,9	165,6	230,4	206,9	1467,5

2.1. Température

Dans son ensemble, le Congo est caractérisé par une amplitude annuelle thermique faible située en deçà de 10°C. La température mensuelle moyenne varie de 21 à 27°C. L'ensemble du pays connaît une température relativement élevée. D'après GUILLEMIN, 1959, les écarts absolus des maxima et minima restent plus considérables puisque pendant 10 jours environ par an, au mois de Juin, le thermomètre descend à 12 ou 15°C à 6 heures du matin à Brazzaville ; alors qu'aux mois les plus chauds, Mars et Avril, la moyenne des maxima est de 30°C et que l'on observe des maxima absolus atteignant quelquefois 35°C.

2.2. Humidité

Au Congo, l'humidité relative se situe souvent autour de la saturation ; elle est comprise entre 95 et 100 % H.R. de jour comme de nuit. L'effet des hautes températures des heures chaudes de la journée fait tomber quelque peu ces valeurs à 60, 65 % H.R. mais rarement en-dessous.

2.3. Pluviométrie

D'après GUILLEMIN, 1959, le Congo, par sa situation géographique à cheval sur l'équateur, connaît des régimes pluviométriques essentiellement différents, en allant du Sud vers le Nord. On passe d'un régime subéquatorial caractérisé par deux saisons de pluies séparées par une petite saison sèche coïncidant avec un minimum relatif de précipitations, au régime équatorial, caractérisé par la constance de la pluviosité avec deux minima relatifs entre Janvier-Février et en Juin-Juillet, mais ne représentant pas de véritable saison sèche. Dans l'ensemble du pays, la pluviométrie se situe entre 1174 à 2038,6 mm par an.

3. SITUATION PHYTOGEOGRAPHIQUE ET L'ENTOMOFAUNE

3.1. Formations végétales

Dans la conception de la lutte contre les ravageurs du manioc, et sur l'interprétation bioécologique des relations interspécifiques participant au fonctionnement des agrocénoses, on a considéré certains groupes entomologiques susceptibles d'être en relation étroite avec la couverture végétale de deux formations distinctes : savane arbustive et forêt secondaire.

La savane arbustive est constituée par des formations herbeuses à graminées dominantes dont les groupes les plus représentatifs sont : Adropogon, Hyparrhenia, Digitaria, Panicum. La forêt secondaire renferme des formations arborescentes comprenant des espèces ligneuses, représentées surtout par les familles suivantes : Anacardiaceae, Caesalpinaceae, Mimosaceae, Moraceae, Papilionaceae, Sterculiaceae.

3.2. Entomofaune

Seules les Coccinellidae récoltés dans le cadre du projet de la lutte menée contre les ravageurs du manioc ont fait l'objet d'une attention particulière.

Les milieux prospectés concernent les parcelles de manioc situées dans la forêt secondaire et savane.

Le secouage a été la technique de récolte adoptée. Autour des parcelles, on a pratiqué le repérage à vue. Le Tableau II indique l'appartenance des espèces recensées aux milieux de savane (A), de forêt secondaire (B) et aux deux (AB) ; la strate a été également précisée : S : haute (Sh) et basse (Sb). Il ressort de cet

TABLEAU II :Appartenance des espèces recensées aux milieux
cultivés :plantation de manioc de savane (A) , de forêt
secondaire (B) et aux deux (AB).
Sh et Sb indiquent les espèces prises respectivement aux
strates haute et basse.

CHILOCORINI

Chilocorus angolensis CROTCH : (AB);(Sh),(Sb)
Exochomus flaviventris MADER : (AB);(Sh),(Sb)
E.concavus FÜRSCH : (AB);(Sh),(Sb)

HYPERASPINI

Hyperaspis senegalensis hottentotta Mulsant : (AB);(Sh),(Sb)
H.estimabilis MADER : (A);(Sb)

ORTALIINI

Ortalia ochracea WEISE : (B);(Sh)

PLATYNASPINI

Platynaspis sp. : (AB);(Sb)

SCYMNINI

Scymnus (Pullus) opimus CHAZEAD : (A);(Sb)
S.(Pullus) lautus MADER : (A);(Sb)
S.(Pullus) quadrivittatus Mulsant : (B);(Sh)
S.(Pullus) levaillanti Mulsant : (A);(Sb)
S.acapuliferus Mulsant : (A);(Sb)
Pharoscymnus tomeensis FÜRSCH : (AB);(Sh),(Sb)
Nephus derroni FÜRSCH : (AB);(Sh),(Sb)
N.phenacoccophagus FÜRSCH : (AB);(Sh),(Sb)
Diomus hennesseyi FÜRSCH : (A);(Sh),(Sb)
Diomus sp. : (A);(Sb)
Clitostethus neuenschwanderi FÜRSCH : (A);(Sh),(Sb)

STICHOLOTINI

Serangium giffardi GRANDI : (AB);(Sb)
S.kunowi WEISE : (A);(Sb)

inventaire que peu de coccinelles recensées sont spécifiques à l'un ou l'autre milieu. Par contre, bon nombre d'espèces dominent par le nombre de leurs représentants en fonction de la strate. Il est probable d'après ce qui précède que la savane arbustive et la forêt secondaire constituent un refuge pour les prédateurs des principaux ravageurs du manioc au moment où ceux-ci se raréfient dans les parcelles de manioc (en période pluvieuse).

4. SITUATION AGRICOLE

Au Congo, l'exploitation forestière et l'agriculture constituent l'essentiel des activités économiques. Aux cultures vivrières : manioc principalement qui occupe le 1/3 des 147.750 ha de terres cultivées (BERTRAND, 1975), s'ajoutent les cultures commerciales, développées pendant la période coloniale (canne à sucre et palmier à huile).

Toutefois, bon nombre de ces cultures sont sujettes aux attaques des insectes et des maladies.

Ainsi, par exemple, le manioc est attaqué par une cochenille d'origine néotropicale Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO. Compte-tenu de l'importance économique due à la présence de celle-ci, on a entrepris l'étude de Diomus hennesseyi FURSCH, coccinelle prédatrice de cochenilles farineuses. La connaissance précise des caractéristiques biologiques de ce prédateur est une base préalable indispensable pour évaluer ses aptitudes en tant qu'agent régulateur des populations de P. manihoti.

Le travail de laboratoire réalisé sur D. hennesseyi comprend quatre parties :

La première partie est consacrée aux généralités sur le manioc, sur ses ravageurs et sur leurs ennemis naturels.

La deuxième partie étudie les caractéristiques morphologiques et anatomiques de D. hennesseyi.

La troisième partie précise la biologie des stades préimaginaux de D. hennesseyi.

La quatrième partie intéresse la biologie des adultes de D. hennesseyi.

On essaie dans ces deux dernières parties de préciser expérimentalement l'influence des facteurs bioclimatiques sur le développement et l'accroissement des populations du prédateur.

PREMIERE PARTIE

GENERALITES SUR LA CULTURE
DU MANIOC ET SUR SES
RAVAGEURS AU CONGO

1ère PARTIE

GENERALITES SUR LA CULTURE DU MANIOC ET SUR LES RAVAGEURS

AU CONGO

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE MANIOC

1. LE MANIOC

Le Manioc (Manihot esculenta CRANTZ., Famille des Euphorbiaceae) existe en Afrique Centrale depuis que les Portugais l'y ont introduit, après la découverte de l'Amérique, probablement vers le 16ème siècle (PYNART, 1951 ; SILVESTRE et ARRAUDEAU, 1983).

Selon MOUTON (1949), que cite PYNART (1951), le manioc aurait été, semble-t-il, introduit d'Amérique Centrale en Afrique Centrale, par le Golfe de Guinée, au Gabon puis au Congo.

Ses exigences agroécologiques sont modérées. D'après JENNINGS (1970), TAN et BERTRAND (1972), AKOBUNDU (1980), une pluviométrie annuelle de 1 à 2 mètres et des températures moyennes de 25°C et 29°C lui conviennent parfaitement. Par contre, des hygrométries saturantes lui sont préjudiciables. Au Congo, la culture du manioc couvre presque l'ensemble du pays (Fig. 1).

2. INTERET ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION DU MANIOC

Le manioc reste de loin la première plante amylacée cultivée en Afrique : sa production est estimée à près de 50 millions de tonnes (Anonyme, 1981), dont plus de 50 % sont fournis par l'Afrique Centrale (Cameroun, Congo, Gabon, R.C.A. et Zaïre) (HERREN, 1984 ; LUTALADIO et BROCKMAN, 1984). Sa culture couvre environ 10 millions d'hectares de terres cultivées par an, dont plus de 80 % sous forme de plantations traditionnelles (HERREN et BENNETT, 1984).

3. LES RAVAGEURS DU MANIOC

Depuis toujours, l'Afrique est confrontée à de graves problèmes phytosanitaires. Ils touchent depuis plus d'une décennie l'une de ses plus importantes cultures vivrières : le manioc. En effet, les organismes pathogènes et les ravageurs les plus divers sont à l'origine d'une baisse sensible de sa production (2 à 15 %) (Anonyme, 1983). Par conséquent, cette baisse grève lourdement le revenu important procuré par le manioc (environ 1 milliard de francs français) (SILVESTRE et ARRAUDEAU, 1983).

Toutefois, la connaissance scientifique de ces organismes reste à préciser. Parmi les principaux ravageurs, on trouve : la bactériose du manioc (Xanthomonas pathovar manihoti), les cochenilles, les acariens, les criquets, les aleurodes, etc... Ils ont fait jusqu'à ce jour, l'objet d'études plus ou moins approfondies.

Par ailleurs, il apparaît de plus en plus certains que la Cochenille farineuse d'origine néotropicale (Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO) occupe la première place parmi les ravageurs (MATILE-FERRERO, 1977). Les pertes de récolte qu'elle occasionne sont de l'ordre de 30 %, voire 80 % dans certains cas extrêmes (NWANZE, 1982) Fig.2 .

D'autres Coccidae sont rencontrées sur manioc, mais présentent un intérêt souvent mineur (voir Tableau III).

4. RECHERCHES MISES EN OEUVRE

Au Congo, les recherches sur la cochenille du manioc ont été entreprises cinq ans après son introduction accidentelle en 1973.

En effet, dès 1978-1979, la Direction Générale de la Recherche Scientifique et Technique du Congo et l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (O.R.S.T.O.M.) ont proposé à des experts en lutte biologique installés sur place, de suivre la dynamique des populations du ravageur et de ses facteurs de régulation (FABRES et BOUSSIENGUET, 1981).

Depuis la fin de 1988, on dispose ainsi de neuf années de données concernant ces populations. La somme de résultats obtenus permet d'ores et déjà de dresser un bilan :

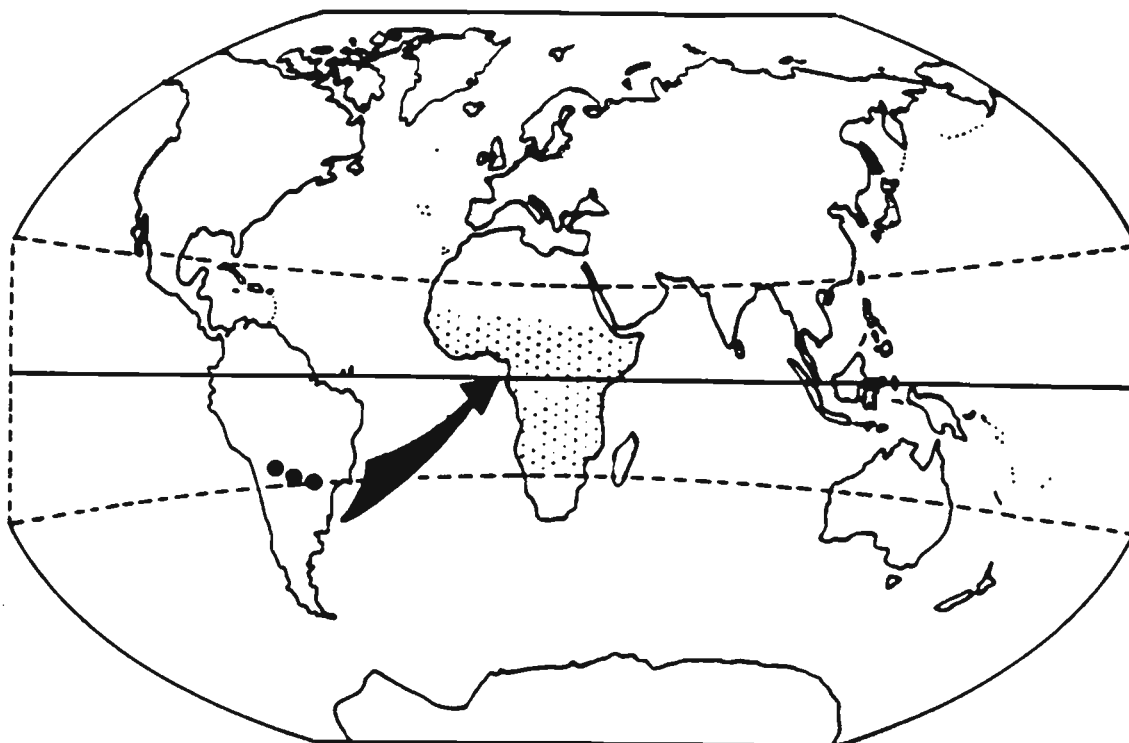
-- L'allure des courbes d'évolution des populations de ravageur et surtout leur importance sont remarquablement constants, tout aussi spectaculaires en 1988 qu'en 1979 (LE RU et al., sous presse). L'importance des pullulations paraît peu liée à la variété et à l'âge de la parcelle. Par contre, l'état physiologique des plants de manioc semble déterminant (LERU et al., sous presse).

-- L'entomocénose associée à la cochenille s'est considérablement enrichie : le complexe parasitaire est passé de deux espèces en 1979 à 10 espèces en 1987 (BIASSANGAMA et al., 1989). Les prédateurs sont au nombre de 12 en 1988 contre 8 en 1979.

-- L'entomophthorale Neozygites fumosa SPIRE - REMAUDIERE et KELLER, reste avec les prédateurs Coccinellidae les principaux agents de régulation de la cochenille au Congo.

5. AGENTS DE REGULATION NATURELLE DE P. MANIHOTI

Du fait de son potentiel biotique élevé, la cochenille constitue une source alimentaire importante pour les prédateurs, ainsi plusieurs espèces de Coccinellidae se sont adaptées rapidement à elle. MATILE-FERRERO, en 1977, note la présence sur P. manihoti, d'Exochomus flaviventris MADER. FABRES & MATILE FERRERO, en 1980 signalent Hyperaspis senegalensis hottentotta MULSANT, Exochomus concavus FURSCH. Certaines espèces à action fugace sont inféodées à P. manihoti comme Diomus sp. c., Nephus derroni FURSCH., N. phenacoccophagus FURSCH., Scymnus (Pullus) opimus CHAZEAU, S. (Pullus) lautus MADER, S. (Pullus) quadrivittatus MULSANT S. (Pullus) levailanti MULSANT, S. acapuliferus MULSANT ;



Introduction en Afrique intertropicale à partir de l'Amérique du Sud

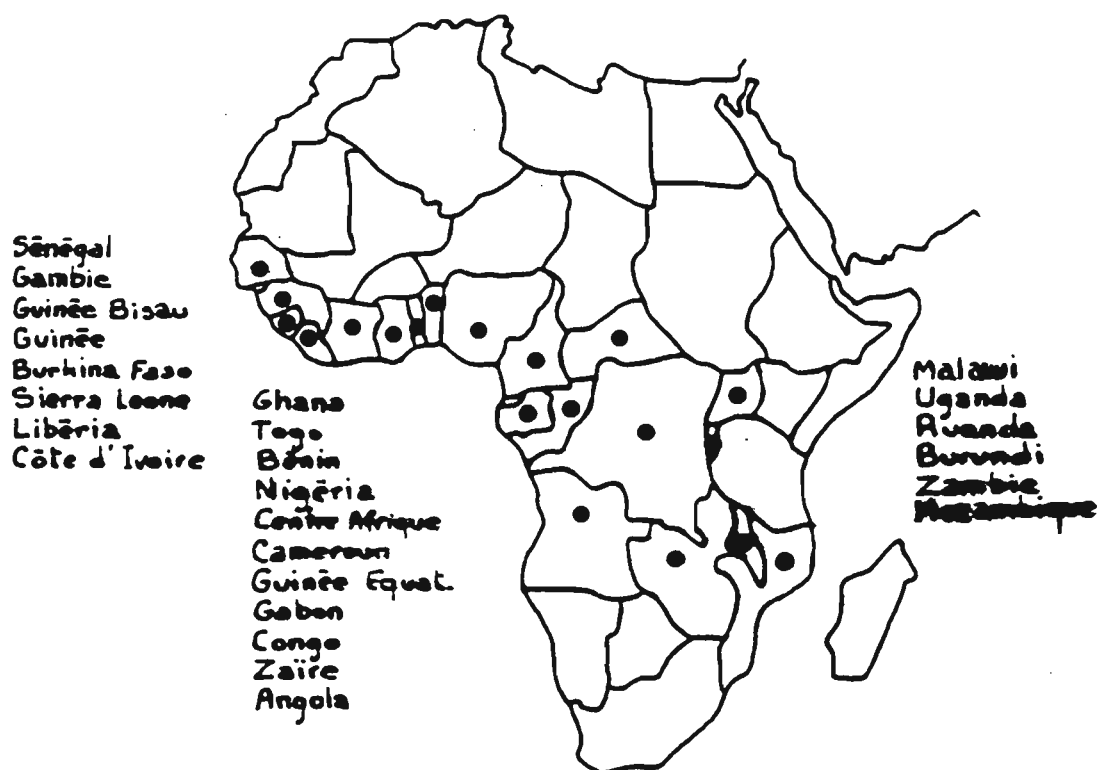


FIG.2 Pays où la cochenille a été signalée

(D'après FABRES et al. 1985)

TABLEAU III : FAMILLES DE COCHENILLES SE DEVELOPPANT SUR MANIOC

NIVEAUX D'ATTAQUE	TIGE	FEUILLE
COCHENILLES		
PSEUDOCOCCIDAE		
Phenacoccus manihoti MAT.FERR.	X	X
Phenacoccus madeirensis GREEN		X
Ferrisia virgata COCKERELL	X	X
Planococcus citri RISSO		X
DIASPIDIDAE		
Pinnaspis strachani COLEY	X	X
Aonidomytilus albus COCKERELL	X	X
COCCIDAE		
Saissetia nigra NIETN.	X	X
Macropulvinaria jackson NEWSTEAD	X	

quelques unes se développent sur Pinnaspis strachani OLEY, tels Pharoscymnus tomeensis FURSCH., Serangium giffardi GRANDI et d'autres se nourrissent de proies qui restent à préciser, Clithostethus neuenschwanderi FURSCH, Hyperaspis estimabilis MADER, Ortalia ochracea WEISE, Serangium kunowi WEISE (KIYINDOU, non publié).

Malgré la rapide adaptation de près d'une centaine d'espèces entomophages à l'égard de la cochenille du manioc (MATILE-FERRERO, 1977 ; FABRES et MATILE-FERRERO, 1980 ; NEUENSCHWANDER et al., 1988 ; BOUSSIENGUET, 1986 ; BIASSANGAMA et al., 1989), leur action régulatrice semble faible.

Aussi l'acclimatation d'entomophages exotiques spécifiques est très vite apparue comme un moyen complémentaire de l'action régulatrice des ennemis naturels indigènes.

Dès 1982, en liaison avec l'Institut International d'Agriculture Tropicale (I.I.T.A.), un parasitoïde de P. manihoti Epidinocarcis lopezi DE SANTIS (Hym. : Encyrtidae), originaire d'Amérique du Sud, a été introduit au Congo. Ce parasitoïde présente l'intérêt de s'être rapidement acclimaté et d'être présent dans toute la zone de culture du manioc. Toutefois, son efficacité régulatrice reste sujette à caution (IZIQUEL et LERU, 1989).

D'après ce qui précède, un enrichissement de la biocenose prédatrice (et parasitaire) par introduction de nouvelles espèces exotiques paraît fournir une solution particulièrement raisonnable.

6. SYSTEMES DE LUTTE CONTRE P. MANIHOTI

Loin de son habitat originel et de ses ennemis naturels, la cochenille s'est mise à pulluler. La soudaineté et la gravité du problème posé par P. manihoti ont alarmé les autorités africaines et internationales. Des programmes de recherches rapidement mis en place ont consisté surtout à effectuer des essais d'introduction et d'acclimatation d'insectes entomophages spécifiques ou non et de sélectionner des variétés résistantes.

Le choix d'une méthode de lutte biologique paraissait une solution particulièrement séduisante dans la mesure où l'acclimatation réussie d'un entomophage, présente un énorme avantage par rapport à l'emploi de pesticides ; elle est moins onéreuse et à terme, plus durable (BRUN, 1985). D'autre part, les conditions artisanales de la culture du manioc, réalisée sur des parcelles disséminées et généralement de petites tailles, sont un obstacle à une lutte chimique efficace et généralisée, toujours très onéreuse. A cela, s'ajoute le fait que les caractéristiques biologiques de la cochenille (présence de sécrétion cireuse sur la cuticule, oeufs protégés par un ovisac) rendent aléatoire le succès d'une pulvérisation des insecticides de contact.

CHAPITRE II :

GENERALITES SUR LES ENNEMIS NATURELS DE P. MANIHOTI

L'étude entreprise tente d'approfondir les connaissances sur une petite coccinelle tropicale du genre Diomus (D.) hennesseyi FURSCH. Celle-ci a été décrite du Zaïre en 1987. Son action prédatrice vis-à-vis de la cochenille semble satisfaisante (ANONYME, 1985).

Méconnue ou mal connue, D. hennesseyi a fait l'objet de quelques études fragmentaires, limitées à la systématique et à l'éthologie (FURSCH, 1987 ; HAMMOND, 1988).

Le travail effectué comporte sur ce prédateur trois volets :

-- L'un, systématique : afin de préciser quelques particularités anatomiques et morphologiques.

-- L'autre, biologique : afin d'évaluer l'influence des facteurs abiotiques et biotiques sur la durée et la vitesse de son développement, sa fécondité et sa longévité.

-- Enfin, pour déterminer son efficacité, on s'est attaché à estimer sa consommation alimentaire (sur les stades larvaires).

1. POSITION SYSTEMATIQUE ET PHYLOGENIQUE DE D. HENNESSEYI

Dans une étude phylogénique basée sur la comparaison des caractéristiques morphologiques externes des larves et des adultes, SASAJI (1968) divise les Coccinellidae en 6 sous familles :

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

La sous-famille de Scymninae à laquelle appartient le genre Diomus renferme 5 tribus :

- Aspidinerini
- Hyperaspini
- Ortaliini
- Scymnini
- Stethorini

Selon CHAZEAU (Comm. pers.), Diomus MULSANT, 1850, a été décrit par MULSANT (type : Coccinella thoracica FABRICIUS), comme un sous genre de Scymnus KUGELANN. WEISE l'a érigé en genre en 1895 et ce statut longtemps discuté est aujourd'hui généralement admis.

Diomus fait partie de la tribu des Scymnini. Pour FURSCH (1987), Diomus hennesseyi appartiendrait au groupe Floridanus. Avec les espèces Diomus rhodesianus POPE (1957) D. vrydaghi FURSCH (1959), tout comme D. rubidus MOTSCHULSKY, D. hennesseyi serait la quatrième espèce décrite d'Afrique.

2. REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET ORIGINE DE LA SOUCHE DE D. HENNESSEYI

D'après CHAZEAU (Comm. pers.), le genre Diomus serait peu représenté en Europe, en Asie et en Afrique (3 espèces), beaucoup mieux en Amérique (18 espèces au nord de Mexico, une trentaine au sud), en Australie (une douzaine), dans les archipels voisins, et surtout en Nouvelle-Guinée (22 espèces).

LOEHR a signalé en 1982, une espèce non décrite du genre Diomus, prédatrice de la cochenille du manioc, P. manihoti au Paraguay (LOEHR;, 1986).

MADER (1955) signale 3 espèces sur le Continent européen (Grèce, Caucase) : D. rubidus MTSCH; D. cincticollis WS. ; D. morio FLSCH.; ces espèces seraient également présentes au Moyen-orient (Syrie, Arabie).

La souche élevée actuellement à Valbonne provient de Brazzaville au Congo ; l'espèce a été déterminée par FURSCH en 1988. Elle serait identique à celle décrite au Zaïre en 1983 par le même auteur (FURSCH, 1987).

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DES CARACTERISTIQUES
MORPHOLOGIQUES ET ANATOMIQUES
DE D. HENNESSEYI

2ème PARTIE

ETUDES DES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET ANATOMIQUES DE

D. HENNESSEYI

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

1. TECHNIQUE D'ELEVAGE DES COCCINELLES

L'étude biologique entreprise sur D. hennesseyi a permis tout d'abord de mettre au point des techniques d'élevage appropriées. Dans ce travail, on a surtout tenu compte des aspects nutritionnels du prédateur et du maintien d'une chaîne alimentaire permanente, constituée par le manioc, la cochenille et la coccinelle. Ainsi, a-t-on distingué trois phases :

a). L'obtention des végétaux (manioc, poinsettia, courges et pommes de terre)

b). La multiplication des proies (Phenacoccus manihoti (MAT. FERR.), Planococcus citri (RISSO)

- L'élevage du prédateur D. hennesseyi (FURSCH.).

a). Les végétaux

Le choix du matériel végétal a été motivé par les préférences alimentaires des coccinelles. Le manioc (Manihot esculenta CRANTZ), plante-hôte normale de P. manihoti et le Poinsettia (Euphorbia pulcherrima), plante de substitution, ont été utilisés pour produire régulièrement une importante quantité de proies. Les plants de manioc sont obtenus uniquement par bouturage. Une bouture d'environ 20 cm est placée verticalement dans des pots de 30 cm de diamètre et 50 cm de profondeur. Ces pots sont ensuite placés en serre à 25°C et 60 % H.R.). Les plants de poinsettias ont été fournis par le Jardin Municipal de la ville de Cannes. Les boutures de manioc proviennent du Congo.

