

Projet O.M.S.

N° : 16 / 181 / V2 / 98 (A)

ID : 870091

CONTROLE D'*AEDES AEGYPTI* ET D'*AEDES POLYNESEIENSIS*,
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 1989 - Décembre 1989
(deuxième période de financement)

LARDEUX Frédéric

Janvier 1990

22 NOVEMBER 1989
(AR-N-PROG#C)

PROGRESS/FINAL REPORT FORM
TDR/RR/ B FORM/Rev. 1
Pages 1(& 2)

Period covered by this report: _____ Progress Report Only
from: 01/01/89 (dd/mm/yy) Progress Report & Renewal Request
to: 31/12/89 (dd/mm/yy) _____ 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 Co-Investigators & Trainees:
SECHAN, DR YVES RIVIERE, DR FRANCOIS
INSTITUT TERRITORIAL DE RECHERCHES LONCKE, MR STEPHANE
MEDICALES LOUIS MALARDE KAY, DR BRIAN H.
LARDEUX, MR FREDERIC

BP 30
PAPEETE
TAHITI
FRENCH POLYNESIA

1.3 Institution: 02587146
INSTITUT TERRITORIAL DE RECHERCHES telephone: (689) 42-76-04
MEDICALES telex: 433 FP MALARDE
LOUIS MALARDE cable:
BP 30 FAX: 689 / 42.95-55
PAPEETE
TAHITI
FRENCH POLYNESIA

1.4 Scientific working group(SWG) and section: 870091
BCV 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

1.7 Duration of project: initial estimate 36 months

22 NOVEMBER 1989
(AR-N-PROG#D)

PROGRESS/FINAL REPORT FORM

TDR/RR/ B FORM/REV. 1

Most Recent Publications Already Listed as a Result of Project 870091
(and acknowledging the UNDP/WORLD BANK/WHO
Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases)

Please verify its accuracy against your records.

8703

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).

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 vecteurs de dengue et/ou de filariose lymphatique : *Aedes aegypti* et *Aedes polynesiensis*.

Les buts fixés dans le rapport O.M.S. sur la première période de financement n'ont pas été changés : *M. aspericornis* a été testé dans les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex* (zone rurale) et la technique de lutte est en cours d'évaluation dans un village polynésien

1.9 Publications and Patents*

Lardeux, F., Loncke, S., Séchan, Y., Kay, B.H. & F. Rivière. 1989. Potentialities of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) for broad scale control of *Aedes aegypti* in French Polynesia.

Fifth Australian arbovirus Symposium. Brisbane 28 August - 1 September 1989 : 5 p.

Lardeux, F., Séchan, Y., Rivière, F. & B.H. Kay. 1989. Biological control of *Aedes polynesiensis* (Diptera: Culicidae) with *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) on an atoll of French Polynesia.

Soumis à *Journal of Medical Entomology*.

UNDP / WORLD BANK / WHO
Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR)

FINANCIAL REPORT ON TECHNICAL SERVICES AGREEMENT (FORM 782 TDR)

Name and address of the institution INSTITUT TERRITORIAL DE RECHERCHES MEDICALES LOUIS MALARDE B.P.30 - PAPEETE - TAHITI FRENCH POLYNESIA	Short project title BIOLOGICAL CONTROL OF AEDES WITH COPEPODE MESOCYCLOPS ASPERICORNIS IN POLYNESIA	Period covered by this report From JAN 89	
	WHO Registry file number T16 / 181 / V2 / 98(A)	To DEC 89	
		Check if final financial report	
	Project ID number 870091	YES	<input type="checkbox"/>
	NO	<input checked="" type="checkbox"/>	

	Currency	Equivalent in US dollars	Exchange rate used
1. FUNDS AVAILABLE			
Cash balance at start of period	805 000	7 000	
Funds received from WHO during current period	1 265 000	11 000	115
TOTAL FUNDS AVAILABLE	2 070 000	18 000	115
2. DISBURSEMENTS			
Personnel			
Supplies			
Equipment	287 500	2 500	
Animals	230 000	2 000	
Patient costs			
Travel	805 000	7 000	
Other (specify): Main d'oeuvre temporaire (Aide entomologiste, non prévu initialement)	287 500	2 500	
TOTAL DISBURSEMENTS	1 610 000	14 000	115
BALANCE (1. less 2.)	460 000	+ 4 000	115

Notes: 1. Disbursements should exclude funds retained by WHO for purchase of supplies and equipment on behalf of the institution. 2. The Balance shown on this report should be carried forward as the "Cash balance at start of the period" on the next report. 3. Any balance of funds remaining at the conclusion of the project must be refunded to WHO in accordance with General Condition 2.1 of the Technical Services Agreement.

We certify that the above financial report and any supporting schedules are correct and agree with the books of accounts and other records of the institution.

Chief Financial Officer

Principal Investigator/Responsible Technical Officer

Signature

Dr. Frédéric LARDEUX P.O. Y. SECHAN

Name Prof. Jean ROUX

Title Director of Institute

Place and date PAPEETE - TAHITI 15 jan 1990

F. Lardeux
.....
Doctor es Science

PAPEETE TAHITI 15 jan 1990

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	-----		} Pm	} Pm	0
2	-----				
3	-----				
4	-----				
Trainees/fellows:					
1	Aide entomologiste	50	0	5000	+ 5 000
2	-----				
TOTAL PERSONNEL			0	5 000	+ 5 000
Supplies ^d			1 800	1 800	0
TOTAL SUPPLIES			1 800	1 800	0
Equipment ^d			2 000	2 000	0
TOTAL EQUIPMENT			2 000	2 000	0
Animals					
TOTAL ANIMALS					0
Patient costs					
TOTAL PATIENT COSTS					0
Travel (do not include attendance at scientific meetings)			7 200	7 200	0
TOTAL TRAVEL			7 200	7 200	0
Other expenditures (specify)					
TOTAL OTHER					0
GRAND TOTAL			11 000	16 000	+ 5 000

Chief Financial Officer of the Institution:

Principal Investigator:

Name: Prof. Jean ROUX

Name: Dr. F. LARDEUX

Signature: _____ Date: 15/01/90

 Signature: F. Lardeux Date: 15/01/90

^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

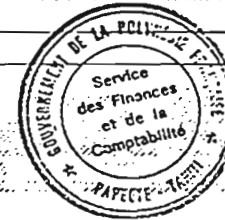
3.3 Amount intended for supplies and equipment to be purchased by WHO through the WHO Trust Fund mechanism:

US \$

3.4 Budget justification*

Le budget demandé pour la troisième période de financement est identique à ce qui avait été programmé lors de la demande initiale, sauf pour le poste "PERSONNEL" où un aide entomologiste est demandé.

En effet, celui-ci est nécessaire, compte tenu du nombre important de données à dépouiller (captures, identification des espèces, analyse standard des pondoirs pièges, analyse des échantillons récoltés au cours des prospections larvaires etc...). Ce technicien doit être au niveau de la catégorie 3 (échelon 1) du barème des contractuels de Polynésie (barème joint en annexe). Il sera employé à MI-TEMPS. Son salaire mesuel est donc d'environ 90 000 CFP (1 US \$ = 100 F CFP.) Ce salaire équivaut à environ 900 US \$ par mois. La durée de son service est estimée à 5 - 6 mois. Une somme de 5 000 US \$ supplémentaire est donc nécessaire.



BAREME DES CONTRACTUELS DE LA C.C.A.N.F. DU 10/05/68 APPLICABLE A/C DU 01.05.89.

INDICE DES PRIX D'AVRIL 89 = 190,4 ARRETE No 0573/CM DU 01.05.89

ARRETE No 0180/CM DU 12.02.87

ARRETE No 1210/CM DU 07.11.88

* C *	1	3,5	6	8,5	11	13,5	16	18,5	21	23,5	
* A *	ECH.1	ECH.2	ECH.3	ECH.4	ECH.5	ECH.6	ECH.7	ECH.8	ECH.9	ECH.10	ECH.11
* T *											

* 1 *	300.287	333.094	359.733	385.775	406.364	425.962	440.179	453.066	461.579	467.354	469.816
* 2 *	217.130	239.892	265.114	285.453	304.670	325.783	342.576	358.505	373.071	388.793	400.936
* 3 *	184.792	196.092	210.737	221.212	231.330	244.428	253.891	262.837	271.238	282.518	290.488
* 4 *	161.693	169.884	177.851	189.627	197.410	204.949	212.364	219.795	230.579	237.722	244.589

		* S A L A I R E *		* D E P L A C E M E N T S (ART. 1 DE L'AVENANT 2)				
* CATEGORIE 5 (ART.2 AVENANT 3)		* H D R A I R E M E N S U E L *		* CAT. 1 REPAS 2 REPAS NUIT PAR 24H				
* G.1	MANOEUVRE AVANT 3 MOIS	453,25	78.627	* 1	2.545	5.090	5.090	10.180
	MANOEUVRE APRES 3 MOIS	470,91	79.584					
	MANOEUVRE DE FORCE	490,54	82.900	* 2	1.842	3.684	3.684	7.368
* G.2	MANOEUVRE SPECIALISE	510,15	86.215					
* G.3	AIDE-OUVRIER	608,27	102.797	* 3	1.567	3.134	3.134	6.268
* G.4	OUVRIER SPECIALISE	784,86	132.641					
* G.5	OUVRIER QUALIFIE	902,60	152.539	* 4	783	1.566	3.132	4.698
* G.6	CHEF D'EQUIPE	956,72	161.685					
	CHEF DE CHANTIER	1.093,40	184.784	* 5	783	1.566	3.132	4.698

* INDEMNITES (ART.1 DE L'AVENANT 2)

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

VOIR PAGES SUIVANTES

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 1989 - Décembre 1989
(deuxième période de financement)

LARDEUX Frédéric

Janvier 1990

PLAN DU RAPPORT

1 - INTRODUCTION - RESUME DES EXPERIMENTATIONS PRECEDENTES

2 - ESSAIS DE LUTTE DANS LES TERRIERS DE CRABE TERRESTRE

2.1 - Contexte

2.2 - Chronologie des travaux effectués

2.3 - Rappels sur les méthodes utilisées

23.1 - Traitement

23.2 - Choix des estimateurs de l'efficacité du traitement

23.3 - Echantillonnage des terriers de crabe

233.1 - Plan d'échantillonnage

233.2 - Technique d'échantillonnage

23.4 - Echantillonnage des moustiques adultes

234.1 - Technique d'échantillonnage

234.2 - Captures-recaptures

234.3 - Indice d'agressivité

23.5 - Analyse statistique des résultats

235.1 - Terriers de crabe

235.2 - Indice d'agressivité des moustiques adultes

2.4 - Résultats des traitements

24.1 - Résultats un an après traitement (5^{ème} et dernière mission)

241.1 - Les terriers du crabe terrestre

241.2 - La population des moustiques adultes

24.2 - Comparaisons avant - après traitement

242.1 - Les terriers du crabe terrestre

242.2 - La population des moustiques adultes

2.4 - Discussion

2.5 - Conclusion

3 - ESSAI DE LUTTE BIOLOGIQUE DANS LE VILLAGE DE TIKEHAU

3.1 - Contexte - Buts de l'expérimentation

31.1 - Simulation au laboratoire

31.2 - Résultats attendus

3.2 - Chronologie des travaux effectués dans le village

3.3 - Le milieu physique

33.1 - Le village

33.2 - Climatologie

3.4 - Les espèces de *Culicidae* - gîtes potentiels

3.5 - Méthodes d'étude

35.1 - Paramètres entomologiques étudiés

35.2 - Echantillonnage dans les gîtes péri-domestiques

35.3 - Pondoirs piège

35.4 - Captures sur appât humain

3.6 - Résultats (avant traitement)

36.1 - Typologie des gîtes larvaires

36.2 - Dynamique de population des *Culicidae*

362.1 - Prospection des gîtes larvaires

362.2 - Pondoirs pièges

362.3 - Captures sur appât-humain

3.7 - Discussion

37.1 - Introduction de poissons larvivores

37.2 - Introduction de *Mesocyclops aspericornis*

37.2 - Conseils dans l'utilisation de *Mesocyclops aspericornis*

4 - CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

1 - INTRODUCTION - RESUME DES EXPERIMENTATIONS PRECEDENTES

Ce rapport expose les résultats obtenus durant la période d'étude s'étendant entre août 1988 et décembre 1989. Un premier rapport (Lardeux et Loncke, 1988) avait présenté les résultats du projet entre décembre 1987 (date du premier financement) et août 1988. A l'époque, le projet était constitué de deux parties distinctes :

- Partie n° 1 : Etudes de laboratoires destinées à acquérir des données sur la bioécologie de *Mesocyclops aspericornis*, agent de lutte biologique contre les *Aedes* vecteurs.
- Partie n° 2 : Essais de lutte biologique sur le terrain, à l'aide de ce copépode, afin d'estimer les possibilités d'utilisation de cette méthode en "grandeur réelle"

Depuis août 1988 (date de remise du premier rapport), les recherches concernant la bioécologie de *Mesocyclops aspericornis* (partie n°1) ont été arrêtées, puisque les données recueillies ont fourni les résultats souhaités. Par contre, les expérimentations se sont focalisées sur les tests de lutte sur le terrain et deux expériences, à grande échelle, ont été tentées :

- Expérience 1 : Utilisation, sur le terrain (atoll de Rangiroa), de *Mesocyclops aspericornis* comme agent de lutte biologique dans les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex* (gîtes à *Aedes polynesiensis*)
- Expérience 2 : Utilisation de *Mesocyclops aspericornis* dans les gîtes larvaires péri-domestiques dans un village de l'archipel des Tuamotu (village de Tikehau)

Le présent rapport fait donc le bilan de ces deux expériences. La première est terminée depuis janvier 1989, la seconde est en cours de réalisation et devrait se terminer dans le courant de l'année 1990. Ce rapport ne peut donc pas être considéré comme "final" puisque les premiers résultats de l'efficacité du traitement dans le village ne seront connus qu'à la fin du premier trimestre 1990.

2 - ESSAIS DE LUTTE DANS LES TERRIERS DE CRABE TERRESTRE

2.1 - Contexte

Les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex* sont, sur les atolls de Polynésie française, les gîtes les plus nombreux pour *Aedes polynesiensis*. En Polynésie, *Aedes polynesiensis* est le vecteur principal de la filariose lymphatique. Aussi, ces gîtes et ce moustique sont les lieux et l'espèce à contrôler plus particulièrement. Or, d'après les travaux de Rivière et Thirel (1981) et Rivière et al. (1987), il semblerait que le copépode *Mesocyclops aspericornis* puisse être utilisé en Polynésie française comme agent de lutte biologique contre les *Aedes*. En effet, ces travaux ont montré l'efficacité et la pérennité d'action de ce prédateur sur les jeunes stades larvaires du moustique, réduisant de plus de 90 % leurs densités dans les gîtes de ponte (trous d'arbre, petits réservoirs d'eau, terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*, vieux pneus abandonnés ...).

