

Projet O.M.S

N° : 16 / 181 / V2 / 98 (A)

ID : 870091

**CONTROLE D'*Aedes aegypti* ET D'*Aedes polynesiensis*, VECTEURS DE DENGUE
ET DE FILARIOSE, AVEC LE COPEPODE PREDATEUR *Mesocyclops aspericornis*.
ESSAIS DE TERRAIN DANS DES PETITES ILES DU PACIFIQUE.**

Rapport sur la période : Janvier 1990 - Décembre 1990
(3^{ème} et dernière période de financement)

et

RAPPORT FINAL

LARDEUX Frédéric

8 janvier 1991

19 NOVEMBER 1990
(AR-N-PROG#C)

PROGRESS/FINAL REPORT FORM

TDR/RR/ B FORM/Rev. 1

Pages 1(& 2)

Period covered by this report:

from: 01/01/90 (dd/mm/yy)

to: 31/01/90 (dd/mm/yy)

Progress Report Only

Progress Report & Renewal Request

Final Report

PART I: SUMMARY ADMINISTRATIVE INFORMATION

1.1 Project: CONTROL OF A. AEGYPTI & A.
870091 POLYNESESIENSIS, VECTORS OF
----- DENGUE FEVER & FIL WITH CYCLO-
POID PREDATOR M. ASPERICORNIS

1.2 Principal Investigator: 20092836
SECHAN, DR YVES
INSTITUT TERRITORIAL DE RECHERCHES
MEDICALES LOUIS MALARDE

Co-Investigators & Trainees:
RIVIERE, DR FRANCOIS
LONCKE, MR STEPHANE
KAY, DR BRIAN H.
LARDEUX, MR FREDERIC

BP 30
PAPEETE
TAHITI
FRENCH POLYNESIA

1.3 Institution: 02587146
INSTITUT TERRITORIAL DE RECHERCHES
MEDICALES
LOUIS MALARDE

telephone: (689) 42-64-64

telex:

cable:

FAX: 689 - 42-95-55

BP 30
PAPEETE
TAHITI
FRENCH POLYNESIA

1.4 Scientific working group(SWG) and section:
BCV

870091
SECHAN
VEC -1 -A
T16/181/V2/98(A)

1.5 Funds allocated to project (in US dollars):

1987	1988	1989	TOTAL TO DATE
22,200		11,000	33,200

1.6 Starting date information:

Please fill in (or confirm) actual starting date of project.

INITIAL PAYMENT: 17.03.88
(OR APPROVAL DATE): 29.10.87

OK
OK

1.7 Duration of project: initial estimate 36 months

1.8 Project Objectives

L'objectif du projet est de tester à grande échelle, dans les conditions naturelles d'application, les capacités du copépode *Mesocyclops aspericornis* comme agent de lutte biologique contre les moustiques du genre *Aedes*. Les deux espèces principalement concernées sont *Aedes aegypti* et *Aedes polynesiensis* qui sont respectivement les principaux vecteurs de dengue et de filariose lymphatique (*Wuchereria bancrofti* var *pacifica*) en Polynésie française.

Le copépode *Mesocyclops aspericornis* a été testé dans les conditions réelles de lutte biologique,

- 1 - Dans les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*.
- 2 - Dans les gîtes péri-domestiques d'un village polynésien.

1.9 Publications and Patents*

RIVIERE, F., KAY, B.H., KLEIN, J.M. & SECHAN, Y. *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) and *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis* for the biological control of *Aedes* and *Culex* vectors (Diptera: Culicidae) breeding in crab holes, tree holes, and artificial containers. *Journal of Medical Entomology*, 24 (4): 425-430 (1987)

LARDEUX, F., LONCKE, S., SECHAN, Y., KAY, B.H. & RIVIERE, F. Potentialities of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) for broad scale control of *Aedes aegypti* in French Polynesia. *Arbovirus Research in Australia* vol. 5. (Proceedings of a Symposium - Brisbane, 28 August- 1 September) (1988)

LARDEUX, F., RIVIERE, F., SECHAN, Y. & KAY, B.H. Broad scale field release of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) for control of larval *Aedes polynesiensis* in land crab burrows on an atoll of French Polynesia. *Journal of Medical Entomology* (submitted)

LARDEUX, F. Biological control of Culicidae with the copepod *Mesocyclops aspericornis* and larvivorous fish (Poeciliidae) in a village of French Polynesia. *Medical and Veterinary Entomology* (Submitted)

* Use additional pages if necessary, and number them 2a, 2b, 2c etc. Please write on one side only

1.10 Project Summary (for the period under review)

Unless you specify to the contrary by placing a cross in this box , the whole or part of this section may, at the discretion of the Director of the Special Programme, be included in reports of the Special Programme or other TDR documentation such as *TDR News*.

En Polynésie Française, le copépode *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) a été évalué, sur le terrain, comme agent de lutte biologique contre les moustiques *Aedes aegypti* et *Aedes polynesiensis*.

Deux expériences de traitement en conditions réelles d'application ont été réalisées. La première a consisté à traiter l'ensemble des terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*, sur un îlot isolé (Tereia, Atoll de Rangiroa, Tuamotu), la seconde à traiter l'ensemble des gîtes péri-domestiques d'un village polynésien (Tikehau).

Sur Tereia, plus de 17 300 terriers de crabe ont été innoculés avec *M. aspericornis* en octobre 1987. L'expérience a été suivie pendant un peu plus d'un an (jusqu'en janvier 1989), avec des échantillonnages réguliers des terriers et des captures de femelles d'*Aedes* agressives. Un îlot voisin, non traité, a servi de témoin. Les terriers traités avec *M. aspericornis* contiennent en moyenne très peu de larves d'*Aedes* par rapport aux terriers non traités. Le contrôle à long terme de l'ensemble de l'îlot est cependant peu effectif en raison d'une multitude de facteurs, dont la faible résistance du copépode à la dessiccation et aux salinités élevées sont les plus importants. Sur l'ensemble de Tereia, il n'a pas été observé de diminution du nombre de femelles d'*Aedes* agressives.

Dans le village de Tikehau, l'ensemble des gîtes péri-domestiques ont été traités avec le copépode *M. aspericornis* et des poissons larvivores *Poecilia reticulata* et *Gambusia affinis*. Ces prédateurs, non naturellement présents sur l'atoll, ont été importés de Tahiti. Le traitement a eu lieu durant la dernière semaine de janvier 1990, avec l'aide des habitants. Les poissons ont contrôlé parfaitement les populations de moustiques dans les gîtes à ciel ouvert (mares, puits ouverts). *M. aspericornis* a été introduit dans les citernes en ciment (réserves d'eau de pluie), les fûts de 200 litres et les puits couverts. L'effet sur les larves a été faible, excepté dans certains cas isolés (puits et quelques fûts). La raison du périllement des populations de copépodes dans la plupart des sites est vraisemblablement due à un manque de nourriture pour les nauplies. Il n'y a pas eu d'effet sur l'agressivité d'*Ae. aegypti*. En ce sens, le programme de contrôle biologique a été un échec à l'échelle du village entier, même si certains gîtes ont été parfaitement contrôlés.

Des conseils pour l'utilisation de *Mesocyclops aspericornis* dans le cadre de lutte biologique sont donnés.



RAPPORT FINANCIER SUR UN ACCORD POUR DES SERVICES TECHNIQUES (FORMULAIRE 782)

Nom et adresse de l'institution Institut Territorial de Recherches Médicales Louis Malardé, B.P. 30 - Papeete - Tahiti French Polynesia	Titre résumée du projet <i>Control of Ae. aegypti and A. polynesiensis with cyclopoid predator Mesocyclops aspericornis</i>	Durée de l'accord Du 01/01/90 Au 31/01/90	
	Numéro du dossier OMS T16/181/V2/98 (A)	Rapport financier final	
	Numéro ID du projet 87 00 91	OUI	X
		NON	

1. FONDS DISPONIBLES

Solde disponible au début de la période
 fonds versés par l'OMS au cours de la période
 TOTAL DES FONDS DISPONIBLES

Monnaie	Equivalent en US dollars	Taux de change
	4 000	
	16 000	
	20 000	

2. DEPENSES

Personnel
 Fournitures
 Animaux
 Equipement
 Dépenses afférentes au malades
 Frais de déplacement
 Autres (précisez): *Main d'oeuvre temporaire sur le terrain*

 TOTAL DES DEPENSES
 SOLDE EN ESPECES (1 moins 2)

	5 000	
	1 800	
	2 000	
	7 200	
	4 000	
	20 000	
	0	

Notes: 1. Le détail des dépenses devrait exclure les crédits conservés par l'OMS en vue de l'achat de fournitures et d'équipement pour le compte de l'institution. 2. Une fois le projet terminé, tout solde sera restitué à l'OMS, conformément à la Condition générale 2.1 de l'Accord de services techniques.

Nous certifions que le rapport financier ci-dessus, ainsi que toutes pièces justificatives qui l'accompagnent, sont sincères et conformes aux livres de comptes et autres registres de l'institution.

Le responsable du service des Finances

Signature
 Nom *LESCROËL G.*
 Fonction *Gestionnaire Financier*
 Lieu et date *17/01/91*

Le chercheur principal/l'Administrateur technique responsable

Signature
 Dr. *SECHAN V.*
 Head/Entomologie
 17/01/91

PART III. BUDGET FOR THE FOLLOWING YEAR

3.1 Budget details ^a

If the project requires no further funding for completion, tick here and sign below



For WHO use only



ID _____

Personnel ^b (name, if known)	Position	% of time	Budget request (US\$)		
			As originally estimated	New total	Change (+ or -)
	Principal Investigator		***** c	***** c	***** c
1					
2					
3					
4					
Trainees/fellows:					
1					
2					
TOTAL PERSONNEL					
Supplies ^d					
TOTAL SUPPLIES					
Equipment ^d					
TOTAL EQUIPMENT					
Animals					
TOTAL ANIMALS					
Patient costs					
TOTAL PATIENT COSTS					
Travel (do not include attendance at scientific meetings)					
TOTAL TRAVEL					
Other expenditures (specify)					
TOTAL OTHER					
GRAND TOTAL					
Chief Financial Officer of the Institution:			Principal Investigator:		
Name: _____			Name: _____		
Signature: _____ Date: _____			Signature: _____ Date: _____		

^a If more space is needed, expand under Item 3.4, "Budget justification" (page 6). ^c Please refer to funding restrictions in original instructions (SECTION A, Item 7).
^b Please include in Annex A the *curricula vitae* of any named scientist, trainee or fellow whose CVs were not attached to previous documentation. ^d This should include where applicable, 20% for packing, freight and insurance charges.

3.2 Other support for the proposed project

Is this research currently being supported by any other funding agency? If "yes", give the name of the organization(s) and summarize the amount and duration of support, with dates.

Yes No

3.3 Amount intended for supplies and equipment to be purchased by WHO through the WHO Trust Fund mechanism:

US \$

3.4 Budget justification*

*Use a maximum of two additional pages, if necessary, and number them as 6a and 6b. Please write on one side only.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Projet O.M.S

N° : 16 / 181 / V2 / 98 (A)

ID : 870091

**CONTROLE D'*Aedes aegypti* ET D'*Aedes polynesiensis*, VECTEURS DE DENGUE
ET DE FILARIOSE, AVEC LE COPEPODE PREDATEUR *Mesocyclops aspericornis*.
ESSAIS DE TERRAIN DANS DES PETITES ILES DU PACIFIQUE.**

Rapport sur la période : Janvier 1990 - Décembre 1990
(3^{ème} et dernière période de financement)

et

RAPPORT FINAL

LARDEUX Frédéric

8 janvier 1994

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)**PLAN DU RAPPORT****1 - INTRODUCTION GENERALE****2 - RAPPELS SUR LES ESSAIS DE LUTTE DURANT LA PERIODE 1987
- 1989****2.1 - Essai de lutte dans les terriers du crabe terrestre
*Cardisoma carnifex*****2.1.1 - Introduction****2.1.2 - Matériels et méthodes****a - Zone d'étude****b - Traitement****c - Evaluation du traitement****d - Echantillonnage des terriers de crabe et des
larves d'*Aedes***

- Plan d'échantillonnage
- Technique d'échantillonnage

e - Echantillonnage des moustiques adultes

- Technique d'échantillonnage
- Captures-recaptures
- Indices d'agressivité

f - Analyse statistique des résultats

- Terriers de crabes et larves d'*Aedes*
- Indice d'agressivité des moustiques adultes

2.1.3 - Résultats**a - Persistance des copépodes et des larves d'*Aedes***

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)**b - Population des moustiques adultes**

- Migrations
- Indices d'agressivité

2.1.4 - Discussion**2.1.5 - Conclusion****2.2 - Essai de lutte dans les gîtes péri-domestiques d'un village :
simulation au laboratoire.****3 - ESSAI DE LUTTE DANS LES GITES PERIDOMESTIQUES D'UN
VILLAGE : EXPERIMENTATION EN VRAIE GRANDEUR****3.1 - Introduction****3.2 - Matériels et méthodes****3.2.1 - Le village****3.2.2 - Les espèces de moustiques****3.2.3 - Les gîtes de ponte****3.2.4 - Qualité des eaux****3.2.5 - Traitement****3.2.6 - Evaluation**

- a - Larves de moustiques
- b - Moustiques adultes

3.3 - Résultats**3.3.1 - Gîtes et espèces de *Culicidae* associées****3.3.2 - Qualité des eaux****3.3.3 - Persistance des prédateurs dans les gîtes****3.3.4 - Effets du traitement**

- a - Puits couverts
- b - Puits à ciel ouvert et mares
- c - Citernes couvertes
- d - Citernes à ciel ouvert
- e - Fûts de 200 litres

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

f - Moustiques adultes

3.4 - Discussion

3.5 - Conclusion

**4 - CONSEILS POUR L'UTILISATION DE *MESOCYCLOPS*
*ASPERICORNIS***

5 - CONCLUSION GENERALE

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

1 - INTRODUCTION GENERALE

Le projet OMS financé consistait principalement à évaluer, en conditions réelles de lutte, les possibilités d'utilisation du crustacé copépode *Mesocyclops aspericornis* comme agent de lutte biologique contre les larves d'*Aedes*.