La production de P. citri s'effectue sur les fruits de Cucurbitaceae (courges) et sur les germes de Solanaceae (pommes de terre).

Les courges sont récoltées une seule fois l'an, au mois de Septembre ; aussi faut-il constituer un stock de fruits afin de pouvoir les utiliser au fur et à mesure des besoins pendant le reste de l'année. Les pommes de terre par contre sont présentes sur le marché toute l'année.

La germination des tubercules s'obtient dans une pièce climatisée (à 5°C et 70 % d'H.R.) et à l'obscurité. La figure 3 indique la chaîne de production de P. citri obtenue sur germes de pommes de terre.

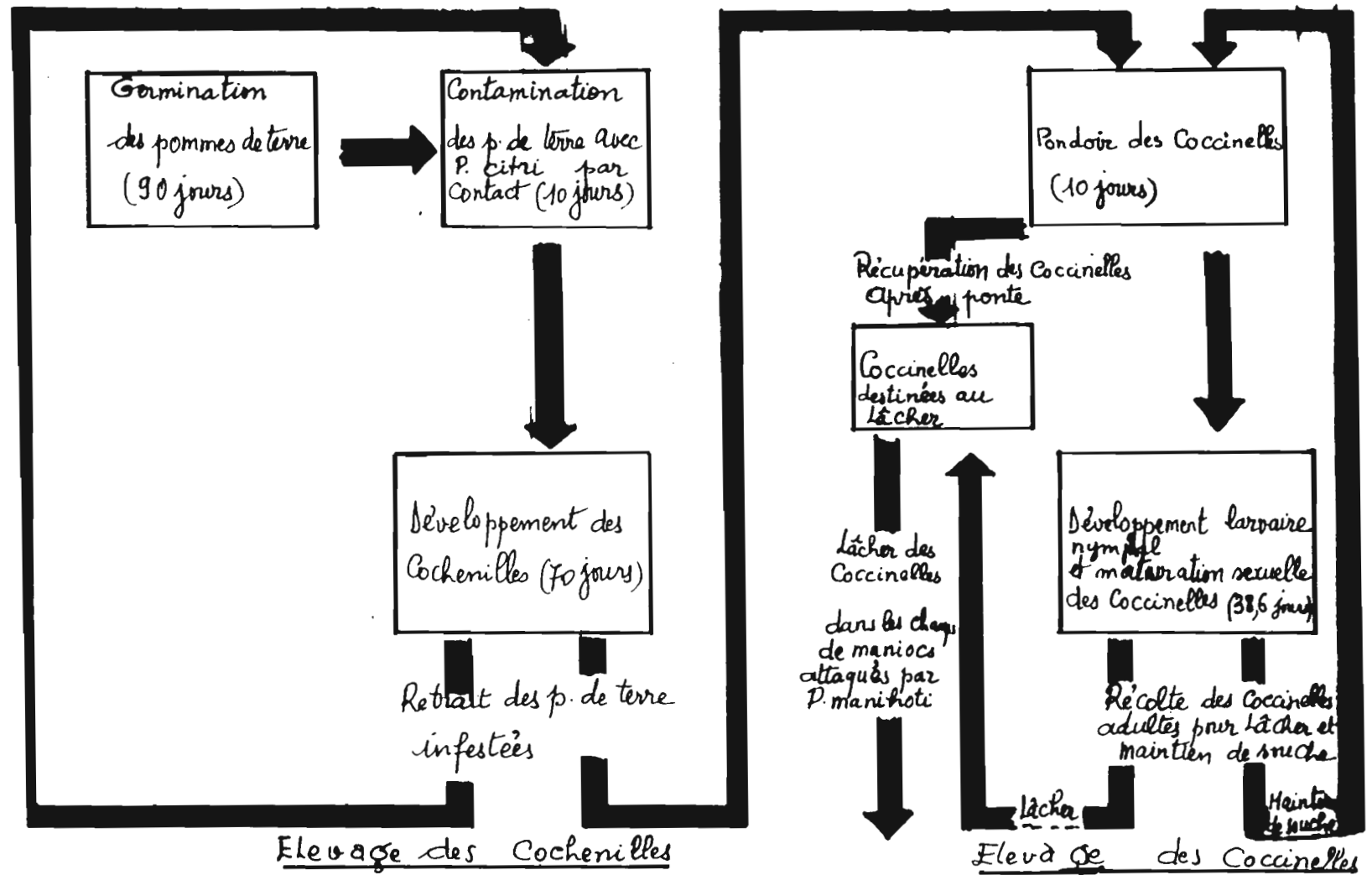


Fig.3 Schéma de différentes opérations menées dans une unité d'élevage de prédateurs

Inspiré de EUGÈNE (1967)

b). Elevage des Cochenilles

L'obtention journalière et régulière d'une importante quantité de proies constitue la condition favorable pour la réussite d'un élevage de coccinelles.

Pour cela, on a réalisé un élevage de P. manihoti sur manioc et sur poinsettia en serre en conditions climatiques proches de celles relevées en plein champ au Congo (25°C - 60-70 % H.R.) et respectant certaines normes : les plantes de manioc ou de poinsettia sont infestées par contact avec des feuilles contaminées. Les cochenilles de la nouvelle génération sont utilisables un mois après.

La contamination des pommes de terre ou des courges avec P. citri se fait par contact à partir d'une pomme de terre ou d'une courge préalablement infestée. L'élevage sur pommes de terre est réalisé dans des boîtes plastiques de 4 litres de volume, dans une pièce où règnent des conditions climatiques contrôlées (25°-26°C de température, 60-70 % d'humidité relative et à l'obscurité).

Sur courges, la multiplication de P. citri se fait de la même façon que précédemment, mais celle-ci s'effectue dans une cage dont le bâti en fer (50 X 30 X 30 cm) est entouré de mousseline.

c). Multiplication de D. hennesseyi

L'élevage de D. hennesseyi a été réalisé à partir d'une souche récoltée dans une parcelle de faux manioc (Manihot glaziovii) à Mpila (Brazzaville) au Congo. Cette multiplication se fait en plusieurs étapes dont chacune correspond à une enceinte particulière d'élevage (Planche 2 et 3)

. Phase de ponte : On a placé un couple de coccinelle dans chaque boîte circulaire plastique de 3 cm de diamètre et de 1cm de hauteur, dont le couvercle est recouvert d'un grillage métallique à mailles fines et dont le fond est recouvert de rondelles de papier filtre, de façon à absorber les déjections des coccinelles. Ces supports de papier servent en même temps de substrat de ponte. Ils sont retirés et changés toutes les 24 heures.

. Phase d'incubation des oeufs : Les substrats de ponte sont déposés dans des éclosoirs en plastique de 500 cm³ pendant le temps nécessaire à l'éclosion des larves.

. Phase de développement larvaire : Les jeunes larves sont recueillies dans des boîtes qui servent d'éclosoirs au moyen d'un pinceau souple, et transférées dans des petites boîtes carrées en plastique d'un volume de 9 cm³, à raison d'une larve par boîte ; elle y restera tout le temps de son développement préimaginal en présence d'une abondante nourriture.

. Phase de maturation sexuelle et de conservation de souche

Après leur émergence, les adultes (environ 100) sont placés dans des boîtes plastiques d'un volume de 4 litres ou dans des cylindres plastiques transparents de 50 cm de long et 30 cm de diamètre. A l'intérieur de chaque boîte d'élevage, on place 6 à 8 tubercules de pommes de terre germées, infestées par P. citri ou 1 à 2 courges contaminées avec la même cochenille par cylindre d'élevage. Ainsi, les adultes produits sont utilisés pour les expériences de laboratoire, ou gardés pour maintenir la souche.

Afin de contrôler les conditions climatiques de chaque pièce utilisée pour les végétaux, les cochenilles et la coccinelle, on a utilisé un thermohygromètre J. Richard, hebdomadaire.

2. EXAMEN ANATOMIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE D. hennesseyi

L'examen morphologique et anatomique des coccinelles n'est pas toujours facile à réaliser. Aussi, diverses techniques d'extraction et de conservation de certains organes doivent être utilisées. Dans ce but, on a eu recours aux méthodes suivantes :

a). Dissection

L'insecte est anesthésié soit à l'éther, soit à l'acétate d'éthyle quelques minutes seulement. Il est ensuite disséqué, sous la loupe binoculaire (modèle Wild, grossissement oculaire 10, objectif 2,5 ou 5,0), dans un verre de montre contenant un peu de solution physiologique de Ringer. Cette dissection se fait à l'aide de deux paires de pinces "Dumont N°5".

b). Préparations

. Pour les organes non sclérotinisés

Lors de cette opération, divers types d'organes (tube digestif, appareil génital du mâle et de la femelle, système nerveux) sont fixés, après avoir été soigneusement étalés sur une lame ; on sèche délicatement cette dernière, ensuite on laisse tomber une goutte de fixateur à l'alcool (DUBOSCQ-BRASIL) sur les tissus qui restent ainsi fixés à la lame. Pour achever cette fixation, la préparation est immergée totalement dans un tube rempli du mélange Duboscq-Brasil, pendant 3 à 4 minutes, puis les organes fixés sont plongés quelques minutes (3 à 4) chaque fois dans trois

fixés sont plongés quelques minutes (3 à 4) chaque fois dans trois bains d'alcool : deux à 70°C et un à 40°C. La préparation est ensuite plongée dans un bain de carbonate de lithium saturé, jusqu'à ce qu'elle perde la coloration jaune donnée par le fixateur. On procède ensuite à la coloration des noyaux des tissus en violet ; pour cela on plonge ensuite la préparation dans de l'Hémalun à l'eau. Après quoi, celle-ci qui n'est ni trop claire, ni trop foncée, subit six bains de 3 à 4 minutes chacun : le premier est de l'alcool à 70°C, le deuxième de l'alcool à 96,5°C, les deux suivants de l'alcool à 100°C et les deux derniers du toluène. Pour finir, la préparation est rapidement plongée dans le dernier bain de toluène ; on la sort, on dépose une goutte de Baume du Canada sur les organes et on les couvre d'une lamelle ; on laisse sécher la préparation dans une étuve à 30°C pendant environ 12 jours.

. Pour les organes sclérotinisés

La présence de la graisse et d'autres substances non sclérotinisées restent un obstacle considérable à l'examen de l'organe prélevé par dissection. Aussi, pour le débarrasser de ces substances on le met à bouillir dans l'Hydroxyde de Potassium (KOH à 10 %). Ensuite, on le déshydrate d'abord dans de l'alcool à 90°C, puis dans de l'alcool à 100°C. Enfin, on le passe dans un bain de toluène et on le monte au Baume du Canada. La préparation est mise à sécher dans une étuve à 30°C pendant 12 jours.

c). Les Photographies

Les photographies sont prises avec un appareil Nikon F.M. pourvu d'un objectif Nikkor (de $f = 50$ mm), avec adjonction pour les macrophotographies de bagues allongées Vivitar et d'un

flash Nikon pour certaines photos. Les clichés ont été réalisés par Jean DRESCHER, technicien I.N.R.A.; le développement et les tirages ont été effectués au Laboratoire I.N.R.A. d'Antibes.

d). Les dessins

Il est question ici des schémas généraux et de vues de détail d'organes réalisés à partir des préparations montées entre lame et lamelle ou de coccinelles entières. Les dessins effectués à l'aide d'un microscope équipé avec un voyant éclairé Reichert-Austria Nr 316-531 (objectif 10/0,25) sont tracés avec une plume et à l'encre de Chine.

e). L'expérimentation

De façon générale, trois précautions essentielles doivent être prises dans la réalisation d'une expérimentation biologique :

- . Rassembler un échantillon aussi grand que possible (toujours égal ou supérieur à 20 individus)

- . Utiliser une technique compatible avec les disponibilités en matériel et en temps.

- . Recueillir avec discernement les données numériques des expériences et les analyser avec une méthode statistique appropriée.

La rigueur expérimentale appliquée a conduit à faire un double contrôle quotidien de la consommation alimentaire et de l'évolution pondérale des larves de D. hennesseyi (un, vers 9 heures du matin, l'autre, vers 17 heures).

L'interprétation des résultats a été rendue possible grâce à une méthodologie statistique qui prend en compte divers facteurs de variabilité. Ainsi, on a donné pour les résultats, les moyennes avec leur intervalle de confiance ($\pm$ S.E.) dont le coefficient de sécurité est de 0,95 (seuil de signification = 0,05).

Dans des cas où il fallait comparer certains résultats deux à deux, on a donc utilisé le test statistique F. Les calculs ont été effectués à l'aide d'une calculatrice scientifique Casio, modèle Fx. 250 B.

CHAPITRE II :

ETUDE MORPHOLOGIQUE ET ANATOMIQUE DE D. HENNESSEYI

I. MORPHOLOGIE

Dans cette étude, on s'est attaché, pour chaque stade concerné, à donner les indications nécessaires à leur identification on s'est donc appliqué à décrire les adultes de D. hennesseyi et leurs formes préimaginales.

1. Description morphologique des stades préimaginaux

a). L'oeuf : Il est de forme oblongue, de couleur blanche ou jaune suivant la nourriture consommée par la femelle pondeuse ; nourrie avec P. manihoti, celle-ci pond des oeufs d'un blanc brillant, tandis que ceux pondus par une femelle nourrie avec P. citri sont de couleur jaune. L'oeuf devient gris clair quelques heures avant l'éclosion, laissant apercevoir à travers le chorion les ébauches de la larve. Les oeufs sont déposés isolément ou quelquefois par groupe de 2 à 3, très étroitement accolés au support dont ils épousent la forme. Ils sont le plus souvent pondus sous les ovisacs des cochenilles, rarement à l'intérieur de ceux-ci (Planche IV, Photo 4).

b). Les larves : D. hennesseyi comme la plupart d'autres coccinelles, compte quatre stades larvaires ; tous, ont le

même aspect, seule la taille les différencie. L'enveloppe tégumentaire est lisse et mince surtout chez la jeune larve, d'une teinte grise qui laisse transparaître l'intestin. Après chaque mue et pendant environ 6 heures, la larve est de couleur gris foncé ; elle redevient gris clair par la suite. La larve âgée mesure de 2 à 3 mm de longueur (Planche IV, Photo 5, A à D) ; le dernier segment du corps est muni d'un appendice rétractile que la larve utilise pour se fixer au moment des mues. Quelques temps avant la métamorphose, la larve âgée se raccourcit, se recourbe et se fixe à un support par l'extrémité de son appendice.

c). La nymphe : Elle reste nue, les téguments de la larve du dernier stade étant repoussé vers son dernier segment abdominal. L'enveloppe tégumentaire dorsale de la nymphe est recouverte de soies fines. Pendant la nymphose, les élytres, les yeux composés, les pattes et les pièces buccales restent visibles (Planche IV, Photo 5, E).

2. Description morphologique des adultes

D. hennesseyi mesure 1,3 à 1,5 mm de long et 0,95 à 1,05 mm de large. Il présente une pilosité dressée. Chez le mâle, la tête et le pronotum sont jaunes, le scutellum et les élytres sont brun-jaune, les antennes comprennent 11 articles. On a néanmoins trouvé parmi les descendants issus des parents nourris avec Planococcus citri, des mâles aux élytres brun-noir. Les femelles ont une coloration brun noir. Le pronotum est nettement arrondi sur les côtés, mais très peu arrondi aux bordures avant et arrière.

Aucune expansion des pièces buccales ne cache le prosternum qui est très distinctement bi-caréné ; les lignes fémorales abdominales en arc ouvert viennent se confondre avec la marge postérieure du segment 1, qui est très souvent partiellement indistincte. La structure des tarsi n'est pas constante (Planche IV, Photo 3).

3. Dimorphisme sexuel

Après six générations successives chez les mâles la tête et le pronotum restent jaunes, tandis qu'ils sont de couleur noire chez les femelles ; comme chez beaucoup d'autres Coccinellidae, le sexe peut être différencié par l'examen de la face ventrale de l'avant dernier segment abdominal visible.

La femelle possède, sur sa face sternale, une plaque unie, arrondie à l'extrémité. Par contre, chez le mâle, l'extrémité du segment forme une concavité perceptible vers la partie antérieure (Figure N° 4).

II. ANATOMIE

L'observation des principaux organes de D. hennesseyi (tube digestif, organes génitaux et système nerveux) peut permettre de préciser l'appartenance éthologique de cette espèce à certains groupes de coccinelles, selon leurs proies préférentielles (IPERTI et al., 1977).

1. Le tube digestif (Fig. 5A).

Il présente un certain nombre de similitudes avec l'appareil digestif de beaucoup d'autres espèces de Coccinelles, avec : un oesophage, un jabot, un intestin moyen (mésenteron), un

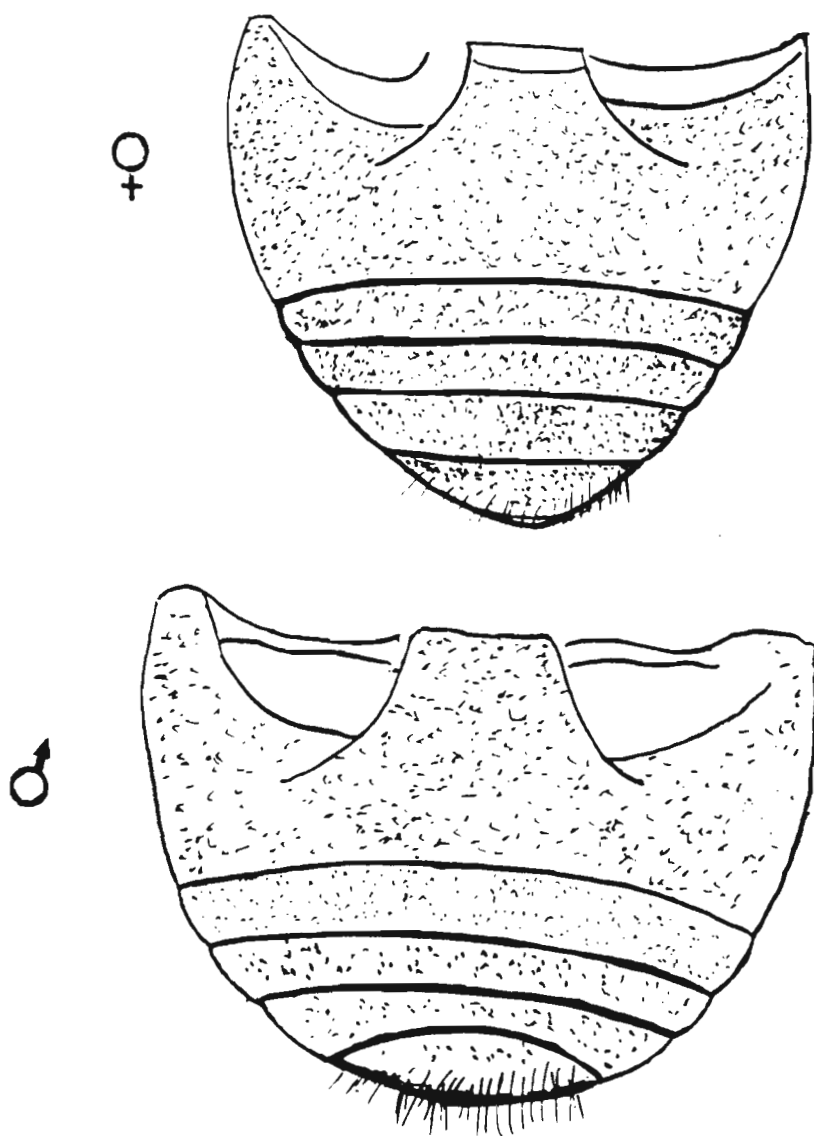


Fig.4 Dimorphisme sexuel sur le dernier sternite abdominal

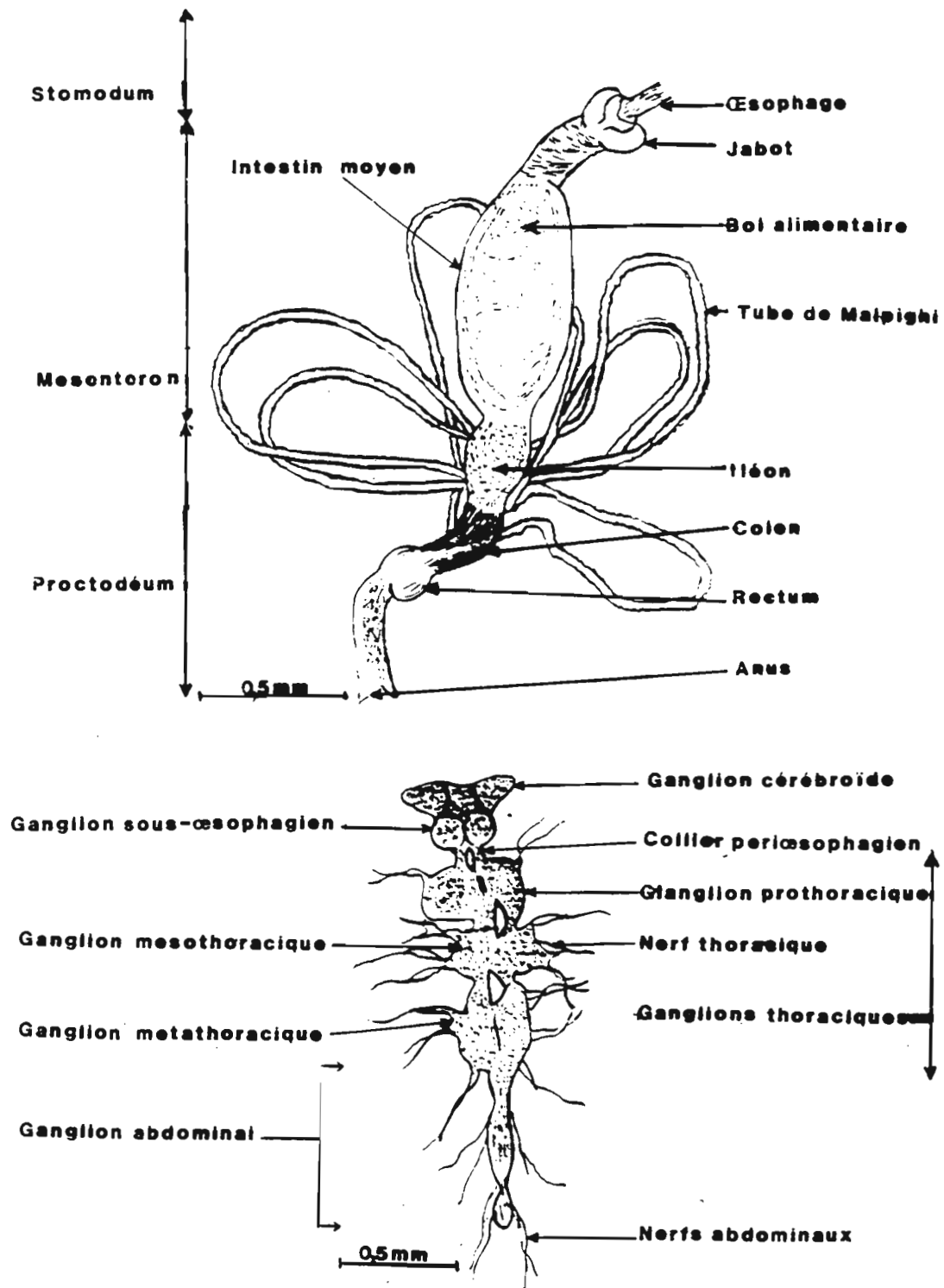


Fig.5

en haut: Tube digestif de *D.hennesseyi*

en bas: Système nerveux chez l'adulte de *D.hennesseyi*

intestin postérieur (proctodum), un iléon strié longitudinalement, un rectum assez réduit comparativement au volume des cavités précédentes et trois paires de tubes de Malpighi qui constituent le système excréteur. Ces derniers prennent naissance de part et d'autre du tube digestif. Les tubes de Malpighi sont du type cryptonéphridien, ils prennent attache à la séparation du mésentéron et de l'iléum et se soudent à l'avant de l'ampoule rectale.

2. L'appareil génital

a). Femelle (Fig. 6)

L'organe de reproduction se compose d'une paire d'ovaires. Chaque ovaire converge vers un oviducte latéral qui s'unit à son symétrique pour former un oviducte commun (central). Les ovaires sont formés de 10 à 12 gaines ovariques. Ces dernières portent chacune, à son sommet, un germarium, prolongé par un filament terminal.

