

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE
DEVELOPPEMENT EN COOPERATION (O.R.S.T.O.M.)

LABORATOIRE D'ENTOMOLOGIE ORSTOM DE L'INSTITUT
TERRITORIAL DE RECHERCHES MEDICALES LOUIS MALARDE
(I.T.R.M.L.M.)

O.R.S.T.O.M. : 213, rue La Fayette 75 480 PARIS Cédex 10
I.T.R.M.L.M. : BP 30. Papeete. Tahiti. Polynésie française.

LARDEUX FREDERIC

RECHERCHES SUR LA LUTTE INTEGREE CONTRE LES MOUSTIQUES
VECTEURS EN POLYNESIE FRANCAISE :
ESSAIS DE LUTTE BIOLOGIQUE AVEC LE COPEPODE
MESOCYCLOPS ASPERICORNIS.

Compte rendu de fin d'étude
d'une recherche financée par
le Ministère de la Recherche
et de l'Enseignement Supérieur

Mars 1989

Décision d'aide n° 86.S.0891

RESUME

Des actions de lutte biologique "en vraie grandeur", contre les moustiques *Aedes* vecteurs de dengue et de filariose lymphatique en Polynésie française ont été menées, d'une part sur un îlot isolé et d'autre part dans un village caractéristique des îles des Tuamotu.

L'agent de lutte est le copépode *Mesocyclops aspericornis*, qui s'attaque aux jeunes stades des larves d'*Aedes*.

Sur l'îlot isolé, cocoteraie exploitée caractéristique des atolls de Polynésie, les gîtes à *Aedes* sont constitués par les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*. Malheureusement, il s'avère que le copépode est inefficace, à grande échelle, sur ce type de gîte, en raison de leur nature même.

Par contre, dans le village de Tikehau (Tuamotu), les gîtes, qui sont constitués par les réservoirs d'eau de pluie des maisons (l'eau courante n'existe pas), laissent supposer une action efficace du copépode. L'étude est encore en cours.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1 - CONTEXTE

2 - EXPERIMENTATION SUR UN ILOT A RANGIROA (ZONE RURALE)

2.2 - Buts de l'étude

2.3 - Chronologie des travaux effectués

2.4 - Le milieu

2.4.1 - L'îlot Tereia

2.4.2 - Flore et faune

2.4.3 - Activités humaines

2.5 - Methodes d'estimation de l'efficacité du traitements

2.5.1 - Test général

2.5.2 - Tests au niveau des terriers du crabe terrestre

2.5.2.1 - Méthode d'analyse

2.5.2.2 - Réalisation pratique

2.5.3 - Tests au niveau de l'agressivité des femelles

2.5.3.1 - Méthode d'analyse

2.5.3.2 - Réalisation pratique

2.5.3.3 - Sources de biais

2.6 - Résultats

2.6.1 - Données générales

2.6.1.1 - Le traitement

2.6.1.2 - Cartographie des terriers de crabe

2.6.1.3 - Données d'écologie

2.6.2 - Résultats de l'expérimentation "avant traitement"

2.6.2.1 - Les terriers du crabe terrestre

2.6.2.2 - La population des moustiques adultes

2.6.3 - Résultats 3 mois après traitement

2.6.3.1 - Les terriers du crabe terrestre

2.6.3.2 - La population des moustiques adultes

2.6.4 - Résultats 6 mois après traitement

2.6.4.1 - Les terriers du crabe terrestre

2.6.4.2 - La population des moustiques adultes

2.6.5 - Résultats 12 mois après traitement

2.6.5.1 - Les terriers du crabe terrestre

2.6.5.2 - La population des moustiques adultes

2.7 - Discussion

2.7.1 - Comparaisons

2.7.1.1 - Les terriers du crabe terrestre

2.7.1.2 - La population des moustiques adultes

2.7.2 - Efficacité de la méthode de lutte dans les terriers du crabe terrestre

3 - EXPERIMENTATION DANS LE VILLAGE DE TIKEHAU (ZONE URBAINE)

3.1 - But de l'étude

3.2 - Chronologie des travaux effectués

3.3 - Le milieu

3.4 - Méthodes d'estimation de l'efficacité du traitement

3.5 - Résultats en cours

3.5.1 - Les prospections larvaires

3.5.2 - Les pondoires piège

3.5.3 - Les captures de moustiques adultes

3.6 - Prévisions

CONCLUSION

Documents annexes :

LARDEUX F. - 1987 - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. I - Etude avant traitement - traitement. Rapport ITRMLM 13 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 69 p.

LARDEUX F., KAY B., COLOMBANI L. - 1987 - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Tikehau. I - Prospection et recherche de sites d'étude. Proposition de lutte intégrée. Rapport ITRMLM n°12 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.

LARDEUX F., SECHAN Y., FAARUIA M., COLOMBANI L., TERIITEPO L. - 1987 - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Huahine. I - Prospection et recherche de sites d'étude. Rapport ITRMLM n°10 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.

LARDEUX F., FAARUIA M., COLOMBANI L., FROGIER H. - 1988 - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. II - Evaluation trois mois après traitement. Rapport ITRMLM 14 / 88 / ITRM / Doc-Ent : 63 p.

LARDEUX F., SECHAN Y., FAARUIA M. - 1988 - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. III - Evaluation six mois après traitement. Rapport ITRMLM n°15 / 88 / ITRM / Doc-Ent.

INTRODUCTION

Depuis 1972, les entomologistes médicaux de l'ORSTOM mis à la disposition de l'ITRMLM de Tahiti ont orienté leurs activités de recherche dans le domaine de la lutte biologique et de la lutte intégrée contre les deux vecteurs de maladie humaine en Polynésie française : *Aedes (Stegomyia) polynesiensis* (vecteur de la filariose de Bancroft et de la dengue) et *Aedes (St.) aegypti* (vecteur de la dengue). (cf. les travaux de RIVIERE cités en bibliographie).

Le contrôle de ces vecteurs, très vivement souhaité par les Autorités politiques locales, augmentera certainement et très nettement le niveau de vie des populations vivant dans ces régions, par l'amélioration de leur santé. Soulignons par ailleurs que les deux affections transmises par ces moustiques ne peuvent pas être combattues efficacement par des traitements médicaux de masse. Actuellement, seule la lutte anti-vectorielle peut constituer le moyen essentiel de contrôle de ces maladies.

Les recherches menées en Polynésie et les méthodes de lutte mises au point intéressent l'ensemble des autres îles du Pacifique Sud, compte tenu de la relative uniformité des problèmes des ces régions dans le domaine étudié.

Les recherches effectuées depuis une dizaine d'année à Tahiti sur les moustiques vecteurs ont permis de tester différentes méthodes de lutte contre les *Aedes* et notamment de cibler les meilleurs candidats (prédateurs de larves de moustique) pour une action de lutte biologique. Depuis les travaux de RIVIERE et THIREL (1981) et surtout de RIVIERE 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 (RIVIERE et al., 1983; SECHAN et LARDEUX, 1987).