En Polynésie française, *Aedes aegypti* et *Aedes polynesiensis* sont respectivement les vecteurs principaux de dengue et de filariose lymphatique (*Wuchereria bancrofti* var. *pacifica*). En l'absence de tout traitement de masse efficace contre ces deux endémies, seule une lutte antivectorielle est actuellement envisageable en Polynésie. Or, depuis les travaux de Rivière et Thirel (1981) et surtout de Rivière et al (1987), il semblerait que le copépode *Mesocyclops aspericornis* puisse être utilisé comme agent de lutte biologique en Polynésie contre les deux espèces d'*Aedes* précédentes. En effet, ces travaux ont montré l'efficacité et la pérennité d'action de ce prédateur sur les jeunes stades larvaires de ces moustiques, réduisant de plus de 90 % leurs densités dans certains gîtes. Ces expériences, concluantes en laboratoire et à petite échelle n'ont jamais pu être réalisées et suivies sur des zones géographiques plus étendues, en conditions réelles de lutte. Le présent projet OMS vise donc à combler cette lacune en testant les capacités du copépode, sur le terrain.

Ce rapport est un rapport final. Il est constitué de trois parties, dont l'une (la deuxième), détaille les résultats obtenus lors de la dernière année de financement. Les résultats précédents ont fait l'objet des deux rapports intermédiaires de 1988 (Lardeux et Loncke, 1989) et 1989 (Lardeux, 1990). Aussi, ces deux rapports peuvent faire partie intégrante du rapport final, à titre d'annexe. Les trois parties de ce rapport final sont les suivantes :

- 1 - Rappels des résultats obtenus lors des deux années précédentes, et en particulier ceux de la première expérimentation de terrain (traitement d'un îlot isolé où les gîtes des *Aedes* sont essentiellement constitués par les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*). Etant donné que les résultats de cette expérimentation sont partiellement exposés dans les deux rapports intermédiaires, une synthèse complète est donnée dans cette partie du rapport final. Par contre, les résultats concernant la bioécologie du copépode ont tous été détaillés dans le premier rapport intermédiaire. Ils ne sont donc pas repris ici.
- 2 - Présentation complète de la deuxième expérimentation de terrain, qui a eu lieu en 1989-1990. Cette deuxième partie peut donc être considérée comme le rapport d'activité de la dernière période d'étude. Il s'agit d'un essai de lutte dans les gîtes péridomestiques d'un village polynésien.
- 3 - Enfin, un bilan des recherches est donné, avec des conseils d'utilisation de *Mesocyclops aspericornis* comme agent de lutte biologique.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

2 - RAPPELS SUR LES ESSAIS DE LUTTE DURANT LA PERIODE 1987
- 19892.1 - Essai de lutte dans les terriers du crabe terrestre
Cardisoma carnifex

2.1.1 - Introduction

Aedes polynesiensis Marks, un vecteur de dengue et de filariose lymphatique à *Wuchereria bancrofti* var. *pacifica*, se reproduit massivement dans de nombreux types de gîtes naturels ou artificiels (Jachowski, 1954). Des recherches préliminaires dans des atolls de Polynésie française (Klein & Rivière, 1982) ont montré l'importance des terriers du crabe Gecardinide *Cardisoma carnifex* (Herbst) comme gîte de ponte d'*Aedes polynesiensis*. En effet, plus de 1000 larves de moustique ont été dénombrées par endroit, dans chaque terrier en contact avec la nappe phréatique!

Les crabes Gecardinide sont répandus dans le monde entier et plus de 140 espèces de moustiques se trouvent associées à leurs terriers (Bright & Hogue, 1972). Le problème du contrôle des moustiques se reproduisant dans ces terriers n'a encore jamais été résolu (Bruce-Chwatt & FitzJohn, 1951; Burnett, 1959; Bonnet & Chapman, 1958; Gardner et al., 1986). Toutefois, depuis un essai récent de traitement de quelques terriers de crabe avec *Mesocyclops aspericornis* sur l'atoll de Rangiroa en Polynésie française (Rivière et al., 1987), il semblerait que ce copépode puisse apporter une solution au problème posé par *Aedes polynesiensis*. Cependant, seulement 2432 terriers sélectionnés ont été traités et, de fait, cette expérience n'était qu'à échelle réduite.

L'expérience dont il est question ici concerne un traitement à grande échelle de terriers de crabe avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*, afin d'évaluer les capacités de ce prédateur en conditions réelles de traitement.

2.1.2 - Matériel et méthodes

a - Zone d'étude

L'expérience s'est déroulée sur Tereia (15° 05' S, 147° 57' W), îlot faisant partie de l'atoll de Rangiroa. L'atoll de Rangiroa est situé dans l'archipel des Tuamotu, à 300 km au nord est de Tahiti. Il mesure environ 80 km x 40 km (fig. 1). Les températures annuelles varient entre 24.5 et 29.3°C. La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 1800 mm, les pluies tombant principalement entre novembre et mars. La plupart des habitants de Rangiroa (environ 1200) habitent les villages d'Avatoru (îlot Vaimate) et de Tiputa (îlot Tapaetia) mais font des visites fréquentes aux différents autres îlots (dont Tereia) pour ramasser les noix de coco (industrie du coprah).

Tereia a une surface de 33-34 hectares et est à environ 25 km au sud ouest du village d'Avatoru. La traversée du lagon avec un petit bateau prend environ 2 à 3 heures. L'îlot est bas, caractéristique de ceux de la ceinture récifale. Le sol de Tereia est constitué par l'accumulation de matières sédimentaires d'origine

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

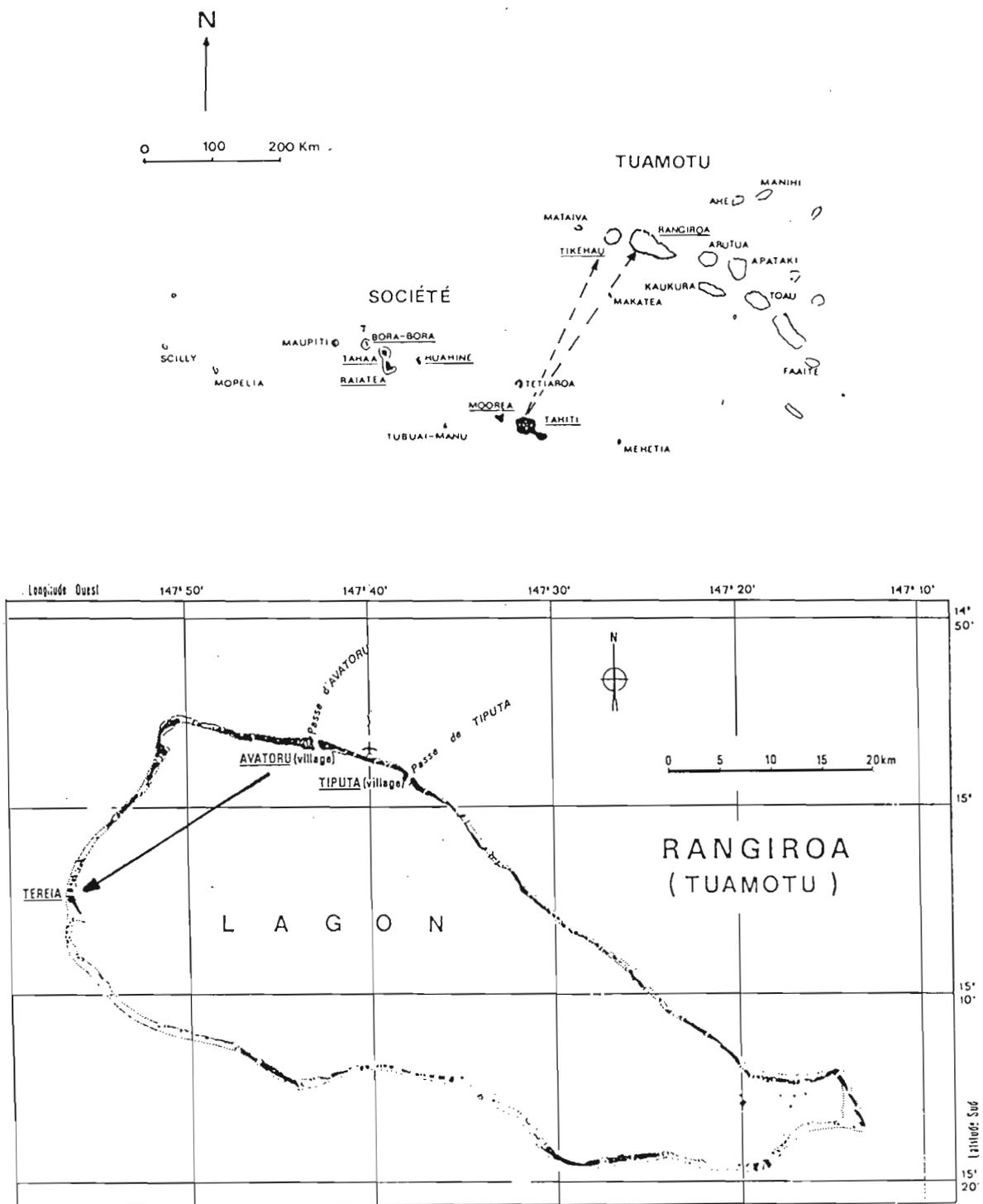


Figure 1 : Localisation géographique de l'atoll de Rangiroa et de la zone expérimentale sur l'atoll.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

coralliène ou coquillière et de matière organique décomposée. Du côté de l'océan, le sol est élevé de quelques mètres seulement par rapport au niveau de la mer. Il s'incline légèrement vers le lagon. La texture du sol n'est toutefois pas homogène sur l'ensemble de l'îlot : la façade océanique est constituée par une zone plus haute faite de débris coralliens grossiers s'étendant pratiquement sur un tiers de la superficie, tandis que la façade lagonaire est typiquement composée de sables plus fins. La végétation est elle aussi stratifiée selon un gradient océan-lagon, superposable à la granulométrie : à une zone de maquis arbustif pratiquement impénétrable occupant la zone des débris coralliens succède progressivement une cocoteraie encore exploitée. Le sol de la cocoteraie, meuble et proche de la nappe phréatique, est occupé par de nombreux terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*. La plupart de ces terriers, creusés jusqu'à la nappe phréatique, sont les seuls gîtes de reproduction des moustiques. Dans cette cocoteraie existe aussi deux mares permanentes ainsi que quatre dépressions (de 10 à 70 m de long sur 1 à 2 m de profondeur) correspondant à d'anciennes aires traditionnelles de culture appelées maïte. (fig. 2). Tereia est un îlot inhabité. Cependant, trois à quatre fois par an quelques personnes viennent, durant un mois, y ramasser le coprah.

L'îlot au sud de Tereia (désigné dans la suite du texte par "Voisin") peut être considéré, d'un point de vue morphologique et faunistique, comme identique à Tereia. Cet îlot, séparé de Tereia par un bras de mer d'environ 30 m de large, a été choisi comme zone témoin (fig. 2). Tereia et l'îlot témoin sont identiques à beaucoup d'autres îlots des Tuamotu, dont certains ont été décrits en détails par Rivière (1979).

b - Traitement

Comme *Mesocyclops aspericornis* n'est pas naturellement présent à Rangiroa, il a dû être transporté depuis Tahiti (par air jusqu'à Avatoru -Rangiroa, puis par bateau entre Avatoru et Tereia). Des inocula d'environ 40 copépodes dans des tubes de 20 ml ont été utilisés pour le transport.

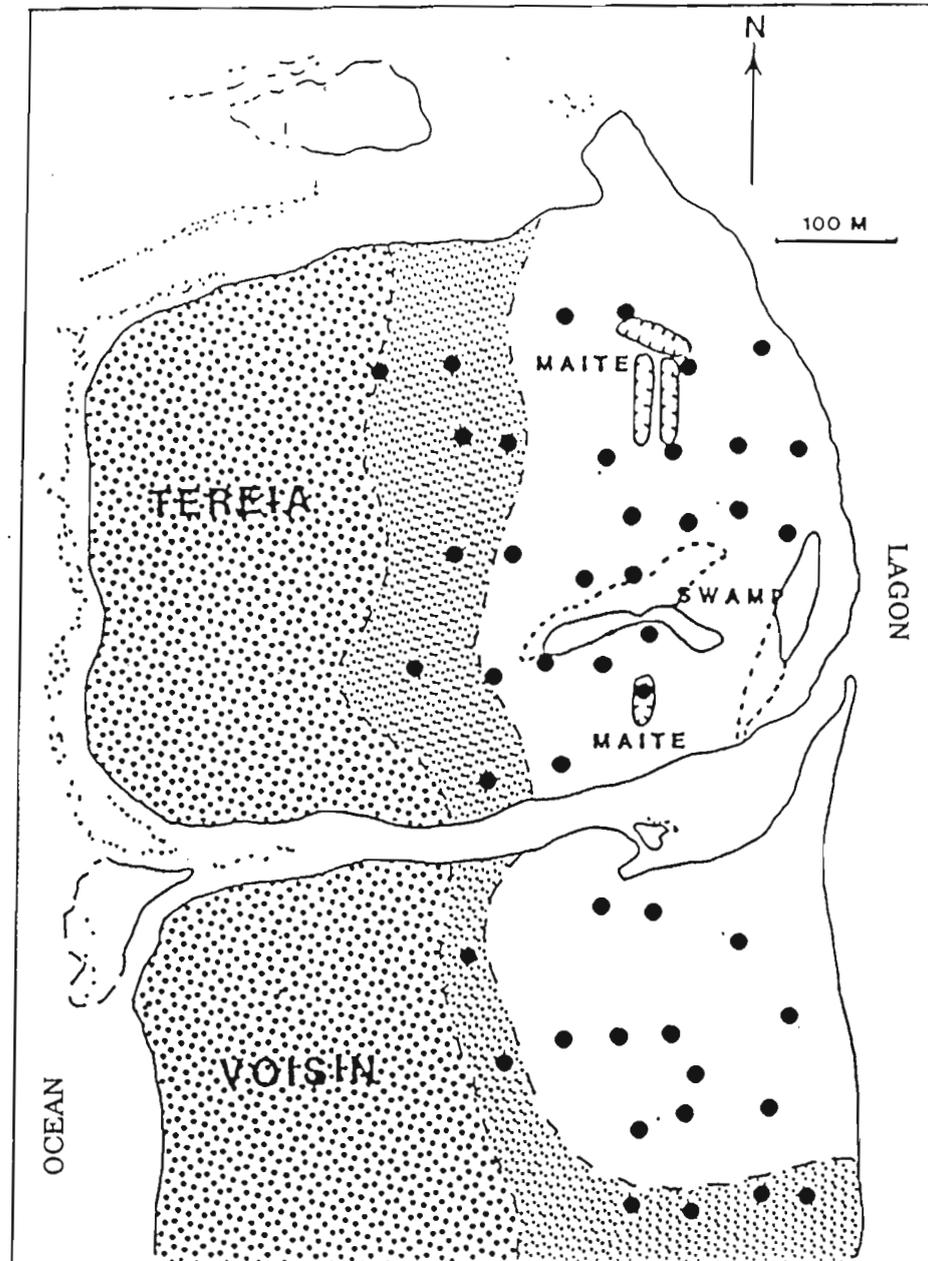
Les opérations de traitement ont nécessité le travail de trois équipes de quatre personnes pendant environ 120 heures (soit au total 1440 heures-homme). *M. aspericornis* a été inoculé dans un peu plus de 17 300 terriers (traitement exhaustif) en octobre 1987. Le protocole de traitement est simple. Chaque équipe délimite des petites zones à l'intérieur desquelles tous les terriers sont sondés à l'aide d'un tuyau d'arrosage d'environ 2 m de long. Lorsque le tuyau atteint le fond du terrier, une quarantaine de copépodes y sont versés, ainsi qu'un litre d'eau douce pour les entraîner. La totalité des terriers de l'îlot a ainsi été traitée.