L'oviducte commun débouche sur la bourse copulatrice à l'intérieur de laquelle se trouve la pompe spermatique sclérotinisée. Celle-ci à son tour est reliée à la spermathèque, très souvent peu sclérotinisée, effilée et simple. Sa surface porte des anneaux de couleur brune. Le canal spermatique, très long, relie la spermathèque à la bourse copulatrice. L'oviducte commun est prolongé extérieurement, par un oviscapte qui caractérise les femelles des Coccinellidae coccidiphages. Cet organe leur permet de déposer leurs pontes sous les ovisacs de cochenilles.

b). Mâle (Fig.7)

L'appareil reproducteur mâle comprend deux testicules (ou gonades mâles) composés de tubes spermatiques plats et diffus disposés en corolle ; une vésicule séminale située

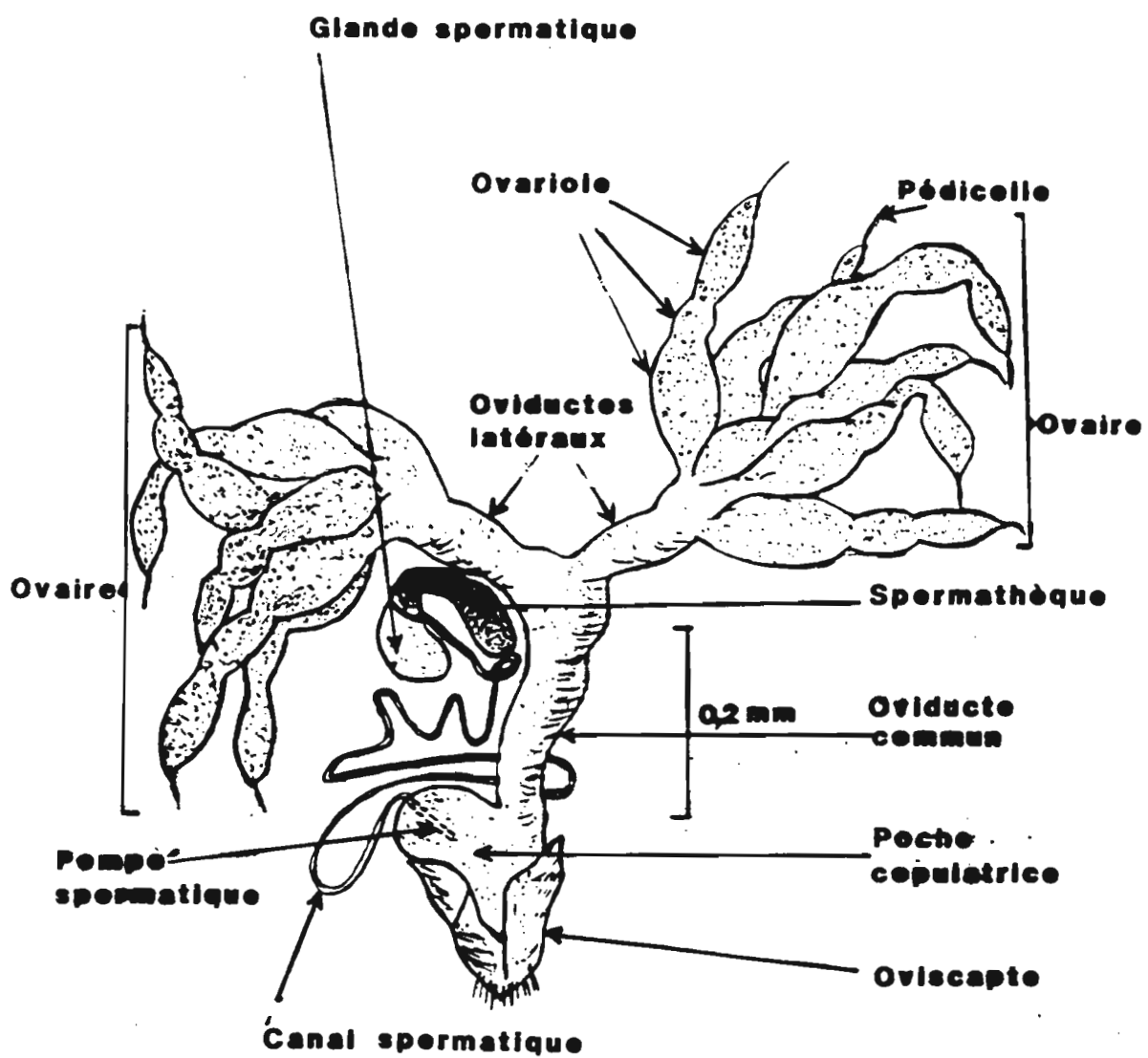


Fig.6

Appareil de reproduction chez la femelle de *D.hennesseyi*

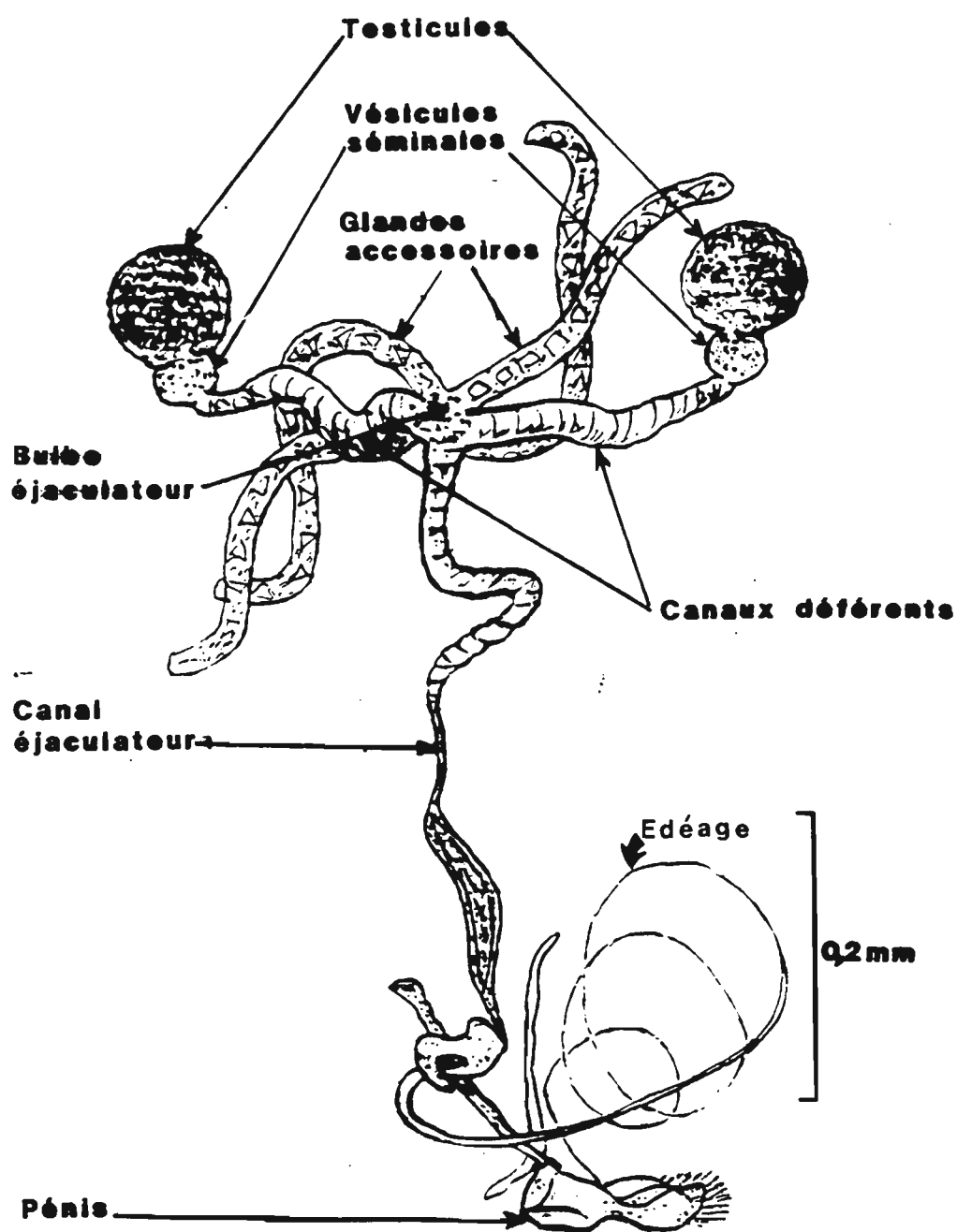


Fig.7

Appareil de reproduction chez le mâle de *D.hennesseyi*

immédiatement après chaque gonade, deux canaux déférents, un bulbe éjaculateur, deux paires de glandes accessoires volumineuses. Les canaux déférents de taille plus importante relient les vésicules séminales au canal éjaculateur. Ces canaux aboutissent à un "carrefour" appelé bulbe éjaculateur, d'où partent les glandes accessoires. Du bulbe éjaculateur part un canal très long mais moins gros que les canaux déférents, renflé à son extrémité distale en une structure contractile, avant de déboucher dans le lobe supérieur de l'apophyse de l'édéage. Le pénis du mâle est composé de deux parties distinctes : le tegmen et le siphon ou édéage. Le lobe médian du tegmen est asymétrique, le lobe inférieur de l'apophyse est recourbé en arrière en forme de cornes de bélier, l'édéage se termine en fouet très long. Les deux paramères du pénis sont couverts de poils on remarque la présence d'un apodème sclérotinisé à la partie apicale de l'appareil génital mâle.

3. Le système nerveux (Fig. 5B).

Les adultes ont une chaîne nerveuse ventrale qui comprend : un cerveau formé de deux grands lobes optiques et d'un ganglion sous-oesophagien très volumineux ; trois ganglions thoraciques bien développés ; deux ganglions abdominaux dont le deuxième est composé.

4. Conclusion

Les observations anatomiques effectuées sur D. hennesseyi conduisent aux conclusions suivantes :

- Elles confirment par corrélation évidente entre l'organisation structurale des organes examinés, son régime alimentaire et sa capacité d'adaptation au comportement de sa proie et aux conditions du milieu.

- Elles attestent que pour la femelle de D. hennesseyi, le nombre réduit d'ovarioles, la présence d'un oviscapte et celle d'un tube digestif court le situe bien dans le groupe des espèces prédatrices de cochenilles citées par HODEK (1973). Mais l'aspect des gonades mâles, la proximité immédiate de la vésicule séminale avec la gonade et la taille plus grande des glandes accessoires pourraient situer cette coccinelle dans une position évolutive intermédiaire entre les coccinelles aphidiphages et celles coccidiphages.

TROISIEME PARTIE

ETUDE DE LA BIOLOGIE
DES STADES PREIMAGINAUX

3ème PARTIE

ETUDE DE LA BIOLOGIE DES STADES PREIMAGINAUX

CHAPITRE I : L'ALIMENTATION DE DIOMUS HENNESSEYI

1. INTRODUCTION

En fonction de leur efficacité prédatrice, les coccinelles entomophages ont été classées en prédateur "de choc" ou de "faiblesse" (IPERTI, 1974). A ce titre, D. hennesseyi de par sa petite taille semble se placer dans la deuxième catégorie.

Aussi on a estimé utile, en fonction de cette remarque, d'essayer de quantifier sa consommation alimentaire.

L'étude de la consommation alimentaire des coccinelles prédatrices a fait l'objet de nombreux travaux, mais dans la plupart des cas, ceux-ci ont été abordés dans le sens de la quantité théorique de proies éliminées par le prédateur sans tenir compte de la quantité réelle de proies ingérées. D'après ce qui précède, on a donc jugé utile d'exprimer les résultats sur la consommation alimentaire des larves de Diomus hennesseyi non seulement en nombre, mais aussi en biomasse de proies ingérées. Pour le faire, on a appliqué la méthode décrite par FERRAN (1977 a). Cette expérimentation présente deux aspects :

- L'un, quantitatif, afin de préciser l'évolution pondérale des différents stades larvaires du prédateur ;
- L'autre, qualitatif, en vue d'évaluer le rendement alimentaire de la proie utilisée et de préciser l'intérêt de l'utilisation de D. hennesseyi et de l'impact qu'il pourrait avoir sur la cochenille du manioc.

2. MATERIEL ET METHODES UTILISES POUR CETTE ETUDE

a). La proie

Le comportement de ponte de la femelle de D. hennesseyi a guidé le choix du type de proie à donner aux larves. En effet, la pondeuse dépose son oeuf en bordure de la ponte d'une cochenille, sous l'amas cireux qui protège les oeufs (ovisac). Ainsi, la jeune larve de coccinelle aussitôt après son éclosion pénètre dans l'ovisac et s'alimente des oeufs de cochenilles qu'il contient. De plus, le phénomène de l'inadéquation de la proie, dû à ses rapports de taille (ou de mortalité) avec son prédateur, est à éviter, ainsi que le suggère FERRAN et al. (1984). Pour cela, on a utilisé les oeufs de cochenille comme proie pour tous les stades larvaires du prédateur. Afin de minimiser les pertes de poids dues à la déshydratation, on présente les oeufs avec leurs ovisacs. Ils sont retirés délicatement à l'aide de pinces fines, sans déranger la femelle, puis déposés sur une plaquette de papier dur, avant d'être introduits dans l'enceinte d'élevage.

b). Le prédateur

Dès leur éclosion, les jeunes larves de D. hennesseyi sont placées dans de petites enceintes carrées de 1cm de côté dont le couvercle est grillagé, à raison d'une larve par enceinte. Elle y passera tout le temps de son développement préimaginal. Leur petite taille et leur fragilité rendent leur manipulation très délicate. Aussi a-t-on utilisé, pour chaque expérience, une population différente de larves, mais de même âge. De plus, on a choisi, pour les séquences alimentaires, des individus qui viennent juste de muer et qui sont à jeun. Les larves ont reçu une ration alimentaire composée de 1 à 2 ovisacs, deux fois par jour jusqu'à la mue suivante. Ce nombre d'ovisacs déterminé au cours d'un essai antérieur, se trouve largement excédentaire par rapport aux réels besoins alimentaires d'une larve.

Le dénombrement, puis la pesée des oeufs de cochenilles prédatés ainsi que celle des larves du prédateur ont été effectués biquotidiennement aux mêmes heures (9 heures et 17 heures) à l'aide d'une balance Mettler (sensibilité 0,10mg.)

A la fin de chaque séquence alimentaire, on a dressé un bilan trophique qui comprend :

- le nombre de proies consommées par les larves
- et leur gain de poids correspondant (en mg.).

c). Estimation des quantités d'oeufs prédatés

Le bilan journalier de la consommation a été établi non seulement en nombre de proies, mais aussi en biomasse de proies ingérées. Pour cela on a d'abord évalué le pourcentage du poids frais de la nourriture qui est théoriquement ingéré par chaque stade larvaire de D. hennesseyi ; un lot de 30 oeufs est pesé afin de déterminer le poids moyen d'un oeuf. Puis des oeufs de même nature sont fournis aux larves du prédateur et les chorions vidés sont pesés. La différence entre le poids moyen d'oeufs intacts et le poids moyen des chorions vidés donne la quantité de nourriture prélevée par la coccinelle ; le coefficient d'utilisation est le rapport de cette quantité sur le poids moyen de l'oeuf entier multiplié par cent. On a pu obtenir de cette façon l'estimation pondérale de la consommation alimentaire (C) en appliquant la formule suivante :

$$C \text{ (en mg.)} = \frac{P_i}{N} \cdot N' \cdot CU$$

P_i = Poids total des oeufs de cochenilles offerts par séquence alimentaire

N = Nombre total d'oeufs proies offerts par séquence alimentaire

N' = Nombre d'oeufs proies consommés

CU = Coefficient d'utilisation de la proie.

En tenant compte de la perte du poids de la proie par déshydratation, ce coefficient devient :

$$CU = \frac{(Po - P1) - \frac{PO' - P1'}{2}}{PO} \cdot 100$$

Po = Poids initial de l'oeuf proie à consommer

PO' = Poids initial de l'oeuf proie témoin

P1 = Poids du chorion

P1' = Poids de l'oeuf proie témoin après déshydratation

d). Le rendement alimentaire

La consommation alimentaire d'un prédateur peut être importante dans certains cas, mais cela n'est pas un critère fiable pour savoir si la proie consommée offre une réelle valeur nutritive. Afin de mieux connaître cette valeur des oeufs de P. manihoti, il était intéressant de rechercher une relation entre l'alimentation et la croissance du prédateur en calculant le rendement alimentaire. Celui-ci peut être représenté par la formule suivante :

$$Rd = \frac{P}{C} \cdot 100$$

avec P = Gain de poids des larves (en mg)

C = Consommation alimentaire correspondante (en mg)

e). Le coefficient de multiplication du poids au sein de chaque stade larvaire

La croissance pondérale des larves du prédateur, en fonction de la valeur nutritive de la proie qu'elles consomment est estimée à partir des éléments suivants :

- Le poids initial à l'éclosion (ou à la mue)
- Le poids maximal au cours du développement du stade larvaire concerné
- Le poids final avant la mue.

Ainsi, en faisant le rapport entre le poids maximal et le poids initial, on obtient le coefficient de multiplication.

3. RESULTATS

Pour l'ensemble des expériences menées, les valeurs sont consignées dans le Tableau IV et représentées graphiquement sur la figure 8. Les points L1, L2, L3, L4 représentent le passage d'un stade à un autre, toujours marqué par une mue.

3.1. Aspects quantitatifs des besoins alimentaires (fig. 8)

a). Prédation en nombre

Le nombre total moyen d'oeufs proies consommés par un seul individu pendant sa vie larvaire est de 238,30. De tous les stades, c'est la L4 qui consomme le maximum de proies, soit 82,29 % de la consommation totale (nombre d'oeufs vidés). Les deux premiers stades larvaires n'exploitent pas totalement leur proie. Ainsi, à nombre égal de proies, la prédation varie selon le stade larvaire. Mais pour la clarté de la rédaction on n'a pas différencié les oeufs totalement vidés de ceux partiellement exploités. Ils sont regroupés sous la désignation "d'oeufs consommés".

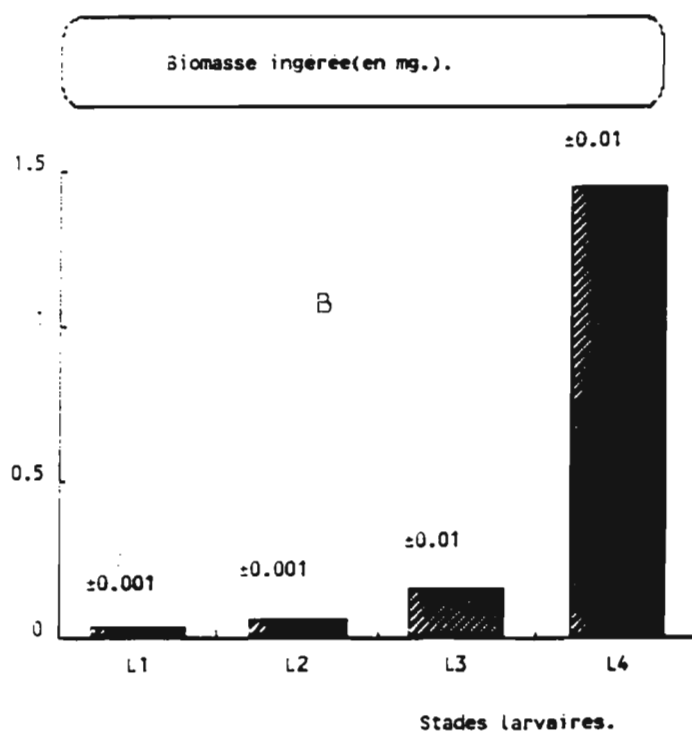
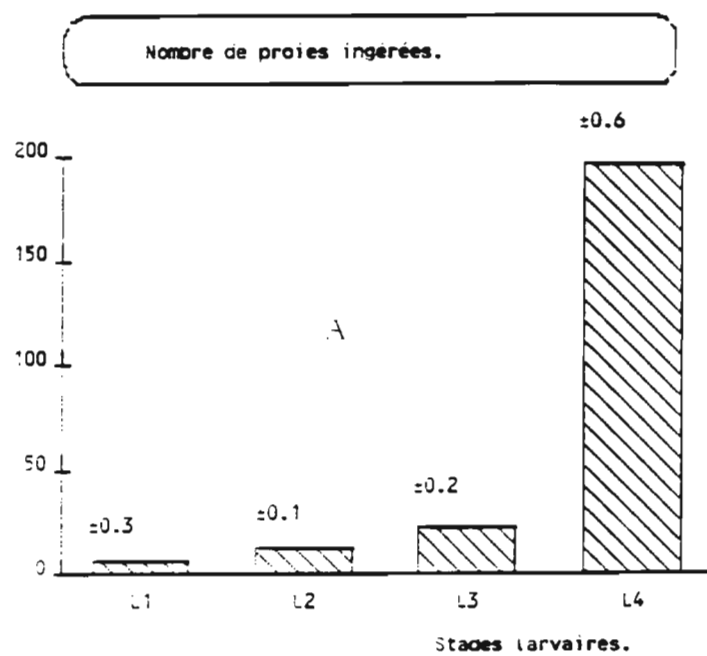


Fig.8 Evolution de la consommation alimentaire
des différents stades larvaires de *D. hennesseyi*.
A - en nombre d'oeufs de *P. manihoti*.
B - en biomasse d'oeufs de *P. manihoti*.

b). Prédation en biomasse

La biomasse d'oeufs de cochenilles consommés par la larve varie comme la consommation en nombre d'oeufs. Si la quantité consommée est faible au début du développement pour les L1 et L2, le déficit alimentaire est comblé au cours des stades L3 et L4 pour un coefficient d'utilisation respectif de 50, 55, 95 et 95%. Par exemple, pour une larve ayant consommé 1,693 mg. durant sa vie on trouvera en mg. la répartition suivante :

$$0,028 \text{ (L1)} + 0,055 \text{ (L2)} + 0,157 \text{ (L3)} + 1,453 \text{ (L4)}.$$

La consommation (en mg.) du quatrième stade larvaire représente 85,82 % de la consommation totale. De plus, la consommation alimentaire du deuxième stade larvaire est deux fois supérieure à celle du premier stade ; au troisième stade la consommation dépasse de 1,5 fois celle du deuxième stade, tandis qu'au quatrième stade elle est six fois supérieure à celle du troisième stade.

Remarque : Comparativement aux trois autres stades larvaires, le quatrième montre une plus forte voracité.

3. 2. Aspects qualitatifs des besoins alimentaires préimaginaux

L'exploitation efficace d'une proie est une des qualités recherchée pour un prédateur. Or, la larve de D. hennesseyi cherche à tirer le meilleur parti possible de la proie qui lui est offerte, en fonction de certains facteurs qui se répartissent en trois groupes principaux :

- Les facteurs éthologiques, qui concernent la protection de la proie, pour lui permettre d'échapper au prédateur : comme la confection d'une masse floconneuse appelée ovisac cireux qui rend difficile l'accessibilité des oeufs aux premiers stades larvaires du prédateur.

- les facteurs morphologiques, qui se rapportent aux problèmes de pénétration de la larve dans l'ovisac. La fragilité et la petite taille de la jeune larve réduisent sa vitesse de pénétration dans l'ovisac. Cela entraîne une forte mortalité larvaire dans les quatre heures qui suivent l'éclosion.

- Les facteurs pondéraux, qui découlent directement des précédents et prennent en compte la valeur nutritive de la proie. Au 1er stade, la larve prédatrice n'exploite que la moitié de la biomasse de la proie.

Donc l'estimation des aptitudes trophiques des larves de L. hennesseyi doit-elle tenir compte des facteurs précédemment invoqués.

a). La mortalité

Dans l'ensemble, la mortalité a été faible. Elle a essentiellement concerné le premier stade larvaire du prédateur (20 %).

b). La durée des stades et de la période de prise de nourriture au sein de chaque stade

La durée des stades et de la période de prise de nourriture varie suivant le stade larvaire du prédateur (Tableau

TABLEAU IV :Caractéristiques biologiques, pondérales et trophiques des larves de *D.hennesseyi* FÜRSCH

CRITERES	STADES LARVAIRES			
	L1	L2	L3	L4
NOMBRE DE LARVES	20	20	20	20
MORTALITE(EN %)	20	0	0	0
DUREE TOTALE DU DEVELOPPEMENT (JOURS)	3,45 ± 0,23	2,25 ± 0,25	2,65 ± 0,22	3,15 ± 0,22
DUREE DE LA PHASE ALIMENTAIRE (JOURS)	3,45 ± 0,23	2,25 ± 0,28	1,93 ± 0,19	2,91 ± 0,21
POIDS INITIAL (MG)	0,003 ± 0,00	0,020 ± 0,00	0,066 ± 0,00	0,141 ± 0,00
POIDS MAXIMAL ATTEINT (MG)	0,012 ± 0,00	0,042 ± 0,00	0,154 ± 0,00	0,509 ± 0,00
GAIN DE POIDS CORRESPONDANT (MG)	0,009 ± 0,00	0,022 ± 0,00	0,088 ± 0,00	0,368 ± 0,00
COEFFICIENT D'UTILISATION DE LA PROIE (EN %)	50	55	95	95
CONSUMMATION ALIMENTAIRE TOTALE -EN NOMBRE D'OEUFs DE COCHENILLE	7,25 ± 0,25	13,10 ± 0,14	21,85 ± 0,17	196,10 ± 0,55
-EN BIOMASSE D'OEUFs DE COCHENILLE(mg)	0,028 ± 0,00	0,055 ± 0,00	0,157 ± 0,00	1,453 ± 0,00
RENDEMENT ALIMENTAIRE MOYEN (EN %)	32,30	39,66	54,41	35,04
FACTEUR DE MULTIPLICATION	4	2,1	2,3	3,4

IV). Au premier et au deuxième stade, la durée du développement correspond à la durée de la prise alimentaire ; au troisième stade, la durée de prise de nourriture est inférieure à la durée du développement ; au quatrième stade, la durée du développement est sensiblement égale à la durée de prise de nourriture.

c). L'évolution pondérale des larves

Pour chaque stade larvaire l'évolution pondérale débute par un certain poids initial qui augmente au cours du cycle larvaire jusqu'à atteindre un maximum avant de décroître (perte de poids) au moment de la prémue. Cette période est marquée par un arrêt momentané d'alimentation (tableau IV).

Les oeufs de la cochenille du manioc constituent une nourriture de bonne qualité puisqu'elle permet de multiplier le poids de la larve du premier stade par 4 ; au deuxième et troisième stade larvaire on observe respectivement une augmentation de poids par 2,1 et par 2,3. Elle atteint 3,4 au quatrième stade.

d). Le rendement alimentaire

Le rendement alimentaire dépend de l'âge des larves du prédateur. Au premier stade, il varie de 25,71 à 33,33 %. Pour les deuxième et troisième stades, ce rendement atteint respectivement de 36,6 à 40 % et de 53,99 à 56,77 %. Il diminue ensuite de 37,87 à 32,14 % au quatrième stade. Sur l'ensemble du développement larvaire, il est d'environ 40,35 %, valeur nettement inférieure (plus de 50 %) à celle trouvée chez Hyperaspis raynevali MULSANT par GERY (1987).

4. Discussions et Conclusions

Les divers résultats obtenus concernent à la fois les besoins de chacun des stades larvaires du prédateur avec une information supplémentaire sur la qualité nutritive de la proie.

On constate que les différents stades larvaires du prédateur n'exploitent pas la proie avec la même efficacité : au premier et au deuxième stade, le coefficient d'utilisation varie de 50 à 55 %, alors que pour les deux derniers stades, ce coefficient est égal à 95 % (Tableau V).

