

I - III - XVI d. m.

LA PRÉDATION DU COPÉPODE *MESOCYCLOPS LEUCKARTI PILOSA*
 [CRUSTACEA] SUR LES LARVES DE *Aedes (STEGOMYIA) AEGYPTI*
 ET DE *AE. (ST.) POLYNESIENSIS* [DIP. : CULICIDAE].
 ESSAIS PRÉLIMINAIRES D'UTILISATION
 COMME AGENT DE LUTTE BIOLOGIQUE⁽¹⁾

F. RIVIERE⁽²⁾, R. THIREL⁽³⁾

(2) Centre ORSTOM de Papeete B.P. 529, Papeete, Tahiti

(3) Institut de recherches médicales « LOUIS MALARDÉ », B.P. 30, Papeete, Tahiti

Le Crustacé Copépode *Mesocyclops leuckarti pilosa*, KIEFFER 1930, commun à Tahiti dans les nappes d'eau douce en association avec les larves de *Culex quinquefasciatus* SAY, 1823 et *Cx. annulirostris*, SKUSE, 1829 a été reconnu par les auteurs comme un prédateur efficace des larves nouvelles nées des *Aedes* du sous-genre *Stegomyia* de Polynésie (*Ae. aegypti* L. et *Ae. polynesiensis*, MARKS, 1951) lorsqu'il est introduit dans les gîtes larvaires de ces moustiques.

Afin d'évaluer les possibilités de son utilisation comme agent de lutte biologique, les auteurs ont étudié le cycle biologique et le régime alimentaire de ce Cyclopidé et ont mené une série d'expériences sur sa prédation dans les conditions de laboratoire et du milieu naturel.

En introduisant chaque semaine durant 14 mois des œufs d'*Ae. aegypti* et d'*Ae. polynesiensis* en nombre connu dans des pondoires pièges de type O.M.S. au laboratoire, les auteurs ont montré que *M. l. pilosa* dévore en moyenne 91,6 % des larves nouvelles nées des 2 espèces de *Stegomyia*, durant toute la période d'observation. Les mortalités ou réductions obtenues ont été corrigées en fonction des résultats des pondoires témoins d'où les Cyclopidés étaient absents.

Dans des pondoires placés dans des conditions naturelles, l'introduction de 5 femelles de *M. l. pilosa* dans chaque pondoire piège colonisé par des *Aedes (Stegomyia)* provoque une réduction de 85 % des formes préimaginales de ces moustiques. Ce taux de réduction se maintient durant toute la période d'observation de 14 mois. *M. l. pilosa* exerce une prédation beaucoup plus faible sur les autres espèces de Culicidés fréquentant les pondoires exposés au milieu naturel, 9,7 % pour *Culex quinquefasciatus* et 1,9 % pour *Toxorhynchites amboinensis*, DOLESCHALL, 1857.

Les auteurs décrivent la chaîne alimentaire de l'écosystème existant dans les pondoiresensemencés avec *M. l. pilosa*. Le copépode se nourrit essentiellement d'infusoires et n'est qu'un prédateur occasionnel de larves de moustiques. De ce fait, il ne s'établit pas d'équilibre proie-prédateur entre le copépode et les larves de moustiques. La dynamique des populations des copépodes est donc indépendante de celle des larves de moustiques.

Ces résultats expérimentaux nous incitent à rechercher les conditions d'utilisation de *M. l. pilosa* comme agent de lutte biologique contre les larves des *Aedes* du sous-genre *Stegomyia*, en particulier dans les terriers de crabe et les grands réservoirs d'eau domestiques.

(1) Travail réalisé à l'Institut de recherches médicales « LOUIS MALARDÉ » (I.R.M.L.M., B.P. 30 - Papeete - Tahiti). Directeur : D' J. LAIGRET.

Depuis le dépôt du manuscrit une révision du genre *Mesocyclops* a montré que l'espèce impliquée devait être rapportée à *Mesocyclops aspericornis*, DADAY, 1906.

LINDBERG (1936, 1949) et HURLBUT (1938) sont les premiers auteurs à signaler que les copépodes *Cyclopidae* sont des ennemis naturels des larves de moustiques.

BONNET & MUKAÏDA (1957) constatent, lors d'une introduction accidentelle de *Mesocyclops obsoletus* KOCH, synonyme de *M. leuckarti* (CLAUS), dans leur élevage d'*Aedes (Stegomyia) albopictus* SKUSE, qu'un seul copépode peut dévorer 15 à 20 larves de 1^{er} et 2^e stades de ces moustiques, en 24 h.

En 1976, une introduction accidentelle du Cyclopidé cosmopolite *M. leuckarti pilosa* KIEFER, 1930, s'est produite dans nos gîtes larvaires expérimentaux mixtes d'*Aedes (Stegomyia) polynesiensis* MARKS, 1951, et d'*Ae. (St.) aegypti* LIN. situés en bordure de forêt à l'extérieur du laboratoire, à Paea (Tahiti). Ce copépode a provoqué la disparition presque complète des larves des 2 espèces d'*Aedes* alors que l'abondance des larves de *Culex quinquefasciatus* SAY, 1823 et de *Toxorhynchites (Tx.) amboinensis* (DOLESCHALL, 1857) est restée presque inchangée. Ces faits ont attiré notre attention sur l'activité prédatrice de ce Cyclopidé commun, à Tahiti, dans les flaques et les grandes nappes d'eau douce. La perspective de son utilisation comme agent biologique de lutte contre *Ae. polynesiensis* vecteur de la filariose de Bancroft en Polynésie, et contre *Ae. aegypti* vecteur de la dengue, nous a incité à réaliser 2 séries d'expériences.

Au laboratoire nous avons étudié la biologie et la prédation de *M. leuckarti pilosa*. Dans les conditions naturelles, nous avons mené des observations de juin 1978 à octobre 1979 sur la dynamique de ses populations et leur pouvoir prédateur sur les populations immatures de moustiques.