c - Evaluation du traitement

Les effets du traitement ont été analysés par le contrôle des paramètres suivants :

- proportion de terriers hébergeant *Ae. polynesiensis*, et/ou *M. aspericornis*.
- estimation d'un indice d'agressivité des femelles de moustiques adultes.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)



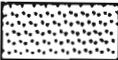
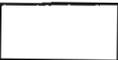
-  Scrub
-  Scrub and coconut trees
-  Coconut grove

Figure 2 : Les îlots de Tereia et "Voisin"; faciès phytologiques et localisation des stations de captures des moustiques adultes

Use additional pages if necessary and number them as 7a, 7b, 7c, etc.. Please write on one side only

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Ces paramètres ont été relevés aussi bien sur Tereia que sur l'îlot témoin. Les échantillonnages ont eu lieu avant traitement (mai 1987, octobre 1987), puis cinq mois après (mars 1988), huit mois après (juin 1988) et quinze mois après (janvier 1989).

Le choix de ces estimateurs simples a été guidé par les contraintes logistiques inhérentes à l'expérimentation, n'autorisant pas de longs séjours sur le lieu d'étude et empêchant donc une analyse plus détaillée.

d - Echantillonnage des terriers de crabe et des larves d'*Aedes*

- Plan d'échantillonnage

Comme aucun phénomène périodique n'affecte apparemment la répartition des terriers, et en l'absence de toute donnée préliminaire sur l'îlot Tereia, on a choisi, lors de la première visite sur le terrain, de sonder la surface, de façon plus ou moins systématique, en tenant toutefois compte de la structure du sol. Les strates retenues sont celles définies précédemment. Dans la zone de maquis dense, il n'y a pas de terriers de crabes. Seul un transect de contrôle d'absence de ces terriers a été effectué. Dans la cocoteraie, le faciès est homogène. Un échantillonnage systématique a été adopté pour dresser une cartographie simplifiée des densités de terriers. Des quadrats de 8 m de côté ont ainsi été disposés tous les 50 ou 100 m et tous les terriers se trouvant à l'intérieur ont été analysés. Les zones basses de culture traditionnelles ont été échantillonnées par quadrat. Cet échantillonnage systématique a permis de mieux définir (voire de redéfinir) des strates au sein de la population des terriers. Sur le terrain, cet échantillonnage est facile à mettre en oeuvre, avec un décimètre et une boussole. De plus, comme le souligne Scherrer (1984), ce plan est équivalent à l'aléatoire simple si tous les éléments de la population ne se présentent pas de manière cyclique (ce qui est le cas pour les terriers de crabe). Lors des visites suivantes, le plan d'échantillonnage choisi n'a plus été de type "systématique". Les prélèvements ont été effectués par quadrat d'environ 5 m de côté. Chaque quadrat a été localisé sur le terrain, dans chacun des faciès caractéristiques des strates qui ont été définies. Ces faciès étaient caractérisés par : des zones "basses", des zones "hautes", des zones marécageuses, des zones "dégagées", des zones "couvertes" de végétation etc... et dispersés en petites taches nombreuses sur l'îlot (d'où la difficulté de stratifier correctement la zone). Au total, l'accent a été mis sur la nécessité de "couvrir" géographiquement ces différents faciès.

L'îlot témoin a été échantillonné de la même manière, de façon à permettre les comparaisons entre zone traitée et zone témoin.

- Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage de la chambre en eau des terriers de crabe se fait à l'aide d'une pompe à main et d'un tuyau souple d'environ deux m de long et trois cm de diamètre. Du fait des dimensions du tuyau, les terriers dont le diamètre est inférieur à quatre cm environ n'ont pas été échantillonnés. Cette

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

technique, simple, est idéale sur le terrain, du fait de l'encombrement et du poids réduits de l'appareillage.

e - Echantillonnage des moustiques adultes

- Technique d'échantillonnage

Les captures se font selon la méthode classique du tube à aspiration sur appât humain: un captureur récolte sur une autre personne toutes les femelles qui viennent se poser pour piquer. Le captureur est enduit d'un répulsif afin que les moustiques ne viennent se poser que sur la deuxième personne. A une station donnée, la durée de l'échantillonnage est de 10 minutes, selon la méthode préconisée par Bonnet et Chapman (1956).

- Captures-recaptures

Afin de tester l'isolement de *Tereia* par rapport aux zones voisines (et notamment de l'îlot témoin), des séries de marquages-recaptures ont été effectués à l'aide de poudres fluorescentes (DAYGLO TM), à chaque période de contrôle. La méthode utilisée est celle décrite dans Arnasson (1972), dont le modèle a été programmé en BASIC par Lardeux et Loncke (1987).

- Indice d'agressivité

Vingt neuf stations ont été définies sur *Tereia*. Huit, puis neuf autres supplémentaires à partir de juin 1988, sur l'îlot témoin (fig. 2). Les stations ont été déterminées de façon à échantillonner dans les différents types de biotopes rencontrés sur ces îlots (cocoteraie ouverte, maquis peu dense, maquis dense, zones de cultures traditionnelles etc...). Un soin identique a été apporté à la définition de ces stations sur *Tereia* et sur l'îlot témoin : les mêmes types de station se retrouvent sur chaque îlot. Chaque îlot est échantillonné plusieurs jours pour une même période de contrôle. L'indice d'agressivité, pour une période de contrôle donnée, est calculé comme la moyenne des captures effectuées sur chaque îlot, pour l'ensemble des stations échantillonnées (Lardeux 1987, Lardeux et al. 1988 a, b, 1989). Au préalable, les données brutes ont été transformées par la fonction $\text{Log}(x+1)$ afin de normaliser les données et stabiliser les variances.

f - Analyse statistique des résultats

- Terriers de crabe et larves d'*Aedes*

Les proportions de terriers hébergeant *A. polynesiensis* ou *M. aspericornis* ont été calculés sur le total des gîtes susceptibles d'être productifs, c'est à dire, sur les gîtes en eau. L'intervalle de confiance de chaque pourcentage a été calculé avec un seuil de 5 %. On s'est intéressé à l'évolution temporelle des fluctuations de ces proportions (graphiques) et, lorsque nécessaire, les comparaisons statistiques ont été faites avec le test de l'écart-réduit (Schwartz, 1972) et un seuil de signification de 5 %.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

- Indice d'agressivité des moustiques adultes

Pour chaque îlot et chaque période de contrôle, on dispose donc d'une estimation d'un indice d'agressivité. Ces indices ont été comparés par Analyse de Variance, qui permet de dissocier, dans les sources de variations, celles dues au traitement (différence entre îlots) et celles dues à la période d'échantillonnage (variations saisonnières de la population). Pour les comparaisons, un seuil critique de 5 % a été adopté. Le logiciel STATGRAPHICS (STSC, Inc.) a été utilisé.

2.1.3 - Résultats

La densité moyenne des terriers de crabe sur Tereia et dans les maïte est d'environ 1/m². Leur diamètre varie entre 2 et 25 cm et leur profondeur entre 15 et 130 cm, avec des valeurs médianes de 5-10 cm et 30-70 cm respectivement. Les larves d'*Aedes polynesiensis* ont été retrouvées dans des terriers contenant entre 0.2 et 3.6 litres d'eau. Durant la période d'étude, la température de l'eau dans les terriers était de 26.2- 30.6°C, la salinité de 0.33-0.93 pp-mille, le pH de 6.59 - 8.05 (généralement 7.0-7.5) et l'oxygène dissous de 2.99 +/- 1.39 g/l. Ces valeurs sont valables pour Tereia comme pour "Voisin".

a - Persistance des copépodes et des larves d'*Aedes*

La moyenne du nombre de larves d'*Aedes polynesiensis* dans les terriers de crabe avec *Mesocyclops aspericornis* est significativement moindre que celle des terriers sans le copépode (tableau 1). La réduction moyenne est d'environ 97 %.

Dès le mois de mai 1987 (donc avant le traitement d'octobre 1987), certains terriers (51 %) hébergent déjà *M. aspericornis*, en raison d'un traitement partiel effectué en 1986 (test sur environ les 2/3 de l'îlot). Ceci permet de confirmer les résultats de Rivière et al. (1987) sur la perennité d'action du copépode.

La proportion de terriers en eau reste constante, entre 20 et 30 % sur les deux îlots, sauf en janvier 1989 où cette valeur chute à 8.4% et 13.2% sur Tereia et "Voisin" respectivement, en raison d'une situation de sécheresse.

En janvier 1989 (15 mois après traitement), seulement 24.1 % des terriers en eau contiennent encore *Mesocyclops aspericornis*. En conséquence de la baisse de prévalence de *M. aspericornis* dans les terriers de crabe au cours du temps, la prévalence d'*Aedes polynesiensis* a augmenté. Entre mars 1988 et janvier 1989, 6% (5 mois après traitement), 14.5% (8 mois) et 27.9% (15 mois) des terriers en eau contiennent *Aedes polynesiensis* sur Tereia, tandis que sur "Voisin", les pourcentages correspondants sont de 35.7, 32.5 et 54.2%. Un test de X² avec correction de Yates montre que les différences observées entre Tereia (traité) et "Voisin" (témoin) sont différentes pour les trois groupes (P < 0.05). Parallèlement, la proportion de terriers hébergeant *M. aspericornis*, chute à près de 24 % (15 mois après traitement) alors qu'elle était de 90 % (5 mois) et 60 % (8 mois) (tableau 2)

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Period	Island	No. burrows sampled	<i>M. aspericornis</i> present		No. burrows sampled	<i>M. aspericornis</i> absent	
			Larvae	Pupae		Larvae	Pupae
May 1987	Tereia	43	<1		11	>44	
October 1987	Tereia	15	0	0			
March 1988	Tereia	19	0.7	0.2	4	44.0	7.0
	"Voisin"				10	14.4	5.2
June 1988	Tereia	62	1.0	0.5	8	190.7	26.6
	"Voisin"				13	4.3	13.6
January 1989	Tereia	19	0.8	0.2	13	79.7	4.8
	"Voisin"				14	50.4	3.4

Tableau 1: Nombre moyen de larves et nymphes d'*Aedes polynesiensis* dans les terriers du crabe *Cardisoma carnifex* en la présence ou non du copépode *Mesocyclops aspericornis*.

Year	Month	Tereia				"Voisin"			
		No. burrows treated	No. burrows sampled	% Wet (No)	% positive in wet holes <i>Mesocyclops Ae. poly.</i>	No. of burrows sampled	% wet (No.)	% positive in wet holes <i>Mesocyclops Ae. poly.</i>	
1987	May		284	28.2(80)	53.8	15.0			
	October	17300	-		100				
1988	March		569	23.4(133)	89.5	6.0	154	18.2(28)	0
	June		284	58.4(166)	39.1	14.5	107	37.4(40)	0
1989	January		941	8.4(79)	24.1	27.9	182	13.2(24)	0

Tableau 2 : Pourcentage de terriers en eau contenant *Mesocyclops aspericornis* ou *Aedes polynesiensis* sur Tereia ou sur "Voisin".

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

b - Population des moustiques adultes

- Migrations

De manière globale, sur les 10878 adultes marqués et relâchés à Tereia en octobre 1987, mars et juin 1988 et janvier 1989, 692 (6.36%) et 47 (0.43%) ont été recapturés sur Tereia et "Voisin" respectivement. Des 9762 adultes marqués sur "Voisin", 662 (6.84%) et 49 (0.5%) ont été recapturés sur "Voisin" et Tereia respectivement.

Le modèle d'Arnasson a été ajusté aux données brutes du tableau 3. Ce modèle estime, pour chaque période, des probabilités donnant une idée de l'intensité des migrations entre les deux îlots (tableau 4). Ces probabilités sont très faibles, voire nulles, ce qui laisse supposer un bon isolement de Tereia par rapport à l'îlot témoin, bien qu'il existe un très faible flux de migration. Les populations peuvent être qualifiées de sédentaires sur un îlot, même si, sur ce même îlot, les adultes peuvent migrer facilement d'un biotope à l'autre (Lardeux, 1987).