La présente étude a pour but de combler cette lacune puisque son objectif est de tester, en "vraie grandeur", l'efficacité de cette méthode de lutte biologique. Elle devrait ainsi pouvoir déterminer de l'adéquation de *Mesocyclops aspericornis* comme agent prédateur anti-culicidien dans des opérations de grande envergure.

Ces essais en "vraie grandeur" devaient se dérouler selon le calendrier suivant (cf. Demande d'Aide au MRES) :

1 ère année : - Choix des sites d'expérimentation.

- Evaluation des gîtes et populations de moustiques.
- premiers traitements.

2 ème année : - Continuation des traitements.

- Evaluation des résultats.

Deux sites expérimentaux ont été choisis, l'un en zone rurale (dans l'atoll de Rangiroa), l'autre en zone urbaine (le village de

[carte 1]

Tikehau). Le calendrier des opérations a été respecté, au moins pour la zone rurale. En ce qui concerne la zone urbaine, les études sont toujours en cours et devraient aboutir mi-1990 (les observations n'ont pu débuter qu'en juin 1988).

Les résultats détaillés sont consignés dans les rapports suivants, fournis en annexe au présent rapport :

LARDEUX F. - 1987 - Lutte biologique contre Aedes polynesiensis avec le copépode Mesocyclops aspericornis. Expérimentation à Rangiroa. I - Etude avant traitement - traitement. Rapport ITRMLM 13 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 69 p.

LARDEUX F., KAY B., COLOMBANI L. - 1987 - Lutte biologique contre Aedes polynesiensis avec le copépode Mesocyclops aspericornis. Expérimentation à Tikehau. I - Prospection et recherche de sites d'étude. Proposition de lutte intégrée. Rapport ITRMLM n°12 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.

LARDEUX F., SECHAN Y., FAARUIA M., COLOMBANI L., TERIITEPO L. - 1987 - Lutte biologique contre Aedes polynesiensis avec le copépode Mesocyclops aspericornis. Expérimentation à Huahine. I - Prospection et recherche de sites d'étude. Rapport ITRMLM n°10 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.

LARDEUX F., FAARUIA M., COLOMBANI L., FROGIER H. - 1988 - Lutte biologique contre Aedes polynesiensis avec le copépode Mesocyclops aspericornis. Expérimentation à Rangiroa. II - Evaluation trois mois après traitement. Rapport ITRMLM 14 / 88 / ITRM / Doc-Ent : 63 p.

LARDEUX F., SECHAN Y., FAARUIA M. - 1988 b - Lutte biologique contre Aedes polynesiensis avec le copépode Mesocyclops aspericornis. Expérimentation à Rangiroa. III - Evaluation six mois après traitement. Rapport ITRMLM n°15 / 88 / ITRM / Doc-Ent.

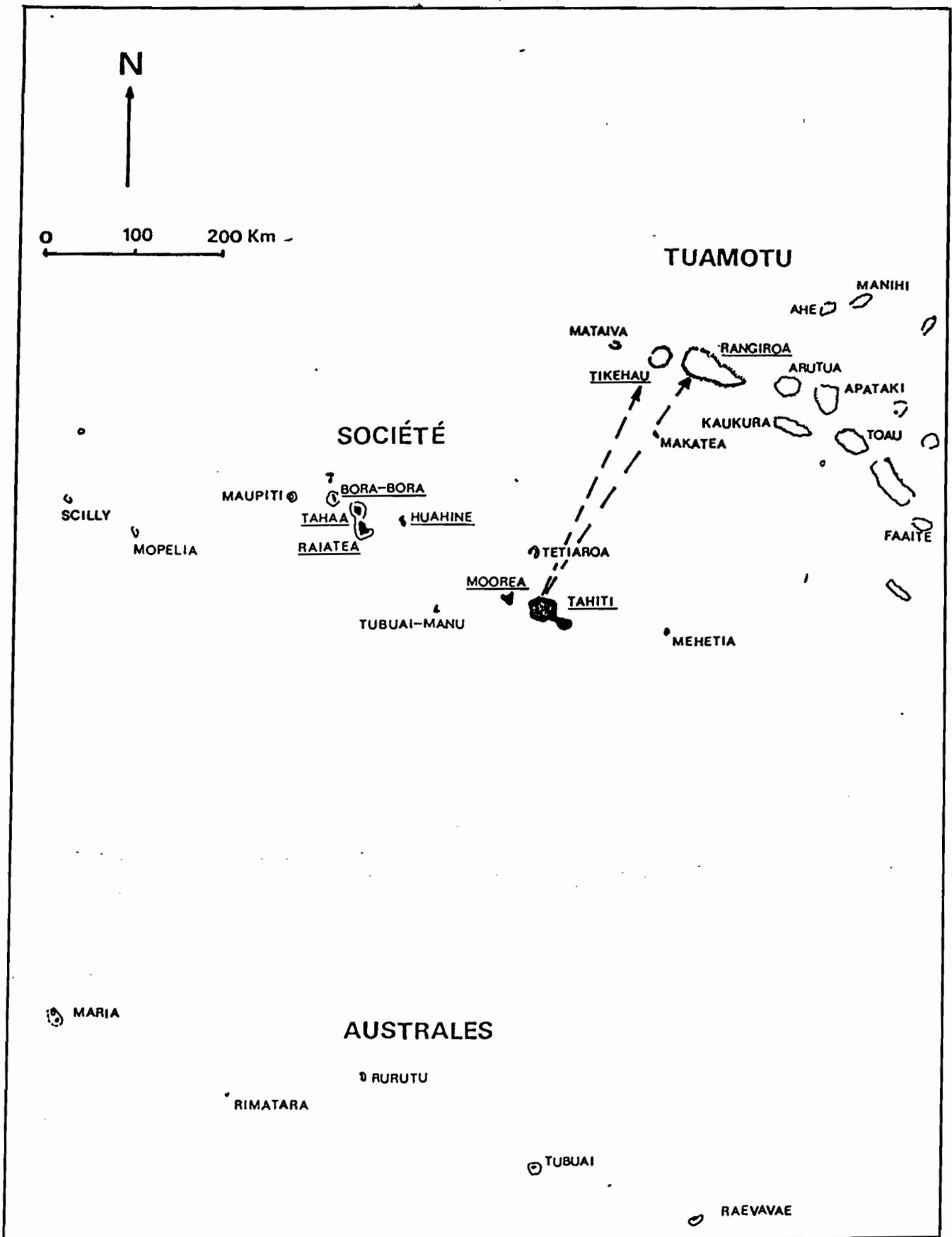
Un contrôle un an après traitement a eu lieu en janvier 1989 sur la zone rurale de Rangiroa. Les données sont actuellement en cours d'analyse mais les principaux résultats ont été calculés et seront exposés dans ce rapport. La présentation détaillée des résultats est prévue dans un rapport interne ORSTOM/ITRMLM sous presse. Celui ci ne peut donc pas encore être joint aux autres rapports donnés en annexe.