De plus, on observe, au niveau de chaque stade, deux périodes physiologiques. La première, la plus longue, correspond à la phase d'alimentation pendant laquelle les larves se nourrissent normalement. La prise de nourriture présente un maximum d'intensité au début de chaque stade. Parallèlement, le poids des larves augmente régulièrement pour atteindre un palier à la fin de la prise alimentaire. La deuxième période correspond à la phase d'amaigrissement pendant laquelle s'effectuent les processus de la mue. Sa durée est variable, elle dépend de l'âge de la larve. Au cours de cette période, la prise alimentaire est facultative.

Toutefois, il n'a pas été possible de trouver une liaison linéaire entre la biomasse d'oeufs de cochenilles consommés et l'évolution pondérale des larves de D. hennesseyi ; la différence entre les cinq couples de données ayant été significative ($\chi^2 = 1,78$ $P > 0,80$). A présent il devient possible à partir de ce travail d'estimer les besoins alimentaires (en mg) des larves de D. hennesseyi pour atteindre un poids donné. Ces résultats corroborent ceux obtenus précédemment avec des coccinelles aphidiphages par d'autres auteurs (FERRAN, 1977-1983 ; SCHANDERL, 1987).

TABLEAU V : Pourcentage d'utilisation d' un oeuf de *P. manihoti* par les différents stades larvaires de la coccinelle *D.hennesi*

CRITERES	STADES LARVAIRES			
	L1	L2	L3	L4
NOMBRE DE LARVES				
PAR ESSAIS	20	20	20	20
POURCENTAGES MOYENS				
DE PROIES CONSOMMEES	3,04 + 0,23	5,49 + 0,13	9,17 + 0,15	82,29 + 0,51
POURCENTAGES				
D'UTILISATION				
DES PROIES	50	55	95	95

CHAPITRE II :

CYCLE DE DEVELOPPEMENT DE D. HENNESSEYI

I. ACTION DE LA TEMPERATURE SUR LA DUREE DU DEVELOPPEMENT

PREIMAGINAL.

De tous les facteurs physiques, la température est probablement celui dont l'action sur le développement des insectes a été le plus étudié (BONNEMAISON, 1946 ; CAMPBELL et MACKAUER, 1975 ;
; OBRYCKI et TAUBER, 1981 ; MESSENGER et FLITTERS, 1959 ; PEAIRS, 1914 ; PODOLER et HENEN, 1983 SPING et al., 1954, etc...)

Cependant, les résultats obtenus sont très variables et leur interprétation diffère selon le cas.

Chez les Coccinellidae, si un certain nombre d'espèces ont donné lieu à de telles études, en revanche, beaucoup d'entre elles comme D. hennesseyi restent encore inconnus ou malconnus.

Cette expérimentation a pour but d'acquérir les connaissances biologiques indispensables à une utilisation raisonnable du prédateur en lutte biologique. Pour cela on s'est appliqué à déterminer la durée et la vitesse du développement larvaire, son seuil thermique de développement et son taux de mortalité éventuelle.

A. Matériel et Méthodes

1). Elevage

La souche de D. hennesseyi provient de Mpila (Brazzaville) ; on l'élève actuellement à l'Insectarium de Valbonne depuis Septembre 1989. Les larves qui ont servi à l'expérimentation sont issues d'adultes nourris avec la cochenille du manioc et placés dans une pièce climatisée ($T = 25^{\circ}\text{C}$; H. R. = 80-90 % ; 12 heures de photopériode). Le maintien des souches est assuré dans des cylindres en plastique. (Voir page 18).

Les adultes en phase reproductive sont placés dans des boîtes rondes (12 cm. de haut et 10 cm. de diamètre), en plastique, avec un couvercle grillagé pour aération. Au bout de 24 heures, ils sont déplacés pour recueillir les oeufs pondus placés dans d'autres boîtes plus larges (volume = 2 litres). Pour obtenir une hygrométrie de 75-80 % dans ces boîtes, on introduit une solution saline. L'ensemble est ensuite placé dans différentes étuves (réglées à 20, 25 et 30°C) avec une photopériode de 12 heures.

Le suivi du développement embryonnaire porte sur 200 oeufs. Celui du développement larvaire et nymphal sur plus de 30 individus, dans chacune des expérimentations effectuées. Les jeunes larves sont prélevées des pondoires au moyen d'un pinceau souple et transférées dans de petites boîtes plastiques carrées (de 1 cm. de côté) à raison d'une larve par boîte. La larve y restera durant son développement préimaginal complet.

2). Seuil thermique de développement

On a déterminé la température de développement C, en utilisant le modèle mathématique de PEAIRS (1914) et qui est résumé par l'équation suivante :

$$(T - C) \cdot X = K \text{ (Constante thermique)}$$

avec :

X = Temps nécessaire au développement complet à une température T

C = Seuil de développement.

La courbe qui représente la durée du développement préimaginal en fonction de T est voisine d'une hyperbole équilatère.

Selon BONNEMAISON (1946), à chaque stade de l'insecte correspond normalement une courbe de développement. Cependant pour faciliter les opérations, cet auteur suggère la possibilité de tracer directement la courbe de développement complet de l'insecte ; la droite de régression exprimant la vitesse de développement en fonction de la température coupe l'axe des températures en un point qu'on peut considérer comme la température seuil du développement pour l'insecte.

B. Résultats et Discussions

1). Durée d'incubation

Le tableau VI indique les durées d'incubation moyennes obtenues selon les différentes températures constantes d'exposition. En prenant comme repère la température de 25°C, on a observé un accroissement de la durée d'incubation de 2,53 jours à 20°C. A 30°C, l'accroissement de la durée du développement embryonnaire est de 0,67 jour. En ce qui concerne la mortalité embryonnaire, elle est très faible pour les températures comprises entre 20 et 30°C.

TABLEAU VI : Influence des températures constantes expérimentales sur la durée d'incubation des oeufs et le pourcentage d'éclosion

TEMPERATURES (°C)	NOMBRE D'OEUFS	% D'ECLOSION	DUREE D'INCUBATION (JOURS)
30	200	64,1	4,90 + 0,15
25	200	88,2	4,23 + 0,08
20	200	93,6	6,76 + 0,10

2). Durée du développement larvaire et nymphal

Les résultats font l'objet du Tableau VII, ils concernent les seuls individus qui sont parvenus au stade nymphal. L'examen du tableau montre que pour les températures de 20, 25 et 30°C, la durée du développement des divers stades larvaires diminue au fur et à mesure que la température s'élève. De plus, à toutes ces températures, le 3ème stade larvaire présente la plus courte durée de développement. Et d'autre part, pour chacune des températures choisies, la durée du développement reste pratiquement la même entre les 3ème et 4ème stades larvaires. D'une manière générale, on constate que les premiers et derniers stades ont une durée de développement supérieure à celle des deux stades intermédiaires. Des résultats similaires ont été notés avec une coccinelle aphidiphage :

Harmonia 14 punctata L. (QUILICI, 1981). Pour la prénymphose, c'est à 25°C qu'elle est la plus longue. Cependant, la nymphose dure plus longtemps à 20°C.

3). Vitesse de développement

Si la courbe qui représente la durée du développement d'un insecte en fonction de la température est une hyperbole équilatère, son inverse qui indique la vitesse de développement peut être sensiblement une droite dans un intervalle assez étendu de températures (entre 20 et 30°C ici). Cela a été confirmé par SPING et al. (1954) qui considèrent cette méthode utilisable pour des températures normalement rencontrées par l'insecte dans la nature.

Sur le Tableau VIII, on a reporté les valeurs observées à partir desquelles on a obtenu l'équation suivante :

TABLEAU VII : Durées du développement larvaire et nymphal de *D.hennesseyi* FÜRSCH à différentes températures constantes (proie , oeufs de *P.manihoti*).

STADES	L1	L2	L3	L4	PN	N
TEMPERATURES						
(°C)						
30	2,08 ± 0,13	1,30 ± 0,15	1,30 ± 0,15	2,55 ± 0,21	1,21 ± 0,14	4,13 ± 0,12
25	3,06 ± 0,12	1,86 ± 0,12	2,01 ± 0,005	4,92 ± 0,10	3,23 ± 0,11	4,21 ± 0,11
20	4,45 ± 0,18	2,97 ± 0,12	3,19 ± 0,12	4,89 ± 0,12	2,19 ± 0,13	9,51 ± 0,13

* : MOYENNE EN JOURS

TABLEAU VIII: Durée et vitesse de développement des stades préimaginaux de *D. hennesseyi* FÜRSCH
(intervalles de confiance donnés à 5 %)

STADES	TEMPERATURE (°C)	DEVELOPPEMENT				Lx ²
		OBSERVE		CALCULE		
		DUREE (D)	VITESSE	DUREE EN	VITESSE	
		EN JOURS±S.E.	(1/D)	JOURS (D)	(1/D)	
OEDFS	30	4,94 ± 0,07	0,20	3,09	0,32	0,51
	25	4,00 ± 0,00	0,25	4,00	0,25	
	20	6,70 ± 0,10	0,15	5,67	0,18	
L1	30	2,08 ± 0,10	0,48	2,24	0,45	0,37
	25	3,06 ± 0,12	0,33	3,00	0,33	
	20	4,45 ± 0,20	0,22	4,55	0,22	
L2	30	1,30 ± 0,15	0,77	1,34	0,75	0,51
	25	1,88 ± 0,12	0,54	1,90	0,53	
	20	1,97 ± 0,12	0,34	3,31	0,30	
L3	30	1,30 ± 0,15	0,77	1,34	0,75	0,51
	25	2,01 ± 0,15	0,54	1,90	0,53	
	20	3,19 ± 0,12	0,34	3,31	0,30	
L4	30	2,55 ± 0,14	0,39	3,64	0,27	0,54
	25	4,92 ± 0,12	0,20	4,90	0,20	
	20	4,89 ± 0,12	0,20	7,48	0,13	
PN	30	1,21 ± 0,14	0,24	2,41	0,41	0,47
	25	3,23 ± 0,11	0,31	3,20	0,31	
	20	2,19 ± 0,13	0,46	4,76	0,21	
N	30	4,13 ± 0,12	0,24	2,70	0,37	0,55
	25	4,24 ± 0,11	0,23	4,20	0,24	
	20	9,51 ± 0,13	0,10	9,45	0,11	
Total	30	17,55±0,27	0,42	18,10	0,40	0,47
	25	23,35±0,23	0,32	23,35	0,30	
	20	33,94±0,33	0,21	32,20	0,20	

$$V = a_1.T = a_0$$

avec : V = Vitesse de développement

T = Température

a₁ et a₀ = Coefficient de la droite.

Ainsi, pour le développement préimaginal de D. hennesseyi, les équations suivantes ont été obtenues :

- L'oeuf..... : $V = 0,010.T - 0,080$
- Premier stade larvaire..... : $V = 0,030.T - 0,310$
- Deuxième stade larvaire..... : $V = 0,040.T - 0,530$
- Troisième stade larvaire.... : $V = 0,050.T - 0,620$
- Quatrième stade larvaire.... : $V = 0,020.T - 0,210$
- Prénympe..... : $V = 0,040.T - 0,390$
- Nympe..... : $V = 0,010.T - 0,160$
- Ensemble du développement
préimaginal..... : $V = 0,020.T - 0,370$

Le modèle mathématique de PEAIRS (1914) employé, a donné des résultats satisfaisants sur la vitesse de développement, comparativement aux résultats observés. La différence entre les valeurs du développement observée et calculée s'est révélée non significative (pour tout l'ensemble des stades préimaginaux le X² se situe entre 0,37 et 0,55).

Des résultats similaires ont été obtenus récemment avec deux coccinelles du genre Chilocorus (PODOLER et HENEN, 1983). Toutefois pour toute la gamme des températures de l'expérimentation, la vitesse de développement paraît lente pour l'oeuf et la nymphe :
 - pour l'oeuf : 0,15 ; 0,25 ; 0,20 respectivement à 20, 25 et 30°C ;
 - pour la nymphe : 0,10 ; 0,23 ; 0,24 respectivement à 20, 25 et 30°C. De ce point de vue D. hennesseyi ne semble pas se comporter très favorablement face aux conditions climatiques du Congo.

4). Seuil thermique de développement

PEAIRS (1927) définit le seuil thermique comme étant la température au-dessous de laquelle le développement cesse et au-dessus de laquelle il commence. Le seuil thermique de développement trouvé graphiquement par l'intersection de la droite de régression avec l'axe des températures est généralement celui qui se détermine le plus facilement (BONNEMAISON, 1946 ; HODEK, 1973 ; KATSOYANNOS, 1983 ; PODOLER et HENEN, 1983). Il varie suivant le stade de développement ainsi trouve-t-on les résultats suivants avec D. hennesseyi :

oeuf = 8,0°C ; larve au premier stade = 10,33°C ; larve du deuxième stade = 13,25°C ; larve du troisième stade = 12,40°C ; larve du quatrième stade = 10,50°C ; prénymphe = 9,75°C ; nymphe = 16,0°C

(tableau IX). Partant des résultats obtenus sur la sensibilité aux températures de chacun des stades de développement de D. hennesseyi (tableau IX) le début du développement larvaire et la métamorphose se caractérisent donc par des seuils thermiques de développement élevés. Cela a été également observé chez d'autres coccinelles coccidiphages.

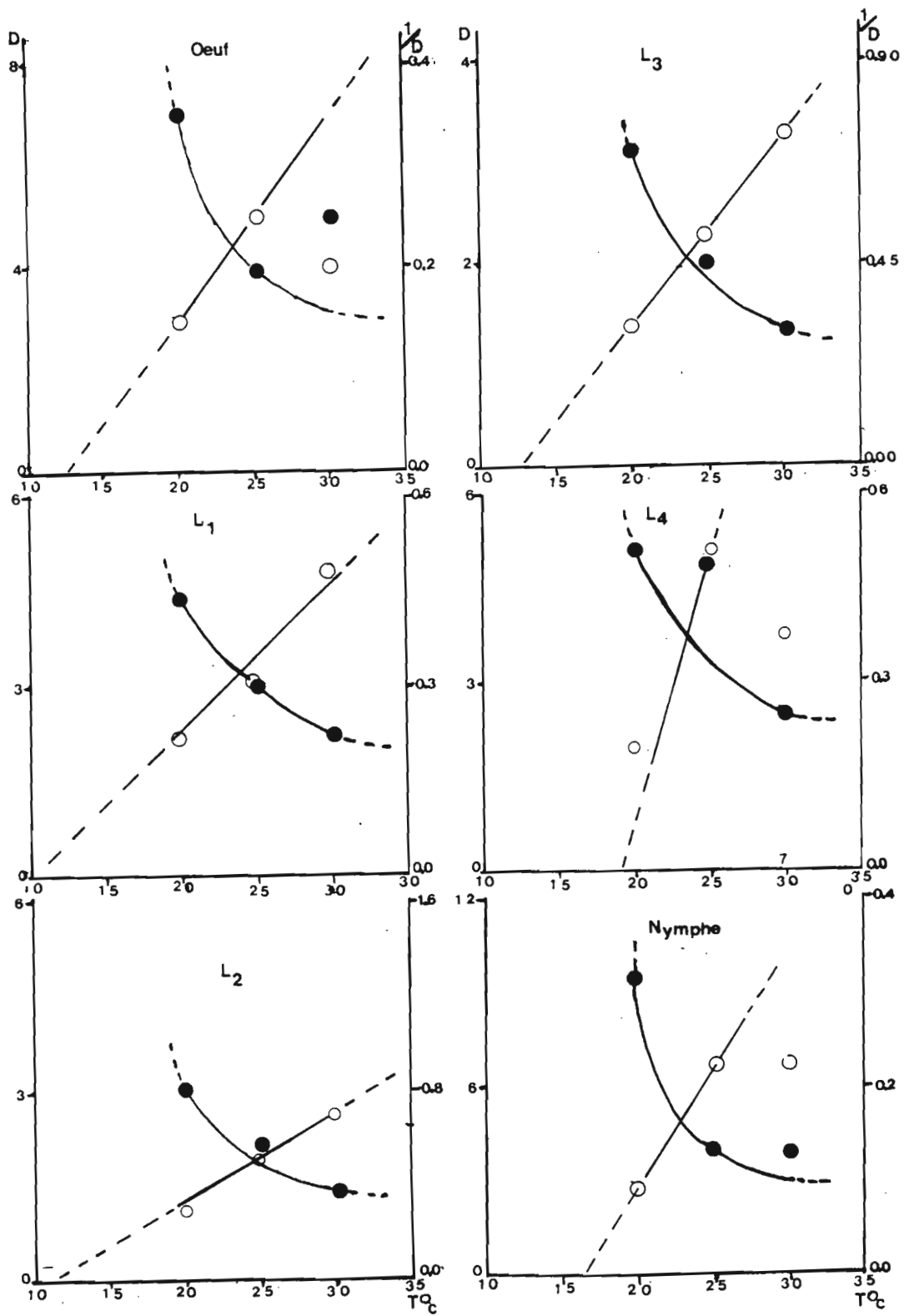


Fig.9

Représentation graphique des durées(cercles noirs) et des vitesses(cercles blancs) de développement des stades pré-imaginaux de *D.hennesseyi* en fonction de la température.

TABLEAU IX : Valeurs des seuils thermiques de développement et de la constante thermique (K)
des stades préimaginaux de D.hennesseyi FÜRSCH .

STADES	TEMPERATURES obtenues		K =D(T-t) EN DEGRE JOUR
	PAR GRAPHIQUE	par CALCUL	
OEufs	12,50	8,00	68,00
L1	10,00	10,33	44,00
L2	11,50	13,25	22,32
L3	12,50	12,40	25,20
L4	18,75	10,50	71,05
PN	14,67	9,75	48,80
N	16,15	16,00	37,80

Ainsi, chez Chilocorus kuwanae SILVESTRI : les seuils thermiques sont de 9,35 ; 6,18 ; 2,28 ; 8,88 ; 10,15 et 12,98°C respectivement pour l'oeuf, les larves du premier, deuxième, troisième et quatrième stade et pour la nymphe (PODOLER & HENEN, 1983) Chez Nephus reunioni CHAZEAU ; les seuils thermiques suivants ont été obtenus : pour l'oeuf = 16,40°C ; le développement larvaire = 8°C ; la prénympe = 7,15°C et la nymphe = 9,23°C (IZHEVSKY & ORLINSKY, 1988) ; Chez Hyperaspis raynevali MULSANT ; les seuils sont les suivants : pour l'oeuf = 11,64°C ; L1 = 11,55°C ; L2 = 16,25°C ; L3 = 13,34°C ; L4 = 13,25°C et la nymphe = 15°C (KIYINDOU, 1989).

II. ACTION DE L'ALIMENTATION SUR LA DUREE DU DEVELOPPEMENT

Le travail que nous présentons fait surtout état des résultats acquis au cours d'une étude de laboratoire effectuée sur les aspects qualitatifs d'une alimentation de prédateur de P. manihoti et comportant une simplification de la chaîne alimentaire constituée par le manioc, la cochenille et la coccinelle élevée. Une amélioration sensible a été obtenue grâce à l'adoption de nouveaux substrats (pommes de terre et courges) et d'un hôte phytophage de remplacement (Planococcus citri RISSO) mieux adapté que Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO à une production importante.

Cette expérimentation s'est attachée à étudier l'influence d'une nourriture produite au laboratoire sur l'efficacité des prédateurs ultérieurement utilisés pour lutter contre la cochenille du manioc. On a déterminé l'influence de cette nourriture à l'aide de certains indices biologiques spécifiques au prédateur : sa survie, la durée et la vitesse de son développement, comme l'on fait

IPERTI et al., 1972 ; IPERTI et TREPANIER-BLAIS, 1972) sur certaines coccinelles coccidiphages et aphidiphages.

A). Elevage de D. hennesseyi

La souche de D. hennesseyi est la même que celle utilisée dans les précédentes expérimentations. Environ dix couples sont placés dans une boîte ronde (4 cm de diamètre) fermée avec un couvercle grillagé pour l'aérer ; ceux-ci sont retirés des boîtes 24 heures après. Les oeufs pondus au cours de cet intervalle de temps sont alors répartis dans différentes étuves réglées à 20, 25 et 30°C et 75 à 80 % H.R. L'humidité relative dans les boîtes est obtenue à l'aide d'une solution saline. Pour cet essai, on a utilisé deux lots d'insectes : un lot nourri avec P. citri et un autre nourri avec P. manihoti.

B). Résultats

1). Survie des stades préimaginaux

L'influence de deux nourritures (P. citri et P. manihoti) sur la survie du prédateur pour chaque stade a été examinée. Les Tableaux X et XI indiquent clairement qu'à l'exception du premier stade où le pourcentage de survie des larves nourries avec P. citri est faible, la qualité alimentaire des deux proies utilisées est favorable au développement de D. hennesseyi.

2). Durée du développement préimaginal de D. hennesseyi.

On a pu mettre en évidence l'influence de l'alimentation sur la durée du développement préimaginal du prédateur. Les résultats obtenus avec chacune des températures

TABLEAU 7 : Mortalité larvaire et nymphale en fonction des différentes températures expérimentales constantes.

TEMPERATURE (°C)	NOMBRE D'OEUFs AU DEPART	TAUX DE MORTALITE (EN %) STADE DE DEVELOPPEMENT						NBRE D'ADULTES OBTENUS
		L1	L2	L3	L4	PN	N	
30	51	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,00
25	80	17,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,00
20	82	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,00

TABLEAU XI: Survie des différents stades préimaginaux de *D.hennesseyi*;
pourcentage en fonction de la température et de la nourriture
des larves.

STADES	TEMPERATURE (°C)	SURVIE DES STADES EN FONCTION DE LA NOURRITURE (EN %)		TEST DE FISHER F^1_2 18,5 (Proie) F^2_2 19,0 (Temp.)	
		P.manihoti	P.citri	PROIE	TEMPERATURE
L1	30	92,50	54,54	237,8xxx	5,5 NS
	25	82,50	48,39		
	20	90,00	53,00		
L2	30	100,00	100,00	3,9 NS	1 NS
	25	100,00	81,25		
	20	100,00	80,00		
L3	30	100,00	91,64	1 NS	1 NS
	25	100,00	100,00		
	20	100,00	100,00		
L4	30	100,00	90,91	177,6xxx	1 NS
	25	100,00	92,31		
	20	100,00	87,50		
PN	30	100,00	100,00		
	25	100,00	100,00		
	20	100,00	85,72		
N	30	100,00	100,00	1 NS	1 NS
	25	100,00	100,00		
	20	100,00	66,67		

NS=non significatif

xx= significatif

xxx= très significatif

essayées (20, 25 et 30°C ; 75-80 % H.R.) montrent un cycle de développement plus long chez les larves nourries avec P. citri et plus rapide chez celles alimentées avec P. manihoti (Tableau XII) ; la durée du développement préimaginal du prédateur alimenté avec P. citri augmente de 1,3 à 25°C. De plus, P. citri provoque une mortalité larvaire non négligeable au premier stade dont la durée augmente de 3,2 fois. A n'en pas douter, P. citri constitue une alimentation beaucoup moins favorable pour les premiers stades larvaires de D. hennesseyi (Tableaux XI et XII). Les effets néfastes d'une nourriture inadéquate apparaît ici surtout comme un élément susceptible de ralentir l'évolution des individus survivants de D. hennesseyi bien plus que comme un facteur réducteur de l'effectif de la population juvénile.

D'où la question suivante qui se pose pour savoir ce que pourrait advenir de D. hennesseyi en période de raréfaction de la cochenille du manioc (P. manihoti) notamment en saison des pluies, une fois lâchée dans les parcelles de manioc.

3). Discussion et Conclusion

A partir des différentes expériences menées, il ressort que les paramètres physiques et biologiques pris en compte, ont une influence très marquée sur la biologie des stades préimaginaux de D. hennesseyi.

Concernant la température, son augmentation entraîne une accélération, donc un raccourcissement du cycle larvaire. En revanche, les basses températures déterminent un allongement de la durée du développement préimaginal.

**Tableau XII: Durée du développement de l'oeuf à l'oeuf
de D.hennesseyi en fonction de la température et de
la nourriture des larves (Intervalles de confiance donnés à 5%)**

STADES	TEMPERATURE (°C)	Durée du développement EN FONCTION DE LA NOURRITURE (jours)		TEST DE FISHER	
				F_2^1 31	3,89 (Proie)
				F_2^2 32	3,04 (Temp.)
		P.manihoti	P.citri	PROIE	TEMPERATURE
W	30	4,94±0,07	2,57±0,57	1,317 NS	1559,8xxx
	25	4,00±0,00	5,20±0,41		
	20	6,74±0,10	8,06±0,58		
L ₁	30	2,08±0,13	4,33±0,76	512,9xxx	158,1xxx
	25	3,06±0,12	5,70±1,37		
	20	4,45±0,18	6,87±0,90		
L ₂	30	1,30±0,15	3,83±1,00	1004,8xxx	128,0xxx
	25	1,86±0,12	3,33±0,66		
	20	2,97±0,12	5,67±0,80		
L ₃	30	1,30±0,15	3,70±0,53	633,9xxx	393,7xxx
	25	2,01±0,05	2,37±0,72		
	20	3,19±0,19	6,63±0,96		
L ₄	30	2,55±0,21	4,10±0,51	183,4xxx	202,2xxx
	25	4,92±0,10	4,97±0,76		
	20	4,89±0,12	8,87±2,42		
PN	30	1,21±0,14	3,46±0,51	21,9xx	19,9xx
	25	3,23±0,11	1,60±0,50		
	20	2,19±0,13	2,77±0,90		
N	30	4,13±0,12	6,63±0,61	607,8xxx	1988,2xxx
	25	4,24±0,11	6,57±0,50		
	20	9,51±0,13	10,30±0,75		
Maturation coxuolle	30	5,80±0,11	6,00±0,33	41,4xx	2747,5xxx
	25	5,98±0,16	5,50±0,43		
	20	11,10±0,15	9,73±0,40		
Total	30	23,35±0,29	34,66±1,79	1839,9xxx	3068,3xxx
	25	29,28±0,25	37,73±2,54		
	20	45,04±0,40	59,00±3,21		

NS= non significatif

xx= significatif

xxx= très significatif

D'après les résultats expérimentaux obtenus, la qualité de la nourriture se révèle comme la cause principale d'une forte mortalité des jeunes stades larvaires.