MÉTHODES EMPLOYÉES

ÉTUDES DE LABORATOIRE

Au laboratoire, *M. l. pilosa* a été élevé dans des bols émaillés contenant de l'eau du robinet, à la température ambiante de 20 à 26 °C et à la photopériode naturelle. La nourriture consistait en infusoires, poudre de foie, aliment pour souris et levure de boulanger.

Pour les observations directes sous la loupe binoculaire, les spécimens étaient placés dans des salières à fond noir.

L'activité prédatrice a été quantifiée en utilisant des pondeurs-pièges de type O.M.S. conçus pour *Ae. aegypti*. 22 pondeurs contenant de l'eau et 2 ou 3 feuilles mortes ont été ensemencés chacun avec 5 femelles ovigères de *M. l. pilosa*. Au début de chaque semaine et durant 67 semaines consécutives, une baguette-support portant un nombre connu d'œufs d'*Ae. aegypti* et d'*Ae. polynesiensis* a été introduite dans chaque pondeur.

La faune de ces pondeurs expérimentaux a été inventoriée chaque semaine. Les œufs éclos et non éclos, les larves et les nymphes d'*Aedes* ainsi que les adultes de *M. l. pilosa* ont été comptés. Avant la mise en place d'une nouvelle baguette porteuse d'œufs, toutes les larves et nymphes des 2 *Aedes* étaient éliminées. Cinq pondeurs supplémentaires, traités de façon identique mais dépourvus de cyclopes servaient de témoin.

ÉTUDES DANS LES CONDITIONS NATURELLES

27 pondeurs ont été placés à l'extérieur du laboratoire au sol, sous les buissons. Le jour de leur mise en place, 5 femelles ovigères de *M. leuckarti pilosa* étaient introduites dans 15 d'entre-eux alors que les 12 autres ne recevant pas de cyclopes jouaient le rôle de témoin. Chaque semaine, ces pondeurs étaient examinés au laboratoire. Le volume d'eau ainsi que l'abondance des adultes du cyclopidé et des formes préimaginales de moustiques étaient enregistrés.

La microfaune et la microflore des pondeurs étaient inventoriées grâce à des prélèvements de 1 ml d'eau prise à la limite du dépôt solide. Après homogénéisation, une goutte de chacun des prélèvements était examinée au microscope pour la numération des

rotifères, gastérotiches, protozoaires, algues, champignons et bactéries. Après ces examens, chaque pondeur était reconstitué avec son milieu et ses êtres vivants y compris les larves des moustiques, puis placé au même site.

RÉSULTATS

BIOLOGIE DE *M. LEUCKARTI PILOSA*

Les femelles gravides de *M. l. pilosa* portent 2 sacs ovigères contenant chacun de 30 à 32 œufs en moyenne. Ces œufs éclosent 2 ou 3 j. après leur apparition, donnant naissance à des larves naupliques.

Le développement passe par 5 stades naupliques qui durent au total 7 à 8 j. puis par 5 stades copépodites durant 8 à 9 j., avant d'aboutir aux adultes. Les 1^{res} femelles ovigères apparaissent 3 j. après la dernière mue. Dans les conditions de notre laboratoire, le cycle complet a été évalué à 22 j. en moyenne.

Les naupliques et les copépodites I à III se nourrissent de bactéries, d'algues unicellulaires et de protozoaires flagellés, dont la taille ne dépasse pas 100 μ (AUVRAY & DUS-SART, 1967 ; DUS-SART, 1967 ; GRAS *et al.*, 1971 ; GOPHEN, 1977). Nous n'avons observé aucune activité prédatrice vis-à-vis de larves de moustiques chez ces formes jeunes.

Par contre, les copépodites des 2 derniers stades ainsi que les adultes des 2 sexes, sont des prédateurs occasionnels des larves de moustiques, bien que ces formes se nourrissent essentiellement de protozoaires, gastérotiches et rotifères. *M. l. pilosa* se développe bien dans les milieux d'élevage de larves de moustiques à base d'aliment de souris, de poudre de foie, de levure de boulanger ou d'infusion de feuilles mortes. Les proies des adultes de *M. l. pilosa* les plus fréquentes sont constituées par les infusoires de taille supérieure à 120 μ . Parmi ces proies, nous avons identifié les ciliés *Coleps hirtus* NITZSCH, *Paramecium caudatum* EHRENBERG, *Euplotes patella* (MILLER), *Aspidisca costata* (DUJARDIN), *Oxytricha fallax* STEIN, *Spirostomum ambiguum* ROUX, les rotifères *Rotifer longirostris* (JANSON) et *Brachionus* sp. et le gastérotiche *Chaetonotus* sp. (BICK, 1972 ; EDMONSON, 1910 ; HINTZ, 1951 ; MURRAY, 1911). Toutes ces espèces, sauf *Coleps hirtus*, se rencontrent dans les gîtes larvaires naturels d'*Ae. aegypti* et d'*Ae. polynesiensis* à Tahiti, d'où les cyclopes sont naturellement absents.

Les larves nouvelles nées des moustiques et plus particulièrement celles des *Aedes (Stegomyia)* constituent également des proies pour *M. l. pilosa*. Nous avons observé sous la loupe binoculaire la prédation des adultes de cyclopes sur les larves de moustiques sortant des œufs ; les crustacés saisissent les jeunes larves au niveau du thorax et les broient pour les ingérer.

FLÔRE ET FAUNE DES PONDEURS PLACÉS A L'EXTÉRIEUR

Dans les pondeurs exposés au milieu naturel, nous avons rencontré la faune et la flore suivante :

— Diptères : formes immatures de : *Aedes aegypti*, *Ae. polynesiensis*, *Culex quinquefasciatus*, *Cx. annulirostris*, *Toxorhynchites amboinensis*, *Chironomus samoensis* EDWARDS, *Psychoda* sp., *Drosophila* sp.