En ce qui concerne le village de Tikehau, un premier rapport après un an d'observations dans la zone urbaine devrait pouvoir être fourni d'ici 3 mois puisque l'étude n'a pour l'instant que 9 mois de recul. Toutefois, des résultats partiels concernant cette zone rurale existent déjà et seront donc fournis et discutés dans ce rapport.

1 - CONTEXTE

La présente étude, menée à Rangiroa et Tikehau, simule une action de lutte biologique à grande échelle.

A. polynesiensis est l'espèce dominante dans les atolls et particulièrement sur les flots de culture du coprah qui sont saisonnièrement et peu habités. C'est le cas de l'ilot choisi à Rangiroa, le premier site expérimental. A. aegypti est classiquement présent autour des villages. C'est l'espèce



carte 1 : situation géographique de Rangiroa et Tikehau par rapport à Tahiti.

dominante dans le village de Tikehau, le deuxième site expérimental.

La technique de lutte testée ici est l'introduction du copépode dans les gîtes de ponte du moustique.

A Rangiroa, comme dans tous les sites ruraux des atolls et des îles basses de Polynésie française, la quasi totalité de des gîtes est constituée par les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex* (RIVIERE et al., 1985). Aussi, l'étude entreprise à Rangiroa concerne essentiellement les relations tripartites moustique-terrier-copépode.

A Tikehau, on s'intéresse surtout au village, où l'essentiel des gîte de ponte est constitué par les citernes individuelles de réserve d'eau de pluie (quelques m³) et par quelques puits à ciel ouvert. Les gîte péri-domestiques traditionnels tels les boîtes de conserve vides, les vieux pneus etc... sont quasi-inexistants en raison d'une bonne organisation de la collecte municipale des ordures ménagères.

LARDEUX et al. (1987 a, b) ont exposé les critères de choix d'un site expérimental pour ce type d'étude et ont justifié la nécessité de travailler sur une zone dépourvue de toute réinvasion intempestive de moustiques adultes (notamment pour ne pas biaiser les indices de densité des femelles agressives). C'est pourquoi, ils ont axé leurs prospections de sites d'étude sur la découverte d'îlots, dont les caractéristiques (géographiques, écologiques et logistiques) sont relativement restrictives (LARDEUX et al., op. cit.).

L'îlot Tereia à Rangiroa (premier site expérimental) avait déjà été utilisé comme site d'étude et de lutte expérimentale par RIVIERE (SECHAN et LARDEUX, 1987). Cet îlot n'est donc plus indemne de tout traitement puisque dès 1985, RIVIERE y avait introduit *M. aspericornis*. Malheureusement, les traitements entrepris alors n'ont jamais été terminés. Le choix de l'îlot Tereia comme zone d'étude est né d'une double contrainte :

- le manque de crédit pour continuer des prospections de sites comme celles effectuées à Huahine (LARDEUX et al., 1987 a) ou Tikehau (LARDEUX et al., 1987 b).
- l'échec, dans la découverte de sites ruraux propices, des deux missions précédentes. (LARDEUX et al., 1987 op. cit.).

De plus, mis à part certains problèmes logistiques (accessibilité de la zone par mauvais temps), Tereia s'est montré une zone expérimentale "correcte", qui remplit la majeure partie des contraintes liées au choix d'un tel site d'étude : entre autres :

- Accessibilité de la zone (à partir de Tahiti et à partir du village principal de Rangiroa par beau temps).
- Présence de terriers de crabe et de moustiques en nombre important.
- Superficie raisonnable pour un traitement expérimental à grande échelle.
- Présence d'un point d'eau douce, nécessaire pour effectuer les traitements.

- Relative propreté de l'îlot (pas de débroussaillage préalable nécessaire).
- Isolement de la zone expérimentale face à des réinvasions possibles de moustiques adultes.

Le seul point d'interrogation reste la méconnaissance des travaux antérieurs, effectués sur l'îlot, dans le cadre de la lutte biologique avec *M. aspericornis*.

L'îlot n'ayant pas été traité en entier auparavant, il a été décidé de considérer son état actuel comme point de référence. Le traitement sera repris sur tout l'îlot et l'évolution de ses effets suivie, par rapport à ce point de référence, dont on se doute qu'il se situe "en deçà" de ce qu'il aurait dû être si la zone avait été "vierge".

Le village de Tikehau (deuxième site expérimental) répond aussi parfaitement aux critères de choix précédents. De plus, ce village est lui, indemne de tout traitement biologique ou insecticide. Le traitement expérimental d'un village s'inscrit d'ailleurs mieux dans le cadre épidémiologique qui nous intéresse que le traitement de zones rurales à faible densité humaine saisonnière.

2 - EXPERIMENTATION SUR UN ILOT A RANGIROA (ZONE RURALE)

2.2 - Buts de l'étude

A Rangiroa, le but de l'étude est donc de tester à grande échelle, l'efficacité du copépe *M. aspericornis* pour le contrôle des populations d'*Aedes polynesiensis*, seule espèce vivant dans les zones rurales de l'atoll (cocoteraies) et dont les gîtes de ponte sont constitués essentiellement par les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*.

2.3 - 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.

2.4 - Le milieu

2.4.1 - L'îlot Tereia

Rangiroa est un atoll caractéristique, formé par une suite d'îlots disposés en couronne autour d'un lagon central. Les terres sont le résultat de l'accumulation de matières sédimentaires coralliennes ou coquillières disposées sur la partie interne du récif barrière qui s'est formé sur le sommet d'un volcan submergé.

Rangiroa est situé à environ 300 km au nord-ouest de Tahiti (carte 1).

L'atoll de Rangiroa est le deuxième atoll du monde de par ses dimensions (plus de 80 km de long sur 40 de large) : L'île de Tahiti pourrait tenir toute entière à l'intérieur du lagon.

L'infrastructure aéro-portuaire de l'atoll est située sur un îlot où se trouve le village d'Avatoru. L'îlot adjacent abrite le village de Tiputa (carte 2). Ces deux localités hébergent la quasi totalité des habitants de Rangiroa. Les autres îlots (dont Tereia), exploités pour le coprah, ne sont que saisonnièrement visités.

Tereia est situé au sud-ouest d'Avatoru, à environ 25 km en ligne droite (carte 2).

Tereia est en fait un lieu-dit, correspondant à un ancien village (une dizaine d'habitations), disposées "côté lagon" sur deux grands îlots, séparés par un "hoa" (bras de mer faisant une communication lagon-océan lors de fortes marées) d'une largeur de 10 à 50 m. L'îlot le plus septentrional constitue la zone expérimentale d'étude (carte 3). Dans la suite du texte, cet îlot sera appelé Tereia, par simplification et pour continuer la dénomination de RIVIERE.

L'îlot méridional, de superficie beaucoup plus grande, peut être considéré, d'un point de vue faunistique, comme identique à Tereia. Cet îlot peut donc être une zone témoin pouvant servir à la comparaison des données récoltées avant et après traitement. Les fluctuations du niveau des populations culicidiennes observées sur Tereia pourront donc être imputées au traitement, si elles ne se retrouvent pas sur cet îlot témoin.