Toutefois, entre 25 et 20°C, D. hennesseyi augmente la durée de son développement par 1,4 avec comme proie la cochenille du manioc et par 1,6 lorsque les larves se nourrissent de P. citri. C'est relativement peu par rapport aux trois autres espèces de Coccinellidae présentes au Congo (Hyperaspis senegalensis hottentotta MULSANT ; Exochomus flaviventris MADER ; Hyperaspis raynevali MULSANT), qui pour un même écart de température, doublent leur cycle larvaire respectif. De ce point de vue, Diomus hennesseyi semble présenter un avantage dans son emploi pour lutter contre la cochenille du manioc au Congo, pays où les basses températures enregistrées au début de la saison sèche sont probablement préjudiciables à l'amorce de la gradation du ravageur du manioc (Phenacoccus manihoti) LERU et FABRES (1987) et de ses entomophages (KIYINDOU, 1989).

De plus, les taux sexuels suivants ont été obtenus à chaque température de l'étude et pour chacune des deux proies utilisées à savoir :

P. manihoti permet d'obtenir un taux sexuel de 0,47 ; 0,54 et 0,30 respectivement à 20, 25 et 30°C.

Avec comme proie P. citri le taux sexuel obtenu est égal à 0,49 ; 0,33 et 0,30 respectivement à 20, 25 et 30°C.

QUATRIEME PARTIE

ETUDE DE LA BIOLOGIE DES ADULTES
DE D. HENNESSEYI

4ème PARTIE

ETUDE DE LA BIOLOGIE DES ADULTES DE D. HENNESSEYI

CHAPITRE I : LA LONGEVITE IMAGINALE DE DIOMUS HENNESSEYI

Chez un insecte, animal poïkilotherme, le rôle de la température dans l'accélération ou le ralentissement des activités biologiques est d'importance capitale (UVAROV, 1931 ; DAJOZ, 1974). Pour les espèces sans diapause, le facteur température prend généralement le pas sur l'influence de certains facteurs écologiques comme l'hygrométrie ou la photopériode. Toutefois, et dans de nombreux cas, la température agit en synergie avec l'alimentation. On a donc choisi d'étudier expérimentalement l'influence du régime thermique et de la proie sur la longévité de D. hennesseyi. L'expérience vise à préciser la sensibilité de l'espérance de vie du prédateur selon la température et l'alimentation.

1. Matériel et conditions expérimentales

Les coccinelles adultes sont prélevées dès leur émergence et élevées par couples dans des boîtes carrées de 1 cm³. contenant toujours deux à trois ovisacs de P. manihoti ou de P. citri. Les ovisacs sont posés sur des plaquettes qui servent également de support de ponte aux femelles de D. hennesseyi. Ces plaquettes sont changées chaque jour, le nombre de femelles mortes

est noté. Tous les élevages sont effectués dans des conditions d'éclairement et d'humidité identiques et constantes : photopériode de 12 heures/24 heures, hygrométrie relative de 80 p.100. Seule la température diffère suivant les cas ; six séries d'observations ont été réalisées aux températures constantes de 20, 25 et 30°C. Pour pallier à tout phénomène de sélection, les 107 femelles suivies ont été choisies au fur et à mesure de leur émergence (à des dates différentes).

2. Résultats

a). Influence de la température sur la longévité de *D. hennesseyi*.

Les courbes de la figure 10 sont de longueurs inégales. Elles montrent, en effet, que l'espérance de vie varie en fonction de chaque situation expérimentale choisie. L'espérance de vie, pour un régime thermique donné, est définie ici comme la durée pendant laquelle l'effectif initial de l'expérience est réduit de moitié (longévité médiane) (Tableau XIII). Cette définition repose sur le calcul de la médiane qui présente par rapport à la moyenne arithmétique, l'avantage d'atténuer l'influence des grandes longévités. Avec comme proie *P. manihoti*, pour un écart thermique de 5°C (entre 20 et 25°C), le facteur de diminution de l'espérance de vie est de 0,9. Tandis qu'entre 25 et 30°C, ce facteur atteint 1,6. Lorsque les femelles de *D. hennesseyi* sont nourries avec *P. citri*, l'espérance de vie est supérieure à 70 jours à 20°C, mais celle-ci diminue très rapidement avec l'augmentation de la température ; elle dépasse à peine 29 jours à 30°C (Fig. 11).

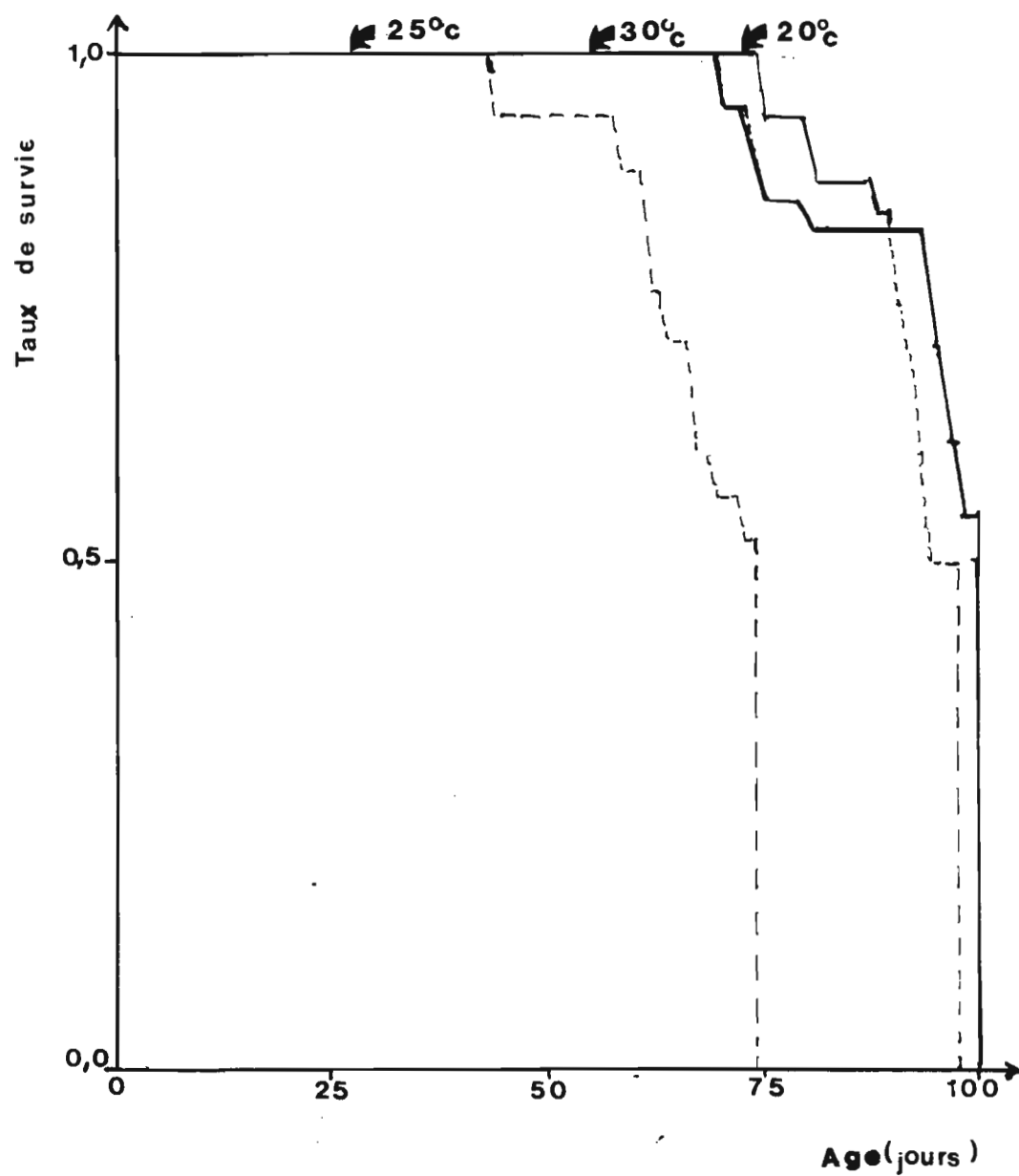


Fig. 10

Variation du taux de survie des femelles de *D. hennesseyi* nourries avec *P. manihoti*.

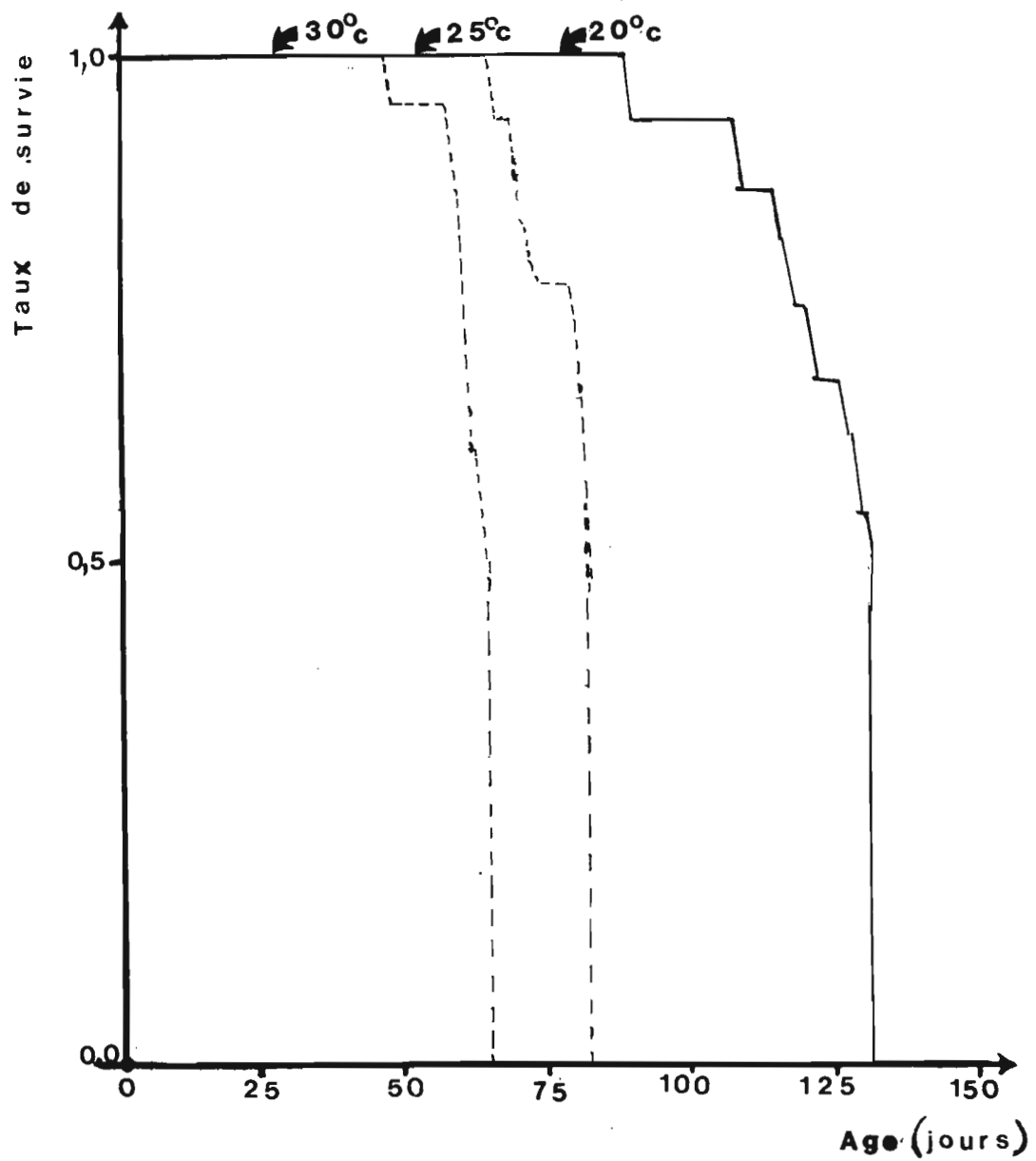


Fig. 11

Variation du taux de survie des femelles de *D. hennesei* nourries avec *P. citri*.

TABLEAU XIII:Données de D.hennesseyi FÜRCH sur la longévité médiane et la ponte totale par femelle en fonction des différentes températures expérimentales constantes

TEMPERATURES	30	25	20
(°C)			
NOMBRE DE			
FEMELLES	20	17	16
ESPERANCE DE			
VIE (EN JOURS)	100	74	97
PONTE TOTALE			
MOYENNE	193,7 ± 32,3	225,5 ± 41,9	122,3 ± 21,5

Les droites des figures 10 et 11 représentent pour chaque régime alimentaire, l'évolution des deux phénomènes quelque peu opposés. A une température de 30°C, la longévité médiane est plus élevée lorsque les femelles de Diomus hennesseyi sont nourries avec P. manihoti ; elle est plus faible lorsqu'elles sont nourries avec P. citri.

3. Discussion et conclusion

La mise en évidence d'une durée de vie imaginaire relativement longue chez D. hennesseyi nourri avec P. citri aux basses températures constitue un élément positif des caractéristiques biologiques de ce prédateur et pourrait faciliter sa conservation en laboratoire. En effet, la survie d'un nombre important d'adultes à 20°C constitue un avantage pour faciliter une intervention éventuelle précoce contre la cochenille du manioc ; en effet, l'une des qualités recherchée chez un prédateur c'est sa précocité d'intervention au moment où débute la gradation de sa proie (DOUTT et DE BACH, 1964). Sur un plan écologique, la température ne constitue qu'un des éléments qui pourrait influencer le comportement naturel de D. hennesseyi, mais ce n'est sans doute pas le principal.

Les caractères qualitatifs et quantitatifs des proies disponibles ainsi que leur répartition dans les champs pendant la raréfaction de la cochenille du manioc (saison des pluies) s'avèreront probablement déterminants, comme l'a remarqué HAMMOND (1988).

CHAPITRE II :

LA FECONDITE DES FEMELLES DE D. HENNESSEYI

1. Introduction

L'activité reproductrice des femelles chez les insectes, revêt, à la fois, un aspect quantitatif (fécondité, rythmicité de ponte, délai de maturation sexuelle) et un autre qualitatif (fertilité). Elle dépend d'un certain nombre de facteurs extrinsèques (humidité, photopériode, température, alimentation) et intrinsèques (potentialités biologiques et physiologiques, âge, etc...).

Mais de tous ces facteurs, la température et l'alimentation paraissent jouer un rôle capital chez un insecte prédateur.

Les deux facteurs peuvent agir isolément ou simultanément. On a donc choisi d'étudier l'influence de la température et de l'alimentation sur la fécondité des femelles de D. hennesseyi. L'expérimentation vise un double objectif :

- étudier la dynamique du phénomène de ponte et de sa sensibilité à la température et à l'alimentation.
- déterminer un éventuel optimum thermique de fécondité.

Les femelles de D. hennesseyi sont nourries depuis leur émergence avec P. manihoti (à 20, 25 et 30°C). L'examen de l'influence sur la fécondité du prédateur d'une nourriture imaginaire constituée uniquement par une autre cochenille élevée en permanence à l'Insectarium de Valbonne (P. citri), a permis d'évaluer ses possibilités d'élevage sur cette proie de substitution.

2. Matériels et Méthodes

Aux températures de 20, 25 et 30°C, les effectifs initiaux utilisés sont respectivement de 16, 17 et 20 couples nourris avec P. manihoti et 16, 18, 20 couples nourris avec P. citri et élevés respectivement à 20, 25 et 30°C. Après leur émergence, les insectes sont placés par couples dans des boîtes plastiques d'environ 1 cm³ dont le fond est recouvert de rondelles de papier filtre de façon à absorber les déjections des coccinelles et dont le couvercle est grillagé. Les boîtes sont ensuite disposées dans une autre enceinte, mais plus grande, d'un volume de 2000 cm³ et l'ensemble est placé dans chacune des étuves, respectivement réglées aux températures de 20, 25 et 30°C. L'humidité relative s'élève à 80 % dans chaque boîte ; elle est obtenue à l'aide d'une solution saline placée au fond de chaque boîte. La photopériode dans chaque étuve est de 12 heures/24 heures. Quotidiennement on introduit des proies et l'on retire les oeufs pondus par les femelles de coccinelles (toujours à la même heure entre 8 heures et 10 heures du matin). Le dénombrement des oeufs pondus par les femelles de D. hennesseyi se fait sous une loupe binoculaire. Certains oeufs ainsi dénombrés sont utilisés pour maintenir la souche du prédateur.

3. Résultats et Discussions

3.1. Influence de la température sur la fécondité

Les résultats (Tableau XIV) montrent que la fécondité des femelles accouplées est plus importante à 25°C (225,5 + 41,9 oeufs) qu'à 20°C (122,3 + 21,5 oeufs) et 30°C (193,7 + 32, oeufs). Ces résultats ne prennent pas en compte le cas de quelques femelles qui n'ont pas pondu.

3.1.1. Durée de maturation sexuelle

La durée de maturation sexuelle enregistrée reste identique à 25 et à 30°C. Par contre, à 20°C, elle reste significativement supérieure (Tableau XIV). Le temps nécessaire à l'émission de la première ponte est variable ; sa valeur correspond probablement à l'âge des femelles. Et peut-être ce délais serait en relation directe avec la nécessité chez la femelle de D. hennesseyi, d'avoir un développement ovarien post-nymphal indispensable à l'alimentation des ovocytes en vitellus. En effet, l'examen par dissection des ovaires d'une trentaine de femelles après leur première ponte, montre que le nombre d'oeufs émis le premier jour de ponte correspondrait au nombre de gaines ovariques mûres, mais pas au nombre de gaines ovariques totales contenues dans les deux ovaires. Des faits de même ordre avaient déjà été observés chez Coccinella septempunctata LINN. (SINGH and NAYAR, 1961).

TABLEAU XIV : Durée de la maturation sexuelle et expression de la première ponte en fonction de la température chez D. hennesseyi .

TEMPERATURE (°C)	DUREE DE LA MATURATION SEXUELLE (EN JOURS)	NOMBRE TOTAL D'OEUFs PONDUS LE PREMIER JOUR DE PONTE	NOMBRE DE GAINES OVARIQUES A MATORITE	NOMBRE DE GAINES OVARIQUES NON MURES	NOMBRE TOTAL DE GAINES OVARIQUES DE DEUX OVAIRES
30	5,80 ± 2,30	3,43 ± 2,04	3,43 ± 2,04	8,57	12
25	5,95 ± 2,13	3,62 ± 2,12	3,62 ± 2,12	8,38	12
20	11,10 ± 2,18	1,58 ± 0,90	1,58 ± 0,90	10,42	12

3.1.2. Fécondité moyenne journalière

La fécondité moyenne journalière paraît supérieure à 25°C par rapport à 20°C, mais inférieure à 30°C ; les maxima sont respectivement de 9,8 oeufs, 4,8 oeufs et 11,9 oeufs par jour. En tenant compte de la durée de ponte jusqu'à la mort de la dernière femelle mise en expérience, le nombre moyen d'oeufs pondus par femelle par jour est sensiblement le même à 20°C (1,8 oeuf/jour) et à 30°C (2,2 oeufs/jour) ; il est légèrement supérieur à 25°C (2,8 oeufs/jour).

3.1.3. Fécondité totale

La ponte totale d'une femelle de D. hennesseyi varie selon les conditions thermiques. En prenant comme repère 25°C, toute élévation et toute diminution de température réduit l'importance de la ponte. Pour chaque condition thermique essayée, on enregistre les résultats suivants : 225,5 oeufs à 25°C ; 193,7 oeufs à 30°C et 122,3 oeufs à 20°C. De plus, la grande variabilité individuelle de la fécondité signalée chez la plupart des Coccinellidae (HODEK, 1973), est aussi rencontrée chez D. hennesseyi.

Les résultats obtenus avec des couples isolés dans les conditions maintenues en élevage (20, 25 et 30°C ; 75-85 % H.R. et 12 heures de lumière par jour), alimentés avec P. manihoti sont les suivants :

A 25°C, la femelle la plus prolifique a pondu 355 oeufs au cours de sa vie ; la moins prolifique, a pondu 53 oeufs. A 20°C, la ponte la plus importante atteint 177 oeufs et la plus faible, 18 oeufs. Par contre, à 30°C, la meilleure pondeuse a donné 391 oeufs et la plus médiocre, 102 oeufs.

La figure 12 représente la fréquence des fécondités totales enregistrées dans les différentes conditions d'étude. Les histogrammes ainsi obtenus présentent des différences. Les pontes sont faibles à 20°C, en effet l'histogramme N°1 indique que 50 p.100 des femelles pondent entre 100 et 149 oeufs alors que théoriquement si l'on multiplie le nombre de leurs gaines ovariennes (12) par leur longévité totale, elles devraient en pondre 792. A 25°C, une importante proportion de femelles pond entre 250 et 349 oeufs, théoriquement elle devrait en pondre 960 ; à la température de 30°C, une faible proportion de femelles pond entre 250 et 349 oeufs, théoriquement ces femelles devraient pondre 1056 oeufs.

Si on se réfère à la fécondité totale observée pour chaque température essayée, la figure 12 indique qu'à 20°C les femelles semblent présenter une certaine homogénéité dans leur comportement de ponte. Toutefois, à 25 et 30°C, les femelles se répartissent en deux groupes respectifs.

- à 25°C, le premier groupe pond entre 50 à 199 oeufs au total ; le deuxième groupe pond entre 250 et 349 oeufs (c'est le groupe le plus important, par l'effectif, des femelles pondeuses).

- à 30°C, le premier groupe pond de 100 à 199 oeufs au total ; le deuxième groupe pond entre 250 et 349 oeufs (ce dernier reste le groupe le moins important, par l'effectif, des femelles pondeuses).

La bimodalité des histogrammes représentant un classement des femelles pondeuses selon leur fécondité, pourrait laisser penser à la coexistence de deux flux génétiques divergents dans une même

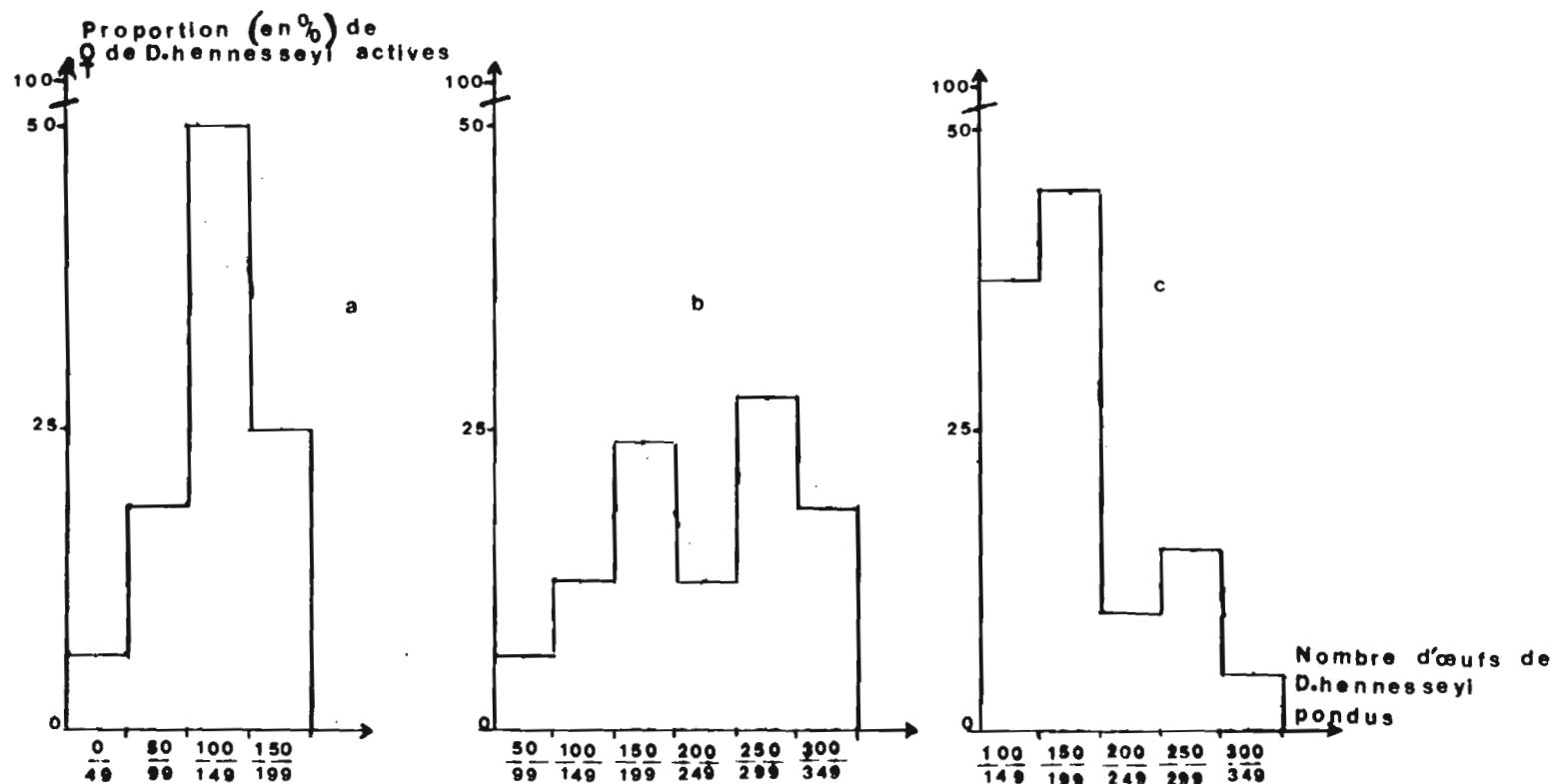


Fig. 12

Proportion de **femelles** actives en fonction de nombre d'œufs pondus
 (l'axe des abscisses représente la classe de ponte) à différentes
 conditions microclimatiques utilisées: a=20°C ; b=25°C ; c=30°C.

population : l'un incitant à pondre beaucoup et vite, l'autre à pondre peu et à se reposer.