Ces expériences, concluantes au laboratoire et à petite échelle, n'ont jamais pu être réalisées totalement et suivies sur des zones géographiques plus étendues, malgré certaines tentatives (Rivière et al., 1983; Séchan et Lardeux, 1987).

Ces raisons ont motivé la première expérience qui était de tester, à grande échelle, l'efficacité du copépode comme agent de lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* dans les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*.

Le site expérimental est un îlot d'une trentaine d'hectares, sur l'atoll de Rangiroa (250 km au nord-est de Tahiti) (fig. 1). C'est une zone rurale (exploitation d'une cocoteraie) où la seule espèce d'*Aedes* présente est *A. polynesiensis* et où les seuls gîtes de ponte de ce moustique sont constitués par les terriers du crabe terrestre. On se reportera au premier rapport O.M.S. (Lardeux et Loncke, 1988) pour une description complète du milieu et de l'expérimentation (introduction du copépode dans les terriers).

2.2 - Chronologie des travaux effectués

Cinq missions ont été effectuées :

- la première en mai 1987 (1 semaine) afin d'obtenir une première étude avant traitement.
- la deuxième en novembre-décembre 1987 (1 mois) qui a consisté en une deuxième étude avant traitement, suivie du traitement proprement dit.
- la troisième en mars 1988 (10 jours), consistant en un contrôle 3 mois après traitement.
- la quatrième en juin 1988 (15 jours), consistant en un contrôle 6 mois après traitement.
- la cinquième en janvier 1989 (15 jours), consistant en un contrôle un an (environ) après traitement.

Les quatre premières missions ont fait l'objet du premier rapport O.M.S. On ne reviendra pas sur les données les concernant et leur analyse. Seule la dernière mission sera commentée dans ce rapport et les conclusions finales de l'expérience seront données.

2.3 - Rappels sur les méthodes utilisées

23.1 - Traitement

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.

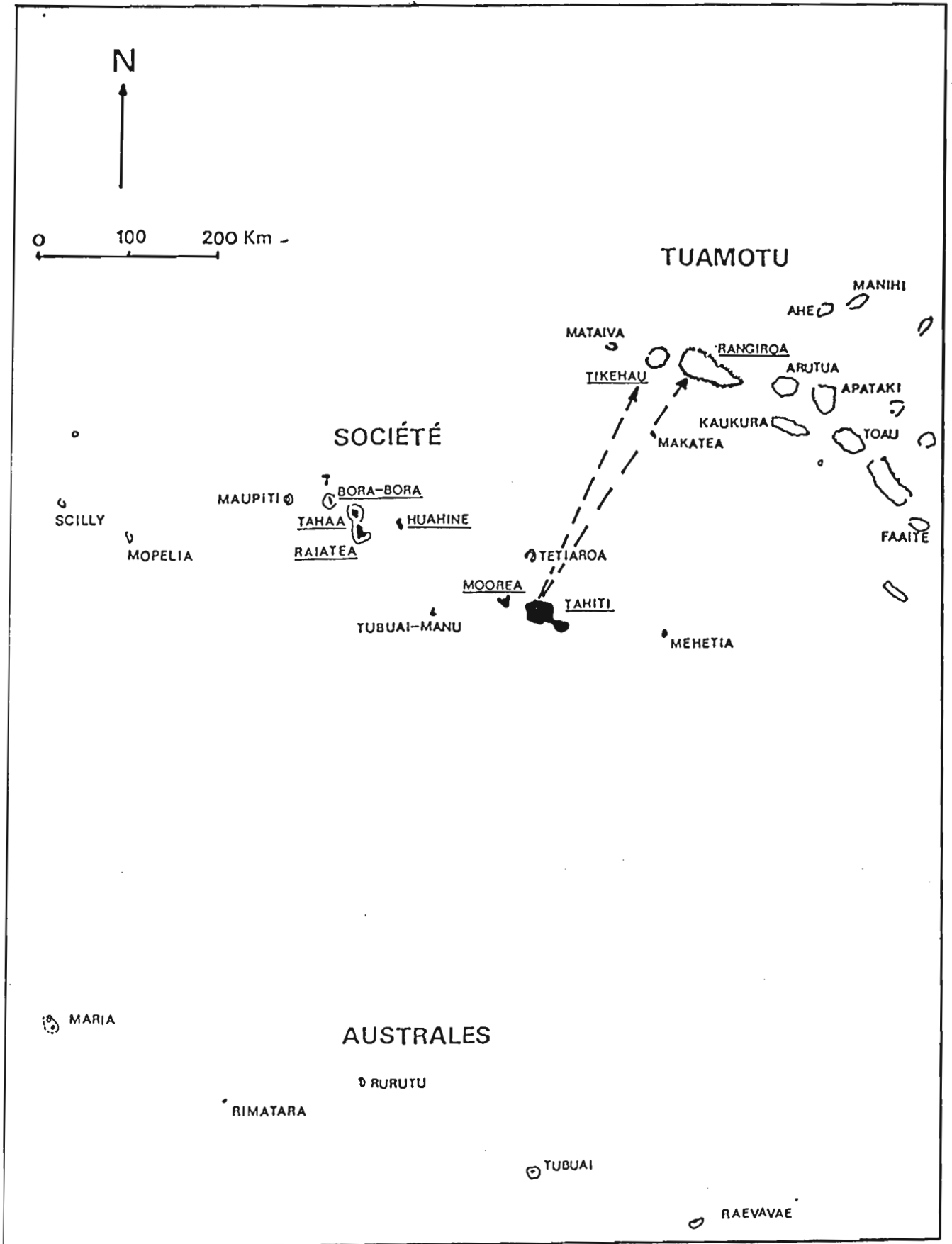


Figure 1 : Situation de l'atoll de Rangiroa et de Tikehau.

23.2 - Choix des estimateurs de l'efficacité du traitement

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

- proportion de terriers hébergeant *A. polynesiensis*, et/ou *M. aspericornis*.

- estimation d'un indice d'agressivité des femelles de moustiques adultes.

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

23.3 - Echantillonnage des terriers de crabe

233.1 - Plan d'échantillonnage

Sur l'îlot traité, les prélèvements sont effectués par quadrat d'environ 5 m de coté. Chaque quadrat est localisé sur le terrain, dans chacun des faciès caractéristiques des strates qui ont été définies. Les faciès sont laissés à l'appréciation de l'échantillonneur (une équipe de deux personnes). Ce sont en général des zones "basses", des zones "hautes", des zones marécageuses, des zones "dégagées", des zones "couvertes" de végétation etc... et dispersées 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.

233.2 - 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 environ quatre cm n'ont pas été échantillonnés. Cette technique, simple, est idéale sur le terrain, du fait de l'encombrement et du poids réduits de l'appareillage.

23.4 - Echantillonnage des moustiques adultes

234.1 - 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).

234.2 - Captures-recaptures

Afin de tester l'isolement de l'ilôt traité par rapport aux zones voisines (et notamment de l'ilôt témoin), des séries de marquages-recaptures ont été effectués à l'aide de poudres fluorescentes (DAYGLO[®]), 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). Ce modèle permet d'obtenir des estimations de certains paramètres de population. Entre autres, on peut estimer:

- La probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j, soit vivant et dans la zone y au temps j+1.
- La probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j, soit vivant au temps j+1
- La probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j, soit capturé dans l'échantillon pris au temps j.
- La taille de la population vivant dans la zone x au temps j.

234.3 - Indice d'agressivité

Vingt neuf stations ont été définies sur l'ilôt traité. Huit, puis neuf autres supplémentaires à partir de juin 1988, sur l'ilôt 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 l'ilôt traité et sur l'ilôt 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.

23.5 - Analyse statistique des résultats

235.1 - Terriers de crabe

Les proportions de terriers hébergeant *A. polynesiensis* ou *M. aspericornis* sont calculées 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 (observations sur 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 %.

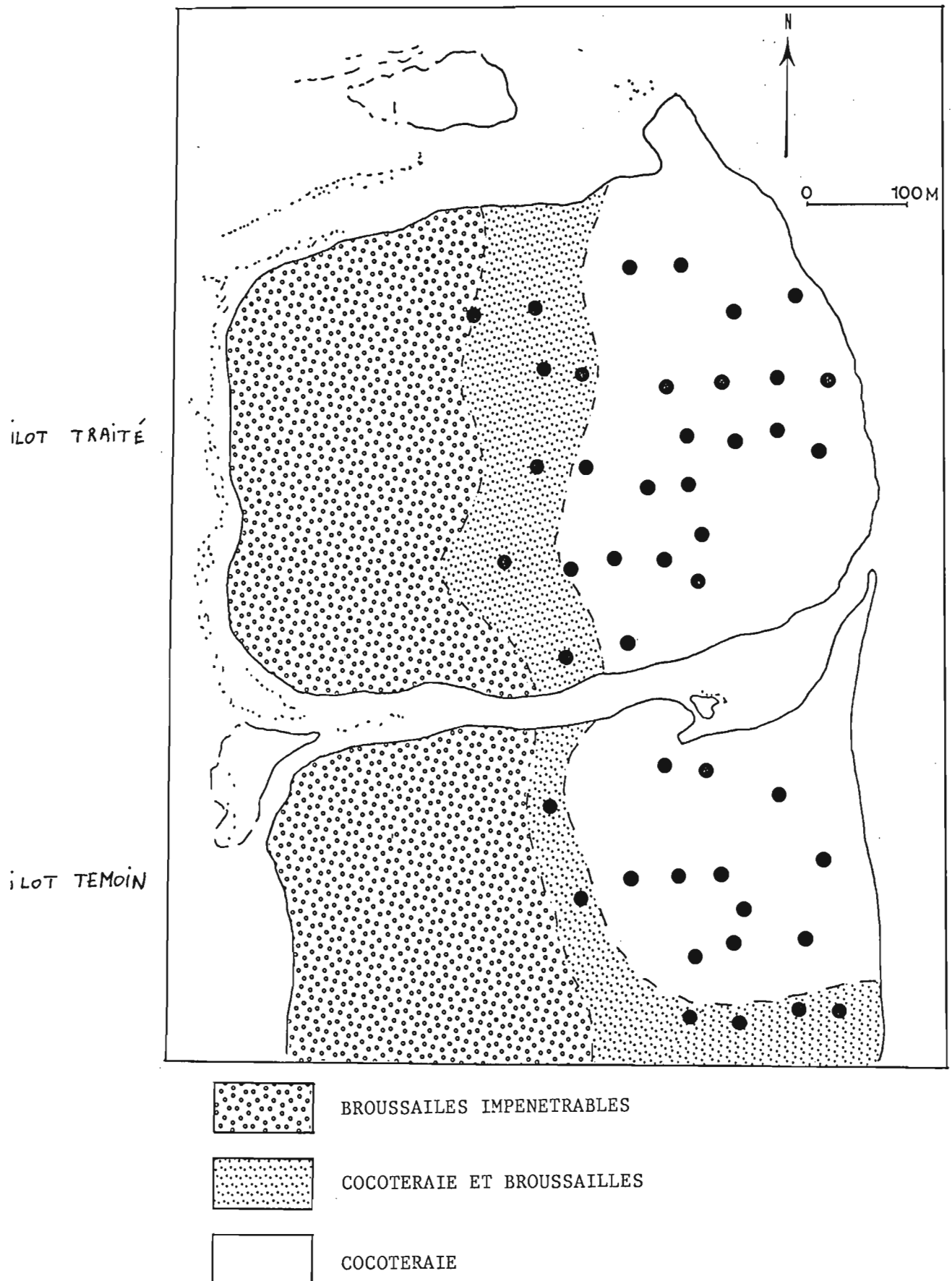


Figure 2 : Stations de captures de moustiques sur les îlots traité et témoin

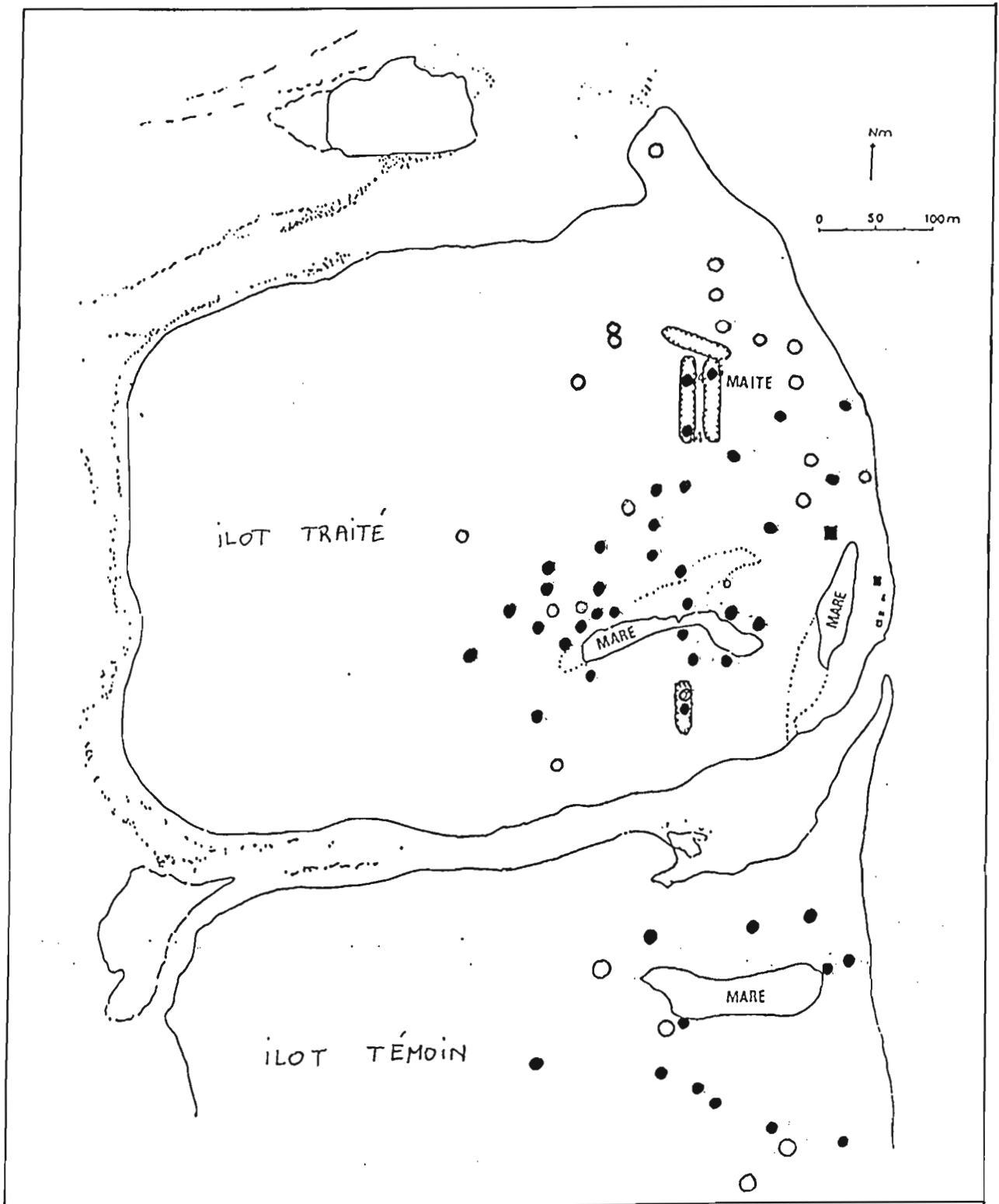


Figure 3 : Zones d'échantillonnage des terriers de crabe.
 (cercles pleins = stations avec terriers en eau
 cercles vides = stations sans terriers en eau)