- Indices d'agressivité

Les indices, qui sont les moyennes des données transformées, sont donnés au tableau 5. L'Analyse de Variance des ces données a fourni les résultats du tableau 6. L'interaction entre l'effet "période" et l'effet "îlot" est nulle. L'interprétation des effets séparés est donc facile. A effet "îlot" fixé, il existe un effet "période" marqué, du aux fluctuations naturelles des populations. Par contre, à effet "période" fixé, il n'existe pas d'effet "îlot". L'effet du traitement ne se fait donc pas sentir sur Tereia entre octobre 1987 (date du traitement), mars et juin 1988 et janvier 1989 (15 mois après) (fig. 3)

2.1.4 - Discussion

L'expérience a montré qu'il était possible de traiter les terriers de crabe d'un îlot avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Toutefois, l'opération s'est avérée longue et coûteuse en personnel.

Bien que la proportion de terriers positifs en *Aedes* soit statistiquement plus faible sur Tereia que sur "Voisin" durant les 15 mois après traitement, les évolutions des tendances sont restées les mêmes sur les deux îlots. Comme aucun échantillonnage n'a pu être effectué sur "Voisin" avant la date du traitement de Tereia, cette différence ne peut malheureusement pas être imputée au traitement.

Toutefois, à chaque fois que *M. aspericornis* a été échantillonné, *A. polynesiensis* ne cohabitait que très rarement. Même dans ce cas, le nombre moyen de larves d'*Aedes polynesiensis* était très faible, de l'ordre de une à deux, alors que sans le contrôle du copépode, cette moyenne peut dépasser 200. *M. aspericornis* contrôle donc correctement les populations d'*Aedes*, lorsqu'il est présent dans le gîte.

Cette action de réduction des populations préimaginales d'*Aedes* ne s'est malheureusement pas fait ressentir au niveau de l'agressivité des adultes. Le nombre de terriers productifs est toujours resté trop élevé pour obtenir une diminution sensible de l'agressivité. Plusieurs cause peuvent être invoquées : la

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

		October 1987	March 1988	June 1988	January 1989
1th sampling (day (1))	Total TEREIA	2185	524	2041	1190
	Total CONTROL	2160	681	1899	421
2nd sampling (day (2))	Total TEREIA	983	439	2063	1753
	Recaptures from TEREIA (1)	103	26	119	36
	Recaptures from CONTROL (1)	4	0	12	0
	Total CONTROL	1334	652	1636	1286
	Recaptures from TEREIA (1)	6	2	10	1
	Recaptures from CONTROL (1)	98	19	159	12
3rd sampling (day (3))	Total TEREIA	1070	503	2630	919
	Recaptures from TEREIA (1)	34	13	111	15
	Recaptures from CONTROL (1)	7	0	10	0
	Recaptures from TEREIA (2)	16	27	156	36
	Recaptures from CONTROL (2)	4	1	9	0
	Total CONTROL	1656	496	1447	1055
	Recaptures from TEREIA (1)	6	2	17	0
	Recaptures from CONTROL (1)	92	4	93	6
	Recaptures from TEREIA (2)	2	3	0	0
	Recaptures from CONTROL (2)	49	6	97	33

Tableau 3 : Données brutes des captures utilisées pour les calculs du modèle d'Arnasson.

Month	Probability for an animal, alive in area x at t=j to be alive and in area y at t = j+1			
	x = Tereia y = Tereia	x = "Voisin" y = "Voisin"	x = Tereia y = "Voisin"	x = "Voisin" y = Tereia
October 1987	0.99	1.00	0.03	0
March 1988	0.45	0.68	0.12	0
June 1988	0.77	0.91	0.14	0.01
January 1989	0.64	0.58	0.001	0

Tableau 4 : Probabilités de migrations inter flots, selon le modèle d'Arnasson.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Period	Months after total treatment	Island	Number of stations	Index	95% confidence interval	
October 1987	0	Tereia	126	4.70	4.50	4.91
		"Voisin"	29	4.90	4.48	5.32
March 1988	5	Tereia	142	3.47	3.28	3.65
		"Voisin"	72	3.55	3.29	3.82
June 1988	8	Tereia	150	3.84	3.65	4.02
		"Voisin"	98	3.65	3.43	3.88
January 1989	15	Tereia	72	3.62	3.36	3.88
		"Voisin"	74	3.48	3.23	3.75

Tableau 5 : Indices d'agressivité d'*Aedes polynesiensis* obtenus sur Tereia et "Voisin", entre octobre 1987 et Janvier 1989.

Source of variation	Sum of squares	df	Mean square	F ratio	Sig. level
MAIN EFFECTS					
Period	164.96	4	41.24	31.35	0.000
Island	157.50	3	52.50	39.91	0.000
	0.29	1	0.29	0.22	0.643
INTERACTION	3.54	3	1.18	0.89	0.441
RESIDUAL	993.10	755	1.31		
TOTAL (Corr.)	1161.62	762			

Tableau 6 : Analyse de Variance des indices d'agressivité.

ADULT AEDES POLYNESIENSIS

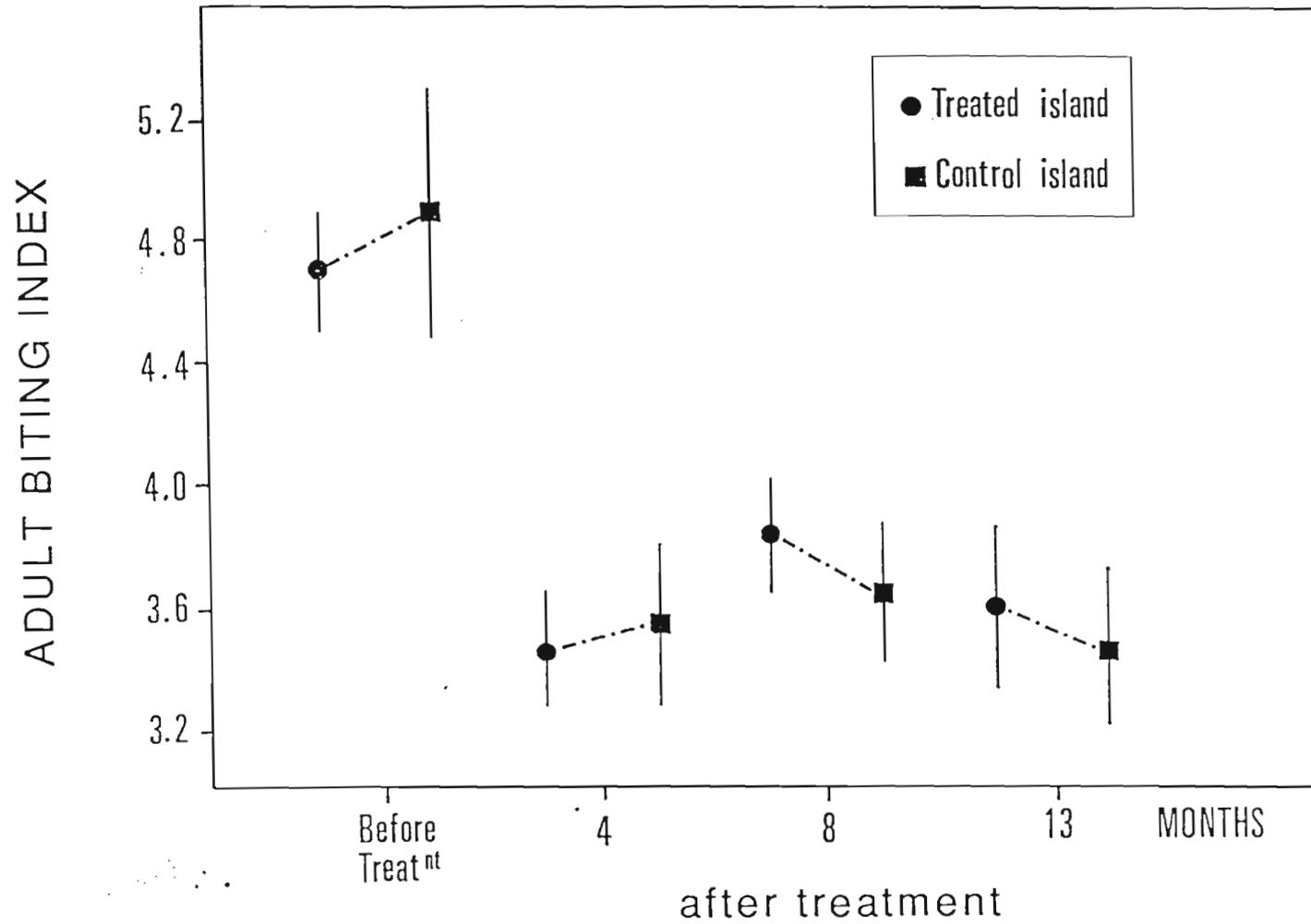


Figure 3 : Evolution des indices d'agressivité des moustiques adultes avant et après traitement

Use additional pages if necessary and number them as 7a, 7b, 7c, etc.. Please write on one side only

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

non résistance du copépe de à la dessiccation du gîte (en liaison avec les mouvements de la nappe phréatique), la non résistance du copépe de à une sursalure de certains gîtes, la non exhaustivité dans le nombre des gîtes traités, un mauvais traitement de certains gîtes du à la technique employée, la création de nouveaux terriers, le périllement de la population de copépodes dans certains terriers ...

Les marquages recaptures ont montré que les femelles d'*Aedes polynesiensis* sont sédentaires, comme l'a montré Jachowski (1954) aux Samoa américaines et que par conséquent, la réinvasion de Tereia par les femelles de "Voisin" est peu probable.

Quoiqu'il en soit, le contrôle global des terriers a été un échec, même si individuellement, un terrier bien traité est parfaitement contrôlé (certains le sont depuis 1986!). En ce sens, la méthode est supérieure à celle de Gardner et al. (1986) qui ont utilisé le champignon *Tolyocladium cylindrisporum* dans le même type de gîte. Bien qu'ils aient obtenu globalement le même genre de résultat (sur un petit échantillon de 26 terriers, une réduction de 87 % des formes préimaginales d'*A. polynesiensis* pendant 21 jours), ils n'ont observé aucun contrôle individuel de terriers.

En raison de difficultés logistiques, la maille d'échantillonnage a été lâche : sur un an, seulement trois contrôles ont pu être réalisés après le traitement. Ces échantillonnages ponctuels dans le temps sont toutefois suffisant pour permettre de conclure sur l'efficacité à long terme de la méthode de lutte. Par ailleurs, l'échantillonnage sur le terrain est lui aussi très délicat : les terriers sont souvent difficiles à sonder, le repérage de la chambre étant parfois subjectif. Goshima et al. (1978) indiquent d'ailleurs qu'il peut exister un terrier principal pour plusieurs terriers annexes, en général à sec. Les indices d'agressivité sont plus faciles à obtenir et sont moins sujets à sources de biais avec le plan d'échantillonnage choisi.

Bien que l'élevage de masse de *M. aspericornis* soit aisé et peu coûteux, les essais des traitements des terriers de crabe à grande échelle ne doivent pas être poursuivis si des souches de copépodes résistantes à la dessiccation et à des salinités supérieures à 10 ‰ ne sont pas disponibles. Les coûts d'application sur le terrain, en temps et en hommes sont actuellement trop élevés, compte tenu des résultats obtenus.

2.1.5 - Conclusion

Notre tentative de contrôle par *Mesocyclops aspericornis* des moustiques se reproduisant dans les terriers de crabe est meilleure et écologiquement plus acceptable que celles de Bruce-Chwatt & Fitzjohn (1951) en Afrique de l'Ouest, de Bonnet et Chapman (1958) à Tahiti ou de Burnett (1959) et Gardner et al. (1986) à Fiji. Comme la persistance du copépe de et non son efficacité à grande échelle est mise en cause, on peut suggérer que cette approche du contrôle des terriers doit être envisagée seulement si :

- elle est accompagnée d'une étude précise des zones à traiter (délimitation etc., incluant des mesures de salinité)
- On utilise une souche de copépodes résistante à la dessiccation.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

A l'heure actuelle, et compte tenu de la non existence de souches résistantes à la dessiccation, le type de gîtes à traiter avec *M. aspericornis* doit être correctement défini. Il doit notamment assurer de bonnes conditions de survie des copépodes (ne pas s'assécher etc...). C'est dans cette optique qu'un traitement des citernes de stockage d'eau de boisson d'un village de Polynésie a été envisagé.

2.2 - Essai de lutte dans les gîtes péridomestiques d'un village : simulation au laboratoire

En 1989, le village de Tikehau a été choisi comme site expérimental. Tikehau est un atoll des Tuamotu, proche de celui de Rangiroa, et à 300 km approximativement au nord ouest de Tahiti.

Le but de l'étude est de tester au niveau du village de Tikehau tout entier, l'efficacité du copépode *Mesocyclops aspericornis* pour le contrôle des populations d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes polynesiensis* qui se reproduisent dans les gîtes péridomestiques.

Compte tenu des résultats obtenus à Rangiroa dans les terriers de crabe, il semble que *M. aspericornis* ne puisse être efficace à grande échelle que dans des biotopes facilement contrôlables. C'est le cas des réservoirs d'eau de pluie des villages des Tuamotu qui sont de bons gîtes à *Aedes aegypti* et *Aedes polynesiensis*. Ces réservoirs sont essentiellement constitués par des citernes en ciment de plusieurs m³ (jusqu'à 17 m³) plus ou moins bien fermées.

Une simulation de traitement de tels réservoirs a été entreprise au laboratoire. Trois bassins de 8 m³ (2m x 2m x 2m) ont été ensemencés en décembre 1988 avec une dizaine de copépodes par bassin. Un quatrième bassin, sans copépode a servi de réservoir témoin.

Les résultats apparaissent à la figure 4. On constate que :

- En l'absence de *Mesocyclops aspericornis* (bassin témoin), *Aedes aegypti* se développe considérablement. Ce bassin a toutefois dû être asséché après 40 jours d'expérience en raison d'une épidémie de dengue, ce qui explique l'arrêt prématuré des observations.
- dans les bassins traités, après avoir observé une phase de croissance exponentielle des populations d'*Aedes aegypti*, le copépode *M. aspericornis* a réussi à les juguler parfaitement au bout de trois semaines environ. Depuis, aucune larve d'*Aedes aegypti* de stade 2 ou plus n'a été observée dans ces bassins. L'expérience a duré plus d'un an et *M. aspericornis* est resté toujours aussi efficace.

Compte tenu de ce résultat encourageant, le traitement du village de Tikehau a été planifié au début de l'année 1990.