Aussi, dans l'optique de la mise au point d'une unité de multiplication de ce prédateur, l'hétérogénéité dans la ponte des femelles de D. hennesseyi serait un critère de sélection d'individus très prolifiques, ainsi que l'a fait remarquer KREITER (1985) sur une coccinelle aphidiphage (Olla V. nigrum MULSANT).

De plus, si l'on compare la capacité de reproduction de D. hennesseyi à celle des autres espèces présentes au Congo, on note de plus grandes similitudes sur les possibilités de multiplication chez tous les prédateurs de P. manihoti.

Dans les conditions thermohygrométriques à peu près identiques (entre 21 et 31°C et 61 à 89 % d'humidité relative), Hyperaspis senegalensis hottentota MULSANT vit plus longtemps et peut déposer plus de deux cent quatre vingt oeufs ; cent vingt cinq chez Exochomus flaviventris MADER (FABRES et KIYINDOU, 1985).

Toutefois, une exception de cette tendance à présenter une faible prolificité a été notée chez Hyperaspis raynevali MULSANT, espèce néotropicale en voie d'introduction au Congo. La ponte moyenne totale de cette dernière se situe entre trois cent dix neuf et neuf cent sept oeufs (KIYINDOU et FABRES, 1987 ; REYD, 1988 ; HOUMOUDOU, 1989). Chez d'autres espèces coccidiphages de la même famille comme Pharoscymnus numidicus PIC., la ponte totale atteint quatre cent cinquante oeufs (KEHAT, 1967).

3.1.4. L'optimum thermique de ponte

a). Diagrammes de fécondité

Dans chaque série expérimentale, un diagramme de fécondité peut exprimer soit la cumulation du nombre d'oeufs pondus par jour tout le temps que dure l'expérimentation (diagrammes fécondité/jours), soit la cumulation du nombre d'oeufs avec le nombre total de calories que reçoit la femelle pondeuse (diagrammes fécondité/températures). Cette seconde représentation paraît plus intéressante pour les entomologistes de terrain car elle permet de vérifier si certains régimes thermiques accélèrent, plus que d'autres, le rendement ovarien.

La figure 13 montre les résultats obtenus. L'influence positive du régime thermique de 25°C apparaît nettement : l'effectif total de ponte y dépasse 200 oeufs en moyenne par femelle.

b). Optimum thermique de ponte

La ponte totale d'une femelle est sous la dépendance de deux éléments biologiques contradictoirement contrôlés par la température, le rythme de ponte et la longévité.

Lorsque la température augmente, le rythme de ponte diminue, mais, en même temps, l'espérance de vie semble augmenter.

A partir des données obtenues sur la fécondité totale à la température T et l'espérance de vie des femelles de D. hennesseyi, on peut calculer l'optimum thermique de ponte grâce aux équations définies comme suit par LAUGA et ALAUZET (1983) :

$$FTt = FJt \cdot Et$$

avec FTt = Fécondité totale à la température T .

FJt = Ponte journalière à la température T .

Et = Espérance de vie à la température T .

soit : $FJt = - 0,12 t + 5,92$ et $Et = 5,6 t - 91$

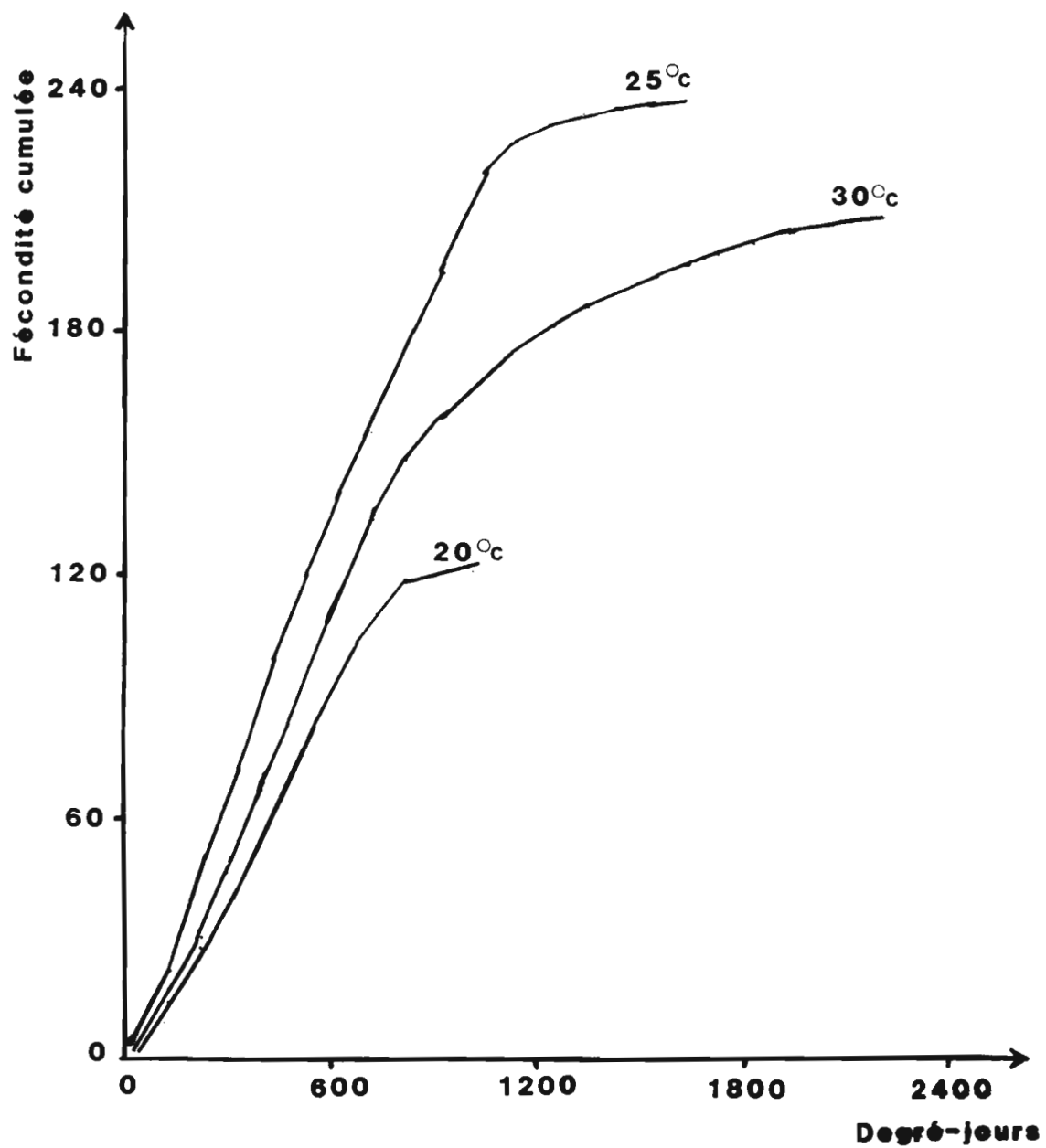


Fig.13

Evolution de la fécondité cumulée en fonction de la température (L'axe des abscisses représente la température en degré-jours).

D'où au total :

$$FTt = 0,67 t^2 + 33,15 t - 538,72$$

La fécondité totale s'exprime par une relation du second degré dont le maximum correspond à :

$$\frac{dFJt}{dEt} = 0$$

Une fois les calculs faits, l'optimum thermique de ponte se situe à 24,74°C.

La figure 14 représente la courbe théorique obtenue. Le rendement ovarien décroît de part et d'autre de la valeur optimale.

De plus il existe entre la longévité des femelles et leur fécondité totale, une corrélation positive :

$$r = + 0,70 \quad P > 0,01 \quad (\text{fig. 15})$$

En conclusion, il est probable que les pontes du début de la saison sèche soient moins abondantes, par suite surtout de la fraîcheur des températures (20°C) au mois de Juillet.

L'optimum thermique de ponte estimé à 24,74°C doit être pris avec prudence. Il est probable que celui-ci ne soit pas le reflet de la situation réelle sur le terrain. Car, dans ce cas, l'insecte est soumis aux variations thermiques de la journée et possède du fait de ses facultés de déplacement la possibilité de se soustraire à une élévation ou à un abaissement trop conséquent de la

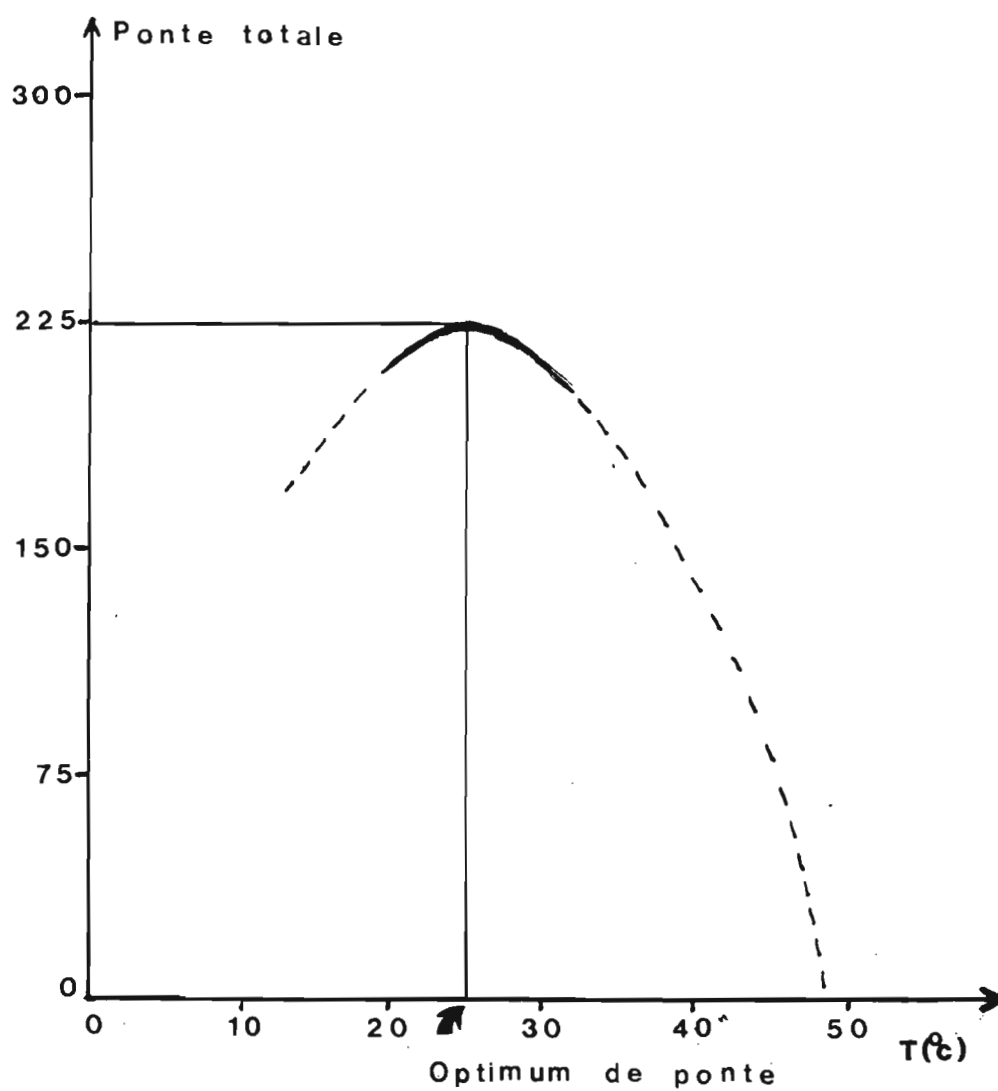


Fig.14 Détermination graphique de l'optimum thermique de pont.

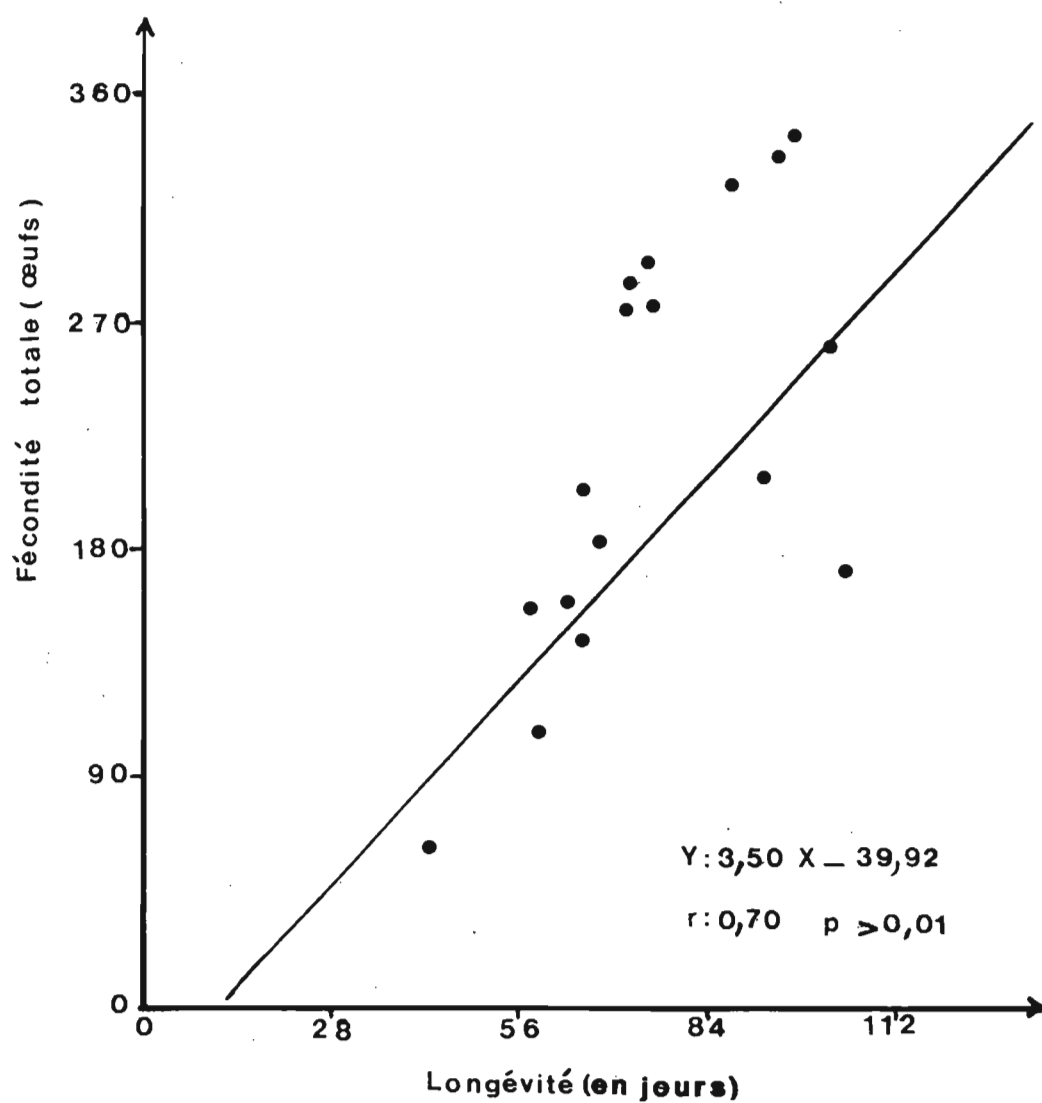


Fig.15 Relation linéaire entre la ponte totale et l'âge de la femelle à 25°C et 75% HR.

température. De plus, il est vraisemblable que cet optimum obtenu à partir d'un écart thermique choisi entre 25 et 30°C n'aurait sans doute pas la même valeur qu'un optimum obtenu à partir d'un même écart thermique, mais compris entre 20 et 25°C.

Toutefois, l'optimum thermique ainsi obtenu correspond bien à la température moyenne annuelle enregistrée par les stations météorologiques au Congo.

3.2. Influence de la proie sur le potentiel de multiplication de *D. hennesseyi* au laboratoire

3.2.1. Introduction et méthode

Ainsi que nous l'avons montré dans le paragraphe 2 du chapitre II de la 3ème Partie à propos du cycle de développement de *D. hennesseyi*, les conditions écologiques qui découlent des proies disponibles en période de raréfaction de la cochenille du manioc (saison des pluies) semblent déterminer la réaction du prédateur à l'arrivée de la saison sèche favorables aux pullulations de *P. manihoti*.

Chez les coccinelles coccidiphages, la spécificité alimentaire est relativement étroite et une certaine euryphagie pourrait favoriser le maintien d'une petite population de prédateurs lorsque la proie la plus abondante se raréfie brutalement (FABRES et KIYINDOU, 1985). Il est probable que le passage d'une nourriture à une autre puisse induire différemment les potentialités biotiques de la coccinelle. Ainsi, a-t-on essayé ici de préciser l'influence de la qualité nutritive sur la multiplication de l'espèce.

La quantification du pouvoir de multiplication d'une espèce donnée n'est possible que grâce à certains facteurs modificateurs (JOURDHEUIL, 1965). Ces facteurs sont pour l'essentiel : la durée du développement, le sex-ratio, la longévité et la fécondité. Il est par conséquent possible de regrouper ces facteurs à partir des données des 3ème et 4ème Parties de ce travail. Ces données permettent de dresser la table de vie de D. hennesseyi et au tracé des courbes chronologiques (fig. 16 et 17) selon la méthode exposée ci-après.

Connaissant la probabilité L_x pour une femelle d'être en vie à l'âge x et le nombre m_x d'oeufs-femelle pondus entre l'âge $x-1$ et l'âge x (valeurs fournies par des tables de vie et des tables de fécondité obtenues expérimentalement). On peut calculer une "capacité d'accroissement" définie comme suit par LAUGHLIN (1965) :

$$rc = \frac{\text{Loge } R_o}{T_c}$$

avec L_x = Probabilité de survie
 m_x = Ponte en femelle et par femelle
 $R_o = L_x \cdot m_x$ = taux net de reproduction
 T_c = Age de la femelle à 50 % du R_o
 rc = Capacité d'accroissement

Le paramètre de LAUGHLIN peut être tenu ici pour une bonne valeur de travail (comparé à celui d'ANDREWARTHA & BIRCH, 1954, plus complexe et de signification biologique moins nette). De plus, pour un calcul d'approche, en particulier lorsqu'on manque de références sur l'espèce comme dans le cas présent, les paramètres de LAUGHLIN s'avèrent intéressants, ainsi que l'a fait remarquer CHAZEAU, 1974.

3.2.1. Résultats et discussions

L'étude comparative du pouvoir de multiplication de D. hennesseyi soumis à différents essais révèle quelques différences

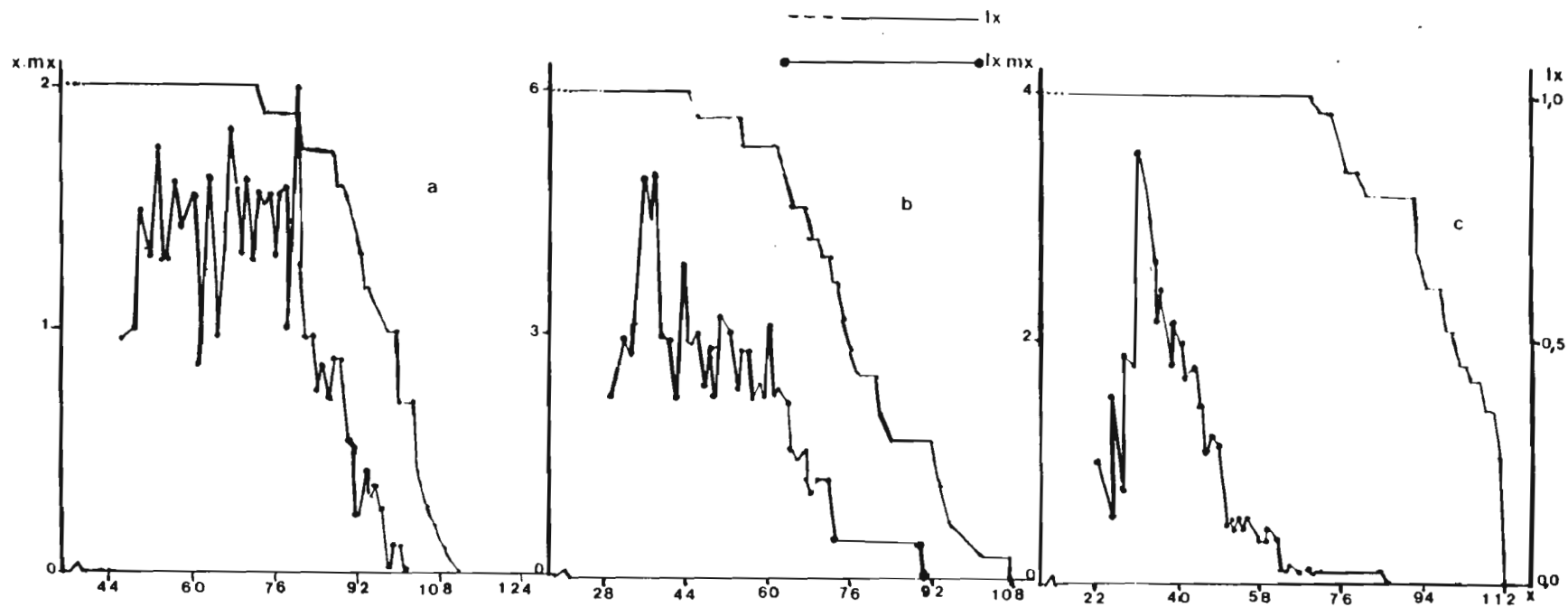


Fig. 16 Variation de l'espérance de vie(lx .) et du produit($lx \cdot mx$) en fonction de l'âge(x) des femelles de *D.hennesseyi*, nourries avec *P.manihoti*; (mx)=nombre des oeufs à descendance femelle pondus entre l'âgex-1 et l'âge x
a= $\approx 20^{\circ}\text{C}$; b= $\approx 25^{\circ}\text{C}$; c= $\approx 30^{\circ}\text{C}$

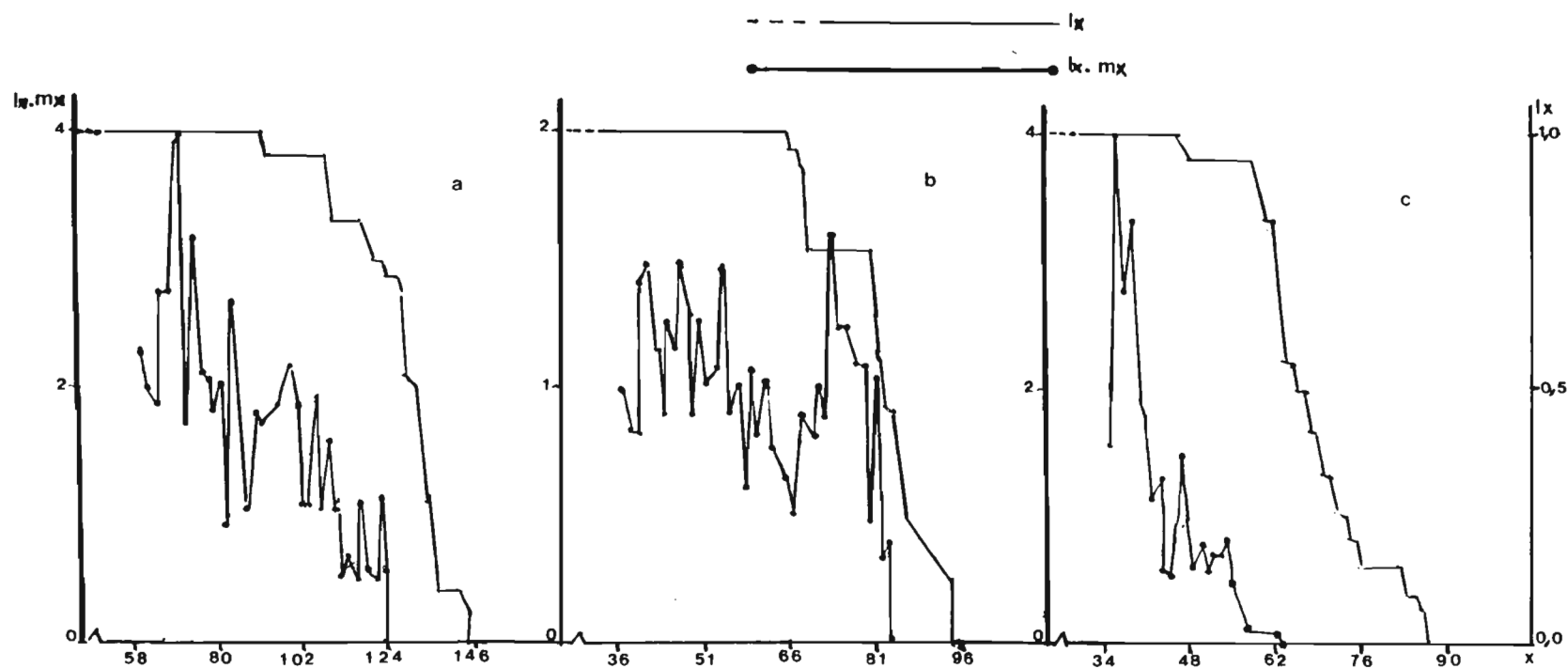


Fig. 17

Variation de l'espérance de vie (l_x) et du produit ($l_x \cdot m_x$) en fonction de l'âge des femelles de *D. hennesseyi*, nourries avec *P. citri* ;
 (m_x) = nombre des oeufs à descendance femelle pondus entre l'âge $x-1$ et l'âge x
 a = à 20°C ; b = à 25°C ; c = à 30°C.

faibles fécondité et longévité à 20°C lorsque la coccinelle est nourrie avec P. manihoti ; faibles fécondité et longévité à 30°C lorsqu'elle est nourrie avec P. citri (Tableau XV).

P. manihoti apparaît à tout point de vue comme une nourriture de bonne qualité.

Les indices R_0 et r_c montrent bien l'étroite relation qui existe entre le potentiel biotique et la fécondité. P. manihoti permet d'obtenir un $r_c =$ de 0,114, 0,103 et 0,061 respectivement à 30, 25 et 20°C.