— Crustacés : *Cypraea globulus* (SARS) (1)

— La faune et la flore microscopiques sont composées d'environ 123 espèces différentes, dont 13 bactéries, 4 levures, 10 algues unicellulaires des familles des *Cryptomonadaceae*, *Chloromonadinae* et *Eugleninae*, 2 algues vertes filamenteuses ;

— Protozoaires : 83 espèces dont 79 flagellés et ciliés, 1 thécostomate, 3 amibes ;

(1) Aimablement identifié par M. R. VICTOR.

- Gastérotiches : 3 espèces ;
- Rotifères ;
- Enfin 2 espèces de némathelminthes strongyloïdes et 2 plathelminthes turbellariés.

ACTIVITÉ PRÉDATRICE DE *M. LEUCKARTI PILOSA* SUR LES LARVES DE MOUSTIQUES

Les tableaux 1 et 2 exposent les résultats des observations au laboratoire sur l'activité prédatrice de *M. l. pilosa*, dans les pondoirs régulièrement approvisionnés en œufs de *Ae. aegypti* et *Ae. polynesiensis*.

La présence de cyclopes dans ces pondoirs a entraîné une forte mortalité par prédation chez les jeunes larves issues des œufs introduits. Au cours des 4 premières semaines, qui constituent la phase d'installation de *M. l. pilosa*, le % des larves survivantes par rapport au nombre d'œufs éclos était en moyenne de 33,4 %. Dans les pondoirs témoins, dépourvus de cyclopes, ce % était de 65,8 %. Lorsque la population de cyclopes avait atteint, après 1 à 2 cycles de développement, la phase d'équilibre, le % des larves des *Aedes* (*Stegomyia*) survivantes tombait à 5,5 % en moyenne, alors que dans les pondoirs témoins, il demeurait inchangé.

TABLEAU 1

Effets de la prédation de Mesocyclops leuckarti pilosa sur l'abondance des larves et des nymphes de Ae. aegypti et Ae. polynesiensis au laboratoire au cours de 67 observations hebdomadaires, dans 22 pondoirs pièges de l'O.M.S., comparés à 5 pondoirs pièges témoins sans Cyclopidae

Pondoirs	<i>Aedes aegypti</i> et <i>Aedes polynesiensis</i> : Nombres moyens d'œufs éclos et de larves survivantes 1 semaine après		
	Œufs éclos	Formes préimaginales survivantes	Pourcentage de survie
Sans <i>Cyclopidae</i> (témoins) 14 mois d'observation (moyenne sur 67 semaines)	33,91 (± 7,83)	22,33 (± 1,65)	65,86 %
Avec <i>Cyclopidae</i> 1 ^{er} mois d'observation Phase d'installation : (Moyenne sur les 4 1 ^{res} semaines)	21,81 (± 4,98)	7,28 (± 2,40)	33,37 %
Avec <i>Cyclopidae</i> 13 mois d'observation Phase d'équilibre : (moyenne sur les 63 semaines suivantes)	16,26 (± 1,33)	0,89 (± 0,38)	5,46 %

TABLEAU 2

Effets de la prédation de Mesocyclops l. pilosa sur l'abondance des formes préimaginales de Ae. aegypti et Ae. polynesiensis au laboratoire au cours de 67 observations hebdomadaires consécutives. Distributions de fréquence (en %) des larves et des nymphes des moustiques survivant dans 22 pondoirs O.M.S.,ensemencés de Cyclopidae et dans 5 pondoirs témoins dépourvus de M. l. pilosa

Classes des nombres des larves et des nymphes d' <i>Aedes</i> survivantes	Fréquence des observations (pourcentage)		
	Dans les pondoirs avec <i>M. l. pilosa</i> : Phase d'installation (1 ^{er} mois) %	Dans les pondoirs avec <i>M. l. pilosa</i> : population en équi- libre (13 mois sui- vants %)	Dans les pondoirs sans <i>M. l. pilosa</i> : durant 14 mois %
0	49,4	92,4	15,0
1-10	33,9	6,2	33,8
11-30	11,7	1,1	29,8
31-60	3,3	0,1	15,0
61-120	1,7	0,2	4,5
121-240	0	0,1	1,9
Nombre d'observations (100 %)	180	1.271	467
Coefficient de corrélation entre le nombre d'œufs éclos et de larves et nymphes survi- vantes une semaine après	$r = +0,69$ (± 0,08)	$r = +0,22$ (± 0,05)	$r = +0,91$ (± 0,02)

Les tableaux 3 à 6 résument les résultats des observations faites sur les pondoirs placés à l'extérieur. La présence de cyclopes dans ces pondoirs recevant des pontes de moustiques sauvages, réduisait considérablement la fréquence des pondoirs positifs pour les larves des *Aedes* (*Stegomyia*) qui tombait de 78 % en l'absence de cyclopes à 20 % en leur présence. De plus, le nombre moyen de larves et de nymphes des *Aedes* (*Stegomyia*) dans les pondoirs positifs était réduit à 2,3 par la présence des cyclopes, alors qu'il était de 15,4 en leur absence. La réduction du nombre des larves de *Ae. aegypti* et *Ae. polynesiensis* due à la prédation était donc de 85 %, sur l'ensemble de la période de 14 mois d'observations. Cette réduction s'élevait même à 99,3 % lorsque le nombre de cyclopes adultes était supérieur à 20 par pondoir ; dans ce cas, le nombre moyen de larves et de nymphes des *Aedes* (*Stegomyia*) par pondoir tombait à 0,1, alors qu'il était de 7,4 par pondoir en présence de 1 à 5 cyclopes seulement.