Auparavant, l'année 1989 a été mise à profit pour recueillir des données entomologiques "avant traitement", afin de pouvoir les comparer à une situation "après traitement". Ces données sont exposées dans le rapport OMS intermédiaire (2^{ème} période) (Lardeux, 1990). Toutefois, afin de garder l'homogénéité de l'expérience, ces données seront reprises dans le paragraphe suivant qui présente

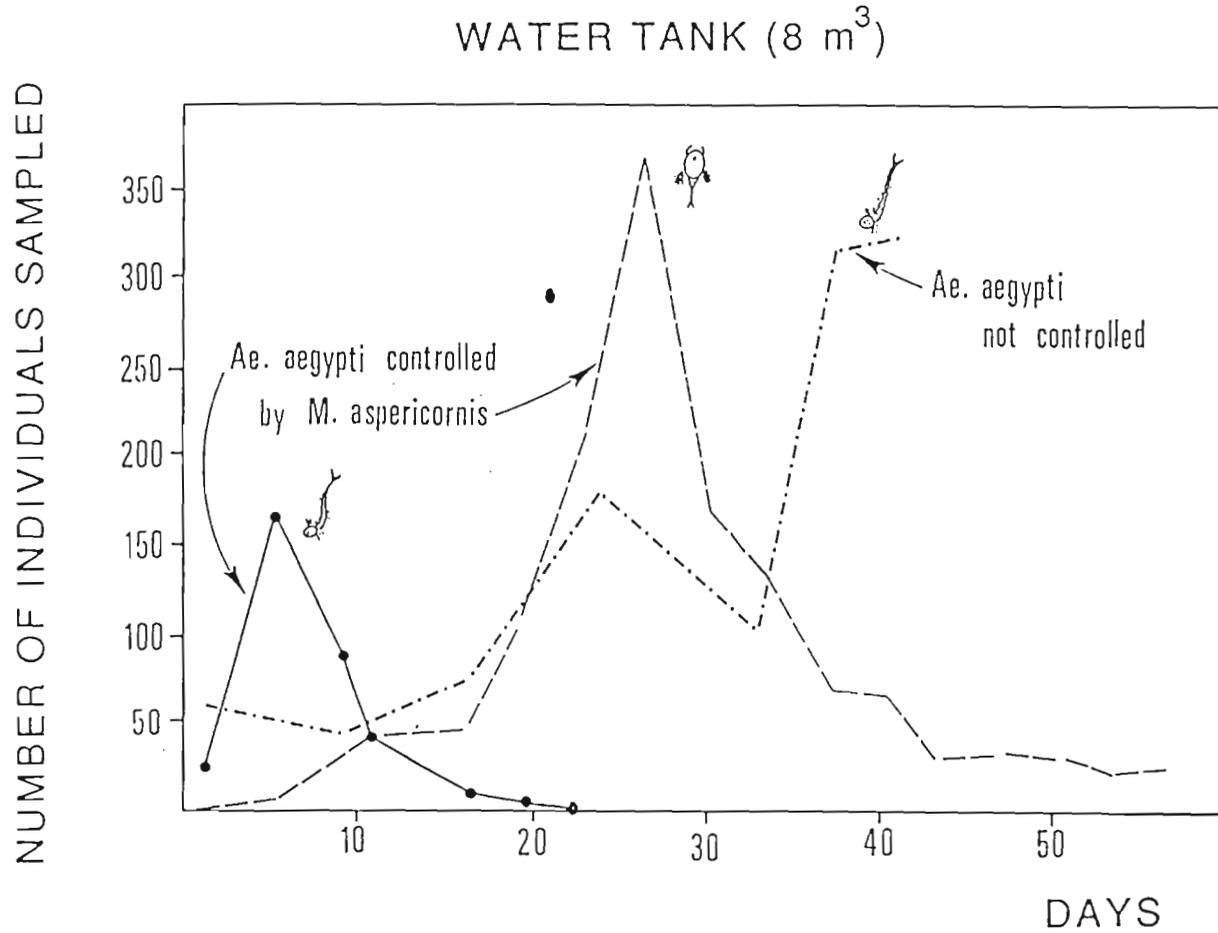


Figure 4 : Essai, au laboratoire, de contrôle d'un bassin en ciment par *Mesocyclops aspericornis*.

Use additional pages if necessary and number them as 7a, 7b, 7c, etc.. Please write on one side only

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

une synthèse de l'ensemble de l'expérimentation et donc aussi, les activités menées en 1990.

3 - ESSAI DE LUTTE DANS LES GITES PERIDOMESTIQUES DU VILLAGE DE TIKEHAU.

3.1 - Introduction

En raison des contraintes rencontrées lors du traitement des terriers de crabe terrestre (assèchement, variations de salinité, difficultés de traitement etc...), et compte tenu des résultats encourageants obtenus au laboratoire, il semblerait que *M. aspericornis* puisse être utilisé à bon escient dans les citernes réservoirs-d'eau des villages de Polynésie.

Par ailleurs, compte tenu de l'ensemble des types de gîtes rencontrés dans le village de Tikehau, la lutte par *M. aspericornis* sera renforcée par l'introduction de poissons larvivores (*Poecilia reticulata* et *Gambusia affinis*).

3.2 - Matériels et méthodes

3.2.1 - Le village

Le village de l'atoll de Tikehau est bâti sur un îlot d'environ 240 hectares. La plupart des 300 habitants de l'atoll sont regroupés dans ce village, situé à quelques kilomètres de la passe où vivent quelques pêcheurs. Quatre vingt maisons sont disposées le long de deux ruelles longues de 1,5 km. Quelques maisons isolées sont situées à la pointe nord de l'îlot, à 200 m environ du village. De tous points de vue, Tikehau est un village typique des atolls des Tuamotu.

3.2.2 - Les espèces de moustiques

A Tikehau, seulement quatre espèces de *Culicidae* ont été répertoriées dans les gîtes péridomestiques du village. Ce sont :

- *Aedes aegypti*
- *Aedes polynesiensis*
- *Culex quinquefasciatus*
- *Culex annulirostris*

On rappelle qu'en Polynésie française, *Aedes aegypti* est le vecteur principal de la dengue. *Aedes polynesiensis* le vecteur principal de la filariose de Bancroft, de la filariose canine à *Dirofilaria immitis* et est supposé transmettre la dengue. *Culex quinquefasciatus* est un vecteur secondaire de la filariose de Bancroft mais est principalement, avec *Culex annulirostris* une cause importante de nuisance. D'un autre côté, *Culex annulirostris* est un bon vecteur de la filariose canine. Les deux espèces d'*Aedes* ont une activité diurne tandis que les deux espèces de *Culex* ont une activité nocturne. Des deux *Aedes*, *aegypti* est

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

beaucoup plus fréquent dans le village que *polynesiensis*. Du point de vue des *Culex*, *annulirostris* est plus abondant que *quinquefasciatus*.

3.2.3 - Les gîtes de ponte

Sur les atolls, à l'inverse des îles hautes de Polynésie, il n'y a pas d'eau courante (rivières etc...). Les seules ressources en eau douce sont :

- Les puits et trous d'eau creusés jusqu'à la nappe phréatique, approximativement à 2 m de profondeur.
- L'eau de pluie, récoltée sur les toits des maisons et stockée dans divers receptacles. Parmi ceux-ci, les grandes cuves en ciment sont les plus typiques.

Généralement, l'eau de pluie est utilisée à des fins domestiques (boisson, cuisine, douche etc...) tandis que l'eau des puits est utilisée pour laver le linge ou pour arroser de petites cultures (jardins).

A Tikehau, les gîtes de pontes rencontrés sont les suivants : des puits, des trous d'eau, des mares, des fûts de 200 litres et des citernes en ciment. Ces citernes peuvent être classées selon leur mode de couverture : certaines sont bien fermées, d'autres sont simplement recouvertes de tôles ou de planches et enfin, certaines sont à ciel ouvert. Ces distinctions peuvent aussi être faites pour les puits. Aucun petit gîte péridomestique (boîtes de conserve, vieux pneus etc...) n'a été recensé.

Pour les besoins de l'analyse des données, les gîtes de ponte ont été classés selon cinq catégories, identifiées par le type d'eau (eau de pluie ou eau de la nappe phréatique) et la manière dont le gîte est protégé des pollutions extérieures (c'est à dire, la manière dont il est couvert). Ainsi, ces catégories sont :

- Les puits à ciel ouvert et les mares
- Les puits couverts de planches ou tôles
- Les citernes à ciel ouvert
- Les citernes couvertes de planches ou tôles
- Les fûts de 200 litres.

3.2.4 - Qualité des eaux

Une analyse physico-chimique des eaux des gîtes de ponte a été entreprise. La température, le pH, l'oxygène dissous et la salinité ont été mesurés. Des sels minéraux ont été quantifiés par les méthodes décrites par Aminot et Chaussepied (1983) : NO₂, NO₃, l'azote organique dissous (A.O.D.), le phosphore organique dissous (P.O.D.), NH₄, PO₄ et SiO₂. Des échantillons d'eau ont été prélevés dans

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

différents types de gîte et immédiatement analysés (spectrophotomètre). Les résultats sont exprimés en mole.l^{-1} .

3.2.5 - Education sanitaire

Les habitants sont très sensibles à leur environnement et à tout ce qui concerne l'eau douce, difficile à obtenir. Aussi, toute action ayant un rapport avec une modification environnementale possible doit faire l'objet d'explications argumentées. Dans ce contexte, des séries de réunions à but éducatif ont été organisées afin d'expliquer notre essai de lutte biologique et mettre en évidence son innocuité pour l'homme et son environnement.

De plus, la population villageoise ressent une gêne certaine due à la présence des *Culicidae*. De plus, une épidémie de dengue (type I puis IV) a touché la Polynésie en 1989-1990. Ces facteurs renforcent, au sein de la population, l'idée d'une lutte contre les moustiques. Les réunions d'éducation sanitaire ont sensibilisé les habitants à la lutte biologique, ont permis de faire accepter un traitement exhaustif de tous les gîtes du village et ainsi, c'est avec le plein accord et l'aide des habitants qu'une lutte a été entreprise.

3.2.5 - Traitement

Sur les atolls, *M. aspericornis* ainsi que les *Poecilidae* n'existent pas à l'état naturel. En fait, les écosystèmes où se développent les *Culicidae* dans les villages sont relativement simples : les moustiques n'ont actuellement que peu ou pas de prédateurs naturels, mis à part quelques Odonates peu nombreux. Aucun poisson n'existe dans les mares d'eau douce.

Aussi, pour mettre en oeuvre la lutte préconisée, *M. aspericornis* et les *Poecilidae* ont du être importés à partir de Tahiti. Les copépodes ont été transportés par avion, en inocula d'environ 50, dans des tubes à essai de 20 ml. Les poissons ont été transportés dans des boîtes étanches d'environ 10 litres.

Globalement, 20 à 30 poissons ont été introduits dans chaque puits à ciel ouvert, chaque mare et chaque trou d'eau, tandis que *M. aspericornis* (en inocula de 50) était introduit dans les citernes et les cuves (c'est à dire dans tous les réceptacles d'eau de consommation), ainsi que dans les puits couverts (sans lumière suffisante pour les poissons). Tous les gîtes ont été inoculés en une semaine, fin janvier 1990.

3.2.6 - Evaluation

Les densités larvaires des moustiques ont été comparées avant traitement (de janvier 1989 à janvier 1990) et après traitement (de janvier 1990 à juin 1990). Des captures sur appât humain ont aussi été effectuées afin d'estimer quelque impact sur la population des adultes d'*Aedes aegypti*.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

a - Larves de moustiques

Les larves ont été échantillonnées avec une épuisette à plancton de 300 de vide de maille. En raison des difficultés à atteindre l'eau dans certaines citernes couvertes, seulement une analyse qualitative (présence-absence) a été effectuée.

Les gîtes de ponte ont été sondés en janvier 1989 (c'est à dire un an avant traitement), mai 1989, janvier 1990 (quelques jours avant traitement), mars 1990 (1 mois après traitement) et juin 1990 (5 mois après traitement).

b - Les moustiques adultes

Les captures sur appât humain ont été effectuées entre 16 h et 18 h, par un captureur utilisant un aspirateur à bouche. Six maisons, représentant un "quartier", sont échantillonnées par jour, à raison d'une séance de capture de 15 mn dans chaque maison. Cinq quartiers de six maisons ont été définis et chaque quartier est visité une fois par semaine. Les mêmes 30 maisons sont échantillonnées d'une semaine à l'autre. Ces captures ont débuté en janvier 1989. Elles se sont poursuivies selon le même protocole, après le traitement de janvier 1990, jusqu'en juin 1990.

Les données recueillies pour les immatures ou pour les adultes de moustiques forment des séries temporelles qui oscillent autour d'une tendance. La tendance, caractéristique du niveau d'abondance des *Culicidae* peut être comparée entre les deux périodes avant et après traitement. L'efficacité du traitement se juge alors par la différence de niveau que l'on constate entre les tendances des deux périodes.

Ces séries peuvent être quantitatives (captures sur appât humain) ou qualitatives (présence / absence des larves dans les gîtes de ponte). Par exemple, ces gîtes, très souvent positifs avant traitement, devraient devenir négatifs si la méthode de lutte est efficace.

3.3 - Résultats

3.3.1 - Gîtes et espèces de *Culicidae* associées

Le traitement exhaustif de janvier 1990 a donné les dénombrements suivants : 36 puits couverts, 35 puits à ciel ouverts et mares, 90 citernes couvertes, 10 citernes à ciel ouvert et 126 fûts de 200 litres.

Chaque maison du village a, tout au long de l'année, au moins un gîte productif en moustiques. *Aedes aegypti* est aussi présent tout au long de l'année, dans la majorité des habitations.

Le pourcentage de gîtes de pontes positifs (c'est à dire contenant au moins une larve d'une des espèces de *Culicidae* recensées) a varié entre 50 % et 84.9 % selon la date des échantillonnages : 62.6 % en janvier 1989, 84.3 % en mai 1989, 65 % en janvier 1990, 55 % en mars 1990 et 50 % en juin 1990 (tableau 7).