P. citri, nourriture acceptable, se montre toutefois moins favorable aux larves de D. hennesei (mortalité importante) et aux adultes (fécondité inférieure). Ainsi, P. citri provoque une baisse importante du potentiel de multiplication du prédateur de $r_c =$ 0,085 et 0,069 et 0,057 respectivement à 30, 35 et 20°C.

Dans deux études précédemment faites sur trois autres coccinelles présentes au Congo, FABRES et KIYINDOU (1985) ; KIYINDOU et FABRES (1987), ont obtenu un accroissement maximum théorique de la population de $r_c =$ 0,07 ; 0,05 et 0,08 respectivement pour H. s. hottentota, E. flaviventris et H. raynevali au cours d'une génération de $T_c =$ 64 ; 77 et 69 jours respectivement pour H. s. hottentota, E. flaviventris et H. raynevali.

Ces observations évoquent l'influence sélective des facteurs écologiques et physiques qui semblent agir en synergie.

L'élevage de D. hennesei avec P. citri et sa fécondité relativement faibles pourraient s'expliquer par des carences d'ordre alimentaire qui s'attacheraient à la digestion de cette proie.

TABLEAU XV: Effets du changement de proie sur les potentialités biologiques et reproductrices en fonction des différentes températures
expérimentales constantes chez *D.hennesseyi* FÜRSCHE

REGIME	TEMPERATURE	TAUX DE	FECONDITE	TAUX	TAUX NET	DUREE	CAPACITE
ALIMENTAIRE		SURVIE	MOYENNE	SEXUEL	DE REPRODUCTION	MOYENNE	INTRINSEQUE
MONOPHAGIQUE		GENERAL	DE LA		(Ro)	D'UNE GENERATION	DE
		(EN %)	POPULATION			(Tc, EN JOURS)	MULTIPLICATION
			FEMELLE				(rc)
			(EN NBRE D' ^{oeufs})				
Phenacoccus	30	80	58,11	0,30	60,00	36	0,114
manihoti	25	23	121,77	0,54	125,30	47	0,103
	20	37	57,48	0,47	58,15	66	0,061
Planococcus	30	50	27,85	0,30	27,50	39	0,085
citri	25	78	46,80	0,33	42,40	54	0,069
	20	81	79,13	0,49	77,90	76	0,057

TCHUMAKOVA (1949), BRUN & IPERTI (1978) et FERRAN & al. (1984) ont eu à montrer l'influence du même type d'alimentation sur les coccinelles aphidiphages. Il est probable dans ce cas ci, qu'un déséquilibre trophique avec effet sur la fécondité et la longévité soit la conséquence d'une alimentation de D. hennesseyi avec une proie impropre à l'expression de ses potentialités reproductives. D'où les notions de nourritures essentielles et alternatives développées par HODEK (1962).

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS GENERALES

L'étude que l'on a entrepris sur D. hennesseyi FURSCH constitue une contribution non négligeable à la mise en oeuvre d'une méthode de lutte contre les ravageurs du manioc au Congo et plus largement en Afrique.

Si la littérature abonde en travaux consacrés aux espèces de Coccinellidae de grosse taille, comme Exochomus flaviventris MADER, prédateurs d'Homoptères, en revanche, les petites espèces y figurent modestement.

Aussi, cette étude trouve sa juste place dans les programmes d'intervention prônés par l'O.I.L.B. qui déplorent en effet la méconnaissance totale du rôle joué par certaines petites espèces de Coccinellidae, tels que les Scymnini sp. dans la régulation de nombreux ravageurs de cultures (HAGEN, 1974). Jusqu'à ce jour on manque de références sur la biologie de D. hennesseyi. Ce travail rassemble donc les premières connaissances acquises sur cette espèce, notamment en ce qui concerne ses capacités d'intégration au sein du complexe entomophage de la cochenille du manioc.

1. Connaissances acquises sur les potentialités biologiques de *D. hennesseyi*.

Les différentes expériences de laboratoire avaient pour but de déterminer l'influence des facteurs essentiels thermiques et trophiques sur la biologie de *D. hennesseyi*. Dans ces conditions, il a été possible de préciser les aptitudes suivantes (Annexe I) à savoir :

- une rapidité de son développement préimaginal, ce qui présente un avantage si on la compare aux autres espèces indigènes élevées dans les mêmes conditions (1,6 à 1,4 fois plus rapide à 25°C - 80 % d'H.R.)

- des seuils de développement relativement bas par rapport à celui des coccinelles locales (1,4 fois plus bas pour tout l'ensemble du développement préimaginal), ainsi qu'à celui de la cochenille du manioc). De ce point de vue *D. hennesseyi* se révèle une espèce intéressante pour une régulation précoce de l'abondance du ravageur.

- ces données sur la fécondité et longévité sont assez bonnes mais il y a surtout une rapide augmentation de ses effectifs (rc : 1,5 à 2,1 fois plus grand respectivement que celui de *Hyperaspis senegalensis hottentota* MULSANT et d'*Exochomus flaviventris* MADER).

- une consommation alimentaire assez modeste des stades larvaires ; toutefois, cette dernière se montre importante au quatrième stade larvaire. De plus, le développement larvaire de *D. hennesseyi* peut dans les conditions favorables à la mise au point d'un élevage de masse, s'obtenir avec un seul ovisac de *P. manihoti* (un ovisac contient en moyenne 230 oeufs (FABRES & BOUSSIENGUET, 1981)).

2. Rôle éventuel de *D. hennesseyi* dans la régulation de *P. manihoti*.

D. hennesseyi n'a été signalé que récemment comme prédateur de la cochenille du manioc en Afrique (NEUENSCHWANDER & al., 1987). Mais la démonstration du rôle joué par cette coccinelle dans la régulation de *P. manihoti* reste à préciser et fera l'objet des prochaines études sur le terrain.

Toutefois, l'étude expérimentale entreprise au laboratoire sur ses aptitudes trophiques, constitue une première approche pour évaluer sa capacité à maîtriser les populations de la cochenille du manioc. De plus, d'après les observations faites au laboratoire sur son comportement trophique, il semble que son efficacité sur le terrain dépendrait dans une large mesure, de ses possibilités à se maintenir à proximité des parcelles de manioc à la saison des pluies, au moment où la cochenille du manioc se raréfie. En effet, le manque ou la faible densité de proies peut entraîner une mortalité larvaire accrue, et la possibilité de voir les adultes se déplacer vers des zones refuges situées parfois loin des parcelles de manioc (coïncidence spatio-temporelle).

3. Place de *D. hennesseyi* dans la lutte intégrée contre *P. manihoti*

Au Congo, et dans beaucoup d'autres pays africains où se pratique la culture du manioc, les adeptes de la lutte biologique éprouvent des difficultés à limiter les pullulations de *P. manihoti*. Jusqu'à ce jour, seule l'utilisation des ennemis naturels contre cette cochenille a été entreprise. En effet, dès 1982, un parasitoïde spécifique de la cochenille, *Epidinocarcis lopezi* DE SANTIS, d'origine néotropicale, a été introduit au Congo via l'I.I.T.A. (Nigéria).

Depuis deux ans, on s'est efforcé d'évaluer l'impact de cet auxiliaire, tant d'un point de vue des modifications intervenues au sein du complexe parasitaire de la cochenille, que de son efficacité comme agent de régulation biologique. Les premiers résultats montrent :

- une profonde modification parasitaire, suite à l'introduction du parastoïde exotique. En effet, on note la raréfaction du parasitoïde primaire indigène Anagyrus sp. et l'enrichissement du complexe parasitaire secondaire.

- E. lopezi s'est facilement établi sur la cochenille. Cependant, les taux de parasitisme achevés, mesurés au champs sont loin d'atteindre 20 % (BIASSANGAMA, 1984 ; BIASSANGAMA & al., 1988 ; IZIQUEL & LERU, 1989). Par contre, un enrichissement de la biocénose prédatrice et parasitaire par introduction de nouvelles espèces entomophages ou par traitements biologiques précoces avec des auxiliaires indigènes utilisés en priorité au mois de Juillet pour lutter contre la cochenille du manioc devrait être bénéfique. En effet, ce mois constitue une période critique pour les entomophages indigènes à cause des basses températures qui le caractérisent (KIYINDOU, 1989). L'utilisation de D. hennesseyi plus apte à s'accommoder à ces conditions particulières serait probablement plus avantageuse.

D'une manière générale, la tendance est au maintien des populations de la cochenille à un niveau économiquement acceptable ; or, en réalité, ces populations se situent à un niveau jugé dangereux depuis onze ans (LERU & al., sous presse). Cette situation critique pousse donc, dans la pratique, à envisager une

diversification de méthodes à mettre en oeuvre pour protéger le manioc contre P. manihoti.

Ainsi, sont entrepris des travaux sur la relation plante - hôte-ravageur (FABRES et LERU, 1988 ; TERTULIANO, 1988). L'objectif de ces études poursuit le but de mettre en évidence des caractéristiques physiologiques de la plante propre à limiter les pullulations de la cochenille. A ce jour, quelques résultats préliminaires intéressants ont déjà été enregistrés : comme par exemple, l'apport de l'azote en grande quantité : est-elle défavorable au développement de la cochenille ? De plus, un criblage variétal effectué sur le terrain a révélé quelques variétés qui présentent une tolérance à la cochenille du manioc (MABANZA, 1989).

Les stratégies de lutte contre la cochenille du manioc mises au point au Congo tiennent compte des réflexions faites par COCHEREAU (1982) qui estimait "que dans la plupart des pays en voie de développement, les situations écologiques et économiques locales imposent une stratégie de gestion des populations de ravageurs fondée sur les pratiques culturelles appropriées, les cultures associées, les variétés résistantes et les manipulations des ennemis naturels, avec un investissement faible ou nul en insecticides sélectifs".

4. Etudes écologiques à poursuivre

L'étude des caractéristiques biologiques réalisée sur D. hennesseyi, vient en complément aux travaux écologiques entrepris sur les entomophages de la cochenille du manioc. Du point de vue de la grande diversité écologique de la vocation agricole offertes par le Congo, la série de travaux réalisés sur les ravageurs du manioc et sur leurs nombreux ennemis naturels se justifie pleinement pour

des raisons économiques et scientifiques évidentes, même si l'application pratique des résultats obtenus ne se fait pas sans difficulté. L'écologie est une science en pleine évolution et qui a déjà apporté une contribution importante au développement de la lutte biologique. Elle constitue la clef de voûte sur laquelle repose la recherche de modèles capables d'aider à la gestion des équilibres naturels.

BIBLIOGRAPHIE

- AKOBUNDU, O., 1980 - Weed control in cassava cultivation in the subhumid tropics. Tropical Pest Management, 26 (4), 420-426.
- ANDREWARTHA, H. G. & BIRCH, L. C., 1954 - The distribution and abundance of animals. Univ. Chicago Press, 782 p.
- ANONYME, 1981 - Production Yearbook - Rome F.A.O. Ed.
- ANONYME, 1983 - Rapport F.A.O.
- ANONYME, 1985 - Rapport annuel - Pronam, 1-148 p.
- BERTRAND, H., 1975 - Le Congo. Formation sociale et mode de développement économique. François Maspero, Edit., Paris
- BIASSANGAMA, A., 1984 - Etude du parasitisme des cochenilles Pseudococcidae par les hyménoptères Encyrtidae. Thèse Rennes, France, 190 p.
- BIASSANGAMA, A., FABRES, G. & NENON, J.P., 1988 - Parasitisme au laboratoire et au champ d'Epidinocarsis (Apoanagyrus) lopezi (Hym. : Encyrtidae) auxiliaire exotique introduit au Congo pour la régulation de l'abondance de Phenacoccus manihoti (Hom. : Pseudococcidae). Entomophaga, 33 (4), 453-465.
- BIASSANGAMA, A., LERU, B., IZIQUEL, Y. KIYINDOU, A. & BIMANGOU, A. S., 1989 - L'entomocénose inféodée à la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Homoptera : Pseudococcidae) au Congo, cinq ans après l'introduction d'Epidinocarsis lopezi (Hymenoptera : Encyrtidae). Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.), 25, 315-320.
- BONNEMAISON, L., 1946 - Action des températures constantes ou variables sur le développement d'un hémiptère : Eurydema ornatum L. (Pent.). Ann. Epiphyties (12), 115-143.
- BOUSSIENGUET, J., 1986 - Le complexe entomophage de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Hom. Coccoidea Pseudococcidae) au Gabon. I. Inventaire faunistique et relations trophiques. Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.), 22, 35-44.
- BRUN, J., 1985 - Les ennemis naturels de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti MAT.-FERR. (Hom. Pseudococcidae) au Congo. Abondance, dispersion et état sanitaire des coccinelles indigènes et exotiques. Compte-rendu de mission I.N.R.A., Paris, 10 p. ronéo.
- BRUN, J., & IPERTI, G., 1978 - Influence de l'alimentation sur la fécondité des Coccinelles aphidiphages. Ann. Zool. Ecol. Anim., 10, 449-452.

- CAMPBELL, A. & MACKAUER, M., 1975 - Thermal constants for development of the pea aphid (Homoptera : Aphididae) and some of its parasites. Can. Entomol., 107, 419-423.
- CHAZEAU, J., 1974 - Développement et fécondité de Stethorus madecassus CHAZEAU (Coléoptère, Coccinellidae), élevé en conditions extérieures dans le sud-ouest de Madagascar. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Biol., N°25, 27-33.
- COCHEREAU, P., 1982 - Les conditions de la lutte contre les insectes ravageurs des cultures africaines. Entomophaga, 27 (N° H.S.), 5-10.
- DAJOZ, R., 1974 - Dynamique des populations, Masson, Paris, 301 p.
- DOUTT, R. L., & DE BACH, P., 1964 - Some biological control concepts and questions, pp. 118-142. In Biological Control of Insect Pest and Weeds. (P. De Bach & E.I. Schlinger, eds.) Chapman & Hall, London.
- FABRES, G., BOUSSIENGUET, J., 1981 - Bioécologie de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Hom. : Pseudococcidae) en République Populaire du Congo ; I. Cycle évolutif et paramètres biologiques. Agronomie Tropicale, 36 (1), 82-89.
- FABRES, G., & KIYINDOU, A., 1985 - Comparaison du potentiel biotique de deux coccinelles Exochomus flaviventris et Hyperaspis senegalensis hottentotta, (Col., Coccinellidae), prédatrices de Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidae) au Congo. Acta Oecologica, Oecol. Applic. 6, 339-348.
- FABRES, G., MATILE-FERRERO, D., 1980 - Les entomophages inféodés à la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti (Hom. : Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. I. Les composantes de l'entomocoenose et leurs interrelations. Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.) 16, 509-515.
- FABRES, G. & LERU, B., 1988 - Etude des relations plante-insecte pour la mise au point d'une méthode de régulation des populations de la cochenille du manioc. 7th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Gosier, Guadeloupe. 1-6 July 1985. Ed. I.N.R.A. Paris.
- FERRAN, A., 1983 - Sur quelques caractéristiques écophysiologiques de la prédation chez Semiadalia undecimnotata SCHN. Coleoptera : Coccinellidae). Thèse d'Etat, Toulouse III, 173 p.
- FERRAN, A., CRUZ DE BOELPAEPE M.O., BUSCARLET, L.A., LARROQUE M.M. & SCHANDERL, H., 1984 - Les relations trophiques entre les larves de la coccinelle Semiadalia undecimnotata SCHN. et le puceron Myzus persicae SULZ. : Généralisation à d'autres couples "proie-prédateur" et influence des conditions d'élevage de l'auxiliaire. Acta Oecologica, Oeco. Applic. 5, 1, 85-97.

- FERRAN, A., LARROQUE, M.M., 1977 - Etude des relations hôte prédateur : la consommation et l'utilisation d'un puceron, Myzus persicae SULZ. par les différents stades larvaires de la coccinelle Semiadalia undecimnotata SCHN. (Col. Coccinellidae. Ann. Zool. Ecol. Anim., 9 (4), 665-691.
- FURSCH, H., 1987 - Neue afrikanische Scymnini Arten (Coleoptera : Coccinellidae) als Fressfeinde von Manihot-Schädlingen. Revue de Zoologie Africaine, 100 (4), 387-394.
- GERY, R., 1987 - Etude expérimentale des aptitudes trophiques des larves d'Hyperaspis raynevali MULSANT, Coccinellidae neotropical prédateur de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti MATILE-FERRERO (Pseudococcidae). D.E.A. de Biologie-Agronomie, Rennes I, 42 p.
- GUILLEMIN, R., 1959 - Climat du Congo. Les facteurs physiques du milieu conditionnant la production agricole. Tome I. Haut Commissariat Général - Brazzaville - 110 p.
- HAGEN, K.S., 1974 - The significance of predaceous Coccinellidae in biological and integrated control of insects. Entomophaga, Mém. H.S., 7, 25-44.
- HAMMOND, W. N. O., 1988 - Ecological assessment of natural enemies of the cassava weevilbug Phenacoccus manihoti MAT. FERR. (Hom. : Pseudococcidae) in Africa. Doctorat Univ. Leiden 109 p.
- HERREN, H. R., 1984 - Le programme de lutte biologique contre la cochenille Phenacoccus manihoti MAT. FERR., Homoptera : Pseudococcidae et les acariens verts du manioc. Mononychellus tanajoa, Tetranychidae, en Afrique. Communication Atelier de l'Afrique Centrale sur les plantes à racines et à tubercules, Brazzaville, 11-15 Juin 1984, 8 p. ronéo.
- HERREN, N. H. R. & BENNETT, F. D., 1984 - Maladies et insectes nuisibles au manioc : propagation et moyens de lutte. Communication à la conférence du Bureau du Commonwealth pour l'Agriculture sur l'accroissement de la production agricole en Afrique, Arusha (Tanzanie), 12-18 février 1984, 13 p.
- HODEK, I., 1962 - Essential and alternative food in insects. XI Int. Kong. fur Entomol., Wien, 1960, 698-699.
- HODEK, I., 1973 - Biology of Coccinellidae. Dr. Junk Publ., The Hague, 260 p.
- HOUMODOU, A., 1989 - Etude des potentialités biotiques d'Hyperaspis raynevali MULSANT (Coleoptera : Coccinellidae), prédateur exotique de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti MAT.-FERR. (Homoptera : Pseudococcidae). Thèse de Docteur-Ingénieur, I.N.P.G., 234 p.
- IPERTI, G., 1974 - Les organismes auxiliaires en verger de pommiers III. Les principaux auxiliaires entomophages Coléoptères. Les Coccinelles. O.I.L.B./S.R.O.P., 111-121.

- IPERTI, G., BRUN, J., DAUMAL, J., 1972 - Possibilité de multiplication des coccinelles coccidiphages et aphidiphages (Coleopt. : Coccinellidae) à l'aide d'oeufs d'Anagasta kuehniella Z. (Lepidopt., Pyralidae). Ann. Zool. Ecol. Anim., 4, 4, 555-567.
- IPERTI, G., KATSOYANNOS, P., & LAUDEHO, Y., 1977 - Etude comparative de l'anatomie des coccinelles aphidiphages et coccidiphages et appartenance d'Exochomus quadripustulatus L. à l'un de ces groupes entomophages (Col. Coccinellidae). Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.) 13 (3), 427-437.
- IPERTI, G., & TREPANIER-BLAIS, N., 1972 - Valeur alimentaire des oeufs d'Anagasta kuehniella Z. (Lep. : Pyralidae) pour une coccinelle aphidiphage : Adonia 11 notata (Col. : Coccinellidae). Entomophaga, 17, 437-441.
- IZHEVSKY, S. S., ORLINSKY, A.D., 1988 - Life history of the imported Scymnus (Nephus) reunioni (Col. : Coccinellidae) predator of mealybugs. Entomophaga, 33 (1), 101-114.
- IZIQUEL, Y., LERU, B., 1989 - Influence de l'hyperparasitisme sur les populations d'un hyménoptère Encyrtidae, Epidinocarsis lopezi, parasitoïde de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti introduit au Congo. Entomol. Exp. Appl., 52, 239-247.
- JENNINGS, P.L., 1970 - Cassava in Africa. Field crop Abstracts., 23 (3) : 271-275.
- JOURDHEUIL, P., 1965 - Facteurs limitatifs et modificateurs de l'expression du potentiel de multiplication d'un animal. Ann. Epiphyties, 16, 384-390.
- KATSOYANNOS, P., 1983 - Recherches sur la biologie de quelques espèces de Coccinellidae (Coleoptera), prédateurs de cochenilles (Homoptera : Coccoidea) dans la région méditerranéenne orientale. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 172 p.
- KEHAT, M., 1967 - Studies on the biology and ecology of Pharoscymnus numidicus PIC. (Coccinellidae) an important predator of the date palm scale, Parlatoria blanchardi TARG. Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.), 3 (4), 1053-1065.
- KIYINDOU, A., 1989 - Seuil thermique de développement de trois coccinelles prédatrices de la cochenille du manioc au Congo. Entomophaga, 34 (3), 409-415.
- KIYINDOU, A., & FABRES, G., 1987 - Etude de la capacité d'accroissement chez Hyperaspis raynevali MULSANT (Col. : Coccinellidae), prédateur introduit au Congo pour la régulation des populations de Phenacoccus manihoti MAT. FERR. (Hom. : Pseudococcidae). Entomophaga, 32, 181-188.
- KREITER, S., 1985 - Etude bio-écologique d'Olla v-nigrum (MULSANT) et essai de quantification de l'efficacité prédatrice d'Adalia bipunctata (L.) (Coleoptera : Coccinellidae) contre les aphides en vergers de pêchers. Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix-Marseille, 326 p.

- LAUGA, J., ALAUZET, C., 1983 - Dynamique des populations d'un ravageur du Pin : Pissodes notatus (Coléoptère, Curculionidae) : Optimum écologique de ponte et modèle de fécondité. Acta Oecologica, Oecol. Applic., 4, 151-161.
- LAUGHLIN, R., 1965 - Capacity for increase : a useful population statistic. J. Anim. Ecol., 34, 77-91.
- LERU, B., & FABRES, G., 1987 - Influence de la température et de l'hygrométrie relative sur la capacité d'accroissement et le profil d'abondance des populations de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Hom. : Pseudococcidae) au Congo. Acta Oecologica, Oecol. Applic., 8, 165-174.
- LERU, B., IZIQUEL, Y., BIASSANGAMA, A. & KIYINDOU, A., - Variations d'abondance et facteurs de régulation de la cochenille du manioc Phenacoccus manihoti (Hom. : Pseudococcidae) cinq ans après l'introduction d'Epidinocarsis lopezi (Hym. : Encyrtidae) neotropical au Congo en 1982. Entomophaga (sous presse).
- LOEHR, B., 1986 - The Cassava mealybug, Phenacoccus manihoti MAT.-FERR. in Paraguay : further information on occurrence and population dynamics of the pest and its natural enemies. In Herren, H.R. ; Hennessey, R.N., eds. International workshop on Biological control and Host Plant Resistance to control the Cassava Mealybug and Green Mite in Africa, Ibadan, Nigeria, 1982. Proceedings. Ibadan, Nigéria, I.T.T.A., 57-69.
- LUTALADIO, N.B. & BROCKMAN, F.E., 1984 - Les systèmes culturaux du manioc en Afrique Centrale. Communication à l'Atelier de l'Afrique Centrale sur les plantes à racines et tubercules, Brazzaville, 11-15 juin 1984, 12 p. ronéo.
- MABANZA, J., 1989 - Les variétés de manioc recommandées en République Populaire du Congo. Rapport D.G.R.S.T. ronéo. 19 p.
- MADER, L., 1955 - Evindenz der palaerktischen coccinelliden. Entom. Arbeiten aus dem Museum, Gg. Frey. Bd. 6, 955.
- MATILE-FERRERO, D., 1977 - Une cochenille nouvelle nuisible au manioc en Afrique Equatoriale, Phenacoccus manihoti n.sp. (Homoptera : Coccoidae, Pseudococcidae). Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.), 13 (1), 145-152.
- MESSENGER, P.S., FLITTERS, N.E., 1959 - Effect of variable temperature environments on egg development of three species of fruit flies. Ann. Entomol. Soc. Ann., 52, 191-204.
- MOUTON, M.J., 1949 - Le manioc en Afrique Equatoriale Française, Congrès du manioc et des plantes féculentes tropicales des territoires de l'Union Française. Septembre 1949. Institut Colonial de Marseille, pp. 107-110.

- NEUENSCHWANDER, P., HAMMOND, W.N.O., & HENNESSEY, R.D., 1987 - Change in the composition of the fauna associated with the cassava mealybug, Phenacoccus manihoti, following the introduction of the parasitoid Epidinocarsis lopezi. Insect Sc. Applic., Vol. 8, N° 4, 5, 6 ; 893-898.
- NWANZE, K.F., 1982 - Relationships between cassava root yields and infestations by the mealybug, Phenacoccus manihoti. Trop. Pest. Manag., 28, 27-32.
- OBRYCKI, J.J. & TAUBER, M.J., 1981 - Phenology of three Coccinellid species : Thermal requirements for development. Ann. Entomol. Soc. Am., 74, 31-36.
- PEAIRS, L.M., 1914 - The relation of temperature to insect development. J. Econ. Entomol., 7, 174-179.
- PODOLER, H., HENEN, J., 1983 - A comparative study of the effects of constants temperatures on development time and survival of two coccinellid beetles of the genus Chilocorus. Phytoparasitica, 11, 167-176.
- PYNAERT, L., 1951 - Le manioc. Publications de la Direction de l'Agriculture du Congo Belge, 166 p.
- QUILICI, S., 1981 - Etude biologique de Propylea quatuordecimpunctata L. Efficacité prédatrice comparée de trois types de coccinelles aphidiphages en lutte biologique contre les pucerons sous serre. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Paris VI, 257 p.
- REYD, G., 1988 - Etude des potentialités biologiques d'un prédateur, Hyperaspis raynevali Mulsant (Col. Coccinellidae), élevé avec deux proies : la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti MAT.-FERR. et la cochenille farineuse des agrumes, Planococcus citri RISSO (Hom. : Pseudococcidae). Mise au point d'une unité de multiplication. Université de Paris VI, D.E.A. d'Ecophysiologie et de Dynamique des Populations d'Invertébrés terrestres, 32 p.
- SASAJI, H., 1968 - Phylogeny of the family Coccinellidae. Etizemia 35, 1-37.
- 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 oeufs d'Ephestia kuehniella ZELLER (Lep. : Pyralidae). Thèse Doct. en Sciences, Univ. d'Aix-Marseille III, 139 p.
- SILVESTRE, P. & ARRAUDEAU, M., 1983 - Le manioc. G.P. Maisonneuve et Larose et Agence de la Coopération Culturelle et Technique, Paris, 235 p.
- SINGH, T., & NAYAR, J.L., 1961 - Some observations on the ovulation and corpus luteum formation in Coccinella septempunctata L. (Coleoptera : Coccinellidae). Agra. University Journal of Research, 108 p.