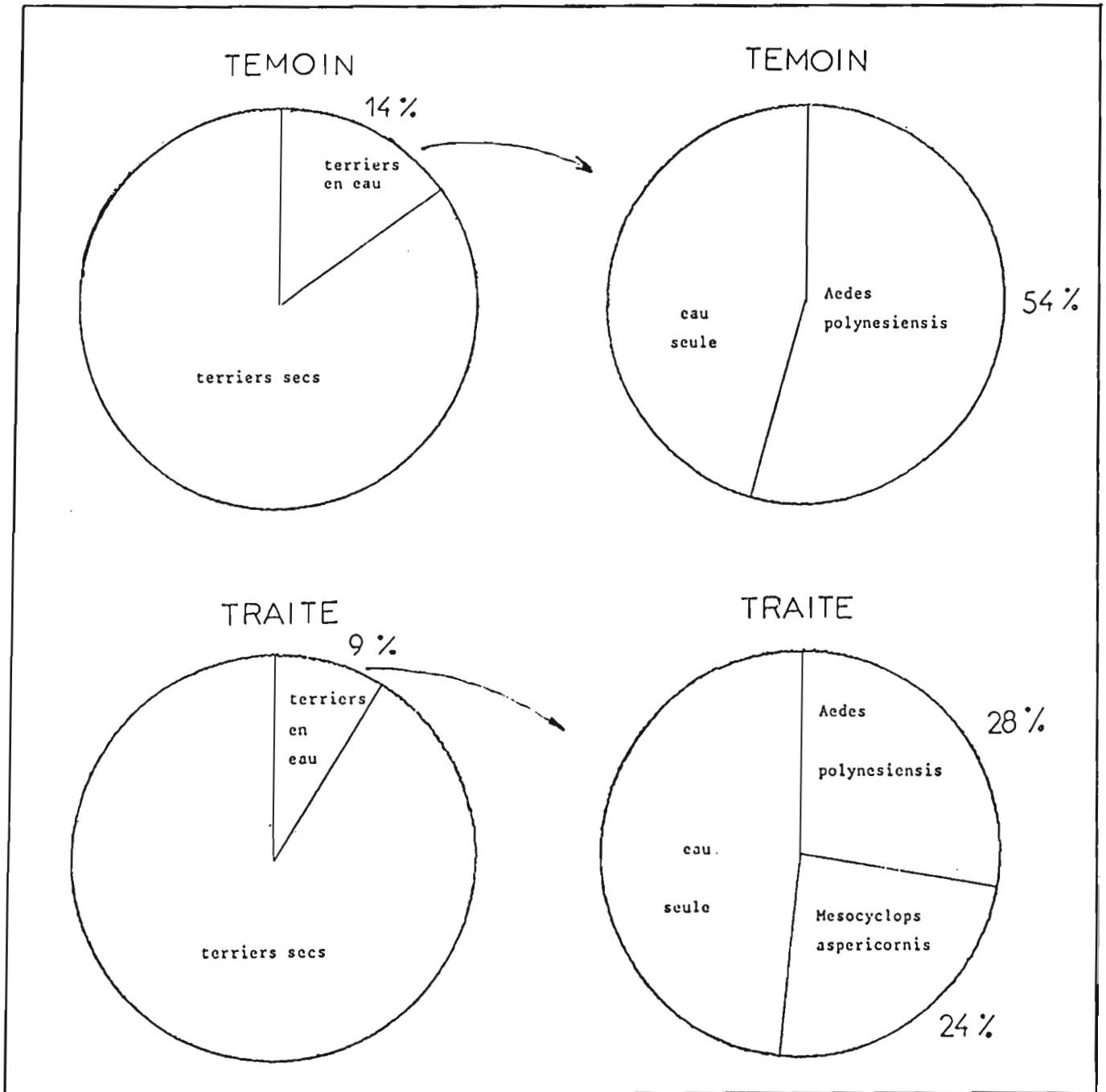


Figure 4 : Résultats globaux pour les terriers de crabe, 13 mois après traitement

PREMIER ECHANTILLONNAGE (Temps t = 1)	
TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE A :	1190
TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE B :	421
DEUXIEME ECHANTILLONNAGE (Temps t = 2)	
ZONE A :	
TOTAL CAPTURE EN A :	1753
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	36
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	0
ZONE B :	
TOTAL CAPTURE EN B :	1286
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	1
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	12
TROISIEME ECHANTILLONNAGE	
ZONE A :	
TOTAL CAPTURE EN A :	919
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	15
NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN A :	36
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	0
NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN A :	0
ZONE B :	
TOTAL CAPTURE EN B :	1055
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	0
NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN B :	0
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	6
NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN B :	33

Tableau 1 : Données de capture- recapture introduites dans le modèle d'Arnasson

MODELE GENERAL	
PHI(j,x,y) = probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j, soit vivant et dans la zone y au temps j+1	
PHI(1,A,A) = .6440476	PHI(1,A,B) = 8.403361E-04
PHI(1,B,B) = .5838911	PHI(1,B,A) = 0
PHI(j,x) = probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j, soit vivant au temps j+1 [= PHI(j,x,A) + PHI(j,x,B)]	
PHI(1,A) = .644088	PHI(1,B) = .5838911
P (j,x) = probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j, soit capturé dans l'échantillon pris au temps j.	
P (1,A) = 2.053622E-02	P (1,B) = 9.698493E-03
P (2,A) = 3.917302E-02	P (2,B) = 3.127962E-02
N (j,x) = taille de la population vivant dans la zone x au temps j	
N (1,A) = 57946.39	N (1,B) = 43408.61
N (2,A) = 44750.2	N (2,B) = 41113.03
PHI(2,A,A)*P(3,A) = 2.053622E-02	PHI(2,B,A)*P(3,A) = 0
PHI(2,B,B)*P(3,B) = 2.566096E-02	PHI(2,A,B)*P(3,B) = 0

Tableau 2 : Résultats de l'ajustement du modèle d'Arnasson.

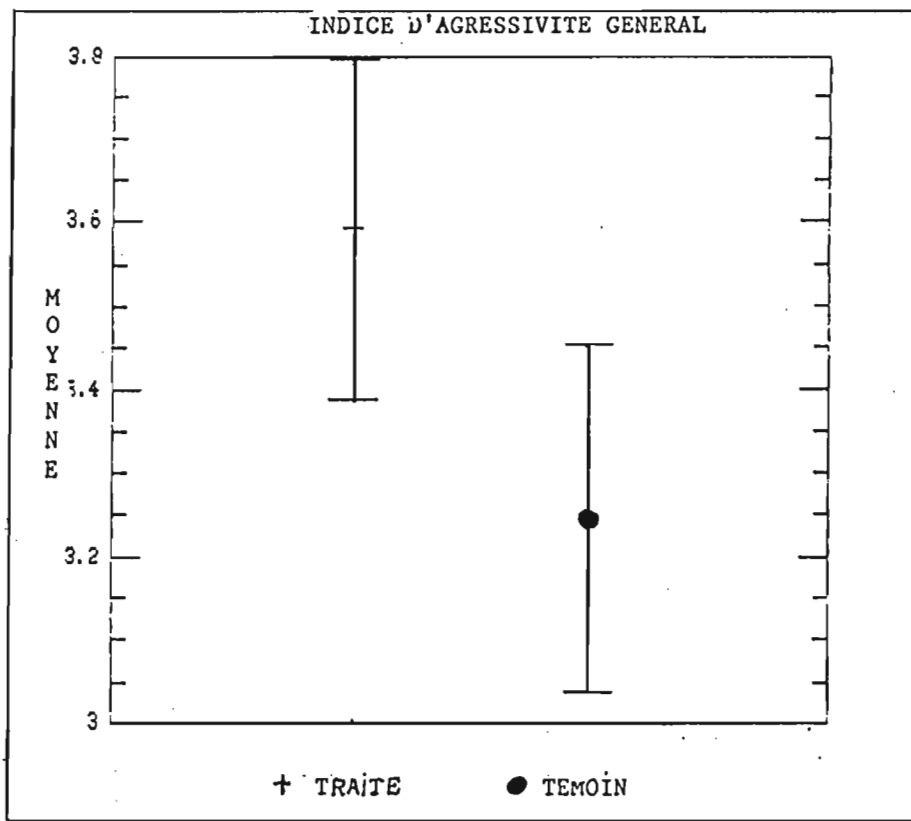


Figure 5 : Indice d'agressivité global, 13 mois après traitement.
(intervalle de confiance à 95 %)

+ ilot traité

● ilot témoin

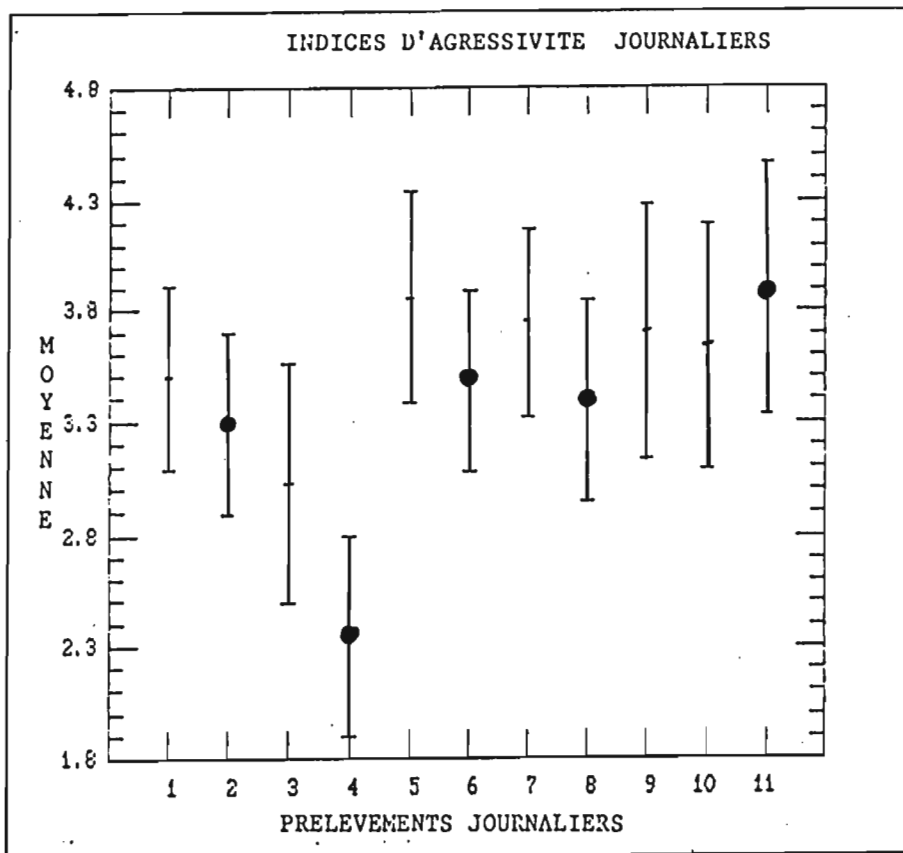


Figure 6 : Indice d'agressivité journalier, 13 mois après traitement
(intervalle de confiance à 95 %)

+ ilot traité

● ilot témoin

	AVANT TRAITEM	3 MOIS TEREIA	6 MOIS TEMOIN	6 MOIS TEREIA	6 MOIS TEMOIN	12 MOIS TEREIA	12 MOIS TEMOIN
EN EAU	80	133	28	88	27	79	24
EAU SEULE	26	27	18	37	13	38	11
AVEC AEDES POLYNESEIENSIS	11	5	8	7	13	22	13
AVEC MESOCYCLOPS ASPERICORNIS	42	115	0	53	0	19	0
AVEC AP + MA	1	4	0	9	0	2	0
TERRIERS SECS	204	244	11	118	67	862	158
NBRE TOTAL EXAMINE	284	569	176	284	107	941	182

Tableau 3 : Résultats globaux obtenus sur les terriers de crabe.

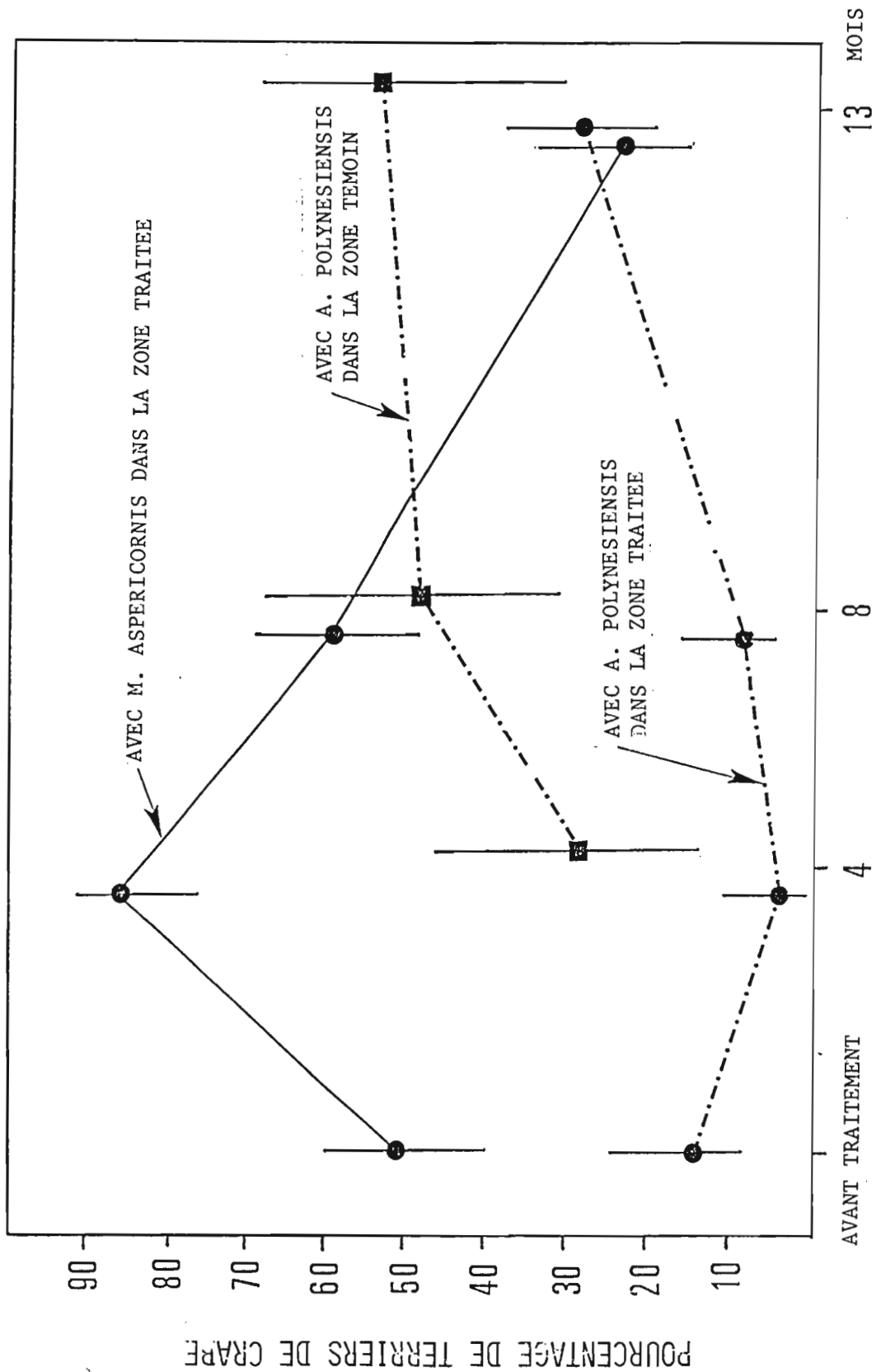


Figure 7 : Comparaison des résultats obtenus sur les terriers de crabe, avant traitement, 4, 8 et 13 mois après (pourcentage de terriers avec *A. polynesiensis*, *M. aspericornis* dans les zones traitée et témoin)