Les puits positifs étaient en forte proportion en janvier 1989 (56.5 % des puits couverts, 88 % des puits ouverts), en mai 1989 (71.4 % des puits couverts, 95.8 % des puits ouverts) et janvier 1990 (66.6 % des puits couverts, 88.5 % des puits ouverts). Ces pourcentages ont chuté à 28.6 % (puits couverts) et 0 % (puits

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Breeding site	January 89		May 89		January 90		March 90		June 90	
	N' sampled	N' positive								
covered well	23	13	28	20	36	24	21	6	20	3
open well	25	22	24	23	35	31	24	0	31	0
covered tank	64	38	65	54	90	59	67	43	59	40
open tank	3	1	9	8	10	3	10	5	8	4
200 l drum	75	45	97	83	126	76	98	63	92	53
TOTAL	190	119	223	188	297	193	221	122	210	105

Tableau 7 : Evolution du nombre de gîtes de pontes positifs en larves de moustiques dans les gîtes péridomestiques du village de Tikehau.

Breeding site	N' sampled	Ae. aegypti	Ae. polynesiensis	Cx. quinquefasciatus	Cx. annulirostris
Covered well	128	33.6	17.9	14.8	10.9
Open well	139	14.4	11.5	23.7	38.8
Covered tank	345	62.3	13.3	2.3	5.2
Open tank	40	19.5	2.4	21.9	26.8
200 l drum	488	56.5	15.3	3.5	13.7
TOTAL	1140	49.3	14.1	8.9	13.0

Tableau 8 : Pourcentage d'occupation des différents types de gîtes par les espèces de moustiques recensées à Tikehau.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

ouverts) en mars 1990 et sont restés approximativement à ce niveau en juin 1990 (15 % et 0 % respectivement).

Dans les autres types de gîte (c'est à dire les citernes et les fûts), ces pourcentages sont restés stables dans chaque catégorie, aux environ de 60 % ou plus (tableau 7).

Parmi les quatre espèces de moustiques inventoriées à Tikehau, *Aedes aegypti* est le plus fréquent. Le pourcentage moyen d'occupation des gîtes par cette espèce entre janvier 1989 et juin 1990 était de 49.3 % (tableau 8). *Aedes aegypti* est traditionnellement lié aux activités anthropiques : il pond principalement dans les gîtes péri-domestiques artificiels. A Tikehau, ses gîtes de ponte principaux sont les fûts de 200l (56.5 % positifs) et les citernes couvertes (62.3 % positives) (tableau 8).

Aedes polynesiensis est une espèce plus rurale. Bien qu'il puisse pondre dans les mêmes gîtes qu'*Ae. aegypti*, il préfère toutefois les gîtes naturels comme les trous d'arbres, les demi-noix de coco, les trous de rochers, les terriers de crabe terrestre etc... C'est la raison pour laquelle il est moins présent qu'*Ae. aegypti* dans les gîtes du village (moyenne de 14.1 % de gîtes positifs). Cependant, il choisit de pondre dans certains puits couverts (17.9 % positifs) et les fûts de 200 litres (15.3 % positifs).

Culex annulirostris pond dans les grandes étendues d'eau claire : mares, trous d'eau, puits à ciel ouvert (38.8 % positifs) et les citernes à ciel ouvert (21.9 % positives).

Culex quinquefasciatus choisit les mêmes gîtes que *Cx. annulirostris* ainsi que les gîtes contenant de la matière organique. A Tikehau, on le trouve aussi en association avec *Ae. aegypti* et *Ae. polynesiensis* dans les fûts de 200 litres (13.7 % positifs) (tableau 8).

3.3.2 - Qualité des eaux

De manière générale, comme le montrent les analyses chimiques, l'eau de la nappe phréatique contient plus de sels (NO_2 , NO_3 , azote organique dissous, phosphore organique dissous, NH_4 , PO_4 et SiO_2) que l'eau de pluie stockée dans les citernes couvertes. L'eau de pluie des fûts et des citernes à ciel ouvert, a une teneur intermédiaire en raison de leur plus grande exposition aux pollutions externes (feuilles, débris végétaux etc...) (tableau 9).

Cinq mois après traitement, une analyse chimique de l'eau a été entreprise pour 39 gîtes qui ne contenaient pas *M. aspericornis* et 8 qui hébergeaient encore le copépode. Ces gîtes étaient soit des fûts, soit des citernes (c'est à dire des gîtes contenant de l'eau de pluie). Une différence statistiquement significative a été trouvée pour NO_2 , NH_4 , PO_4 et le phosphore organique dissous, indiquant un niveau plus élevé de la teneur moyenne dans les gîtes positifs en copépodes. Aucune différence n'a été mise en évidence pour SiO_2 , ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) et l'azote organique dissous, même si les moyennes sont plus élevées dans les eaux où le copépode s'est maintenu (tableau 10).

La température a varié entre 26 et 29°C, le pH entre 6.9 et 7.8, l'oxygène dissous entre 6.0 et 8.0 g/l mais aucune différence n'a été observée entre les gîtes positifs et négatifs en copépodes. Comme prévu, la salinité était inférieure à 0.03 p.p.mille pour l'eau de pluie stockée. Dans les puits (eau de la nappe phréatique), le niveau de salinité a varié entre 0.11 et 0.70 p.p.mille, avec une moyenne de 0.37 (écart-type : 0.15).

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

	Wells	200 l drums	Water tanks
Sample size	24	11	36
NO ₂	0.8 (1.5)	0.3 (0.4)	0.06 (0.04)
NO ₃ + NO ₂	38.2 (27.1)	6.2 (13.4)	4.3 (4.0)
NH ₄	1.7 (2.6)	0.6 (0.5)	0.09 (0.1)
D.O.N.	46.9 (26.0)	12.3 (18.7)	8.2 (6.7)
PO ₄	3.1 (2.6)	2.1 (1.7)	0.7 (0.7)
D.O.P.	2.9 (2.1)	2.4 (1.7)	0.7 (0.6)
SiO ₂	69.0 (43.8)	11.3 (30.0)	8.4 (14.1)

Tableau 9 : Analyse chimique de l'eau des puits, citernes et fûts de 2001.
Moyenne des mesures pour chaque type d'eau, exprimée en µmoles / litre.
Entre parenthèses sont donnés les écarts types.

	N° sites sampled	NO ₂	(NO ₃ + NO ₂)	NH ₄	D.O.N.	PO ₄	D.O.P.	SiO ₂
M. aspericornis present	8	0.40 (0.07)	8.66 (2.49)	0.66 (0.04)	15.69 (3.65)	2.15 (0.37)	2.36 (0.37)	15.80 (6.58)
M. aspericornis absent	39	0.06 (0.03)	3.94 (1.12)	0.13 (0.09)	7.78 (1.04)	0.76 (0.17)	0.87 (0.17)	7.69 (2.98)
Signification (95% conf. interv.)		S	N.S.	S	N.S.	S	S	N.S.

Tableau 10 : Différences entre les teneurs en sels mesurées dans l'eau de pluie lorsque *M. aspericornis* est présent ou absent.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

3.3.3 - Persistance des prédateurs dans les gîtes

Les poissons ont été introduits dans les 35 gîtes à ciel ouvert : puits à ciel ouvert, trous d'eau et mares. En mars 1990 (c'est à dire 1 mois après traitement), et en juin 1990 (5 mois après traitement), 100 % des gîtes échantillonnés hébergeaient toujours les poissons (tableau 11).

Les copépodes ont été introduits dans tous les autres gîtes : puits couverts, citernes en ciment (90 "couvertes" et 10 "ouvertes"), les fûts de 200 litres etc... En mars 1990 et en juin 1990, 100 % des puits couverts échantillonnés contenaient toujours *M. aspericornis* (tableau 11). Dans les citernes de ciment couvertes, 1 sur les 68 échantillonnées en mars et 2 sur les 59 échantillonnées en juin étaient positives en copépodes. Seulement 1 citerne à ciel ouvert sur les 10 traitées était toujours positive à la fin de l'expérimentation (tableau 11).

3.3.4 - Effets du traitement

a - Puits couverts

Le pourcentage de puits positifs en larves d'*Aedes aegypti* a diminué significativement après traitement. De 43.5 %, 42.9 % et 38.9 % en janvier 1989, mai 1989 et janvier 1990 respectivement, ce pourcentage a chuté à 23.8 % en mars 1990 et 10.0 % en juin 1990.

Aedes polynesiensis montre la même tendance : de 17.4 % de puits positifs en janvier 1989, 21.4 % et 30.6 % en mai 1989 et juin 1990 respectivement, ce pourcentage est tombé à 4.8 % et 5 % en mars et juin 1990 respectivement.

Les fluctuations des pourcentages des puits positifs en *Culex* sp. n'ont montré aucune tendance significative (fig. 5 a).

b - Puits à ciel ouvert et mares

Le pourcentage de puits ouverts et mares positifs pour les *Culex* sp. était toujours élevé, jusqu'à 72 % pour *Culex annulirostris* en janvier 1989. Après traitement, ce pourcentage est tombé à 0 % (mars et juin 1990) pour les quatre espèces de moustiques. (fig. 5 b).

c - Citernes couvertes

Ces gîtes de ponte sont essentiellement utilisés par *Ae. aegypti* et *Ae. polynesiensis*. Avant traitement, le pourcentage de gîtes positifs pour *Ae. aegypti* était de 56.3 %, 70.8 % et 60.0 % en janvier, mai 1989 et janvier 1990 respectivement. Après traitement, aucune variation significative de ce pourcentage n'est apparue puisque les valeurs étaient de 64.4 % en mars et 61.2 % en juin 1990. Aucune tendance n'est apparue pour *Ae. polynesiensis*. (fig. 5 c).

Use additional pages if necessary and number them as 7a, 7b, 7c, etc... Please write on one side only

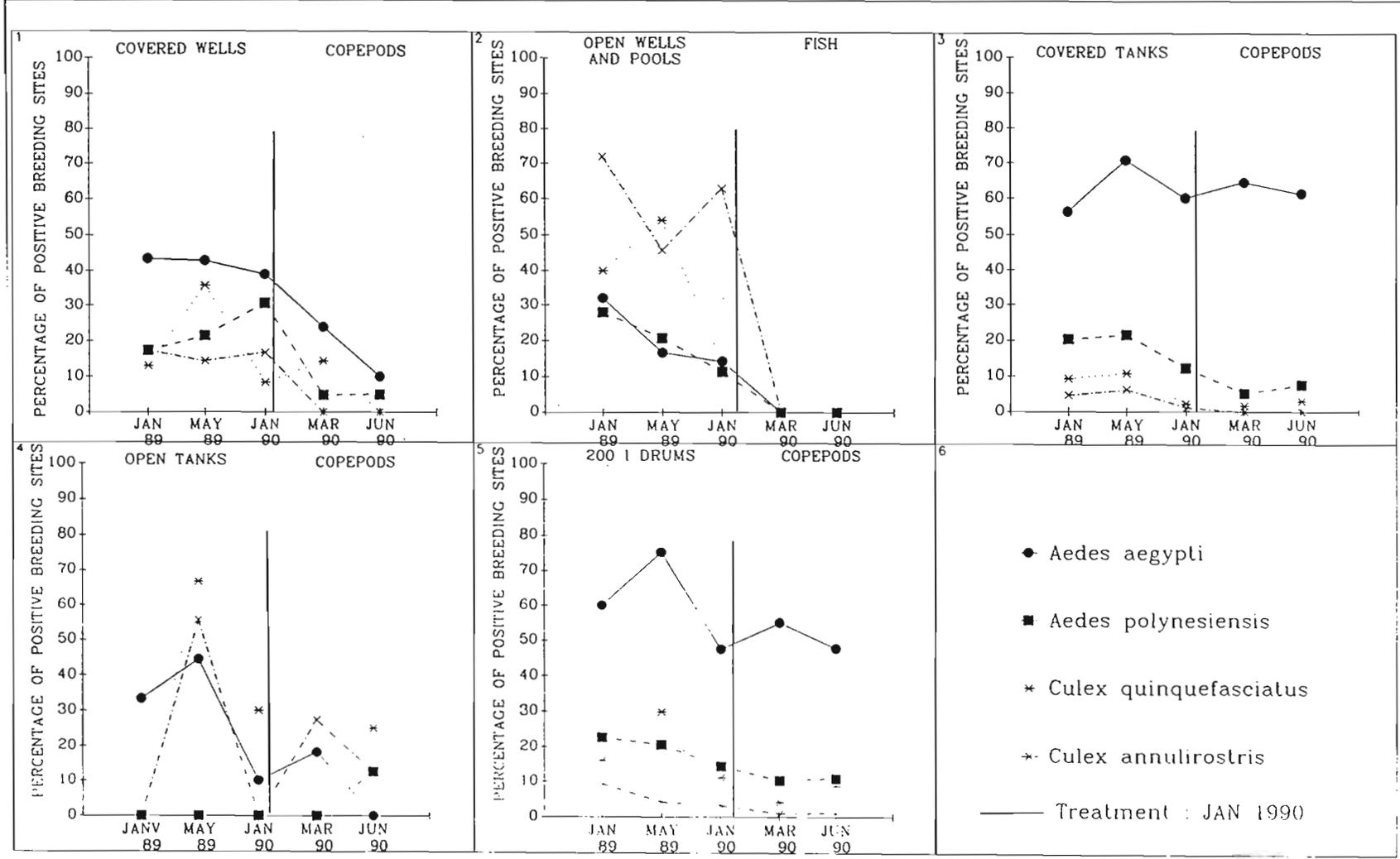


Figure 5 : Effets de la lutte biologique sur le pourcentage de gîtes positifs en moustiques.
 a- Puits couverts, b- Puits ouverts et mares, c- Citernes couvertes, d- Citernes ouvertes, e- Fûts de 200 l.

Use additional pages if necessary and number them as 7a, 7b, 7c, etc.. Please write on one side only

Breeding site	Agent	January 90	March 90		June 90	
		N° sites inoculated	N° sampled	N° positive	N° sampled	N° positive
Covered wells	copepod	36	21	21	20	20
Open wells	fish	35	24	24	31	31
Covered tanks	copepod	90	68	1	59	2
Open tanks	copepod	10	10	1	8	1
200 l drums	copepod	126	98	10	92	8

Tableau 11 : Persistence des prédateurs introduits dans les gîtes.