TABLEAU 3

Effet de la prédation de *M. l. pilosa* dans les pondoires O.M.S exposés en milieu extérieur : fréquence des pondoires colonisés par des larves et/ou des nymphes de moustiques *Ae. aegypti*, *Ae. polynesiensis*, *Cx. quinquefasciatus* et *Tx. amboinensis* en fonction de la présence ou de l'absence de *M. l. pilosa*

pondoires		Nombre et pourcentage de pondoires avec ou sans larves et nymphes de moustiques					
		<i>Ae. aegypti</i> et <i>Ae. polynesiensis</i>		<i>Culex quinquefasciatus</i>		<i>Toxorhynchites amboinensis</i>	
		absents	présents	absents	présents	absents	présents
<i>M. l. pilosa</i> absent	n	154	546	364	336	310	390
	%	22 %	78 %	52 %	48 %	44,3 %	55,7 %
<i>M. l. pilosa</i> présent	n	576	144	444	276	340	380
	%	80 %	20 %	61,7 %	38,3 %	47,2 %	52,8 %

TABLEAU 4

Effet de la prédation de *M. l. pilosa* dans 27 pondoires O.M.S exposés dans le milieu extérieur : nombre moyen de larves et/ou des nymphes de moustiques *Ae. aegypti*, et *Ae. polynesiensis*, *Cx. quinquefasciatus* et *Tx. amboinensis* dans les pondoires en fonction de la présence ou de l'absence du Cyclopidae, (67 observations hebdomadaires, Paea, Tahiti)

pondoires	Nombre moyen de larves et/ou nymphes de moustiques		
	<i>Ae. aegypti</i> + <i>Ae. polynesiensis</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Toxorhynchites amboinensis</i>
<i>M. l. pilosa</i> absent	15,45 (± 0,06)	18,73 (± 0,10)	0,693 (± 0,004)
<i>M. l. pilosa</i> présent	2,29 (± 0,02)	14,01 (± 0,08)	0,576 (± 0,002)

TABLEAU 5

Effet de la prédation de *M. l. pilosa* dans les pondoires O.M.S. exposés en milieu extérieur : corrélation entre le nombre de Cyclopidae observé et le nombre moyen de larves et/ou nymphes de *Ae. aegypti* + *Ae. polynesiensis* ou *Cx. quinquefasciatus* au cours des 64 observations hebdomadaires, Paea, Tahiti

Nombre d'adultes de <i>M. l. pilosa</i> par pondoire	Nombre moyen de larves et/ou nymphes de moustiques par pondoire positif	
	<i>Ae. aegypti</i> et <i>Ae. polynesiensis</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>
0	15,45	18,73
1 à 5	7,43	10,95
6 à 10	0,82	10,13
11 à 20	0,33	12,11
21 à 40	0,13	15,37
41 et +	0,15	16,70

TABLEAU 6

Corrélation entre le nombre de larves et/ou nymphes d'*Ae. aegypti* et *Ae. polynesiensis* ou *Cx. quinquefasciatus* et le nombre moyen d'adultes de *M. l. pilosa* dans des pondoires O.M.S. exposés au milieu extérieur, observée au cours des 64 observations hebdomadaires, Paea, Tahiti

Nombre de larves de moustiques observées	Nombre moyen d'adultes de <i>M. l. pilosa</i> par pondoire	
	en présence de larves d' <i>Ae. aegypti</i> et <i>Ae. polynesiensis</i>	en présence de larves de <i>C. quinquefasciatus</i>
0	13,66	8,04
1—5	1,84	7,94
6—10	1,98	10,75
11—20	0,88	10,61
21—40	0,26	
41 et +	0,37	6,23

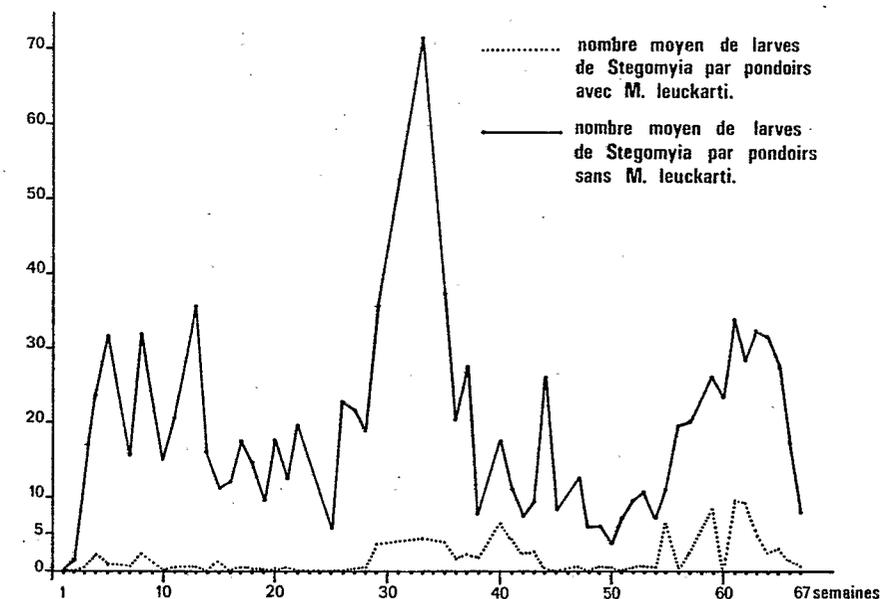


FIG. 1. Populations comparées des larves d'*Ae. aegypti* + *Ae. polynesiensis* dans les pondoires pièges placés dans le milieu extérieur contenant *M. l. pilosa* et les pondoires témoins sans cyclopidés. Paea, Tahiti : 20 juin 1978 au 29 novembre 1979 : nombre moyen de larves de *Stegomyia* par pondoire.