ADULT AEDES POLYNESEIENSIS

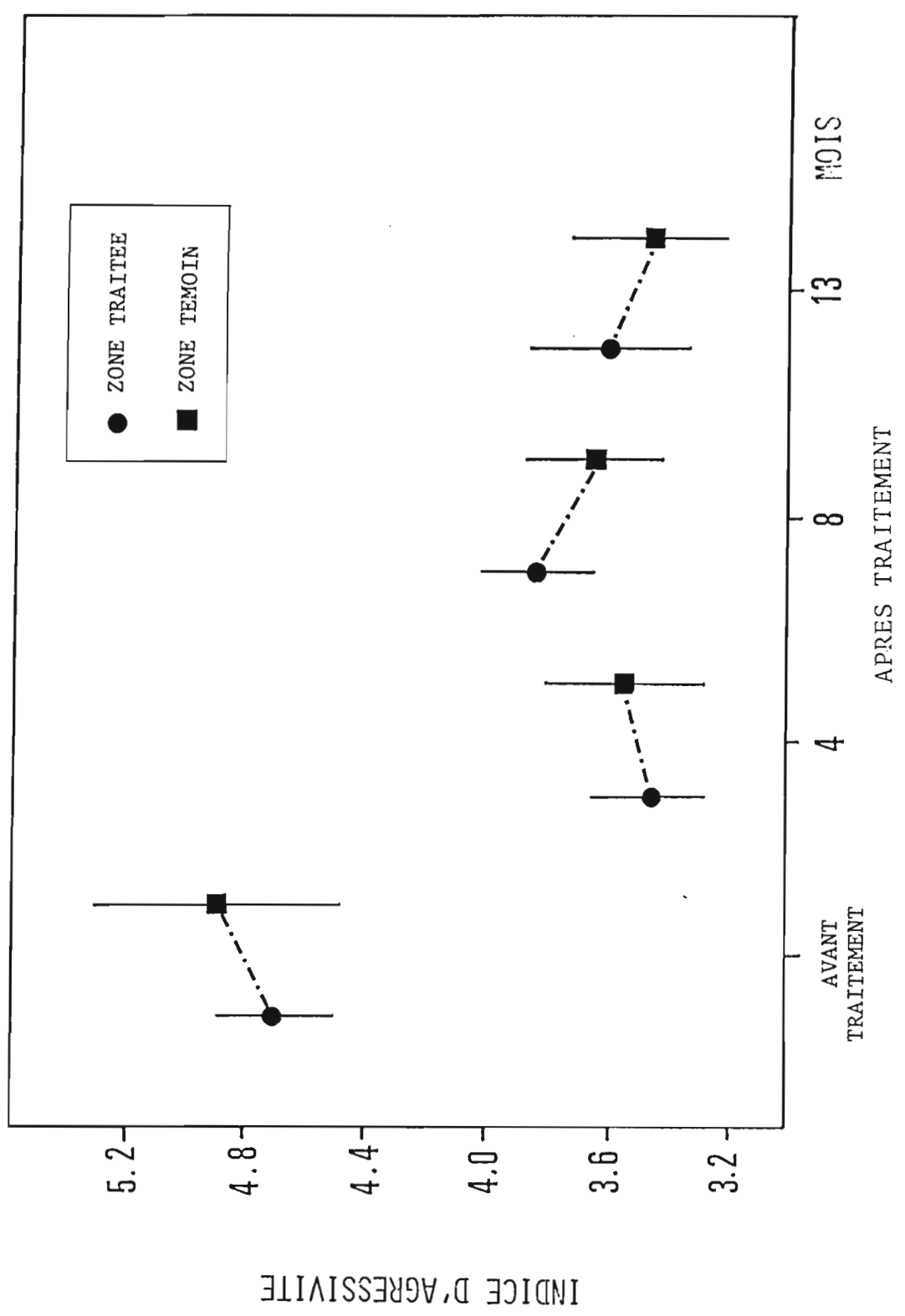


Figure 8 : Comparaison des indices d'agressivité globaux obtenus avant traitement, 4, 8 et 13 mois après (intervalle de confiance à 95 %)

Aussi, on est amené à penser que la méthode de lutte testée ne convient pas pour contrôler les populations culicidiennes issues des terriers de crabe.

2.4 - Discussion

L'inoculation des terriers de crabe terrestre par *M. aspericornis* a provoqué une baisse significative de la proportion de gîtes hébergeant *A. polynesiensis*. Cette baisse ne s'est malheureusement pas maintenue au delà de quatre mois.

A 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 causes peuvent être invoquées : la non résistance du copépode à la dessiccation du gîte (en liaison avec les mouvements de la nappe phréatique), la non résistance du copépode 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 périclitement de la population de copépodes dans certains terriers ... Par ailleurs, même si l'ilôt traité peut paraître isolé au moment des échantillonnages, des conditions météorologiques différentes antérieures ont peut être facilité des migrations que l'on a pas pu estimer. De même, le très faible flux migratoire constaté a peut être suffi, à long terme, à équilibrer les populations des adultes entre les deux îlots. 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 *Tolypocladium 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.

Pour notre expérience, 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.

2.5 - Conclusion

A moins d'obtenir des souches de copépodes résistantes à la dessiccation et à des salinités de l'ordre de 10 ‰, les

traitements à grande échelle des terriers du crabe *Cardisoma carnifex* ne sont pas à conseiller en Polynésie française. Les coûts d'applications de la méthode sont trop élevés pour un résultat peu durable. L'action de prédation du copépode n'est pas à remettre en cause. C'est plutôt le type des gîtes mêmes qu'il faut sélectionner pour espérer de bons résultats. De toute évidence, les terriers de *Cardisoma carnifex* ne répondent pas aux critères d'application. C'est pourquoi, nos études se sont tournées vers une autre application possible : l'utilisation de *M. aspericornis* dans des citernes d'eau des villages des Tuamotu. C'est cette expérience qui est présentée dans les paragraphes suivants.

3 - ESSAI DE LUTTE BIOLOGIQUE DANS LE VILLAGE DE TIKEHAU

3.1 - Contexte - Buts de l'expérimentation

Dans le village de Tikehau (fig. 1), le but de l'étude est de tester, au niveau du village tout entier, l'efficacité du copépode *Mesocyclops aspericornis* pour le contrôle des populations d'*Aedes polynesiensis* et d'*Aedes aegypti*. De plus, compte tenu des types de gîtes rencontrés dans le village (cf paragraphe suivant), la lutte par *M. aspericornis* (au niveau des citernes d'eau) sera renforcée par l'introduction du poisson larvivore *Gambusia affinis* dans les puits et les mares à ciel ouvert.

Les deux espèces d'*Aedes* précédemment citées (*A. aegypti* et *A. polynesiensis*) sont présentes dans le village, avec leurs gîtes caractéristiques des zones villageoises (LARDEUX et al., 1987 b) : ce sont les réserves d'eau de pluie constituées par des fûts de 200 l, des bacs en ciment de quelques m³, des puits à ciel ouvert ...). Ces gîtes sont continuellement en eau et conviennent donc parfaitement au développement des populations de copépode, contrairement aux terriers de crabes. Les réservoirs en ciment, dont les dimensions peuvent atteindre plusieurs mètres de long sur 2 ou 3 de large et 2 de haut, sont caractéristiques des volumes de stockage d'eau de pluie dans les villages des atolls polynésiens où l'eau courante (ruisseaux, rivière etc...) n'existe pas.

A Tikehau, les petits gîtes péridomestiques (boîtes de conserves, vieux pneus etc...) sont absents en raison d'un ramassage municipal des ordures. Par ailleurs, les associations religieuses locales veillent à la propreté générale du village. Tikehau est en fait, le prototype du village polynésien. Sa superficie modeste en fait un lieu d'expérimentation idéal pour la lutte biologique.

A ceci, on peut ajouter que les écosystèmes où se développent les *Culicidae* sont relativement simples dans ces villages : les larves de moustiques n'ont actuellement que peu (ou pas) de prédateurs naturels (il existe quelques Odonates peu nombreux). Aucun prédateur (poisson) n'a été trouvé dans les mares à ciel ouvert. Ces observations incitent à penser que la lutte biologique contre les *Culicidae*, à l'aide de prédateurs, peut obtenir de bons résultats.

31.1 - Simulation au laboratoire

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*. Une expérience de 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 *M. aspericornis* (une dizaine d'individus seulement). Un quatrième bassin, sans copéode, a servi de témoin.

Les résultats apparaissent à la figure 9. On constate :

- qu'en l'absence de *M. aspericornis* (bassin témoin), *Aedes aegypti* se développe considérablement. Ce bassin a toutefois dû être assèché 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 copéode *M. aspericornis* a réussi à les juguler parfaitement après trois semaines environ. Depuis, aucune larve d'*Aedes* de stade 2 ou plus n'a été observée dans ces bassins. L'expérience dure depuis plus d'un an et *M. aspericornis* est toujours aussi efficace.

31.2 - Résultats attendus

A Tikehau, le traitement est programmé du 22 au 30 janvier 1990. Les résultats attendus sont les suivants :

- Contrôle efficace des populations d'*Aedes aegypti*, inféodées aux gîtes péridomestiques.
- Contrôle partiel des populations d'*Aedes polynesiensis*, car moins inféodées aux gîtes péridomestiques (des cocoteraies entourant le village sont les "réservoirs" de l'espèce.
- Diminution significative des populations de *Culex sp.* (à l'aide du poisson *G. affinis*)

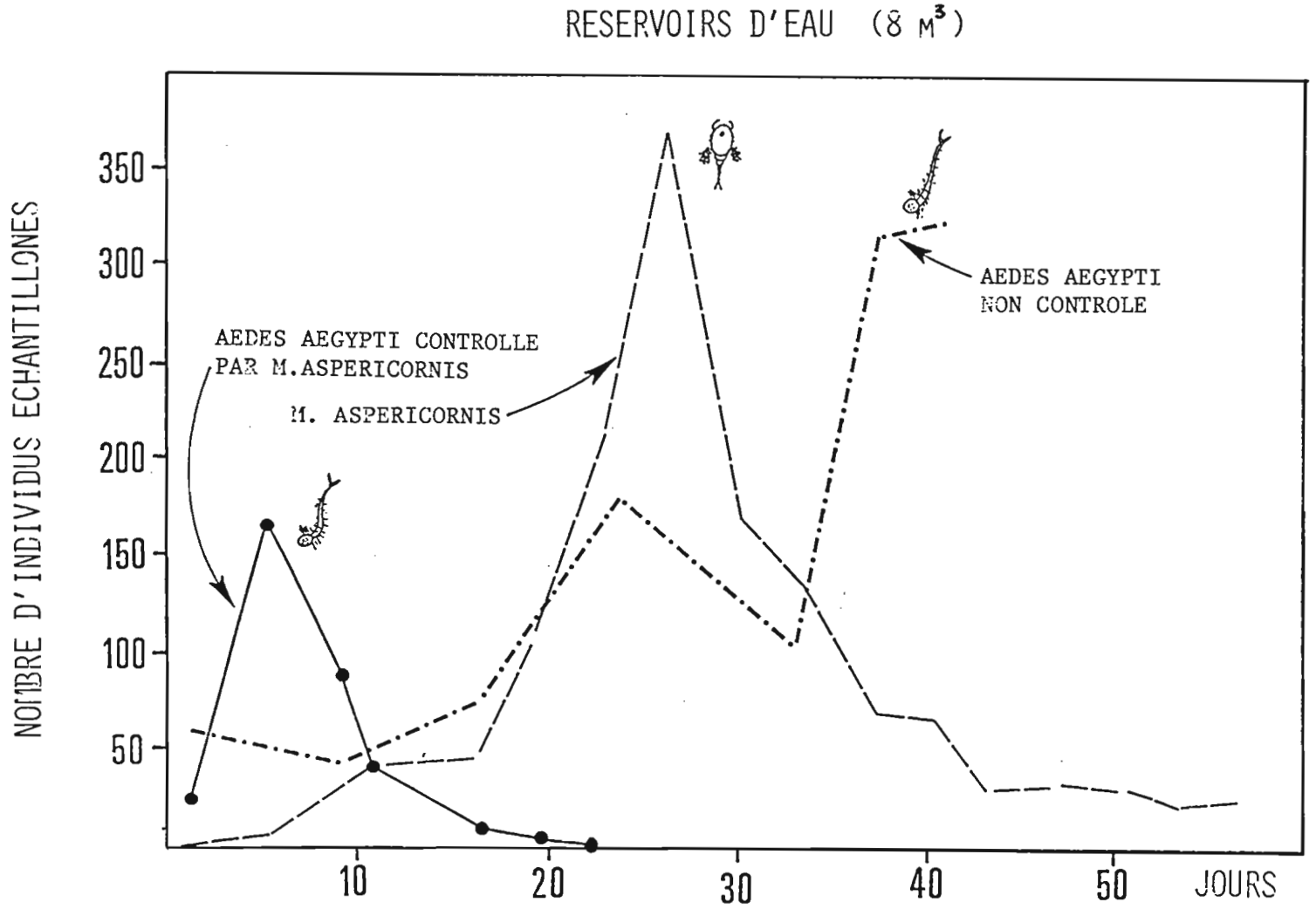
Globalement, les populations d'*Aedes* seront la cible de *M. aspericornis*, et celles de *Culex*, la cible de *G. affinis*. Comme ces populations de moustiques n'ont pas les mêmes gîtes larvaires (cf. paragraphe ultérieur), l'utilisation de ces deux prédateurs non compatibles ne pose pas de problème dans les villages.