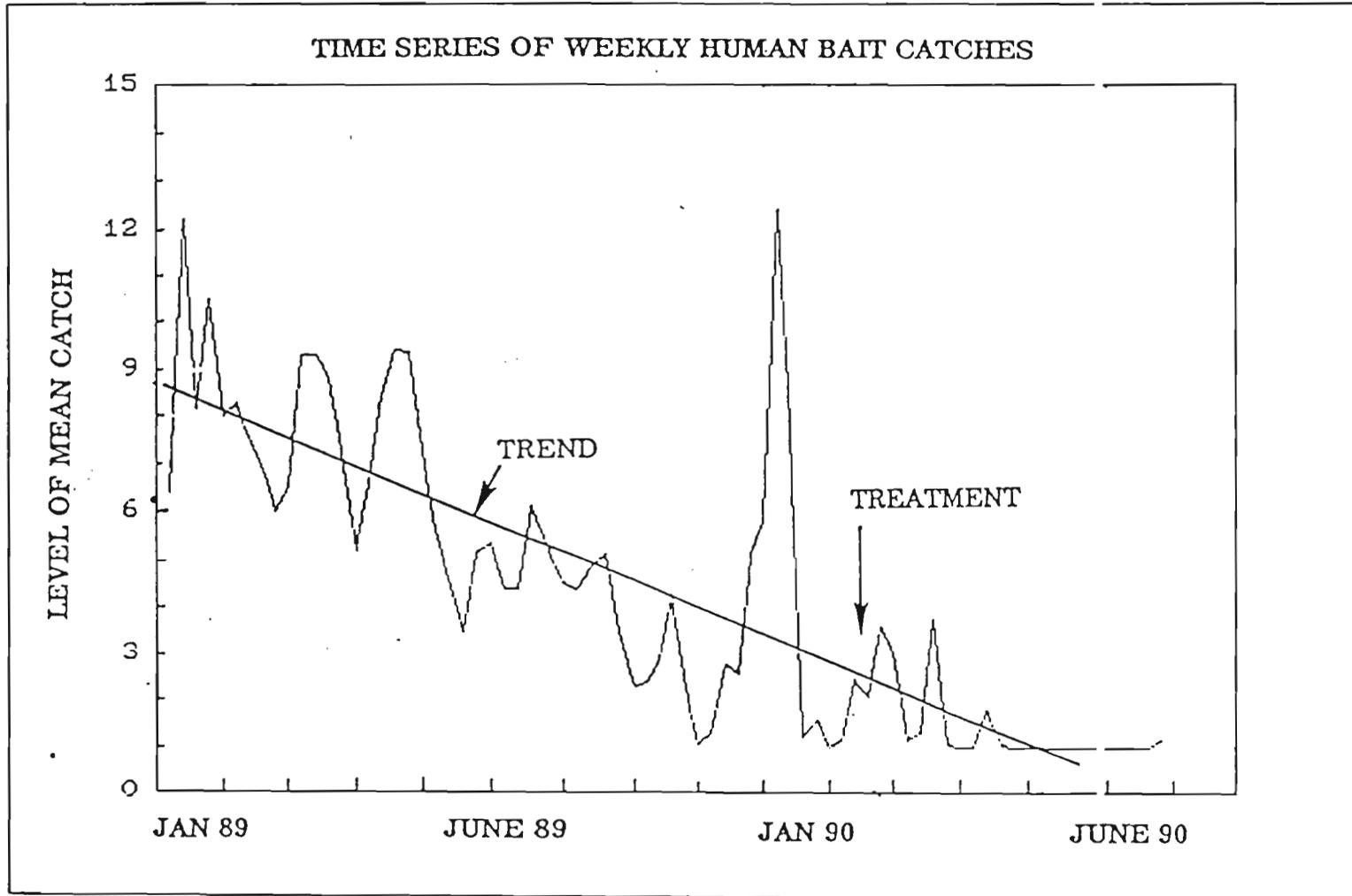


Figure 6 : Evolution de la moyenne hebdomadaire des captures sur appât humain.

Use additional pages if necessary and number them as 7a, 7b, 7c, etc.. Please write on one side only

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)**d - Citernes à ciel ouvert**

Dans les 10 citernes traitées, aucune variation significative n'est apparue pour les pourcentages de gîtes positifs pour chacune des 4 espèces de moustique. (fig. 5 d).

e - Fûts de 200 litres

Le pourcentage de fûts positifs était de 60.0 %, 75.3% et 47.6 % pour *Ae. aegypti* en janvier, mai 1989 et janvier 1990 respectivement. Après traitement, ce pourcentage est resté au même niveau en mars 1990 (55.1 %) et juin (47.8 %). Comme pour *Ae. aegypti*, aucune tendance significative n'est apparue pour *Ae. polynesiensis*, *Cx. quinquefasciatus* et *Cx. annulirostris* puisque leurs pourcentages respectifs sont restés au même niveau tout au long de l'expérience (fig 5 e).

f - Moustiques adultes

Entre janvier 1989 et juin 1990, 2166 captures sur appât humain ont été faites, dont 666 après traitement. Ces captures ont été moyennées pour chaque période d'une semaine et la série temporelle résultante a montré une tendance négative (fig. 6). Il n'y a jamais eu de capture nulle durant toute l'expérimentation. Il y a une différence significative entre la moyenne des captures avant et après traitement ($p < 0.05$). En raison de la pente négative de la tendance temporelle, cette différence ne peut pas être attribuée à un effet du traitement.

3.4 - Discussion

A Tikehau, les habitants ressentent une certaine gêne due à la présence des moustiques, d'autant plus que certains sont vecteurs de maladie. Les réunions d'éducation sanitaire qui ont été organisées ont permis d'obtenir le plein consentement des villageois ainsi que leur aide pour le traitement des gîtes de ponte.

Dans le village, les petits gîtes péridomestiques usuels (boîtes de conserve, vieux pneus etc...) sont absents en raison d'un ramassage municipal des ordures ménagères. Par ailleurs, les associations religieuses locales veillent à la propreté générale du village. Ceci peut être un facteur de réussite en Polynésie car le traitement de tels petits gîtes reste toujours un problème dans de nombreuses parties de monde (Kay, 1986).

La méthode de lutte envisagée est bien adaptée à la répartition des espèces de moustique en fonction du type de gîte. En effet, les gîtes "couverts", impropres à l'implantation des poissons en raison de leur faible luminosité sont choisis de préférence par les *Aedes* et ont été inoculés avec *M. aspericornis* qui est un bon prédateur des larves d'*Aedes* sp. et non de *Culex* sp. D'un autre côté, les espèces de *Culex* choisissent les gîtes "ouverts" et dans ceux-ci, les poissons ont été introduits.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

L'expérience menée à Tikehau a montré que l'abondance des larves d'*Aedes* sp. et surtout de *Culex* sp. pouvaient être réduite par l'introduction de poissons larvivores dans les gîtes à ciel ouvert contenant l'eau de la nappe phréatique. (puits ouverts, mares etc...). Cinq mois après traitement, d'importantes populations de *Poeciliidae* s'étaient développées dans chacun de ces gîtes. Les poissons ont montré une bonne adaptation à leur nouvel environnement. Hurlbert et al. (1972) et Hurlbert et Mulla (1981) ont remarqué que l'impact de *Gambusia affinis* sur la faune des invertébrés peut aboutir à une augmentation de l'abondance du plancton et une modification des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, qui peut, en retour, entraîner la mort des poissons. Aucun phénomène de ce genre n'a été noté à Tikehau.

Du point de vue des *Culex*, l'introduction des copépodes dans les gîtes n'a eu que peu d'effet, comme on s'y attendait. Toutefois, *M. aspericornis* a bien contrôlé les larves d'*Aedes* dans les puits puisque le pourcentage de puits positifs en larves de moustiques a diminué après traitement et avoisinait 0% cinq mois après.

Cependant, les copépodes n'ont pas survécu dans la plupart des citernes en ciment. Le déclin des populations de copépodes dans ces gîtes explique que la plupart d'entre eux soient restés positifs en larves après traitement.

Il semble que les copépodes se développent bien dans les eaux de la nappe phréatique (dans les puits par exemple), c'est à dire dans les eaux chargés en sels minéraux et organiques. Ce n'est pas le cas dans l'eau de pluie, qui contient peu de nutriments comme l'ont montré les analyses chimiques. Une hypothèse probable est que l'eau de pluie ne permet pas le développement de micro-organismes planctoniques qui font la base de la nutrition des copépodes durant leurs stades naupliens. Les *Aedes* par contre, brouteurs, pourraient trouver leur nourriture sur les parois des citernes qui peuvent supporter le développement de micro-algues. La croissance des populations de copépodes serait donc inhibée par un manque de nourriture adéquat lors des jeunes stades de développement. Cette hypothèse pourrait être confirmée ou infirmée par des mesures de chlorophylle a (indicateur de phyto plancton dans l'eau), du phosphore particulaire et de l'A.T.P (qui permet d'estimer la quantité de matière vivante), ainsi que des comptages au microscope du nombre de bactéries dans le milieu. Malheureusement, faute d'équipement adéquat sur le terrain, ces mesures n'ont pas pu être effectuées.

Les fûts de 200 l qui étaient positif pour *M. aspericornis* étaient négatifs pour les *Aedes*. Lorsqu'il y est présent, le copépode contrôle bien ce type de gîte. L'analyse chimique de l'eau contenue dans les fûts a montré que la teneur en sels était intermédiaire entre celle de l'eau de pluie et celle de la nappe phréatique. Des micro organismes peuvent vraisemblablement se développer dans l'eau des fûts et servir de nourriture aux nauplies du copépode. Toutefois, la raison majeure pour laquelle peu de fûts hébergeaient le copépode en fin d'expérimentation, c'est que les habitants du village les vident régulièrement pour en renouveler l'eau.

L'expérience de simulation, dans un bassin en ciment du laboratoire, avait été concluante : les copépodes, introduits en petit nombre, s'étaient très bien développés et avaient jugulé les populations d'*Ae. aegypti* en moins de 3 semaines. L'eau de ces bassins était de l'eau provenant du robinet, c'est à dire de l'eau de rivière non traitée. Ceci explique certainement le bon développement des populations de copépodes dans les conditions de laboratoire, conditions que l'on n'a pas retrouvés dans le village.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Comme le souligne Service (1983), l'évaluation de programmes de lutte biologique passe obligatoirement par l'analyse des populations des *Culicidae* adultes. En effet, il n'est pas rare de constater que, même si des mortalités larvaires atteignent 95% ou plus, le nombre d'adultes émergeant constitue toujours un problème. La question est donc bien de savoir à quel degré est affectée la population des adultes. En raison de la méthode de capture utilisée à Tikehau, seule la population d'*Aedes* et en particulier celle d'*aegypti* est concernée. Les captures montrent une tendance linéaire négative régulière qui peut s'expliquer par des conditions de sécheresse apparues en 1989 et qui ont perduré en 1990. Ces conditions sont défavorables à la survie des adultes. Une hypothèse est que si moins d'adultes survivent, moins d'oeufs sont pondus et donc moins d'adultes émergent des gîtes. En raison de ce phénomène, il n'est pas possible de conclure à un effet quelconque du traitement, d'autant plus que la tendance linéaire négative ne montre aucune rupture de pente entre les deux périodes (avant et après traitement). Cinq mois après traitement, le niveau moyen des captures était toujours de 1 femelle / homme / heure, puisque la plupart des gîtes étaient toujours positifs. Aussi, en dépit d'un bon contrôle de certains gîtes, le nombre de gîtes productifs en *Culicidae* reste toujours trop élevé pour permettre de ressentir un effet du traitement au niveau de l'agressivité des moustiques adultes. Dans ce sens, le contrôle, à grande échelle, des populations de *Culicidae* a été un échec à Tikehau.

3.5 - Conclusion

Les poissons larvivores et le copépode *Mesocyclops aspericornis* sont efficaces s'ils sont utilisés dans des gîtes leur assurant une bonne survie. Dans ce cas, ils peuvent être utilisés en association avec d'autres prédateurs ou en complément d'autres méthodes de lutte. En ce qui concerne les villages de Polynésie, et particulièrement les citernes de stockage d'eau de pluie, un autre agent de lutte doit être trouvé si un contrôle biologique est demandé.

4 - CONSEILS POUR L'UTILISATION DE M. ASPERICORNIS

Des expériences précédentes, quelques conseils d'utilisation peuvent être donnés.

Dans une optique de lutte contre les moustiques, les recherches de bioécologie ont montré que :

- *M. aspericornis* est un prédateur actif des larves néonates d'*Aedes* sp. (notamment, pour la Polynésie française, d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes polynesiensis*)
- Il n'existe pas de relation proie-prédateur obligatoire entre le copépode et les larves de moustiques. Si aucune larve n'est présente, le copépode continue à se reproduire en se nourrissant d'autres organismes.
- Les larves de moustiques sont les proies favorites de *M. aspericornis*.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

- Le copépode est actif, non seulement en se nourrissant de larves de moustiques mais aussi en les tuant sans les manger. L'action de destruction des larves de moustiques est donc plus importante qu'une simple action de prédation.
- L'action du copépode est identique à la lumière ou à l'obscurité. Des populations de copépodes peuvent se développer normalement à l'obscurité.

Ces mêmes études ont montré toutefois certaines limitations :

- *M. aspericornis* est peu résistant à la dessiccation. Aucune forme de résistance n'a été découverte pour cette espèce.
- *M. aspericornis* est peu résistant à des teneurs élevées de la salinité. La D.L 50 est de 20 g/l de NaCl. Le copépode est moins résistant que certaines espèces de *Culicidae*.
- Faible prédation sur les larves de *Culex*

Les expérimentations de terrain ont confirmé ces points positifs et ces points faibles dans le cadre de lutte à grande échelle. La pérennité d'action du copépode a été prouvée sur le terrain : lorsque les conditions de survie sont assurées, les populations de copépodes se maintiennent indéfiniment et contrôlent les gîtes. Par contre, sa faible résistance à la salinité et à la dessiccation n'ont pas permis d'aboutir dans le traitement de gîtes tels que les terriers de crabe. Par ailleurs, les expériences dans les citernes de stockage d'eau et les fûts de 200 l semblent indiquer que d'autres paramètres peuvent être limitants, telle la disponibilité de nourriture adaptée aux stades nauplies. La qualité de l'eau du gîte entre donc en jeu : si celle-ci permet le développement de micro-organismes, *M. aspericornis* peut y prospérer.