La figure 1 met en évidence l'effet de prédation permanent des *Mesocyclops* sur les larves des *Aedes* (*Stegomyia*) dans les pondoires placés dans les conditions naturelles au cours des 14 mois d'observation. Il ne s'établit jamais d'équilibre proie-prédateur entre les populations de larves de moustiques et celles des cyclopes. Un faible accroissement du nombre moyen de larves et de nymphes des *Aedes* après le 11^e mois d'observation a été consécutif à la disparition de prédateurs dans certains pondoires. Elle fut la suite naturelle de la perturbation du biotope provoquée par la chute de fruits mûrs du jambolanier de

les gîtes expérimentaux. La fermentation alcoolique qui s'ensuit, détruit complètement les populations du cyclope dans certains pondoires ; dans d'autres, après leur disparition momentanée pendant 3 à 5 semaines, leurs populations se sont reconstituées rapidement (figures 1 et 2).

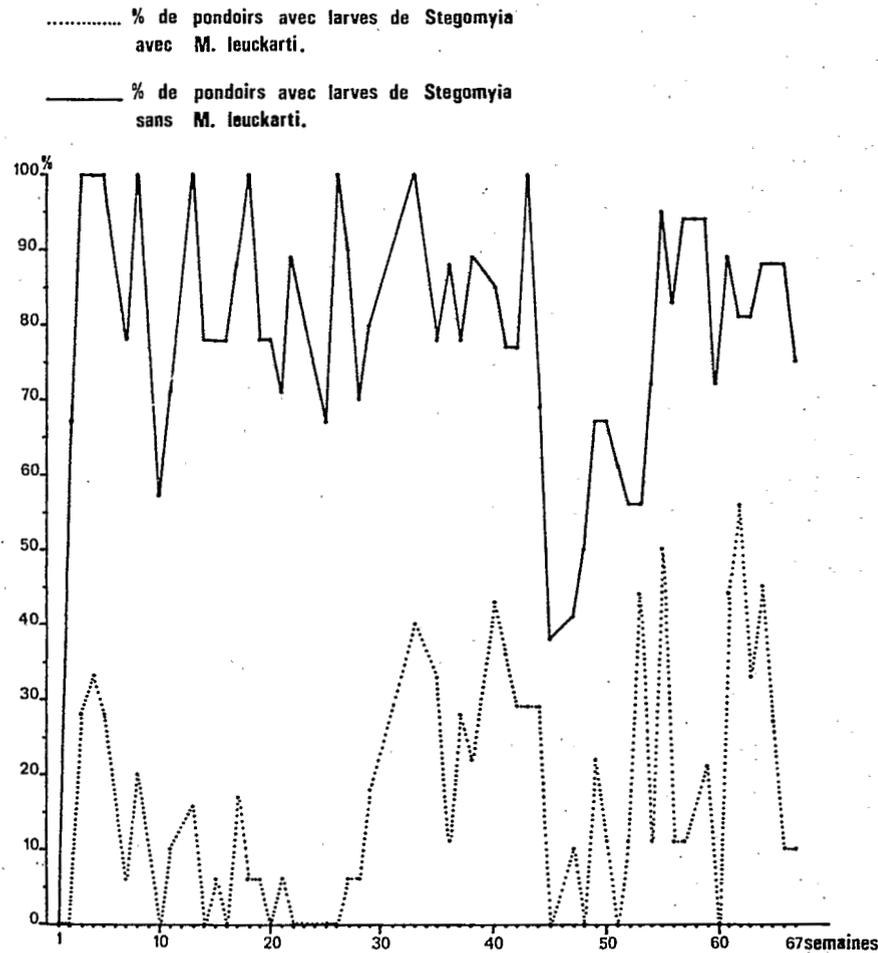


FIG. 2. Populations comparées des larves d'*Ae. aegypti* + *Ae. polynesiensis* dans les pondoires pièges placés dans le milieu extérieur contenant *M. l. pilosa* et les pondoires témoins sans cyclopidés. Paea, Tahiti : 20 juin 1978 au 29 novembre 1979 : pourcentage de pondoires avec larves de *Stegomyia*.

La prédation de ces crustacés ne s'exerce que sur les larves nouvelles nées des *Stegomyia*. En effet, les larves des stades II à IV, introduites dans les pondoires évoluaient normalement jusqu'au stade adulte, sans mortalité décelable due aux *Mesocyclops*.

La présence de *M. l. pilosa* dans les pondoires extérieurs n'influence que faiblement la fréquence et l'abondance des autres espèces de moustiques peuplant ces petites collections d'eau artificielles. Ainsi, le % des pondoires positifs pour les larves et les nymphes de *Culex quinquefasciatus* était de 48 % en l'absence de cyclopes et de 38 % en leur présence ; pour *Toxorhynchites amboinensis*, ces valeurs étaient respectivement de 56 et

53 %. Le nombre moyen de larves et de nymphes de *Cx. quinquefasciatus* par pondoire positif était réduit de 18,7 à 14 par la présence des cyclopes ; pour *Tx. amboinensis* le nombre moyen était réduit de 0,7 à 0,6. De plus, ces réductions relativement faibles n'étaient pas accentuées par une augmentation du nombre des cyclopes adultes dans les gîtes (tableaux 5 et 6). La mortalité statistiquement significative des larves de *Cx. quinquefasciatus* due à la prédation n'est que de 9,7 % et pour *Tx. amboinensis* de 1,9 %.