3.2 - Chronologie des travaux effectués dans le village

Cinq missions d'une semaine ont déjà été effectuées :

- Mars 1987 : cette mission n'était pas alors ciblée sur l'étude du village mais plutôt sur la recherche de zones rurales favorables à l'expérimentation du type de celle de Rangiroa (cf. LARDEUX et al. 1987). Cette mission a cependant permis de découvrir ce village et de constater qu'il serait un bon candidat à une expérimentation de lutte biologique en milieu urbain.
- Juin 1988 : Prospection du village. Prospection de tous les gîtes larvaires (étude exhaustive, vu la taille du village). Première observation de saison sèche. La conclusion de cette mission a été la mise en évidence de l'adéquation du village à une étude expérimentale de lutte biologique.
- Octobre 1988 : idem juin 1988 (mais fin de saison sèche- début de saison des pluies). Sensibilisation des villageois à l'action de lutte biologique prévue : Démonstration, "au

Figure 9 : Traitement, au laboratoire, d'une citerne de 8 m³



laboratoire" de l'efficacité du copépode *M. aspericornis* et du poisson larvivoire *Gambusia affinis*. Mise en place d'un suivi des populations d'*Aedes* par un réseau de pondoirs pièges (type O.M.S) relevés toutes les semaines.

- Janvier 1989 : Observation de saison des pluies : prospection larvaire dans tout le village. Mise en place d'un suivi des populations d'*Aedes* complémentaire aux pondoirs-pièges : la capture sur appât humain. Les données sont recueillies toutes les semaines (cf description dans un paragraphe ultérieur).
- Mai 1989 : Observations de début de saison sèche : prospection de l'ensemble des gîtes larvaires dans tous le village.

La prospection des gîtes larvaires, le relevé hebdomadaire des pondoirs pièges et les captures quotidiennes sur appât humain doivent être effectués pendant une période d'au moins un an. Cette longue période d'observation avant traitement est nécessaire (mais peut être pas suffisante) puisqu'on ne dispose pas, comme pour les terriers de crabes, d'une zone témoin (ici, un village) équivalent. C'est la seule manière d'appréhender l'effet de la lutte biologique : disposant d'un ordre de grandeur des variations de la dynamique culicidienne avant traitement (d'où une longue période d'observation), on pourra la comparer à celle observée après le traitement.

3.3 - Le milieu physique

33.1 - Le village

Tikehau est un atoll de l'archipel des Tuamotu, situé à environ 250 km au nord-est de Tahiti. Bien que quelques maisons de pêcheurs existent autour de la seule passe de l'atoll, l'essentiel de la population de cet atoll est regroupé dans un seul village, situé à quelques km de la passe. Ce village est bâti sur un îlot d'environ 240 hectares. Une centaine de maisons sont réparties de part et d'autre de deux ruelles, sur une distance d'environ 1,5 km. Quelques maisons isolées, situées à la pointe nord de l'île complètent cette urbanisation.

Comme dans tous les atolls de Polynésie (et quelques îles hautes), il n'existe pas d'eau courante (ruisseaux, rivières etc...). Les seules ressources en eau sont celles de la nappe phréatique (pas toujours potable), atteinte par des puits et des mares creusées à ciel ouvert, et l'eau de pluie, qui est recueillie par des systèmes de gouttières en liaison avec les toits de tôles des maisons. Cette eau de pluie est stockée dans des réservoirs bâtis à cet effet. On distingue :

- des réservoirs en ciment, à ciel ouvert, d'environ 2m de haut pour 2 à 3 m de diamètre ou de coté.
- des réservoirs identiques, mais plus ou moins couverts
- des réservoirs enterrés, de dimensions équivalentes ou plus grandes, généralement bien fermés.

Tous ces systèmes de récupération d'eau sont susceptibles d'héberger des larves de moustique.

L'organisation du village est centralisée par une mairie qui se charge du ramassage des ordures ménagères. A ce titre, on ne

trouve pas de petits gîtes péridomestiques classiques (boîtes de conserves, vieux pneus etc...), d'autant plus que les associations religieuses veillent aussi au maintien de la propreté.

33.2 - Climatologie

Le climat est tropical, avec une saison "pluvieuse" qui s'étend de novembre à avril-mai et une saison plus sèche de mai à septembre.

3.4 - Les espèces de *Culicidae* - gîtes potentiels

A Tikehau, seules quatre espèces de *Culicidae* ont été inventoriées dans les gîtes larvaires du village, au cours des diverses missions. Ce sont :

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

Comme on l'a déjà signalé précédemment, tous les réceptacles contenant de l'eau sont susceptibles de servir de gîtes larvaires à ces espèces. On détaillera dans le paragraphe "résultats" les interactions entre les types de gîtes et les espèces qui y pondent. On peut déjà signaler les divers types de gîtes répertoriés à Tikehau. Ces gîtes ont été classés arbitrairement en 8 types. Ces types sont les suivants :

- Type 1 : des puits plus ou moins bien recouverts (tôles, planches)
- Type 2 : des puits à ciel ouvert + mares
- Type 3 : des fûts de 200 l
- Type 4 : des réservoirs en ciment (de 6 à 10 m³) recouverts de tôles ou de planches
- Type 5 : des réservoirs en ciment à ciel ouvert
- Type 6 : des réservoirs en ciment souterrains
- Type 7 : d'autres réservoirs (de 1 à 3 m³, généralement en fer)
- Type 8 : des petits gîtes divers (pots etc...)

Les types 1, 2, 3 et 4 représentent l'essentiel des gîtes rencontrés dans le village. Les autres types peuvent être considérés comme secondaires.

On peut déjà signaler qu'à chaque mission, toutes les maisons du village avaient au moins un gîte qui hébergeait une espèce de *Culicidae*.

3.5 - Méthodes d'étude

35.1 - Paramètres entomologiques étudiés

Les paramètres choisis pour tester l'efficacité de la méthode de lutte sont :

- La présence de formes larvaires dans les différents gîtes.
- L'agressivité des moustiques adultes (captures sur appât humain)

En ce qui concerne l'observation des formes larvaires, deux types d'expérimentation sont utilisés :

- l'échantillonnage dans les gîtes péri-domestiques.
- le suivi hebdomadaire de pondoirs-pièges.

L'ensemble des observations constitue des séries temporelles (des suivis dans le temps), qui oscillent autour d'une "moyenne" caractéristique du "niveau" d'abondance des *Culicidae*. Ces séries, si elles sont assez longues, permettent donc d'extraire une tendance qu'il est alors possible de comparer à une autre tendance, obtenue après un traitement. L'efficacité du traitement se juge alors par la différence de niveau que l'on constate entre les deux tendances.

Ces séries peuvent être qualitatives. C'est le cas par exemple pour les gîtes péri-domestiques. Dans ce cas, on espère que l'ensemble des gîtes très souvent positifs avant traitement deviennent négatifs après traitement et le restent.

Ces séries peuvent aussi être quantitatives. Ce peut être le cas pour les captures de moustiques adultes et pour les relevés des pondoirs pièges.

35.2 - Echantillonnage dans les gîtes péri-domestiques

L'échantillonnage des formes larvaires se fait par sondage et/ou observation visuelle dans les gîtes (chaque mission sur le terrain donne lieu à un relevé exhaustif de ces gîtes).

Seule une méthode qualitative (présence-absence) ou à la rigueur semi-quantitative peut être utilisée en raison des difficultés d'accès de certains gîtes. En effet, bien souvent la seule possibilité d'échantillonnage est de passer, au jugé, un petit filet dans les citernes ou les puits. Dans ces conditions, le dénombrement exact des larves capturées ne peut pas refléter le niveau exact d'infestation du gîte. Parfois, seule l'observation visuelle de certains gîtes est possible. Dans ce cas, on note simplement l'absence ou la présence de formes larvaires, que l'on identifie si possible entre *Culex* sp. et *Aedes* sp. L'observation visuelle est cependant plus sujette à caution puisque les premiers stades larvaires passent souvent inaperçus avec cette technique (cela peut être le cas pour les grands réservoirs, d'accès peu aisé, sombres, avec un niveau d'eau situé parfois à plus d'un mètre de l'observateur).

35.3 - Pondoirs piège

Le suivi hebdomadaire des pondoirs pièges (type O.M.S.) est fait par un observateur résidant en permanence dans le village.

59 pondoirs ont été placés dans tout le village. Ces pondoirs sont disposés à raison d'un exemplaire par maison. Au total près de 75 % des maisons du village sont surveillées par ce dispositif.

Les baguettes-pièges sont relevées toutes les semaines et l'eau résiduelle dans les pondoirs est filtrée. Ces prélèvements sont envoyés au laboratoire de Tahiti où un dépouillement standard des données est effectué (comptage exact des oeufs, éclosion et identification des espèces etc...). Ce type de prélèvements permet d'avoir un suivi temporel de la dynamique des populations d'*Aedes*.

35.4 - Captures sur appât humain

Ce suivi du nombre de femelles agressives complète les données recueillies avec les pondoirs-piège.

Un observateur résident du village capture sur lui-même les femelles de moutiques, selon la même technique que celle adoptée pour l'étude d'*Aedes polynesiensis* inféodé aux terriers de crabe. La durée de capture est ici de 15 minutes et les captures ont lieu le soir entre 16 h et 18 h. Cinq groupes de six maisons ont été définis. Chaque groupe est visité à tour de rôle, un par jour. Ces échantillonnages ont lieu les lundi, mardi, mercredi, jeudi et vendredi. Au total, 30 maisons sont échantillonnées par semaine. Ces mêmes maisons sont ré-utilisées d'une semaine à l'autre. Chaque groupe de six maisons a été choisi de façon à ce que l'ensemble des groupes soit dispersé sur tout le village. Chaque groupe de maisons représente un "quartier" du village. Ces captures ont débuté en janvier 1989. Elles seront poursuivies selon le même protocole, après traitement.

3.6 - Résultats (avant traitement)

36.1 - Typologie des gîtes larvaires

La classification adoptée pour les gîtes larvaires (définition de 8 types) est relativement arbitraire. De plus, les limites entre certains types ne sont pas forcément exactes. Par exemple, certains puits "couverts" (type 1), peuvent passer dans la catégorie des puits à ciel ouvert (type 2) et vice-versa. De même, certaines citernes (type 4), peuvent passer au type 5 ou 6. Quoiqu'il en soit, ces changements de catégorie sont limités.

La figure 10 indique l'évolution du nombre de gîtes au cours des 4 missions (juin 1988, octobre 1988, janvier 1989 et mai 1989). On constate que les types 1, 2, 3 et 4 sont les plus importants en nombre. C'est ce qui avait déjà été signalé dans un paragraphe précédent. De plus, le nombre de gîtes de types 1, 2 et 4 (puits, mares et citernes plus ou moins couvertes) reste relativement stable (mis à part quelques variations dues aux changements de catégories précédemment signalés).

Par contre, le type 3 (fûts de 200 l) semble être en régression. Ceci est vraisemblablement le résultat des explications données aux villageois au cours de chaque mission, pour les inciter à se débarrasser autant que possible des réservoirs d'eau inutiles (dont les fûts de 200 l sont l'exemple le plus marquant).

36.2 - Dynamique de population des *Culicidae*

362.1 - Prospection des gîtes larvaires

Pour chaque type de gîte important (type 1, 2, 3 et 4), la proportion de ceux hébergeant des formes larvaires est toujours très élevée : au delà de 60 %, et ceci quelque soit la saison (fig. 11).

Les divers types de gîtes sont occupés de façon préférentielle par les différentes espèces de *Culicidae*. Par exemple, *Aedes aegypti* est présent surtout dans les fûts de 200 l, les puits "couverts" et les citernes "couvertes".

Inversement, *Culex quinquefasciatus* est surtout présent dans les puits à ciel ouvert et les mares (type de gîte n°2). Ses larves se retrouvent aussi dans les fûts de 200 l.

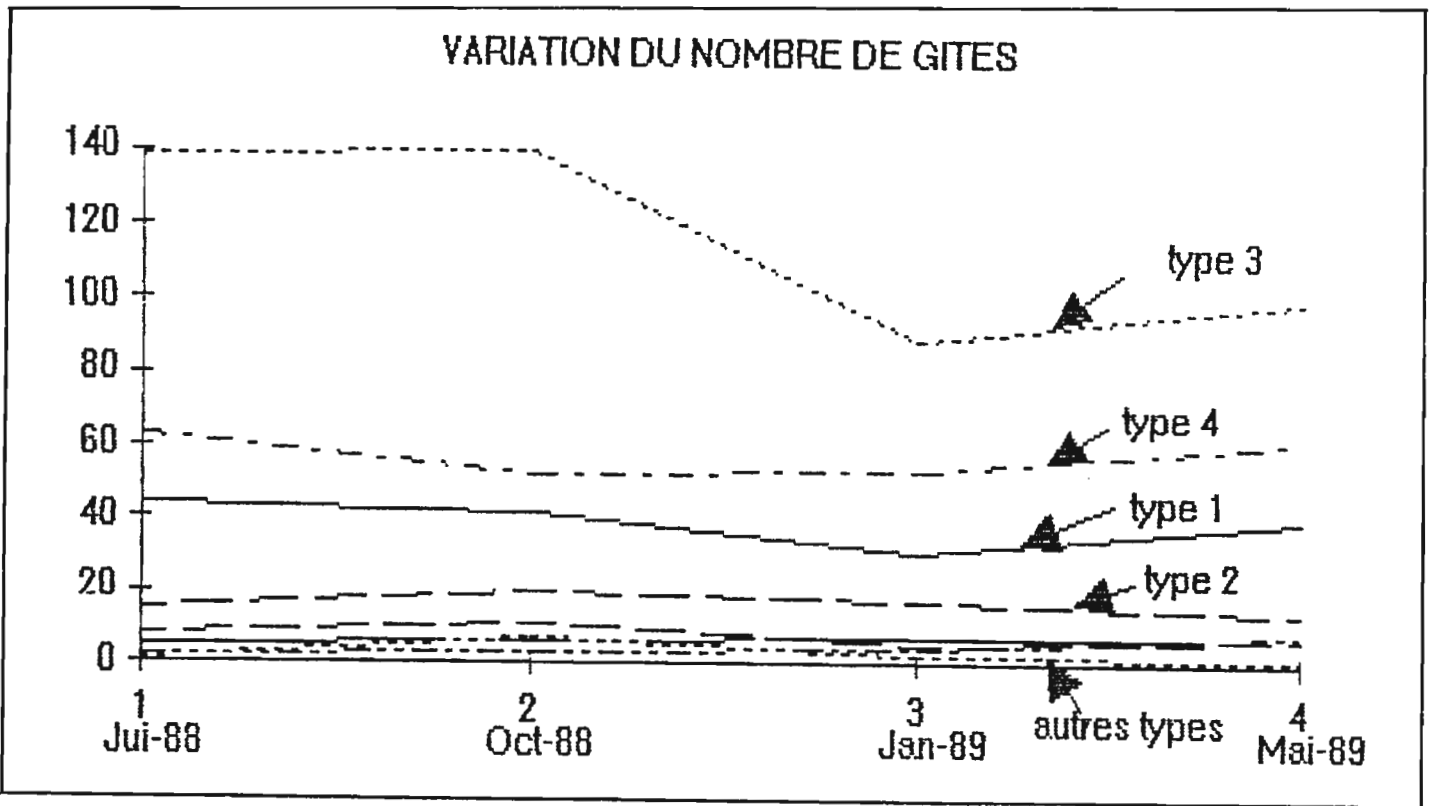


Figure 10 : Evolution du nombre de gîtes larvaires à Tikehau entre juin 1988 et mai 1989