Dans le cadre d'une utilisation de *M. aspericornis* pour la lutte contre les *Aedes* il faut :

- Ne pas introduire le copépode dans des gîtes risquant une deshydratation totale.
- Ne pas introduire dans un même gîte d'autres prédateurs susceptibles de détruire les populations de copépodes (poissons etc...)
- Ne pas introduire de copépodes dans des gîtes où l'eau est susceptible d'atteindre des salinités supérieures à 5 p.p. mille en permanence.
- Introduire les copépodes dans des eaux riches en sels nutritifs (donc pouvant assurer la croissance de populations de micro-organismes servant de nourriture aux nauplies)

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Par contre, l'utilisation de *M.aspericornis* est avantageuse à plusieurs égards. Mis à part sa "rémanence" (persistance dans certains gîtes et bon contrôle), on peut citer :

- Son innocuité pour les populations humaines et animales, sauf dans les zones où sevit la draconculose, où *M.aspericornis* peut être l'hôte intermédiaire. Dans ce cas, le choix des gîtes à traiter doit être extrêmement rigoureux et judicieux.
- Ses possibilités d'association avec des insecticides (Abate, Perméthrine, Méthoprène, B.T.I.) puisque sa résistance à ces produits est supérieure à celle de la plupart des *Culicidae* (Loncke et al., 1989; Rivière et al., 1987).

5 - CONCLUSION GENERALE

Les études entreprises ont montré les qualités du copépode *Mesocyclops aspericornis* comme agent de lutte biologique contre les *Aedes* sp. Malheureusement, *M. aspericornis* possède quelques limitations pour une utilisation de terrain. En Polynésie française, ces limitations ont été suffisamment fortes pour empêcher un bon contrôle des populations d'*Aedes* sur les sites expérimentaux.

Toutefois, l'action de prédation du copépode n'est pas à remettre en cause. Il s'agit plutôt du choix des gîtes à traiter. Ceux ci doivent remplir certains critères que l'on a défini. Dans ce cas, des résultats probants peuvent être vraisemblablement obtenus. Malheureusement, les expériences de terrain ont montré qu'en Polynésie française, les gîtes les plus productifs (et les plus nombreux) ne remplissaient pas les conditions d'utilisation. Dans d'autres parties du monde, où des gîtes différents peuvent être rencontrés, *M. aspericornis* pourra peut être trouver une utilisation rationnelle.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Bibliographie

- Aminot, A. & Chaussepied M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Centre National pour l'Exploitation des Océan* (Ed.). 395 p.
- Arnasson, A.N. 1972. Parameter estimates from mark-recapture experiments on two populations subject to migration and death. *Res. Popul. Ecol.* XIII: 97-113.
- Bonnet, D.D. & H. Chapman. 1958. The larval habitats of *Aedes polynesiensis* Marks in Tahiti and methods of control. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 7: 512-518.
- Bright, D.B. & Hogue, C.L. 1972. A synopsis of the burrowing land crabs of the world and list of their arthropod symbionts and burrow associates. *Los Angeles county Museum contributions in Science*, n° 220 : 1-58
- Bruce-Chwatt, L. J. & R. A. Fitz-John. 1951. Mosquitoes in crab-burrow on the coast of West Africa and their control. *J. Trop. Med. Hyg.* 54: 116-121.
- Burnett, G. F. 1959. Control of land crabs ("Lairotui") in Fiji. *Agric. J. Fiji* 29: 36-38.
- Gardner, J. M., Ram, R. C., Kumar, S. & J. S. Pillai. 1986. Field trials of *Tolypocladium cylindrosporum* against larvae of *Aedes polynesiensis* breeding in crab holes in Fiji. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 2 (3): 292-295.
- Goshima, S., Ono, Y., & Y., Nakasone. 1978. Diurnal activity and movement of the land crab, *Cardisoma hirtipes* Dana, by radio-telemetry during non-breeding season. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., Tome 4, vol. 3: 175-187.*
- Hurlbert, S.H. & Mulla, M.S. 1981. Impacts of mosquitofish, *Gambusia affinis*, predation on plankton communities. *Hydrobiologia*, 83, 125-151.
- Hurlbert, S.H., Zedler, J. & Fairbanks, D. 1972 Ecosystem alteration by mosquitofish predation. *Science*, 175, 639-641.
- Jachowski, L.A. 1954. Filariasis in American Samoa. V. Bionomics of the principal vector, *Aedes polynesiensis* Marks. *AM. J. Hyg.* 60 : 186 - 203.
- Kay, B.H. 1986. *Aedes aegypti*: why can't we control it? In St. George, T. D., Kay, B. H., and Blok, J. (Eds.). *Arbovirus Research in Australia*, vol. 4, 139-142.
- Lardeux, F. 1987. Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. I - Evaluation avant traitement - Traitement. Doc. Institut Territorial de Recherches Médicales Louis Malardé (Tahiti) n° 13/87/ITRM/Doc-Ent: 69 p.

PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

- Lardeux, F. 1990. Contrôle d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes polynesiensis*, vecteurs de dengue et de filariose, avec le copépode prédateur *Mesocyclops aspericornis* : Essais de terrain dans des petites îles du Pacifique. *Projet O.M.S N° : 16 / 181 / V2 / 98 (A).ID : 870091* (Période du 1 janvier 1989 au 31 décembre 1989 : deuxième période de financement).
- Lardeux, F., Faaruia, M., Colombani, L. & H. Frogier. 1988a. Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. II - Evaluation trois mois après traitement. Doc. Institut Territorial de Recherches Médicales Muois Malardé (Tahiti) N°14/88/ITRM/Doc-Ent : 63 p.
- Lardeux, F. & Loncke, S. 1987. Un programme BASIC d'estimation de paramètres de deux populations animales sujettes à migrations entre deux zones. Doc. Institut Territorial de Recherches Médicales Louis Malardé (Tahiti) n° 14/87/Doc-Ent.: 24 p.
- Lardeux, F. & Loncke, S. 1989. Lardeux, F. 1990. Contrôle d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes polynesiensis*, vecteurs de dengue et de filariose, avec le copépode prédateur *Mesocyclops aspericornis* : Essais de terrain dans des petites îles du Pacifique. *Projet O.M.S N° : 16 / 181 / V2 / 98 (A).ID : 870091* (Période du 1 janvier 1988 au 31 décembre 1988 : première période de financement).
- Lardeux, F., Loncke, S., & M. Faaruia, M. 1989. Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. IV - Evaluation treize mois après traitement. Doc. Institut Territorial de Recherches Médicales Louis Malardé (Tahiti)
- Lardeux, F., Séchan, Y., Faaruia, M., & P. Tuhiti. 1988b. Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. III - Evaluation six mois après traitement. Doc. Institut Territorial de Recherches Médicales Louis Malardé (Tahiti) n° 15/88/ITRM/Doc-Ent.: 45 p.
- Loncke, S., Failloux, B. & Séchan, Y. 1990. Proposition de protocole de test insecticide vis-à-vis du crustacé copépode *Mesocyclops aspericornis* Daday (1906). *Bull. Soc. Path. Ex.*, 83: 1-2.
- Rivière, F. 1979. La vie animale terrestre à Takapoto. *J. Soc. Océanistes XXXV* (62): 19-30.
- Rivière, F., Kay, B., Klein, J. M., & Y. Séchan. 1987. *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) and *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis* for the biological control of *Aedes* and *Culex* vectors (Diptera: Culicidae) breeding in crab holes, tree holes, and artificial containers. *J. Med. Entomol.* 24 (4): 425-430.
- Rivière, F., & R. Thirel. 1981. La prédation du copépode *Mesocyclops leukarti pilosa* (Crustacea) sur les larves de *Aedes (Stegomyia) aegypti* et *Ae. (St.) polynesiensis*: essais préliminaires d'utilisation comme agent de lutte biologique. *Entomophaga* 26: 427-439.

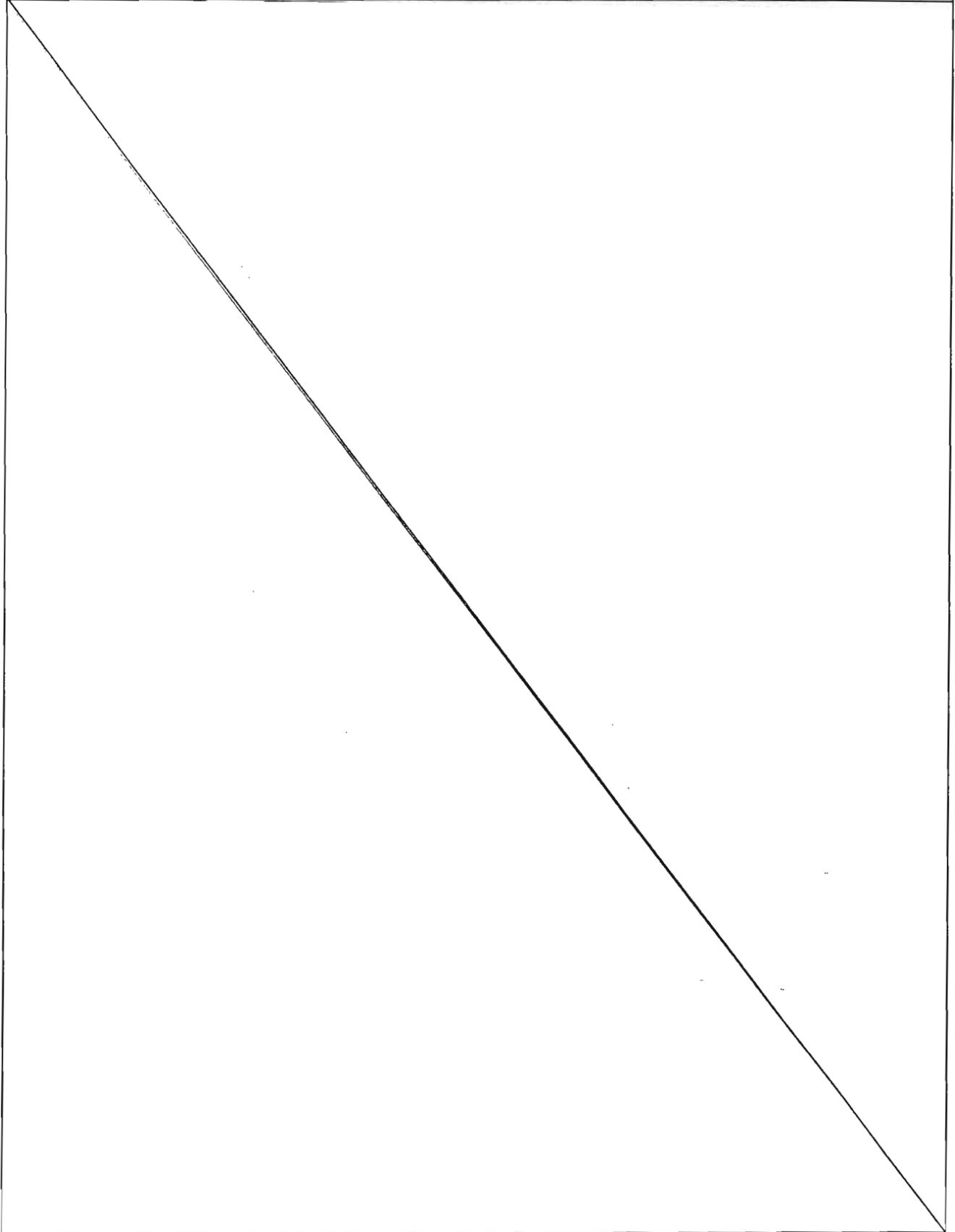
PART IV. SCIENTIFIC PROGRESS (for the period under review)

Scherrer, B. 1984. Biostatistiques. Gaëtan Morin ed.: 850 p.

Schwartz, D. 1972. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Troisième édition. Flammarion, Paris.

Service, M.W. 1983. Biological control of mosquitoes - has it a future?
Mosquito News, 43 , 113-120.

PART V. PLAN OF WORK FOR THE FOLLOWING YEAR



Use additional pages if necessary and number them as 8a, 8b, 8c, etc.. Please write on one side only

ANNEX A. CURRICULA VITAE OF OTHER SCIENTISTS INVOLVED (1 page maximum per individual)

1. Surname: _____ Date of birth: _____ Sex: _____
 First name(s): _____ Nationality: _____

2. Degree(s) (subjects, university or school, year)

3. Posts held (type of post, institution/authority, dates)

4. Recent publications: List only the five most important publications over the last five years (papers in press or submitted for publication are also acceptable)

Please give full bibliographic references (author(s), title, journal, volume, page numbers, year).

* Other formats containing the same information are acceptable. Use additional pages (one page maximum per individual), if necessary, and number them as 9a, 9b, etc. Please write on one side only.

Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases
Request Form WHO 5367E TDR

CONSIGNEE/ADDRESS		SPECIAL SHIPPING INSTRUCTIONS					
TDR PROJECT ID NO.		DATE		FOR WHO USE ONLY TRUST FUND NO.			
FOR WHO USE ONLY	ORDER OF PRIORITY	COMPLETE DESCRIPTION OF ITEM	SUPPLIER/DATE OF CATALOGUE USED	CATALOGUE NO.	QUANTITY (STATE UNIT)	UNIT PRICE	TOTAL PRICE
▷ INSTRUCTIONS FOR COMPLETING FORM WHO 5367E TDR FOR ▷ SUPPLIES AND EQUIPMENT: SEE OVERLEAF		PAGE NO.	INDICATE ON EACH PAGE: TOTAL THIS PAGE		INDICATE ON LAST PAGE ONLY: GRAND TOTAL OF ALL PAGES		

(please follow instructions on next page)

WHO 5367E TDR (7/86) - 2000

ANNEX B. REQUEST FORM FOR SUPPLIES AND EQUIPMENT TO BE PURCHASED BY WHO THROUGH THE WHO TRUST FUND MECHANISM