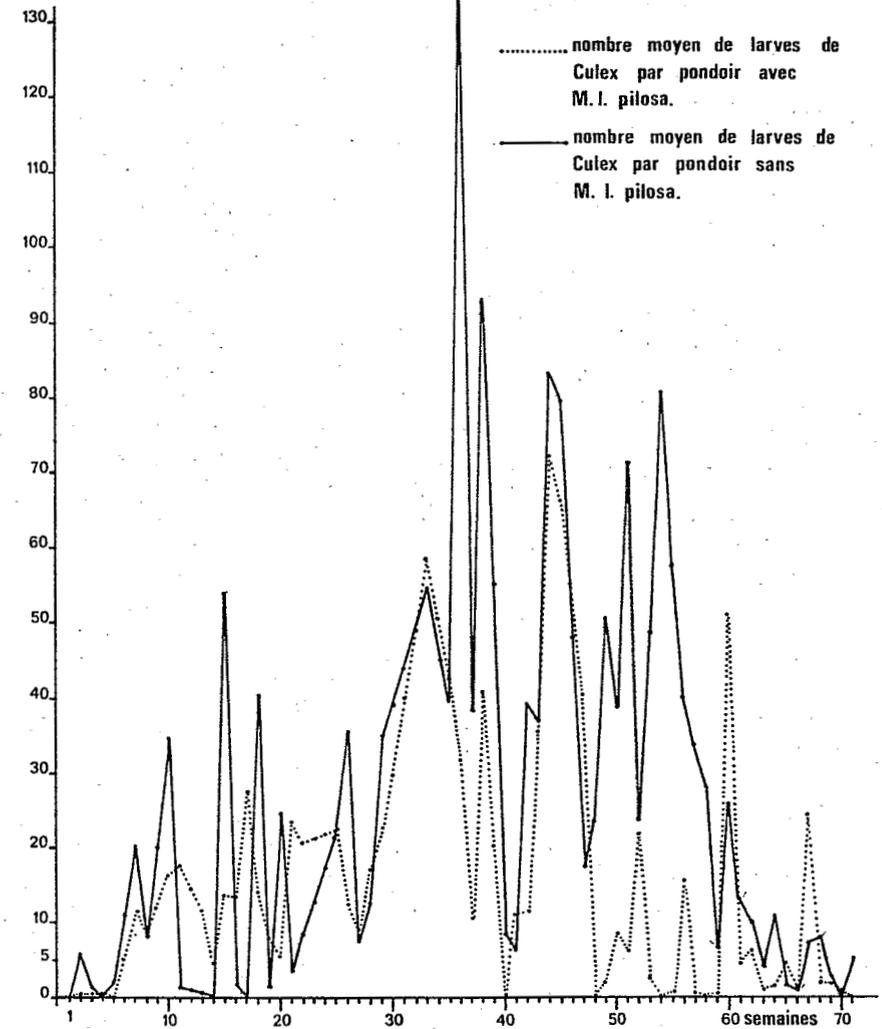


FIG. 3 Population comparée des larves de *Cx. quinquefasciatus* dans les pondoires placés dans le milieu extérieur contenant *M. l. pilosa* aux pondoires témoins sans cyclopidés. Paea, Tahiti : 20 juin 1978 au 29 novembre 1979.

La figure 3 montre que les populations préimaginales de *Cx. quinquefasciatus* n'étaient réduites que de façon très partielle et inconstante par la prédation exercée par les cyclopes au cours de 14 mois d'observations.

AUTRES OBSERVATIONS

Nous avons vérifié que la prédation était le seul facteur responsable de la disparition ou de la réduction du nombre des larves d'*Aedes (Stegomyia)* dans les pondoires contenant des *M. l. pilosa*. A cet effet, nous avons introduit 500 œufs d'*Ae. polynesiensis* dans de l'eau tamisée provenant d'un élevage où plusieurs générations de ce crustacé s'étaient développées. Au bout de 9 j., 457 et 462 nymphes ont été décomptées dans les 2 expériences. Cette valeur était identique à celle obtenue dans un lot témoin en eau du robinet : 449 nymphes. Par conséquent, le développement de *M. l. pilosa* n'entraîne pas la production dans le gîte de substance toxique pour les formes immatures d'*Ae. polynesiensis*.

Par ailleurs, nous avons vérifié que la présence de *M. l. pilosa* dans les pondoires extérieurs n'inhibait pas le comportement d'oviposition des femelles de moustiques. A cet effet, nous avons exposé dans la nature 9 pondoires contenant des cyclopes et 12 autres qui en étaient dépourvus. Au cours d'une année d'observation, il est apparu que le nombre d'œufs déposés dans les 2 lots de pondoires était identique.

Enfin, nous avons recherché, sans succès jusqu'à présent, chez les larves de moustiques de Tahiti la présence du champignon parasite des Culicidés du genre *Coelomomyces*, dont les Cyclopidés sont les hôtes intermédiaires (PILLAI *et al.*, 1976).

DISCUSSION

LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

La chaîne alimentaire de l'écosystème des pondoires exposés au milieu naturel et ensemencés de *M. l. pilosa*, débute par des producteurs autotrophes en particulier des algues microscopiques, des bactéries, des champignons. Ces êtres vivants constituent la nourriture des protozoaires dont la taille est inférieure à 100 μ , mais aussi des vers strongyloïdes, des nauplies et des jeunes copépodites de *M. l. pilosa*, ainsi que de grands éléments de la biocénose, tels que l'ostracode *Cyprretta globulus*, les larves de *Chironomus samoensis* et de *Psychodidae*. Cet ensemble forme le niveau trophique des consommateurs primaires.

Les ciliés de grande taille, les gastérotiches, les rotifères et les copépodites âgés de *M. leuckarti* sont les prédateurs des consommateurs primaires et représentent les consommateurs de second ordre.

Les copépodes adultes se placent en partie au niveau trophique suivant. Ils se nourrissent des prédateurs du niveau trophique précédent et occasionnellement des larves nouvelles nées de moustiques. Toutefois, les adultes de *M. l. pilosa* ingèrent en permanence une quantité appréciable d'algues unicellulaires (chlorelles, diatomées).