Tereia est un îlot de forme approximativement rectangulaire, de 500 m (façade lagon ou océan) sur 650 m. Sa superficie est d'environ 32 à 33 hectares. Sa géomorphologie correspond classiquement à un îlot d'atoll : la terre est peu surélevée par rapport au niveau de la mer (quelques mètres), légèrement inclinée dans le sens océan-lagon.

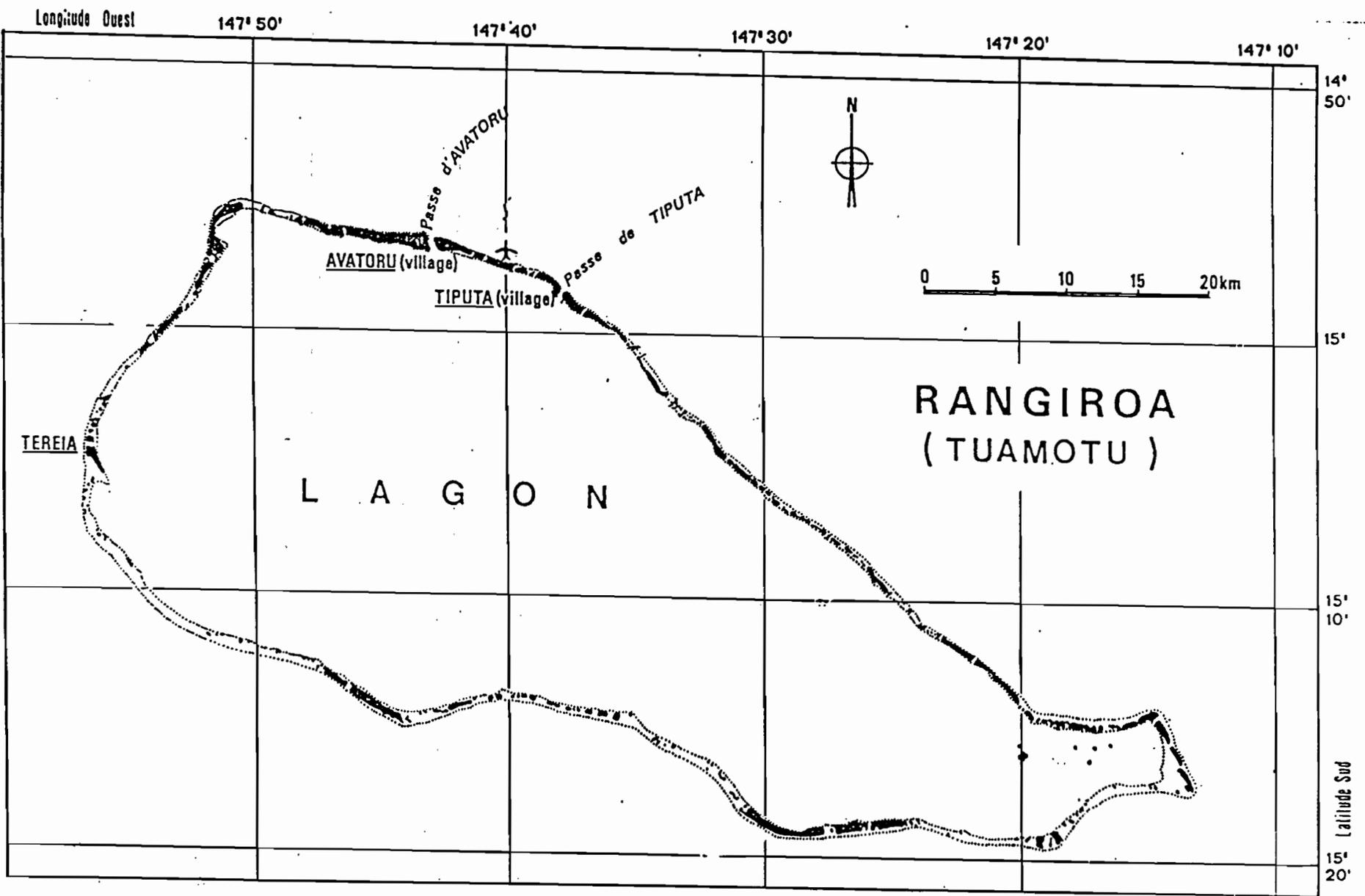
2.4.2 - Flore et faune

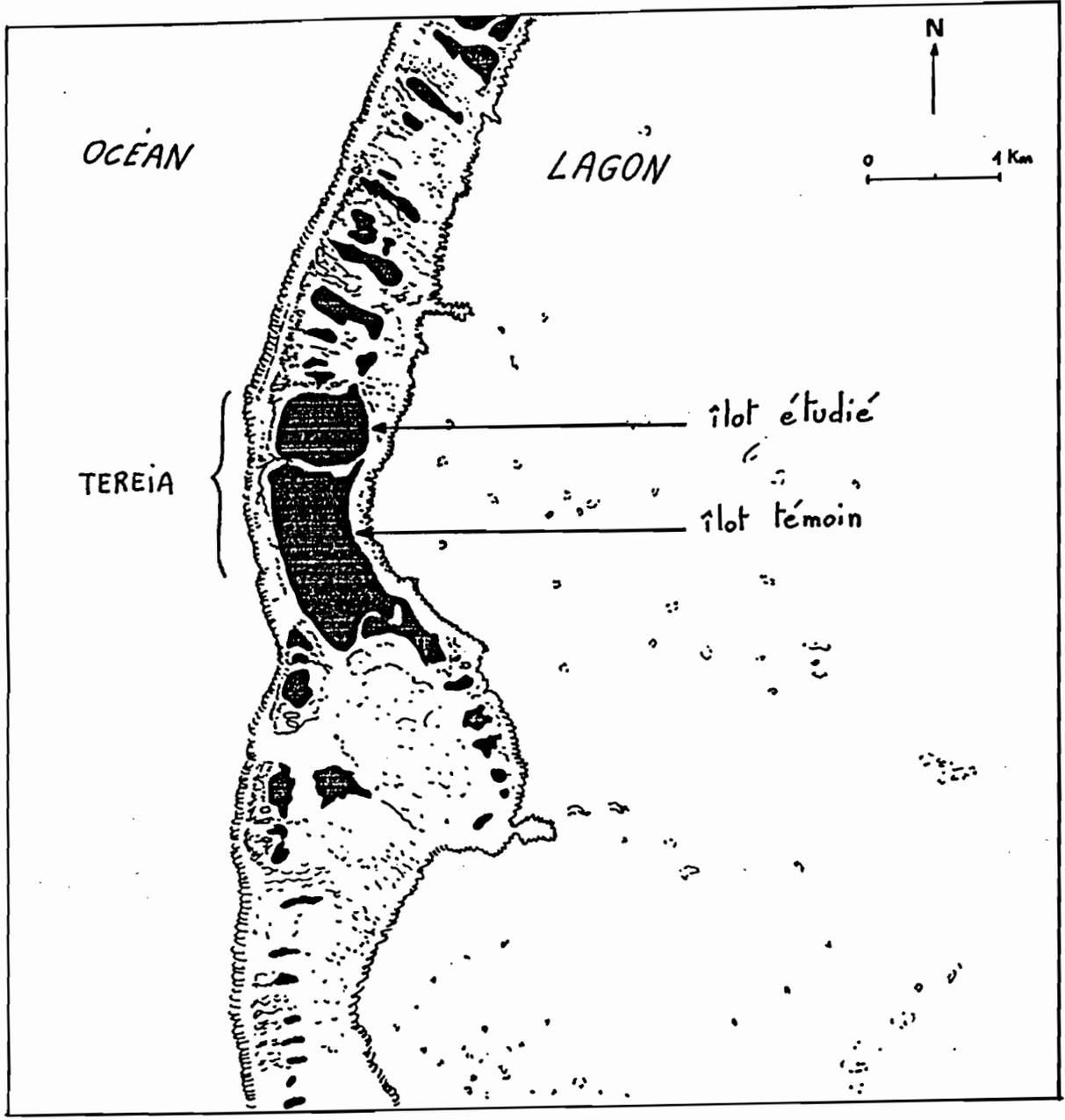
La flore et la faune de l'îlot sont les mêmes que celles que l'on découvre dans les autres atolls des Tuamotu. On pourra consulter RIVIERE (1979) par exemple, pour une analyse détaillée.