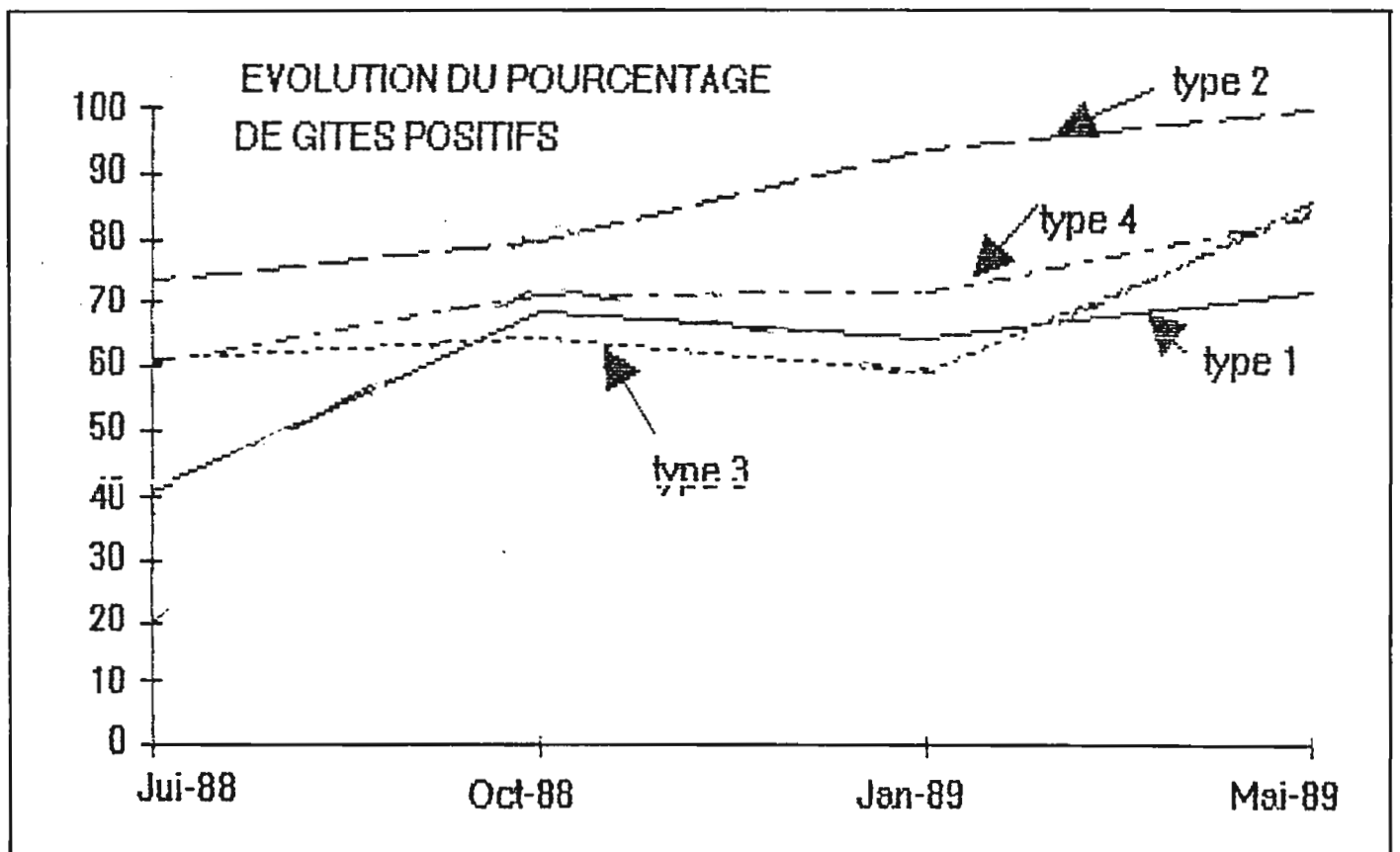


Figure 11 : Evolution temporelle du pourcentage de gîtes positifs, selon les types de gîte

A. polynesiensis est peu présent et ses gîtes sont un peu similaires à ceux d'*Aedes aegypti*. Cependant, il est très rarement présent dans les puits à ciel ouvert.

C. annulirostris est l'espèce typique des mares et puits à ciel ouvert.

Ces résultats se retrouvent dans la figure 12.

En conclusion, on peut dire qu'*Aedes aegypti* est typiquement inféodé aux gîtes péri-domestiques : puits "couverts", citernes "couvertes", fûts de 200 l. *Culex quinquefasciatus* semble lui aussi être une espèce liée aux activités de l'homme mais ses gîtes sont constitués par des lieux "ouverts" : puits à ciel ouverts, mares, fûts de 200l. *Aedes polynesiensis* a un comportement identique à *Aedes aegypti* (on ne le trouve jamais dans les mares et puits à ciel ouvert) mais est en nombre limité dans le village. Il en est de même du nombre de *C. annulirostris* dont les gîtes sont, cette fois, typiquement ruraux (mares).

La répartition de ces espèces en fonction du type de gîte correspond bien à l'application de lutte biologique envisagée : *M. aspericornis* contre les *Aedes* dans les gîtes de type "couvert" et le poisson *G. affinis* contre les *Culex* dans les gîtes de type "ouvert".

362.2 - Pondoirs pièges

Les résultats sont résumés dans la figure 13.

Sur l'ensemble des 59 pondoirs pièges disposés dans le village, on remarque que chaque semaine, une très forte proportion d'entre eux est positive. Celle-ci avoisine 80 % sur toute la série d'observations.

Parallèlement, la proportion de pondoirs hébergeant *Aedes aegypti* (sur les 59 relevés chaque semaine) est aussi très élevée, entre 60 et 70 %. Par contre, *Aedes polynesiensis* a une présence fluctuante, difficile à interpréter simplement. Ceci peut être lié d'une part au fait qu' *A. polynesiensis* pond moins facilement dans ce type de gîte et d'autre part, à sa moindre abondance dans le village, comme cela a été constaté précédemment.

362.3 - Captures sur appât-humain

L'histogramme général de répartition des captures est donné à la figure 14. 1314 captures de 15 mn ont été effectuées entre janvier 1989 et novembre 1989 (celles-ci ont d'ailleurs toujours lieu). Elles donnent, sur l'ensemble de la période étudiée, une moyenne de 6 à 7 moustiques par station. Seules quelques stations ont donné, une fois, une abondance relativement élevée (30 ou 50 moustiques). Les captures négatives n'ont jamais eu lieu : un moustique au moins a toujours été capturé.

De manière générale, les fluctuations dans le nombre des moustiques capturés par semaine n'ont pas pu être mises en corrélation avec le niveau de pluviométrie observé durant cette même période ou une période légèrement antérieure (pour tenir compte de la durée de développement larvaire et d'émergence dans les gîtes). Ceci apparaît à la figure 15. Ce phénomène de non dépendance directe de l'abondance "hebdomadaire" des moustiques avec les pluies vient vraisemblablement du fait que les gîtes incriminés sont continuellement en eau, en saison sèche comme en saison des pluies.

Toutefois, si on observe les fluctuations saisonnières des captures (fig. 16), on remarque que globalement, elles sont plus élevées durant les saisons pluvieuses (de novembre à avril-mai : semaine 44, 45, 46, 1 à 18) et en diminution durant la saison

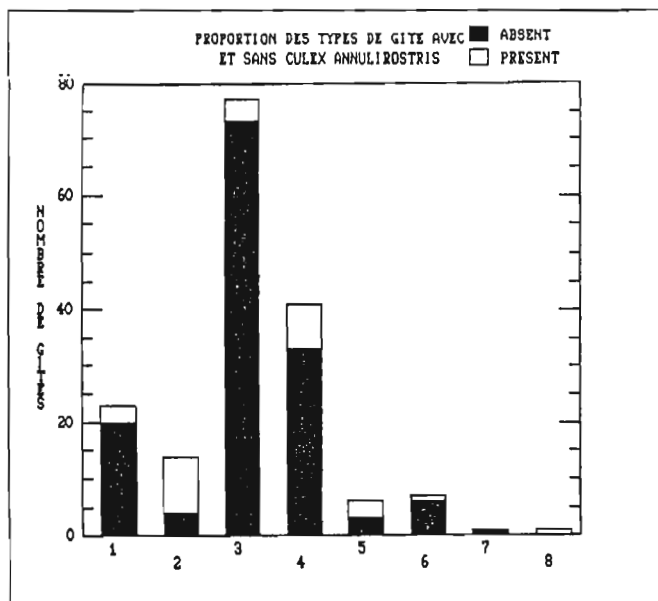
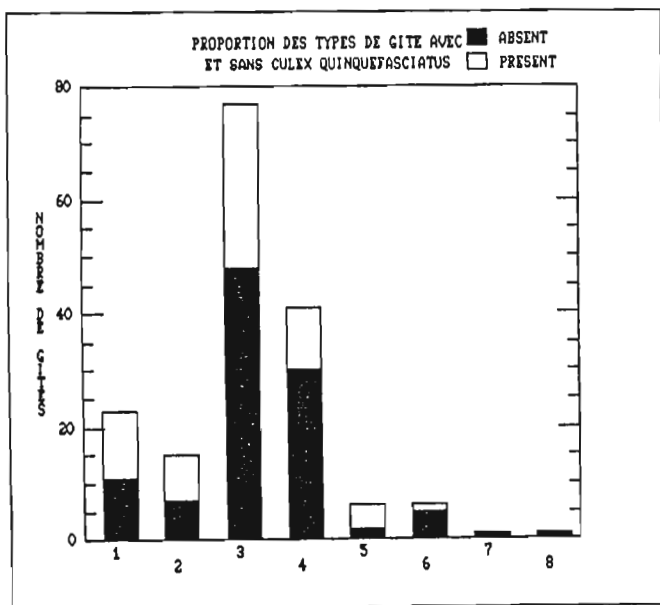
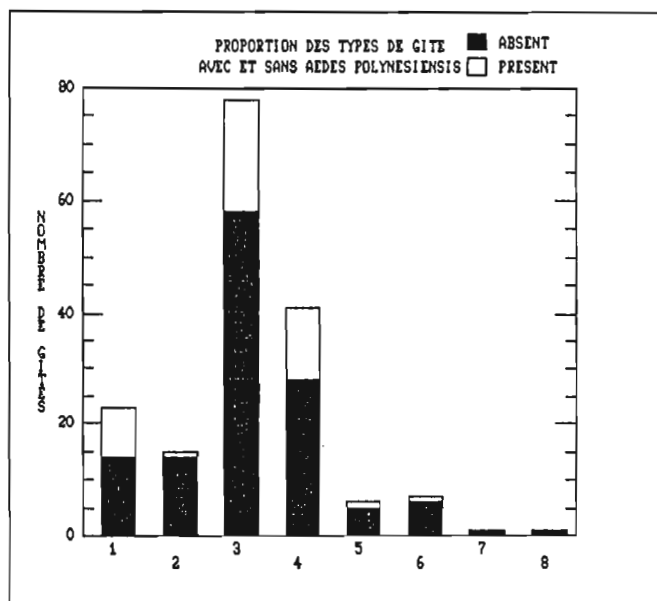
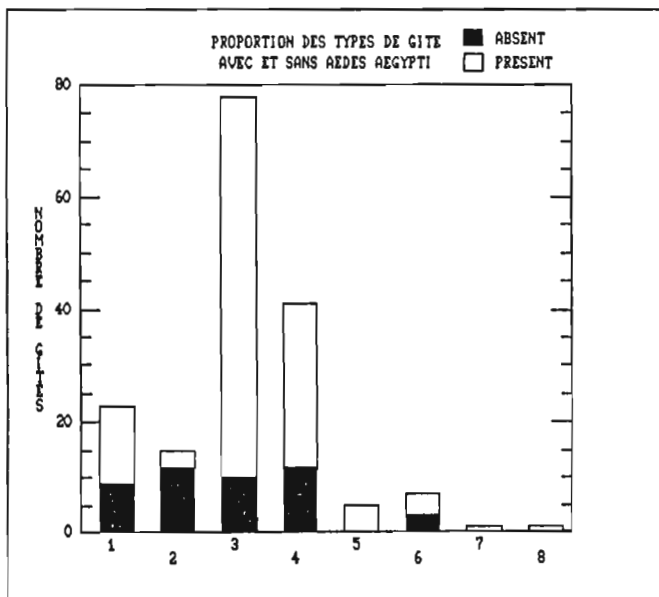


Figure 12 : Typologie des gîtes larvaires à Tikehau. Proportion d'occupation des gîtes par les 4 espèces de Culicidae du village