Les larves de moustiques appartiennent à plusieurs niveaux trophiques, du fait de leur alimentation omnivore. Les larves de *Culex* sont surtout planctonophages et se nourrissent dans la couche aquatique superficielle (« surface feeders »). Celles d'*Ae. aegypti* et d'*Ae. polynesiensis* se nourrissent sur le fond des gîtes, (« bottom feeders » des auteurs anglo-saxons) de toutes les particules en sédimentation, que ce soit des débris de matières organiques en décomposition, des micro-organismes, des rotifères ou même des vers strongyloïdes. Lorsqu'elles sont très nombreuses dans un gîte de taille réduite, en particulier en fin de saison des pluies, les larves des 2 derniers stades des *Aedes (Stegomyia)* sont en mesure de « nettoyer » biologiquement le milieu en ce qui concerne les éléments de petite taille. Nous avons observé qu'elles pouvaient aussi ingérer des larves naupliennes de *M. l. pilosa*, mais qu'elles étaient incapables de s'attaquer aux cyclopes adultes qui sont trop mobiles pour être capturés.

DISTRIBUTION ET BIOLOGIE

M. leuckarti est une espèce eurytope, répartie dans le monde entier. Elle a été citée d'Europe, d'Asie, d'Afrique, d'Amérique et d'Australie. La forme type *M. l. leuckarti* la variété *M. l. bodanicola* sont récoltées dans les étangs et les lacs européens et d'A. (DUSSART, 1969). La forme *M. l. pilosa* a été décrite à partir de spécimens des étangs du Parc National Krüger, en Angola et à Oran en Algérie. *M. l. pilosa* a été découvert plus récemment aux Philippines (YEATMAN, comm. pers.).

M. l. leuckarti est une forme d'été en pays tempérés. Elle est thermostéotherme planctonique. Elle fréquente en plus des grandes masses d'eau, les gravières, les sablières, les ballastrières, et même les fossés et les puits. C'est une forme de plaine et d'altitude moyenne qui tolère la présence de sel, jusqu'à une salinité de 7 ‰ dans l'eau. Elle fréquente également les eaux dures.

M. l. pilosa à Tahiti est une forme commune toute l'année. Elle vit principalement au voisinage du fond, dans le benthos. Nous l'avons récolté dans les bassins d'élevage de chevrettes du C.N.E.X.O., dans les mares et les fossés d'eau claire même inondés temporairement, les chenaux d'irrigation des tarodières, les puits des plaines côtières à Tahiti. Nous ne l'avons pas trouvé dans l'unique lac de Tahiti (le lac Vaihiria, 414 m d'altitude). Nous l'avons isolé très rarement de 2 types de gîtes naturels favorables aux *Aedes (Stegomyia)* : dans des trous de crabe terrestre *Cardisoma carnifex* et dans certains grands trous d'eau situés entre les racines des arbres *Inocarpus edulis*. *M. l. pilosa* ne semble pas tolérer, dans les trous de crabe, des salures de l'eau même faibles (2 ‰). *M. l. pilosa* a été observé dans certains gîtes artificiels de *Ae. aegypti* tels que des fûts d'un parc à cochons, des vieux pneus abandonnés.

Cette rareté peut s'expliquer par la compétition alimentaire, les larves de *Stegomyia* étant plus voraces que les cyclopes, elles consomment plus rapidement toutes les proies des cyclopes qui alors meurent de faim. Le fait que chaque espèce colonise des collectifs d'eaux différentes correspond certainement à une nécessité dans l'équilibre biologique naturel de Tahiti. Mais nous avons montré qu'il était possible de le modifier durablement dans les pondoires-pièges et les pneus d'automobile.

Les fluctuations des effectifs des différentes populations se développant dans les pondoires exposés au milieu extérieur sont complexes. Nous avons observé tous les 2 mois et demi une augmentation des adultes de *M. l. pilosa*. Il existe par conséquent très probablement 5 générations annuelles de ce Cyclopidé dans les conditions naturelles polynésiennes.

D'autres espèces sont connues pour se nourrir de larves de diptères, certaines en consomment même plus que *M. leuckarti* (FRYER, 1957). Nous avons étudié particulièrement cette espèce car c'est le seul *Cyclopidae* dulçaquicole carnivore commun à Tahiti. L'effet de la prédation d'autres copépodes *Cyclopidae* dulçaquicoles sur les populations préimaginales des espèces de moustiques d'intérêt médical et vétérinaire mériterait d'être examiné, notamment en ce qui concerne *Macrocyclops fuscus* (JURINE), *Macrocyclops albidus* (JURINE), *Acanthocyclops viridis* (JURINE) (FRYER, 1957) et *Microcyclops varicans* (LINDBERG, 1949).

CONCLUSION

Les observations sur l'activité prédatrice de *M. leuckarti pilosa* vis-à-vis des larves de moustiques dans des pondoires au laboratoire et dans le milieu extérieur nous ont montré que ce copépode se comporte comme un excellent agent de lutte biologique contre les larves nouvelles nées de *Aedes* du sous genre *Stegomyia*.

Durant plus d'une année d'observations, la prédation des cyclopes adultes s'est exercée sans discontinuité sur les larves nouvelles nées d'*Ae. aegypti* et d'*Ae. polynesiensis* sans nouvelle introduction de prédateurs dans les gîtes ; aucun insecticide chimique ne possède une action rémanente comparable.

Cette efficacité remarquable du Cyclopidé est due à son indépendance trophique vis-à-vis des larves de moustiques. Il ne s'établit pas entre-eux d'équilibre proie-prédateur classique, puisque les larves de moustiques ne représentent pour les cyclopes que des proies occasionnelles. La dynamique des populations de cyclopes est contrôlée essentiellement par l'abondance des infusoires, qui constituent la majeure partie de leur alimentation.