Plus simplement, et en liaison avec l'étude présentée ici, l'îlot peut être divisé en plusieurs zones (carte 4).

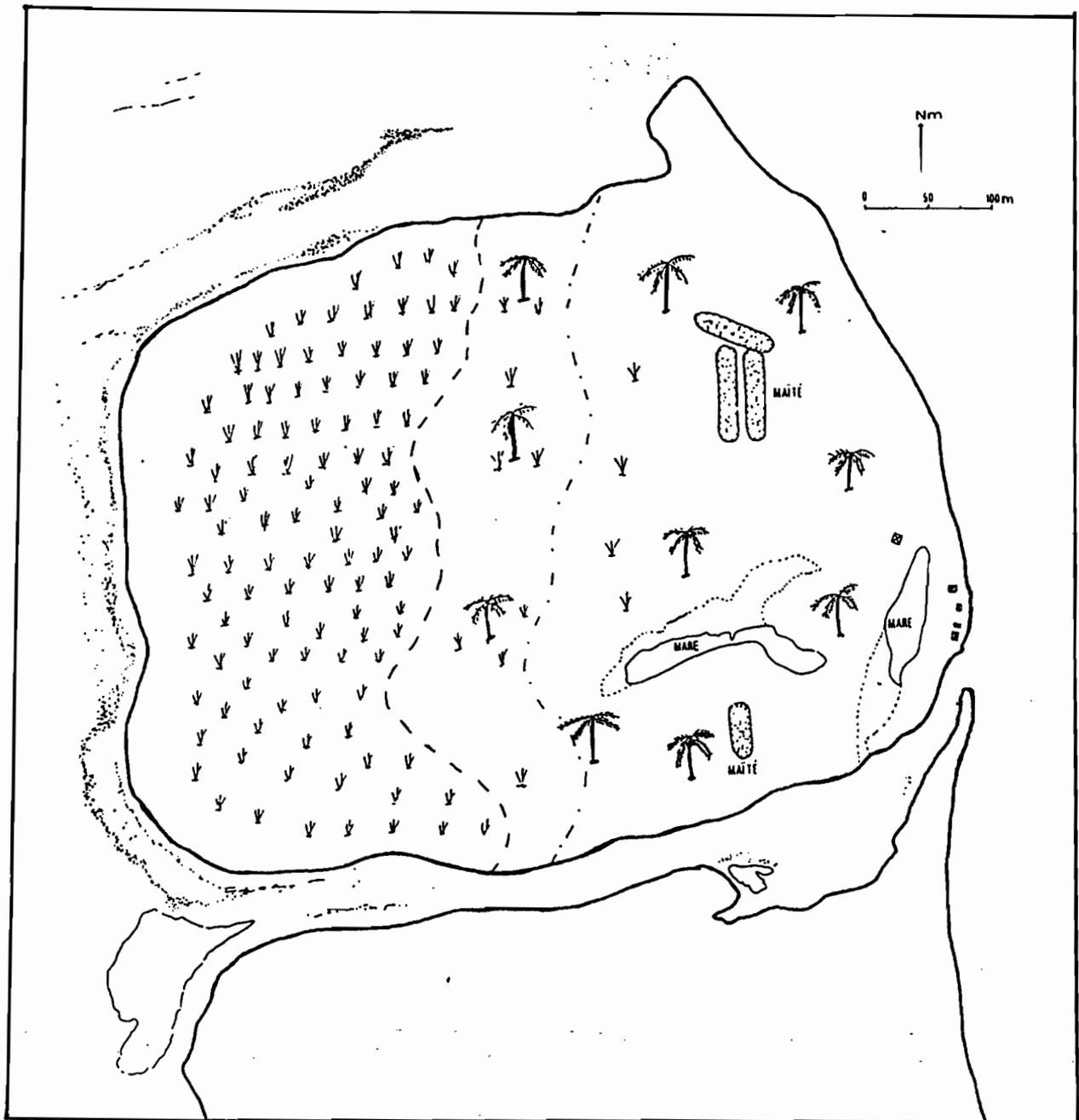
- une cocoteraie, encore exploitée, qui s'étend du bord du lagon jusqu'au milieu de l'îlot. Sous cette cocoteraie, la végétation est très clairsemée et est essentiellement constituée d'une " pelouse " ou par endroit d'un maquis, d'autant plus important que l'on se dirige du lagon vers l'océan. Le sol, meuble, est occupé par de nombreux terriers de crabe terrestre.

Carte 2 : L'atoll de Rangiroa. Situation des villages principaux et de la zone d'étude de Tereia.





Carte 3 : Tereia. La zone d'étude et les îlots proches.



- v v v Maquis arbustif (zone haute)
- v I v Cocoteraie + maquis
- v I Cocoteraie
- [shaded oval] Zones dépressionnaires (maïté)

Carte 4 : Strates morphologiques et phytosociologiques

- une zone de maquis arbustif, qui forme une zone "muraille" impénétrable. Cette zone s'étend approximativement de l'océan jusqu'au milieu de l'îlot. Le sol de cette zone, constitué de débris coralliens grossiers (et plus haut par rapport à la nappe phréatique que le sol de la cocoteraie), est peu favorable à l'implantation des crabes terrestres, donc à la création de gîtes de ponte productifs pour *A. polynesiensis*.
- des zones basses (dépressionnaires), appelées "maïté". Ce sont des anciennes zones de culture, utilisées par les Polynésiens qui séjournaient sur l'îlot pour la récolte du coprah. Actuellement, ces zones ne sont plus fonctionnelles mais constituent des aires favorables à l'implantation des crabes terrestres (proximité de la nappe phréatique) et au développement des moustiques (terriers toujours en eau).