- SPING, L., HODSON, A.C., & RICHARDS, A.G., 1954 - An analysis of threshold temperatures for the development of Oncopeltus and Tribolium eggs. Physiol. Zoology, 27, 287-311.
- TAN, K. H., & BERTRAND, A. R., 1972 - Cultivation and fertilization of Cassava. pp. 38-75. In a literature review and research recommendations on Cassava (Manihot esculenta CRANTZ). Ed. Henderschoff et al. University of Georgia, Athens, U.S.A.
- TERTULIANO, M., 1988 - Relation entre la cochenille du manioc (Phenacoccus manihoti, MAT. FERR.) et ses plantes-hôtes : Mise au point d'une méthodologie de recherche de résistance. Mémoire d'Ingénieur de Développement rural, Brazzaville, 47 p.
- TCHUMAKOVA, S., 1949 - The effect of nutrition during the larval and adults stages on the fertility of predatory insects. Ent. Obozr. Moscow, 30, 228-234.
- UVAROV, B.P., 1931 - Insects and climate. Trans. Roy. Ent. Soc. London, 79, 1-247.

Annexe 1: Caractéristiques biologiques de *Diomus hennessyi* FÜRSCH (à 25°C et 75% H.R.).

-Durée d'incubation.....	4,23 jours
-Durée du développement larvaire.....	19 jours
-Durée du développement péimaginal.....	21-25 jours
-Temps de génération.....	47 jours
-Longévité médiane des femelles.....	74 jours
-Nombre d'ovarioles.....	10-12
-Fécondité totale moyenne.....	225,5 oeufs/à
-Taux intrinsèque de croissance d'une population théorique.....	0,103
-Voracit�� larvaire.....	1,693mg d'oeufs de <u>P. manihoti</u>
-Seuil thermique de développement.....	10��C
-Optimum thermique de ponte.....	24,74��C.

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES DE D. HENNESSEYI

PLANCHE Ia,b : Morphologie de *P. manihoti* et ses dégâts sur le manioc.

PLANCHE II : Matériels utilisés pour l'élevage des Coccinelles.

PLANCHE III : Matériel utilisé pour élever et étudier les caractéristiques biologiques de *D. hennesseyi*.

PLANCHE IV : Les différents stades de *D. hennesseyi*.

PLANCHE 1a

ASPECT MORPHOLOGIQUE DE PHENACOCCUS MANIHOTI MAT.-FERR. ET
SES DEGATS SUR LE MANIOC.

Photo1 Caractères morphologiques de P.manihoti, tous stades confondus

Photo2 Rabougrissement des pousses terminales.

Photo3 Raccourcissement des entre-noeuds.

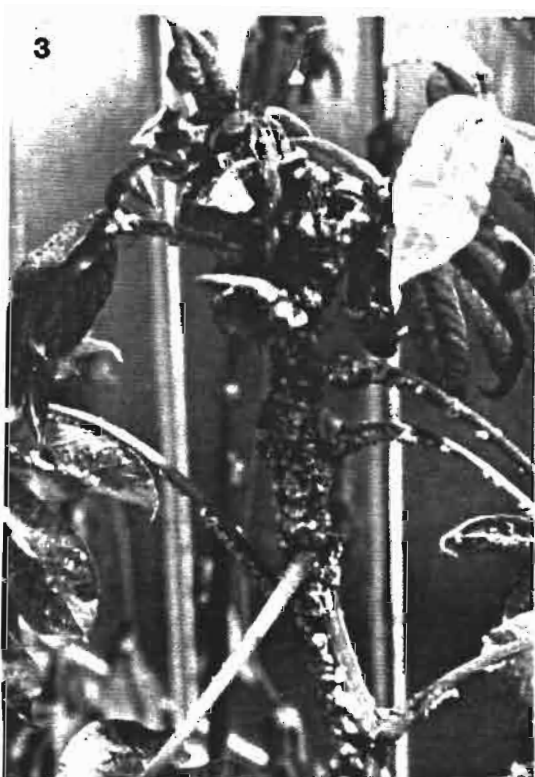
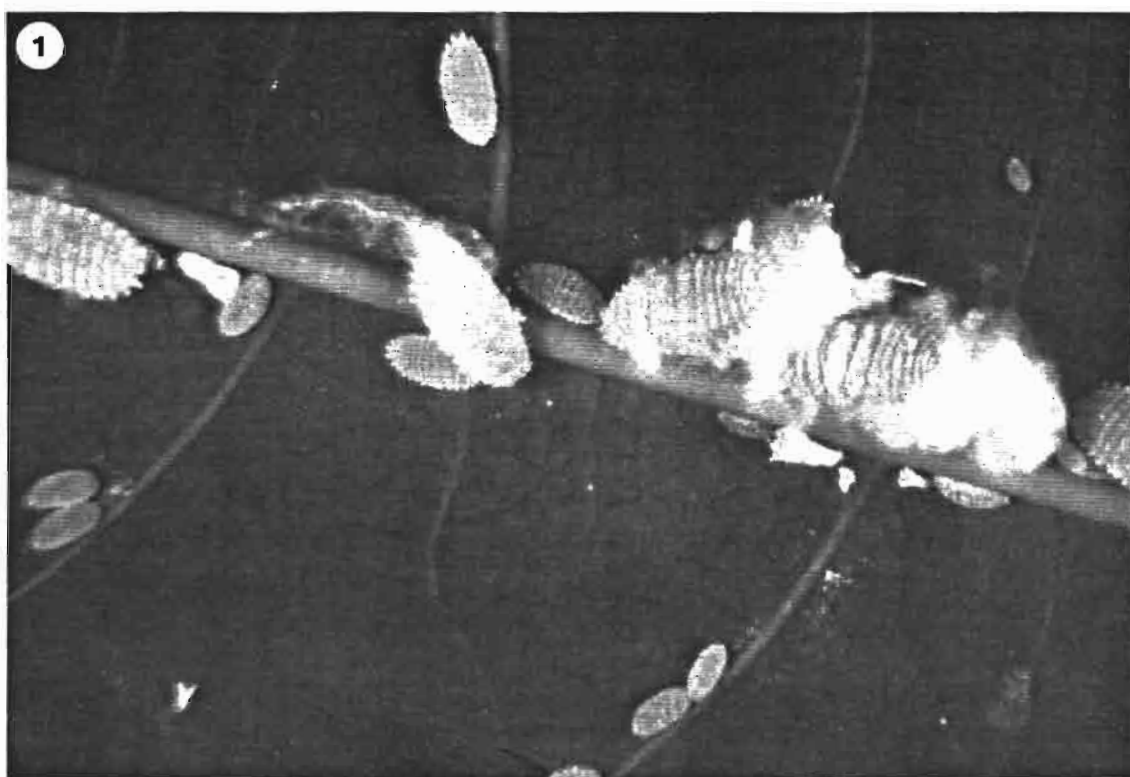


PLANCHE 1b

Photo 1 **Pied de manioc indemne de cochenilles**

Photo 2 Pied de manioc couvert de masses floconneuses
(ovisacs de la cochenille).

Photo 3 **Pomme de terre couverte de cochenilles (P. citri)**

Photo 4 **Pied de poinsettia couvert de cochenilles**

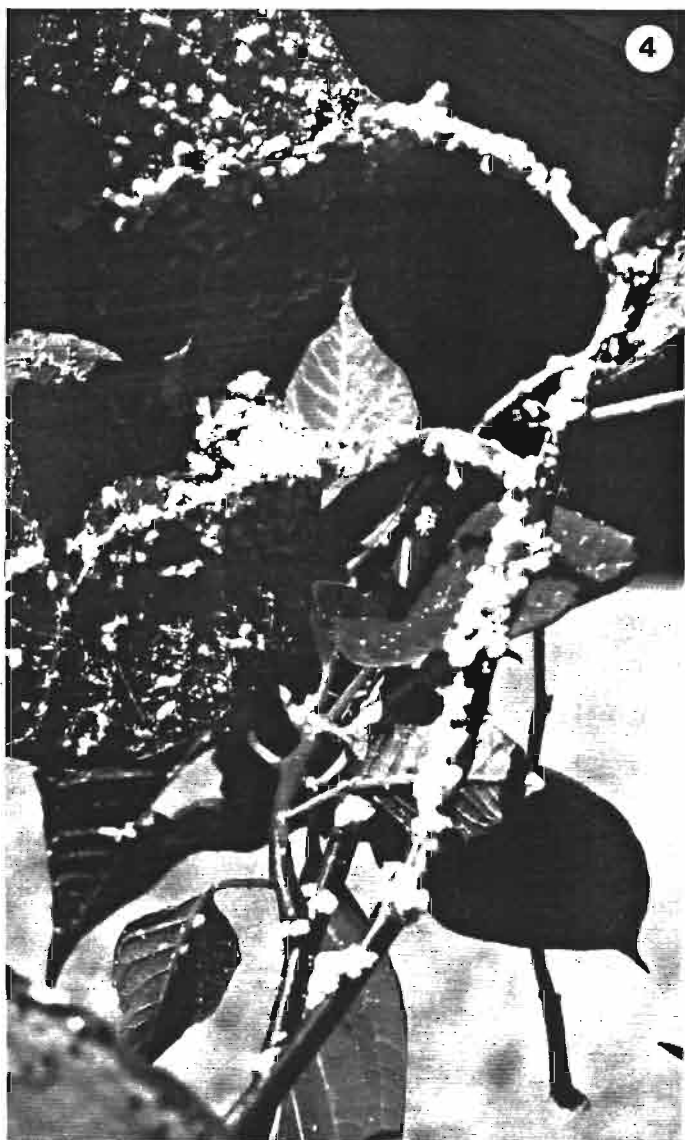
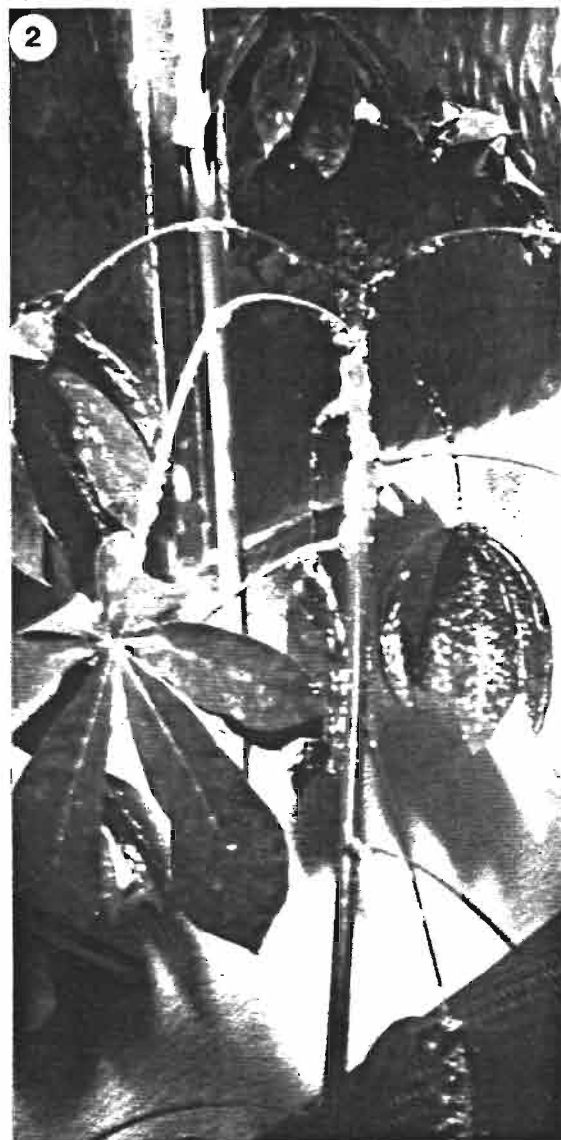
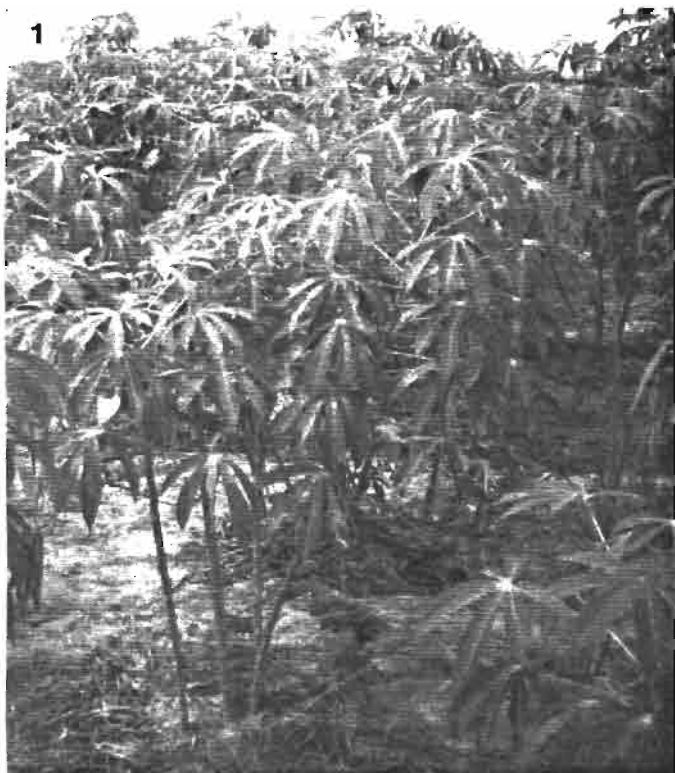


PLANCHE2

MATERIEL UTILISE POUR L'ELEVAGE DE D. HENNESSEYI ET L'ETUDE
DE SES CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES.

Photo1 Enceinte climatique

Photo2 Cylindre d'élevage.

Photo3 Boîte d'élevage.

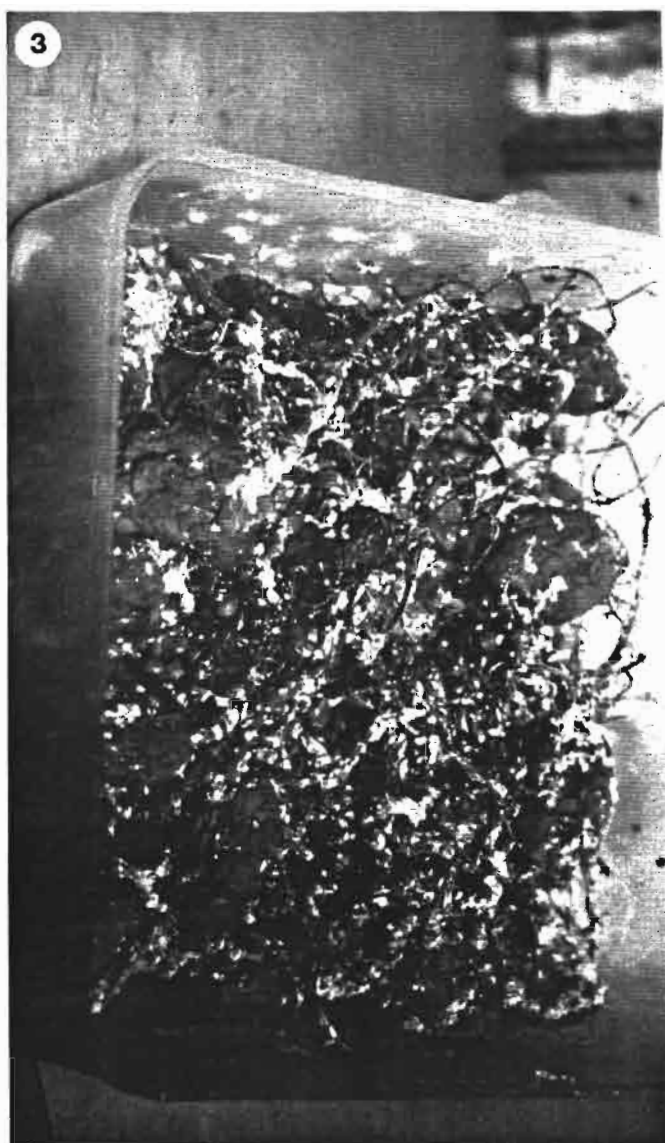
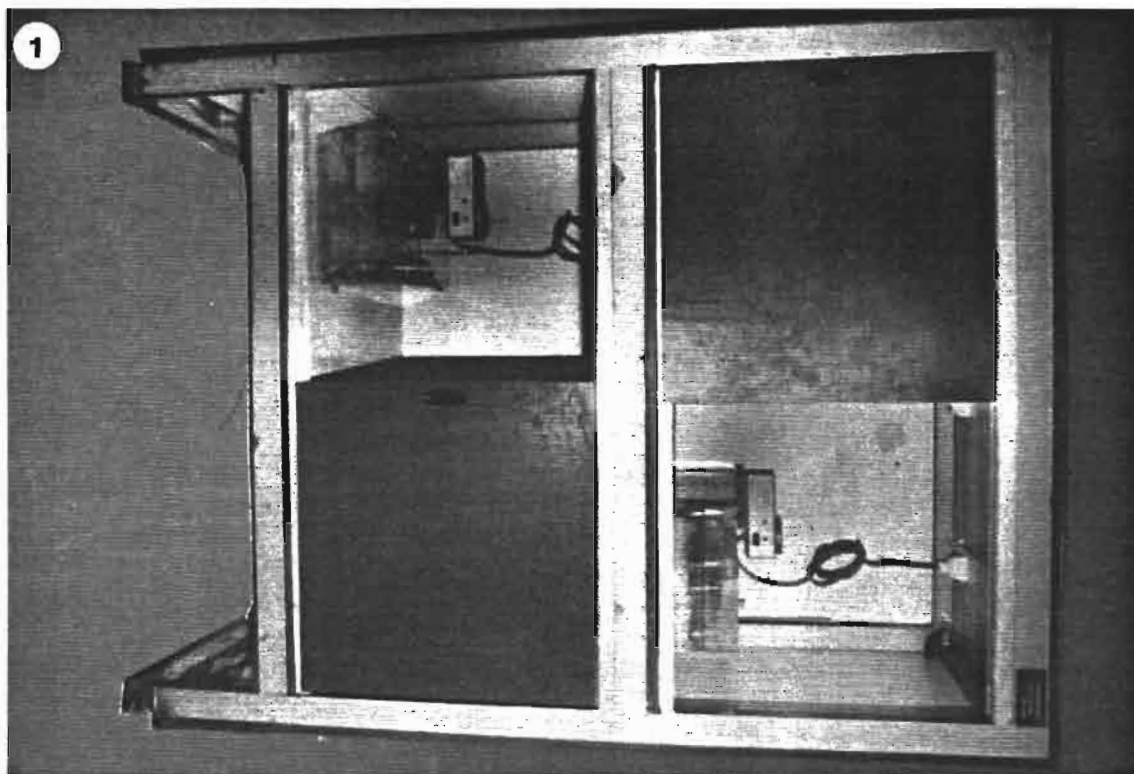


PLANCHE 3

Photo 1 Matériel ayant servi à l'étude biologique.

Photo 2 **A 1** Tube pour la ponte et l'incubation
 des oeufs

A 2 **A 3** **B 2** Support de ponte

B 1 Tube pour le développement préimaginal

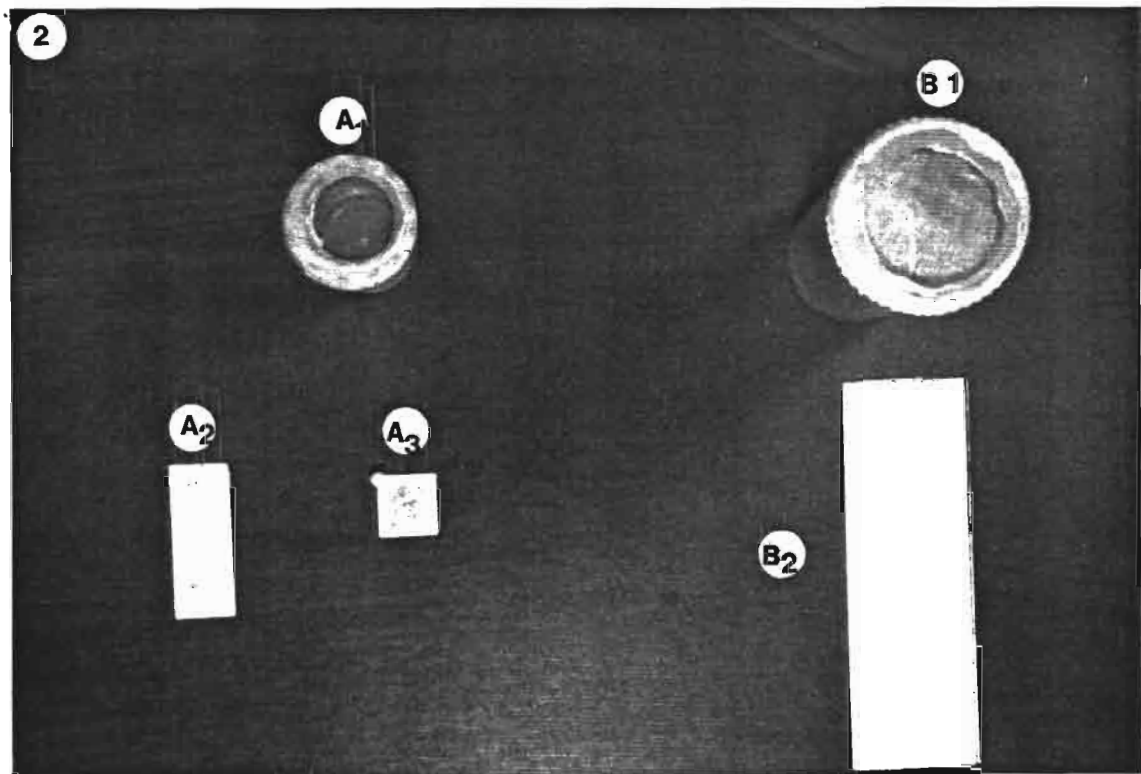
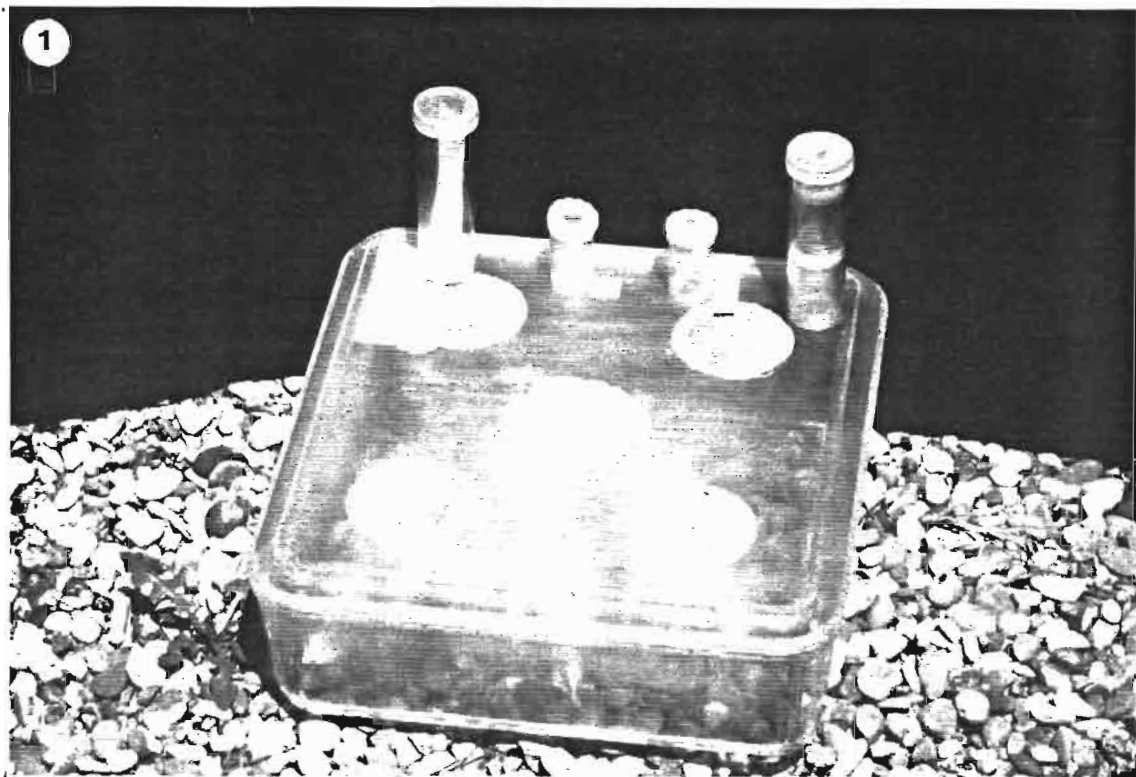


PLANCHE IV

LES DIFFERENTS STADES DE DIOMUS HENNESSEYI FÜRSCH.

- Photo 1:** Polymorphisme chromatique chez l'adulte.
- Photo 2:** A=Femelle noire et Mâle brun-**noir avec prothorax brun-jaune**
- Photo 3:** B= Femelle noire et Mâle brun avec prothorax brun-jaune.
M, Mâle F, Femelle
- Photo 4:** L'oeuf au début de l'incubation.
- Photo 5:** Larves et nymphe
- A= Larve de 1er stade
 - B= Larve de 2ème stade
 - C= Larve de 3ème stade
 - D= Larve de 4ème stade
 - E= Nymphe âgée