Il faut évaluer les effets de l'introduction de ce prédateur dans de grands gîtes larvaires fixes des *Aedes* (*Stegomyia*), tels que les réservoirs d'eau, les citernes, les fûts, de même que dans les creux des rochers et les trous d'arbres. Il s'agit de vérifier qu'il peut inhiber l'apparition de nouvelles générations de *Stegomyia* en se maintenant pendant de longues périodes lorsque les conditions alimentaires et biocénétiques sont propices. Les données obtenues lors des expérimentations préliminaires sont très encourageantes pour le développement d'essais en vraie grandeur sur le terrain en Polynésie.

REMERCIEMENTS

Je remercie pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans l'identification des copépodes, ostracodes et unicellulaires au cours de cette étude : M. B. DUSSART, (C.N.R.S., France), MARSHALL LAIRD, (University of New found Land, Canada), Y. C. YEATMAN, (W.H.O., Suisse), R. VICTOR (Université de Waterloo, Canada) et M. M. DENIZOT (Université de Montpellier, France).

Je tiens à remercier également Messieurs J. MOUCHET, J. BRENGUES, B. DUSSART, J. M. KLEIN et G. PICHON pour les corrections et l'attention qu'ils ont bien voulu apporter à la rédaction de ce travail.

SUMMARY

The predation of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* and *Ae.* (*St.*) *polynesiensis* larvae [Dip. : Culicidae].
by the copepod *Mesocyclops leuckarti pilosa* [Crustacea].
Preliminary experiments as biological control agent

The cyclopoid copepod *Mesocyclops leuckarti pilosa* KIEFFER, 1930, (Crustacea) common in Tahiti in fresh water ground pools in association with *Culex quinquefasciatus* SAY, 1823 and *Cx. annulirostris* SKUSE, larvae, has been recognized as an efficient predator of the 1st stage larvae of the polynesian *Aedes* of the subgenus *Stegomyia* (*Ae. aegypti* and *Ae. polynesiensis* MARKS, 1951), when introduced in their breeding sites.

In order to assess its potential as a biological control agent, the authors studied the life cycle and the feeding habits of that Cyclopidae. They carried out experiments on its predatory habits in the laboratory and in the natural conditions. In the laboratory during 14 months, eggs of *Ae. aegypti* and *Ae. polynesiensis*, have been introduced in known numbers in back ovitraps containing females of *M. leuckarti pilosa*. As compared with the copepods free control, 91,6 % of the *Aedes* larvae are eaten up by *M. l. pilosa*.

In natural conditions, the introduction of 5 females of *M. l. pilosa* in each ovitrap colonized by the *Stegomyia* induced a reduction of 85 % of the immature forms of these mosquitoes, as compared with the control. This reduction rate has been kept up during the whole 14 months of the observation period. The reduction of the immature stages of *Cx. quinquefasciatus* is only 9,7 % and that of *Toxorhynchites amboinensis* 1,9 %.

The authors describe the food chain in the ovitraps ecosystem when *M. l. pilosa* is present. The copepod feeds mainly on Infusoria and is only an occasional predator of mosquito larvae. Therefore, there is no predatory-prey equilibrium between the copepod and the mosquito larvae. The copepod population dynamic is independant of that of the mosquito larvae.

These experimental results incitate us to search for practical application of *M. l. pilosa* as an biological agent against *Aedes* (*Stegomyia*) larvae, in particular in the large artificial water containers and in the crab holes.

BIBLIOGRAPHIE

- AUVRAY, C. & DUSSART, B. — 1967. Rôle de quelques facteurs du milieu sur le développement post-embryonnaire des Cyclopidés [Crustacés : Copépodes] II. cas des Cyclopes et influences des facteurs extérieurs. — *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 92, 11-22.
- BICK, H. — 1972. Ciliated protozoa : an illustrated guide to the species used as biological indicators in fresh water biology. — *W.H.O.*, 198 pp.
- BONNET, D. D. & MUKAIDA, T. — 1957. A copepod predacious on mosquito larvae — *Mosq. News*, 17, 99-100.
- DUSSART, B. — 1967, 1969. Les copépodes des eaux continentales. — *N. Boubée & C^{ie}*, Paris, I & II, 300 & 292 p.
- EDMONSON, C. H. — 1910. A report on the fresh-water protozoa of Tahiti. — *Science*, 22, n° 819, 349-351.
- FRYER, G. — 1957. The food of some fresh-water cyclopoid copepods and its ecological significance. — *J. Anim. Ecol.*, 26, 263-286.
- GOPHEN, M. — 1977. Food and feeding habit of *Mesocyclops leuckarti* (CLAUS) in lake Kinneret (Israël). — *Fresh-Water Biol.*, 7, 513-518.
- GRAS, R., ILTIS, A. & SAINT JEAN, L. — 1971. Biologie des crustacés du lac Tchad. II. Régime alimentaire des Entomostracés planctoniques. — *Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Hydrobiol.*, 5, 285-296.
- HINTZ, H. W. — 1951. The role of certain arthropods in reducing mosquito populations of permanent ponds in Ohio. — *Ohio J. Science*, 51, 277-279.
- HURLBUT, H. S. — 1938. The predation of copepods on mosquitoes larvae. — *J. Parasitol.*, 24, 281.
- LINDBERG, K. — 1949. Crustacés copépodes comme ennemis naturels de larves d'anophèles. — *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 42, 178-179.
- MURRAY, J. — 1911. Rotifera of some Pacific Islands collected by the Shackleton Antarctic Expedition, 1909. — *J. Royal Microbiol. Soc.*, 1911, 429-436.
- PILLAI, J. S., WONG, T. L. & DODGSHUN, T. J. — 1976. Copepods as essential hosts for the development of a *Coelomomyces* parasitizing mosquito larvae. — *J. Med. Entomol.*, 13, 49-50.