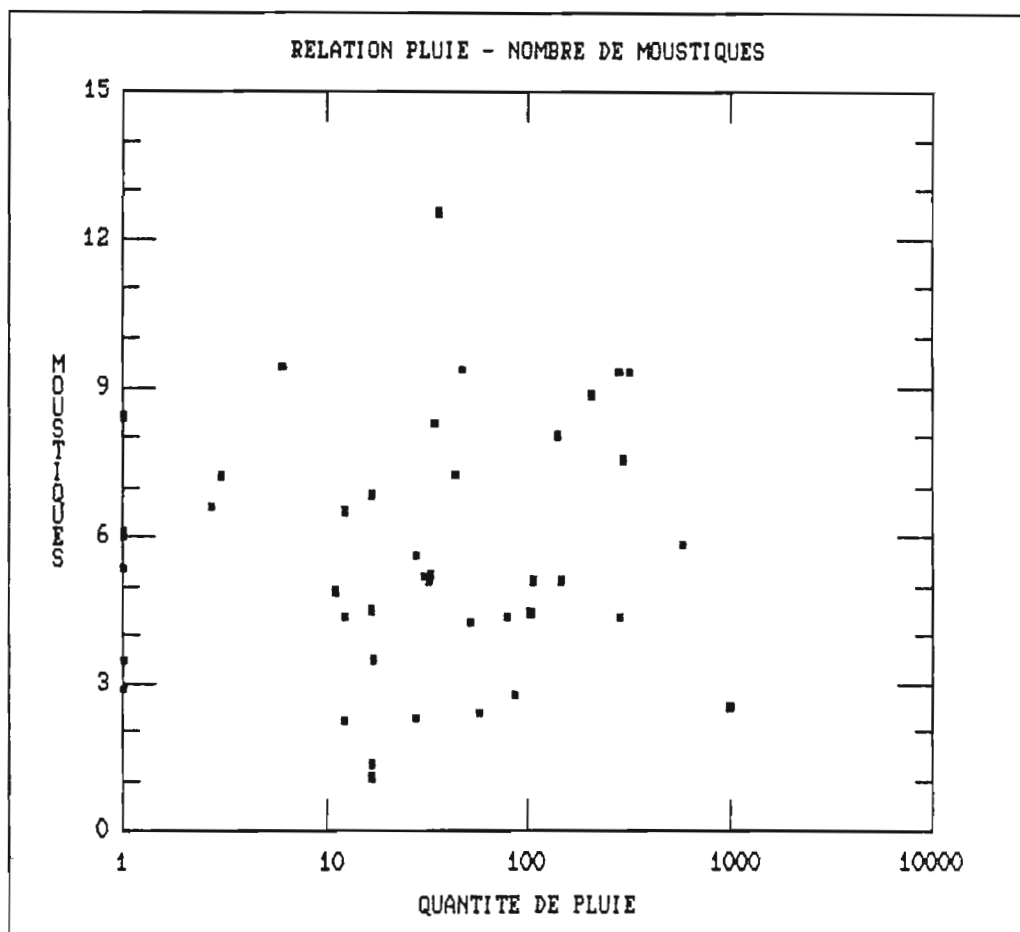


Figure 15 : Corélation pluie - nombre de moustiques capturés

"sèche" (de mai à septembre : semaine 17 à 43). Ceci est vraisemblablement dû, en saison pluvieuse, à un meilleur taux de survie des moustiques, donc à une longévité accrue et, en corollaire, à une abondance plus importante. De plus, les gîtes ayant une quantité d'eau plus importante, leur "carrying capacity" est augmentée et facilite la croissance d'un nombre plus important de larves.

L'évolution saisonnière par quartier de village suit, dans chacun de ceux-ci une évolution identique à l'allure générale (fig.17 à 21). Le niveau moyen des captures dans chaque quartier est d'ailleurs identique (fig.22), d'environ 6 moustiques. Le quartier 5 se démarque du groupe mais cet effet est artificiel puisque ce quartier n'a été échantillonné qu'à partir de la semaine 14 (avril), qui correspond au début de la saison sèche, donc à une abondance moindre de moustiques.

3.7 - Discussion

37.1 - Introduction de poissons larvivores

Comme on l'a déjà signalé, aucun poisson n'a été recensé dans les mares et puits à ciel ouvert. A Tikehau, il n'existe aucun poisson d'eau douce à l'état naturel. De fait, l'introduction de *G. affinis* ne peut être qu'un élément favorable pour la lutte contre les *Culicidae*. L'introduction d'un tel prédateur, nouveau pour le biotope, ne peut qu'apporter une amélioration certaine dans la non prolifération des *Culicidae* qui n'ont, pour le moment, aucun prédateur sérieux.

De plus, contrairement au copépode *M. aspericornis*, ce poisson larvivore n'a aucune préférence entre les espèces de *Culicidae* qu'il consomme selon la même intensité. La pression de prédation est importante et suffisante pour réguler les populations larvaires se développant dans les petits gîtes à ciel ouvert (puits, mares) où les *Culex* abondent.

37.2 - Introduction de *Mesocyclops aspericornis*

M. aspericornis se doit d'être introduit dans tous les gîtes où les poissons ne peuvent se maintenir. En effet, ce copépode est capable de survivre dans des gîtes où règne l'obscurité la plus totale. On fera donc appel à lui pour réguler les populations d'*Aedes* se développant dans les citernes réservoirs, souvent recouvertes, ainsi que les puits où la lumière n'accède pas.

37.2 - Conseils dans l'utilisation de *Mesocyclops aspericornis*

M. aspericornis est efficace sur les larves d'*Aedes* sp. Toutefois, son utilisation est soumise à un certain nombre de contraintes :

- Ne pas introduire le copépode dans des gîtes risquant une déshydratation totale.
- Ne pas introduire dans un même gîte, d'autres prédateurs susceptibles de détruire les populations de copépodes (poissons, etc...)
- Eviter de nettoyer les gîtes (type citerne en ciment etc...) avec des produits toxiques (eau de javel par

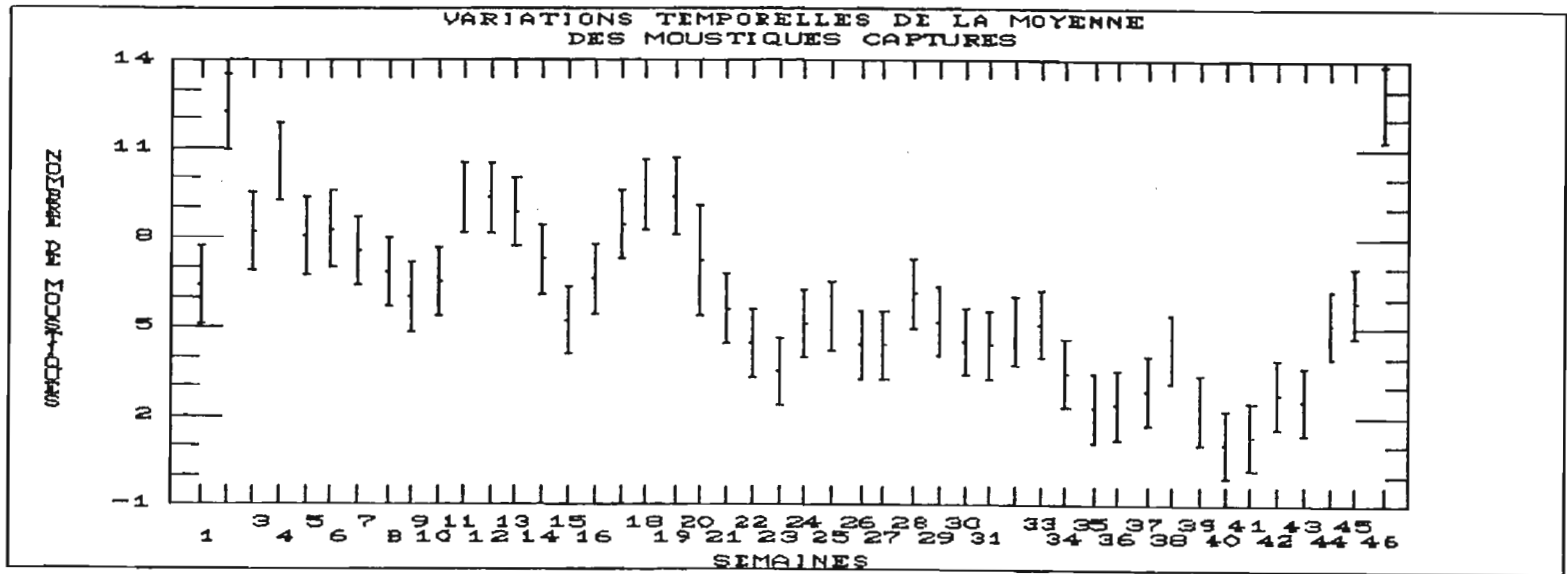


Figure 16 : Fluctuations saisonnières du nombre d'Aedes capturés.

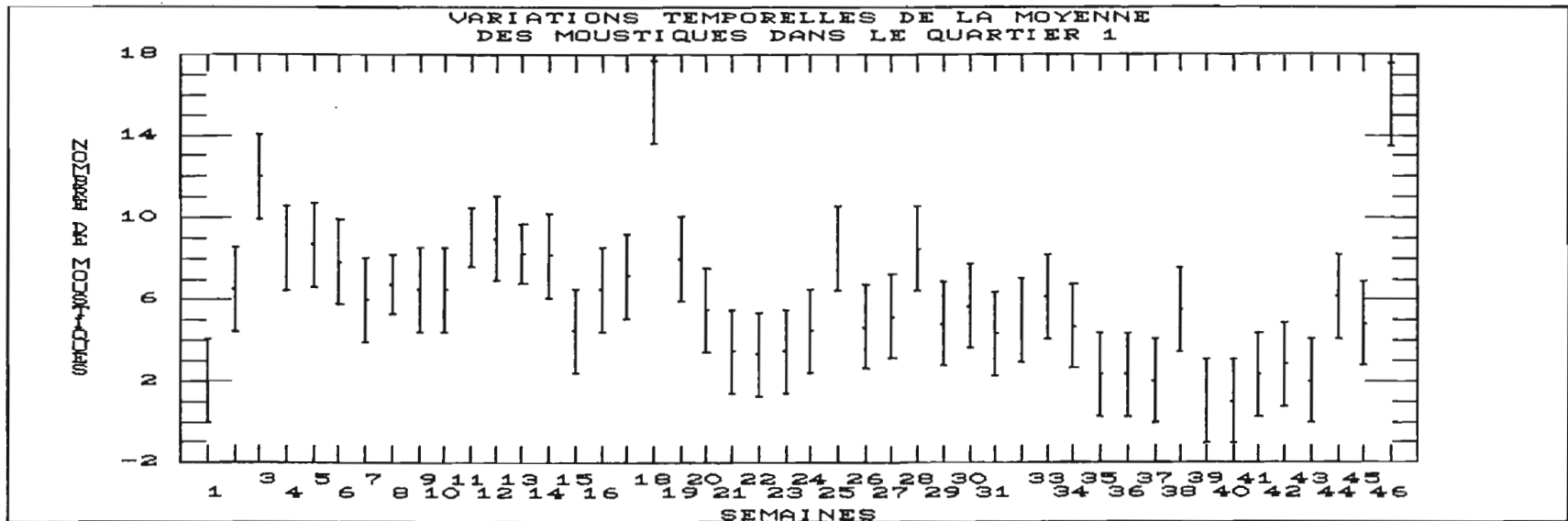


Figure 17 : Fluctuations saisonnières du nombre d'Aedes capturés dans le quartier n° 1.

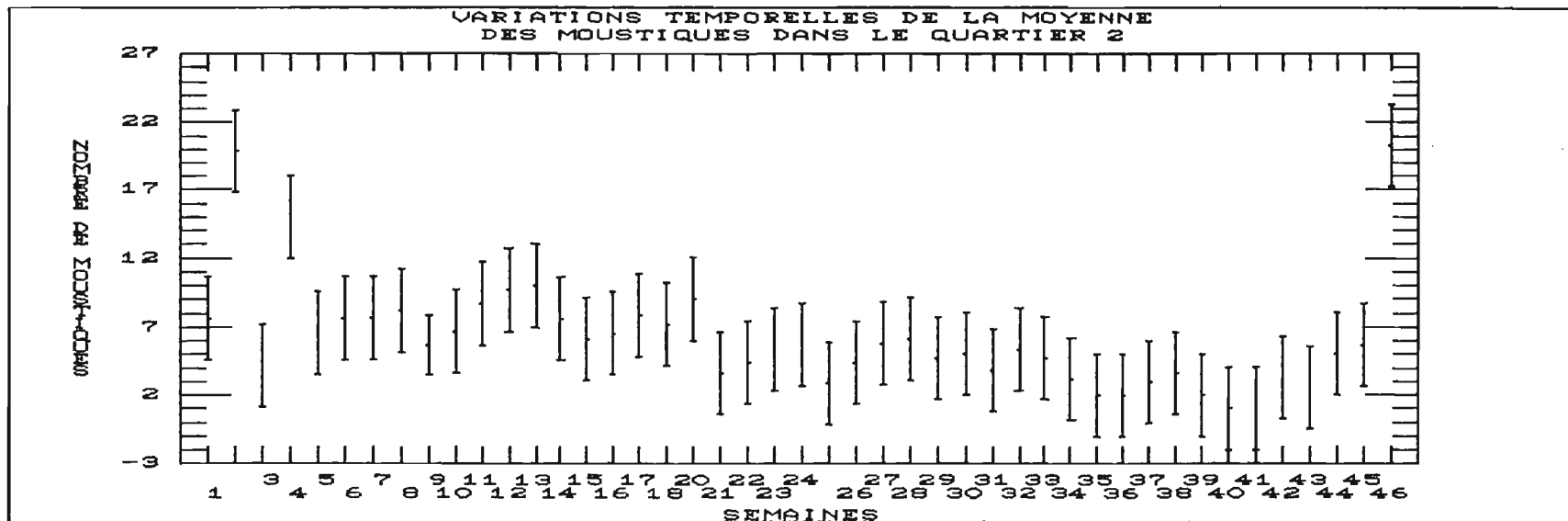


Figure 18 : Fluctuations saisonnières du nombre d'Aedes capturés dans le quartier n° 2.

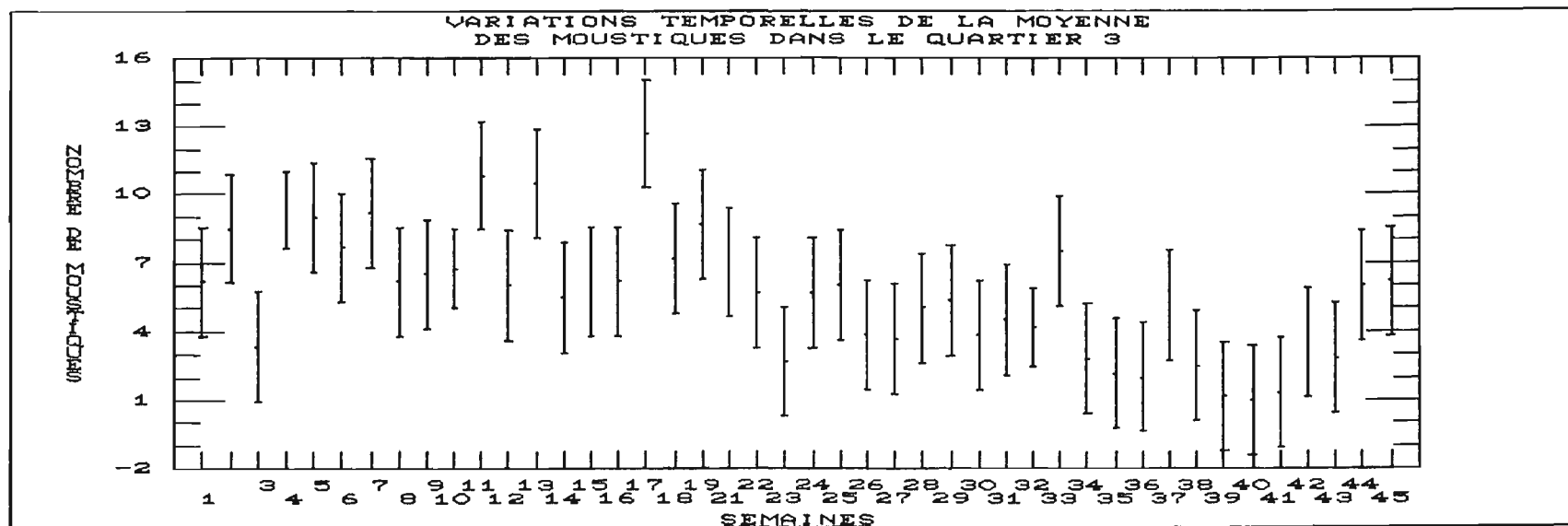


Figure 19 : Fluctuations saisonnières du nombre d'Aedes capturés dans le quartier n° 3.