2.4.3 - Activités humaines

Tereia est un îlot traditionnellement cultivé pour la récolte du coprah. Actuellement, l'exploitation a toujours cours et l'îlot est régulièrement visité à cette fin : Quelques familles (2 ou 3) y séjournent pendant environ 1 mois, et ceci tous les 4 à 6 mois. L'îlot n'est donc pas à proprement parler habité. Les habitations sont sommaires et les gîtes péri-domestiques réduits, voire inexistants en dehors des périodes de culture. Seul un grand réservoir d'eau de pluie pourrait abriter des populations préimaginales de moustiques. Les observations in situ n'ont pas révélé une telle présence.

2.5 - Méthodes d'estimation de l'efficacité du traitements

L'approche méthodologique utilisée est de type quasi-expérimental, au sens de SCHERRER (1984). Il s'agit en effet d'appliquer une démarche expérimentale pour analyser et interpréter des données qui ne remplissent pas toutes les exigences de cette démarche : "cette approche, à la fois expérimentale et descriptive est la seule à pouvoir tester directement des relations de cause à effet dans un grand nombre de situations entièrement naturelles". D'où son intérêt dans les études de terrain.

2.5.1 - Test général

La démarche adoptée consiste à estimer certains paramètres biologiques dans une situation "avant traitement" et à suivre leur évolution au cours du temps afin d'estimer la pérennité des effets du traitement. Les essais étant réalisés en conditions naturelles, il est nécessaire d'effectuer ces mêmes mesures sur une zone "témoin" (c'est à dire ne subissant pas de traitement), afin de pouvoir extraire des variations des paramètres celles qui sont dues aux fluctuations naturelles de celles qui dépendent réellement des effets du traitement.

On a donc choisi une zone témoin (l'îlot immédiatement au sud de Tereia), sur laquelle les conditions biotiques et abiotiques sont les mêmes que sur Tereia (cf. Tests statistiques au § résultats). Après une étude de la situation "avant traitement", un

suivi des paramètres est effectué à 3 mois, 6 mois et un an après traitement, sur les zones "traitée" et "témoin".

Les paramètres choisis pour estimer l'efficacité et la pérennité du traitement sont les suivants :

- estimation du nombre de gîtes de ponte (terriers de crabe) produisant des adultes d'*Aedes polynesiensis*.
- estimation de l'agressivité des femelles de moustiques adultes.

Ces deux paramètres sont en réalité affinés par d'autres paramètres biologiques comme :

- estimation du nombre de terriers où s'est développé *M. aspericornis* et pas *A. polynesiensis*.
- suivi temporel du nombre de terriers hébergeant *M. aspericornis*
- marquages - recaptures de femelles de moustiques (pour estimer l'isolement biogéographique de la zone traitée)
- estimation d'indices d'abondance des moustiques.
- etc ...

2.5.2 - Tests au niveau des terriers du crabe terrestre

2.5.2.1 - Méthode d'analyse

Les paramètres à suivre sont de type "proportion" (par exemple, proportion de terriers hébergeant *M. aspericornis* ...). La méthode d'analyse envisagée est donc la comparaison de ces proportions, qui évolue au cours du temps (avant traitement, 3 mois après, 6 mois après, 12 mois après). La mise en évidence d'un effet du traitement se fera donc par des tests statistiques ad hoc sur ces proportions, qui seront comparées non seulement dans le temps, mais encore entre zone témoin et zone traitée.

2.5.2.2 - Réalisation pratique

- Choix des zones d'échantillonnage

Echantillonnage avant traitement

Comme aucun phénomène périodique n'affecte la répartition des terriers, et en l'absence de toute donnée préliminaire sur l'ilot Tereia, on a choisi de sonder la surface, de façon systématique, en tenant toutefois compte de la structure du sol. On a donc préalablement stratifié la zone d'étude.

- zone de maquis : pas de terriers de crabes. Pas d'échantillonnage, si ce n'est un transect de contrôle de l'absence de terriers.

- cocoteraie : zone plus ou moins "vallonnée" de faciès homogène. Aussi, puisqu'une première approche consiste à dresser une cartographie simplifiée des densités de terriers, on a choisi d'échantillonner de façon systématique (donc non aléatoire). 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.
- "maîtés" : les deux zones dépressionnaires à "maîté" (une au nord, l'autre au sud) ont été échantillonnées par quadrat.

Le plan d'échantillonnage retenu est donc stratifié, avec un relevé systématique d'échantillons, au moins dans la strate "cocoteraie", dont la superficie le permettait (carte 5).

Justification du plan :

Cet échantillonnage systématique doit permettre de mieux définir (voire de redéfinir) des strates au sein de la population des terriers.