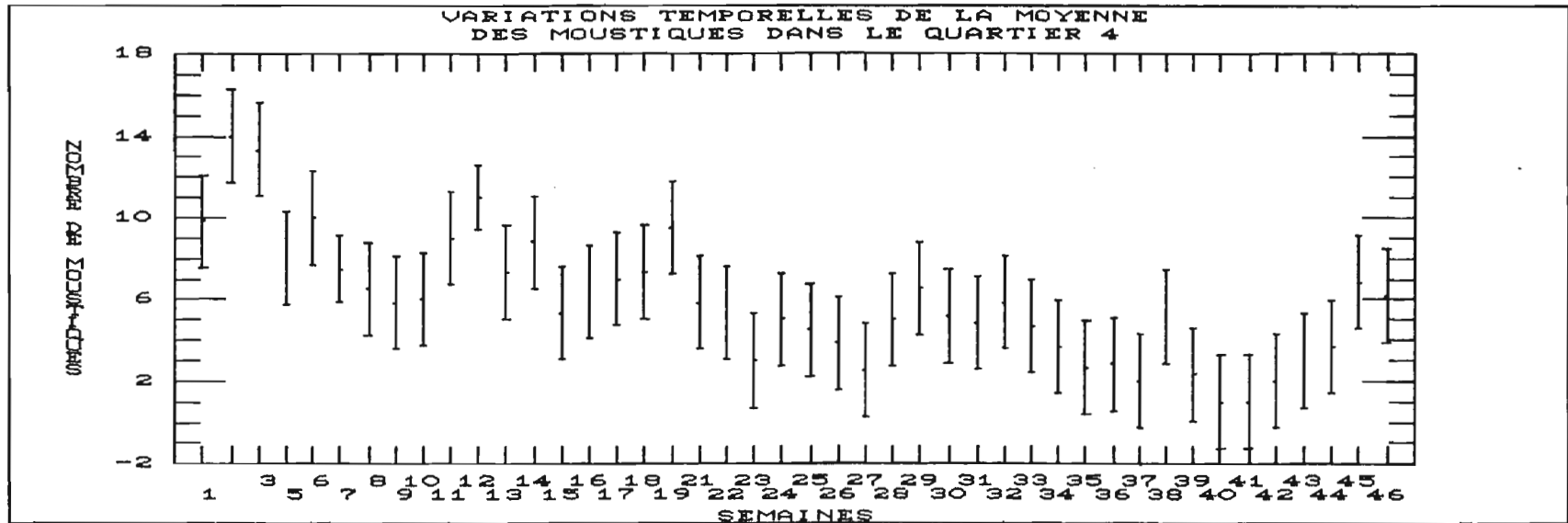


Figure 20 : Fluctuations saisonnières du nombre d'Aedes capturés dans le quartier n° 4.

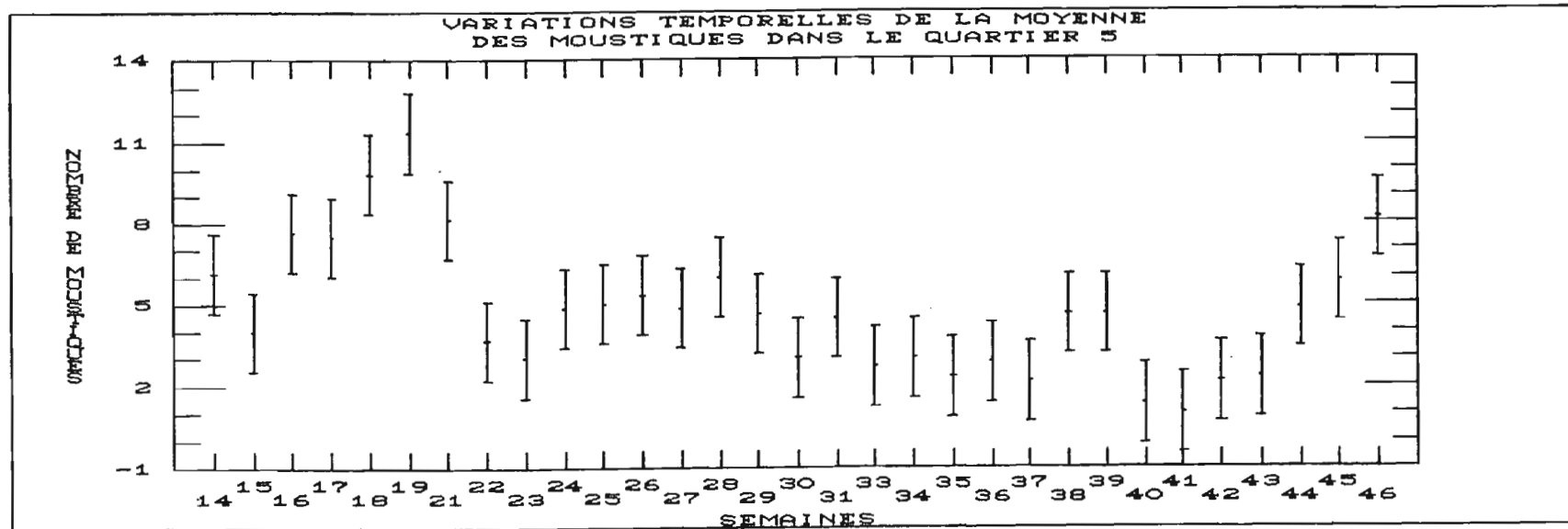


Figure 21 : Fluctuations saisonnières du nombre d'Aedes capturés dans le quartier n° 5.

7 ai

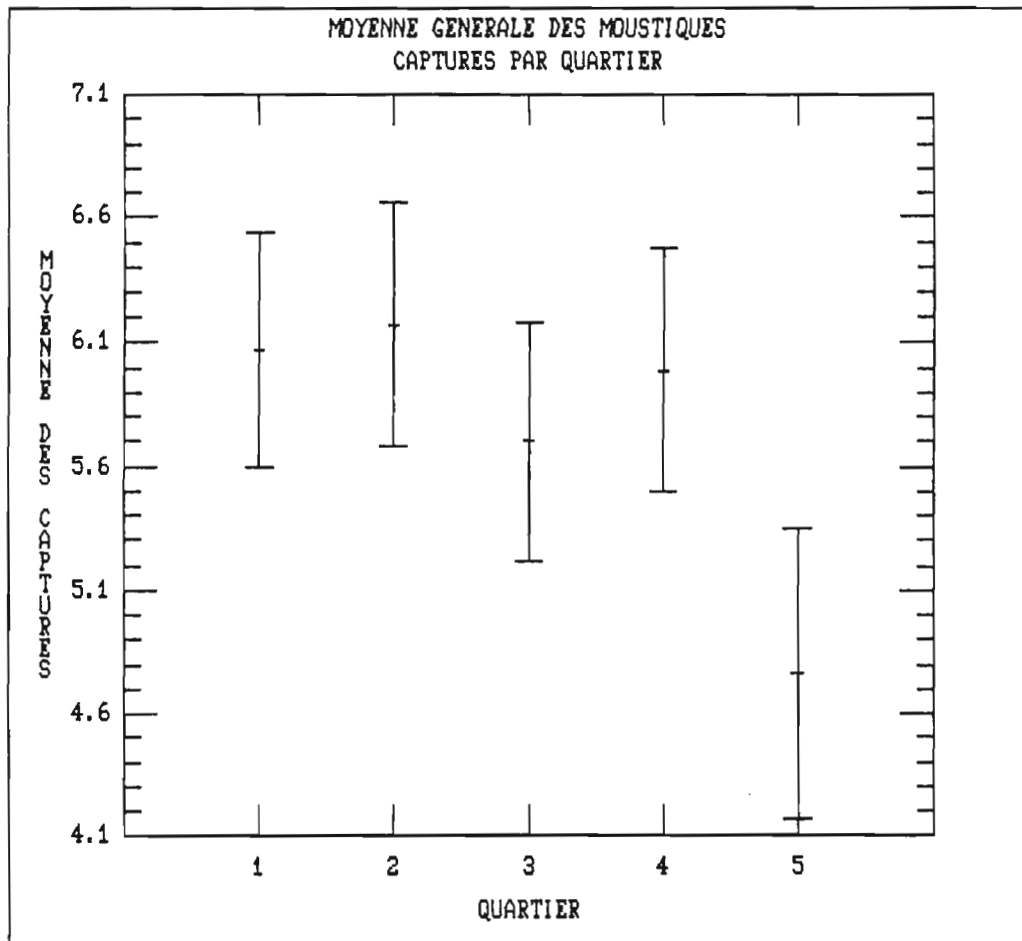


Figure 22 : Niveau moyen des captures par quartier.

exemple), ou alors, mettre de coté une petite population de copépodes en vue d'une remise en eau du réservoir après son nettoyage.

- Ne pas introduire le copépode dans des gîtes où l'eau est susceptible d'atteindre des salinités supérieures à 5 ‰ en permanence.

Par contre, l'utilisation de *M. aspericornis* est avantageuse à plusieurs égards. Mis à part sa "rémanence", on peut citer :

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

4 - CONCLUSION

L'étude entreprise a montré les limites d'utilisation de *M. aspericornis* dans les terriers du crabe terrestre *C. carnifex*.

Par contre, dans les gîtes d'un village des Tuamotu, l'introduction du copépode devrait amener à des résultats encourageants pour le contrôle des populations d'*Aedes*.

Le traitement du village doit avoir lieu fin janvier 1990. Les premiers résultats devraient être obtenus entre 1 et 3 mois après. Dans ces conditions, ce rapport ne présente que les données préliminaires "avant-traitement" pour ce village. Les données finales seront obtenues courant 1990.

Le plan de travail suivi pendant l'année 1989 a été celui préconisé dans le rapport O.M.S précédent, où cette année d'observations "avant-traitement" avait été jugée nécessaire et où le traitement du village avait été programmé pour le début de 1990. Le calendrier des travaux a donc été respecté.

L'étude entreprise dans le village de Tikehau doit pouvoir mettre un terme à la poursuite des expérimentations à grande échelle avec le copépode *M. aspericornis*. Dans le cas d'une réussite, les recherches doivent s'engager vers le coté "logistique" du produit : production de masse du copépode, stockage, conservation, transport etc... Dans ce cas, les données préliminaires obtenues à Tahiti sur cette question pourront servir de base de travail.

Bibliographie

- 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.
- 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. Dially 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.
- 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.
- 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 Louis Malardé (Tahiti) n° 14/88/ITRM/Doc-Ent.: 63 p.
- Lardeux, F., Kay, B. & L. Colombani. 1987. Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Tikeahau. I - Prospection et recherche de sites d'études. Proposition de lutte intégrée. Doc. Institut Territorial de Recherches Médicales Louis Malardé (Tahiti) n° 12/87/ITRM/Doc-Ent: 15 p.
- 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) n°
- 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.
- Lardeux, F. & S., Loncke. 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. & S. Loncke. 1988. 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.
Rapport O.M.S. projet n° 16/181/V2/98 (A), ID n° 870091 : 73p.
- Loncke, S., Failloux, A.B., Séchan, Y. 1989. Rapport concernant la mise au point d'un protocole de test insecticide vis à vis du crustacé copépode *Mesocyclops aspericornis* (Daday, 1906).
Rapport de fin d'étude O.M.S. V2/181/218 : 10 p.
- Rivière F., et Thirel R. - 1981 - 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.
Entomophaga. 26 (4) : 427-439.
- Rivière F., Kay B., Klein J.M., Séchan Y. - 1987 - *Mesocyclops aspericornis* and *Bacillus thuringiensis israelensis* for the biological control of *Aedes* and *Culex* vectors breeding in crab holes and other containers.
J. Med. Entomology 24 : 425-433.
- Rivière F., Klein J.M., Duval J., Séchan Y. - 1983 - Biological control of *Aedes aegypti* and *Aedes polynesiensis* in French Polynesia : use of natural predators.
Article présenté au 15 ème congrès de Pacific Science Association, University of Otago (Dunedin-New Zealand), Fev 1-11, 1983. 17p.
- Schwartz, D. 1972. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Troisième édition. Flammarion, Paris.
- Séchan Y., Lardeux F., - 1987 - Contrôle biologique d'*Aedes aegypti* et *Aedes polynesiensis* avec le copépode prédateur *Mesocyclops aspericornis*.
Rapport O.M.S. du projet TDR/VBC n° 840361 / 850343 : 38 p.

PART V. PLAN OF WORK FOR THE FOLLOWING YEAR

Pour l'année 1990, le plan de travail est le suivant :

- Janvier 1990 : traitement du village de Tikehau avec le copépode *M. aspericornis*. Le poisson *G. affinis* sera utilisé dans les mares et puits à ciel ouvert.
- Février 1990 : Contrôle à 1 mois. Durée minimale pour que l'action du copépode soit effective dans les gîtes.
- Avril 1990 : contrôle à 3 mois. Si la technique de lutte est efficace, son action devrait se faire sentir à cette date.
- Si nécessaire, contrôle à 6, 9 et 12 mois.

Pendant ce même temps, les observations de routine vont se poursuivre : relevé hebdomadaire des pondoirs pièges et captures quotidiennes sur appât humain. Le traitement des échantillons se fera à Tahiti (avec le concours de l'aide entomologiste demandé pour 1990 (cf. Budget)), ainsi que l'analyse des données. On comparera alors les séries temporelles obtenues en 1989 (c'est à dire avant traitement) et en 1990 (c'est à dire après traitement).

Si le copépode se révèle être efficace dans les gîtes péridomestiques, des recherches seront entreprises pour améliorer la "portabilité" de la méthode : recherche de moyens de production intensive de copépodes, de stockage, de transport et d'utilisation par les collectivités locales.

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).

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

CONSIGNEE/ADDRESS			SPECIAL SHIPPING INSTRUCTIONS							
TDR PROJECT ID NO.			DATE		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">FOR WHO USE ONLY</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">➔</td> <td style="width: 50px;">TRUST FUND NO.</td> </tr> </table>			FOR WHO USE ONLY	➔	TRUST FUND NO.
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)

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