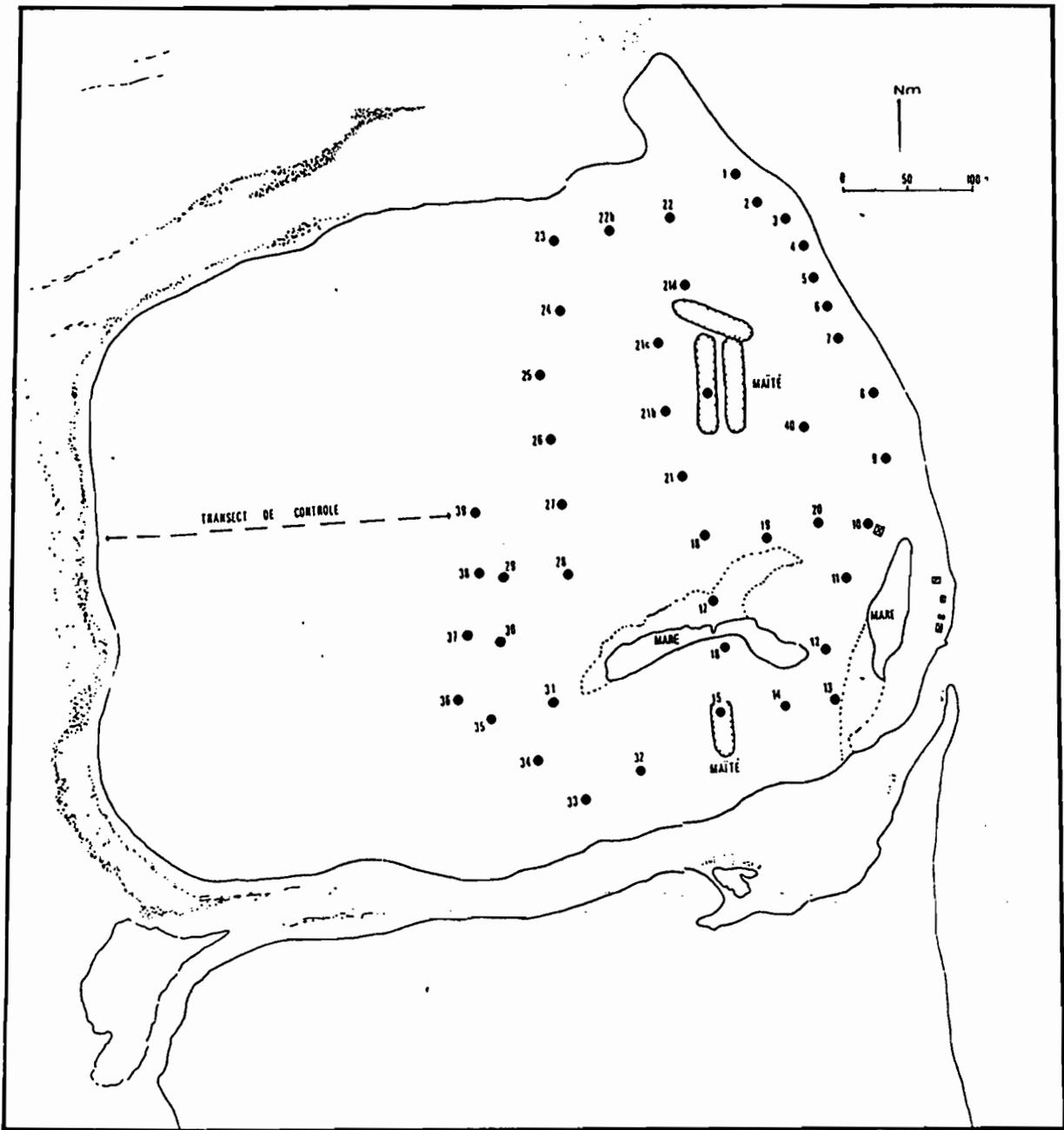
De plus, sur le terrain, cet échantillonnage est facile à mettre en oeuvre, avec un décimètre et une boussole, contrairement à un échantillonnage aléatoire. Il n'est en effet pas possible de déterminer au préalable (sur une carte, au laboratoire) et au hasard, l'emplacement des stations de prélèvement puis de les repérer sur le terrain. L'échantillonnage aléatoire est donc difficile à mettre en oeuvre. Par contre, l'échantillonnage systématique permet de définir parfaitement la répartition spatiale des stations de prélèvement. Ce plan est donc plus commode à préparer et à exécuter que l'aléatoire simple. De plus, comme le souligne SCHERRER (1983), 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). Le plan cumule alors ses avantages à ceux de l'aléatoire. Son seul inconvénient réside dans la difficulté d'estimer correctement la variance des estimateurs à partir d'un seul échantillon.

Sur le terrain, d'autres types d'échantillonnages peuvent être appliqués : échantillonnages par radiales ou transects par exemple. Les quadrats ont ici l'avantage de "couvrir" plus efficacement le terrain et d'être analysés plus rapidement qu'un transect. De plus, comme le souligne BOUCHON (1981) dans une étude du benthos marin, l'étude de la densité des organismes sur le fond (que l'on peut assimiler à celle des terriers) donne des résultats équivalents, que l'on travaille par transects ou par quadrats. Or, à Tereia, la mise en place de quadrats est plus facile à réaliser ...

Au total, 44 quadrats ont été prospectés. Trois personnes ont effectué cet échantillonnage : Deux pompaient l'eau des terriers pendant que la troisième notait les caractéristiques du prélèvement et filtrait l'eau pour recueillir la faune aquatique.

Au 3ème, 6ème et 12ème mois après traitement

Le plan d'échantillonnage choisi n'est plus de type "systématique". Les prélèvements sont effectués par quadrat d'environ 5 m de côté. Chaque quadrat est localisé sur le terrain, dans chacun des faciès caractéristiques des strates "cocoteraie" et "maîté" précédentes. Les faciès sont laissés à l'appréciation



Carte 5 : position des quadrats pour l'échantillonnage des terriers de crabe.

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

Ces échantillonnages apparaissent sur les cartes 6 (3^{ème} mois) et 7 (6^{ème} mois) et 8 (12^{ème} mois).

- Prélèvements d'échantillons

L'échantillonnage de la chambre en eau des terriers de crabe se fait à l'aide d'une pompe à main (du type de celles utilisées en navigation de plaisance). On introduit un tuyau souple d'environ 2 m de long et 3 cm de diamètre (tuyau d'arrosage) dans le couloir du terrier jusqu'à la chambre terminale. Ce tuyau est relié à un erlenmeyer de 2 litres, lui même relié à la pompe à main. Le pompage, en créant le vide dans l'erlenmeyer, aspire l'eau de la chambre, qui est recueillie pour être analysée (température, pH, conductivité, salinité etc...) et filtrée pour récolter les stades préimaginaux de moustiques.

Du fait des dimensions du tuyau, les terriers dont le diamètre est inférieur à 4 cm (environ) 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.

- Sources de biais

- 1 - Biais d'échantillonnage lié à la technique de prélèvement:

Par manque de temps, un seul pompage par terrier a été effectué. Or, il est bien évident qu'un seul pompage, même si toute l'eau est retirée, ne récolte pas tous les organismes (et notamment les larves de moustiques) qui vivent dans le terrier. Des animaux peuvent rester collés aux parois de la chambre et on n'est jamais tout à fait sûr d'avoir vraiment puisé toute l'eau. Une étude en cours (LARDEUX, 1988, à paraître), montre bien qu'une fraction seulement de la faune est prélevée par cette technique. Toutefois, "l'image" donnée par un tel échantillon est pour l'instant suffisante, surtout si les résultats sont exploités de façon qualitative (présence-absence) ou semi-quantitative (classes d'abondance)

- 2 - Biais d'échantillonnage lié au facteur humain :

Celui-ci peut apparaître par exemple lors du dénombrement des terriers à l'intérieur du quadrat. L'attention est plus facilement retenue par les gros terriers que par les petits. Toutefois, ce risque a été minimisé par le fait que les deux ou trois personnes devaient être attentives dans ce dénombrement.

Un autre type de biais peut apparaître lors de la filtration de l'eau : de nombreux déchets organiques qui colmatent parfois très rapidement le filtre, sont source d'une perte possible d'une partie du prélèvement (donc de la faune associée).

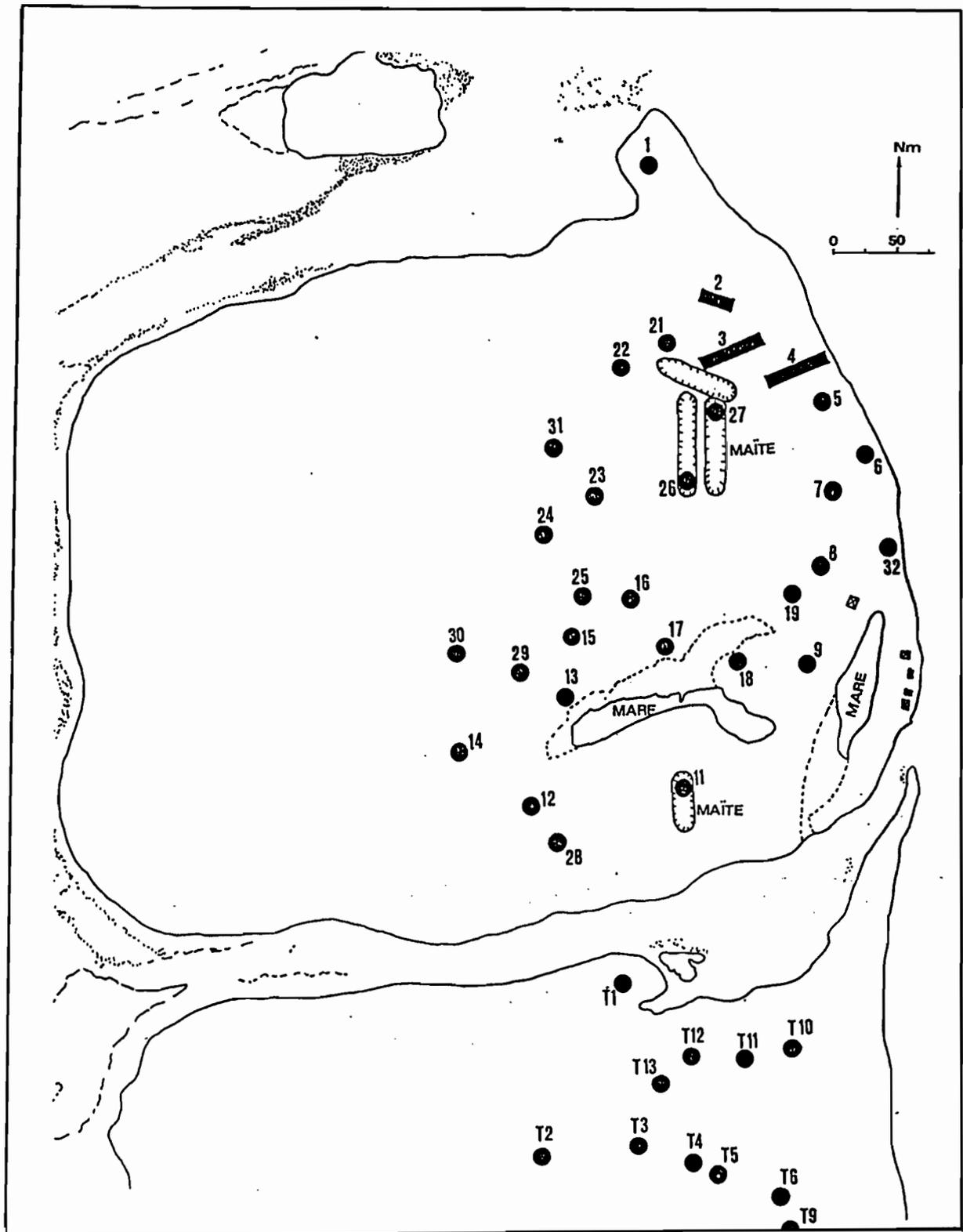


figure 6 : zones d'échantillonnage des terriers de crabe, 3 mois après traitement.

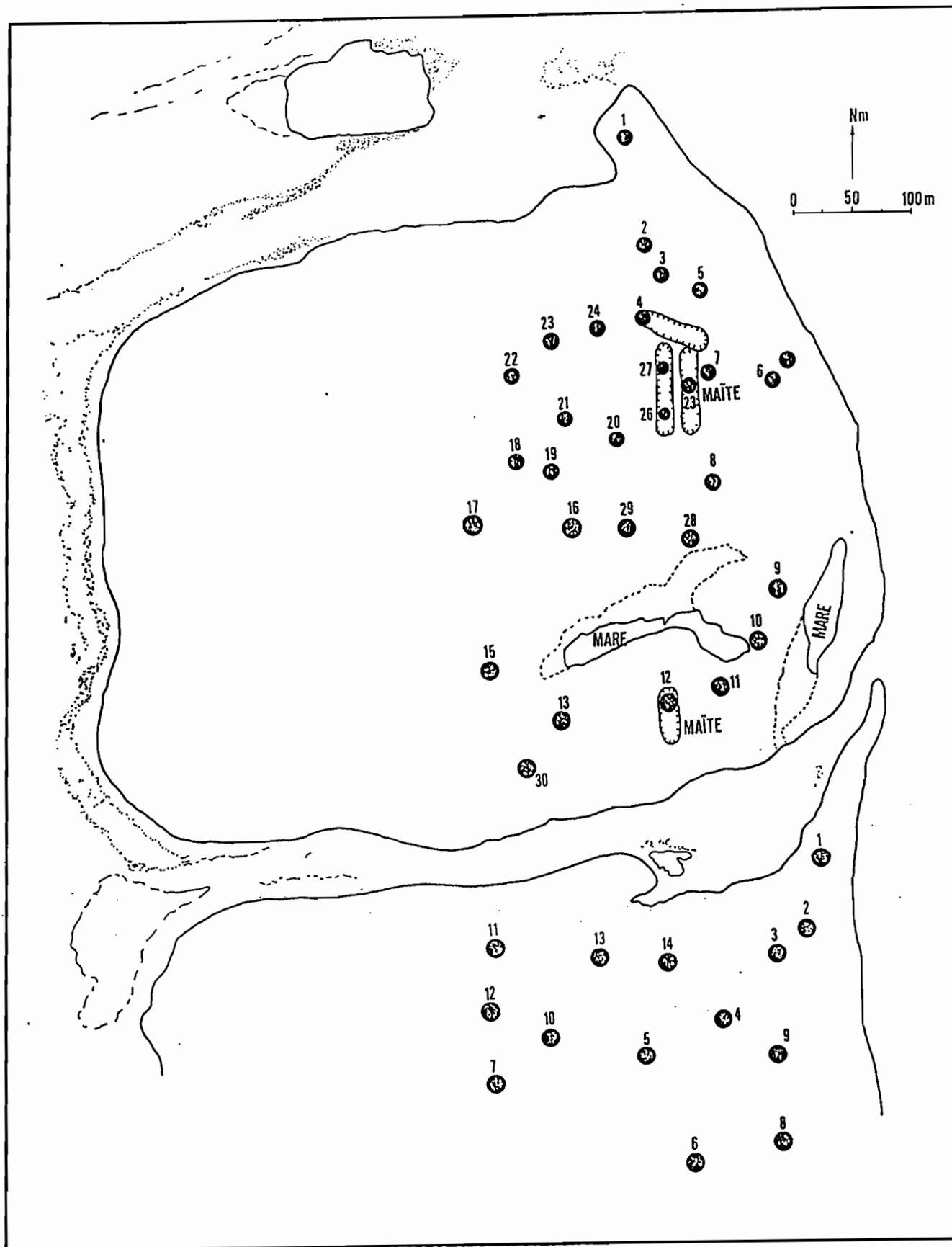


figure 7 : zones d'échantillonnage des terriers de crabe, 6 mois après traitement.

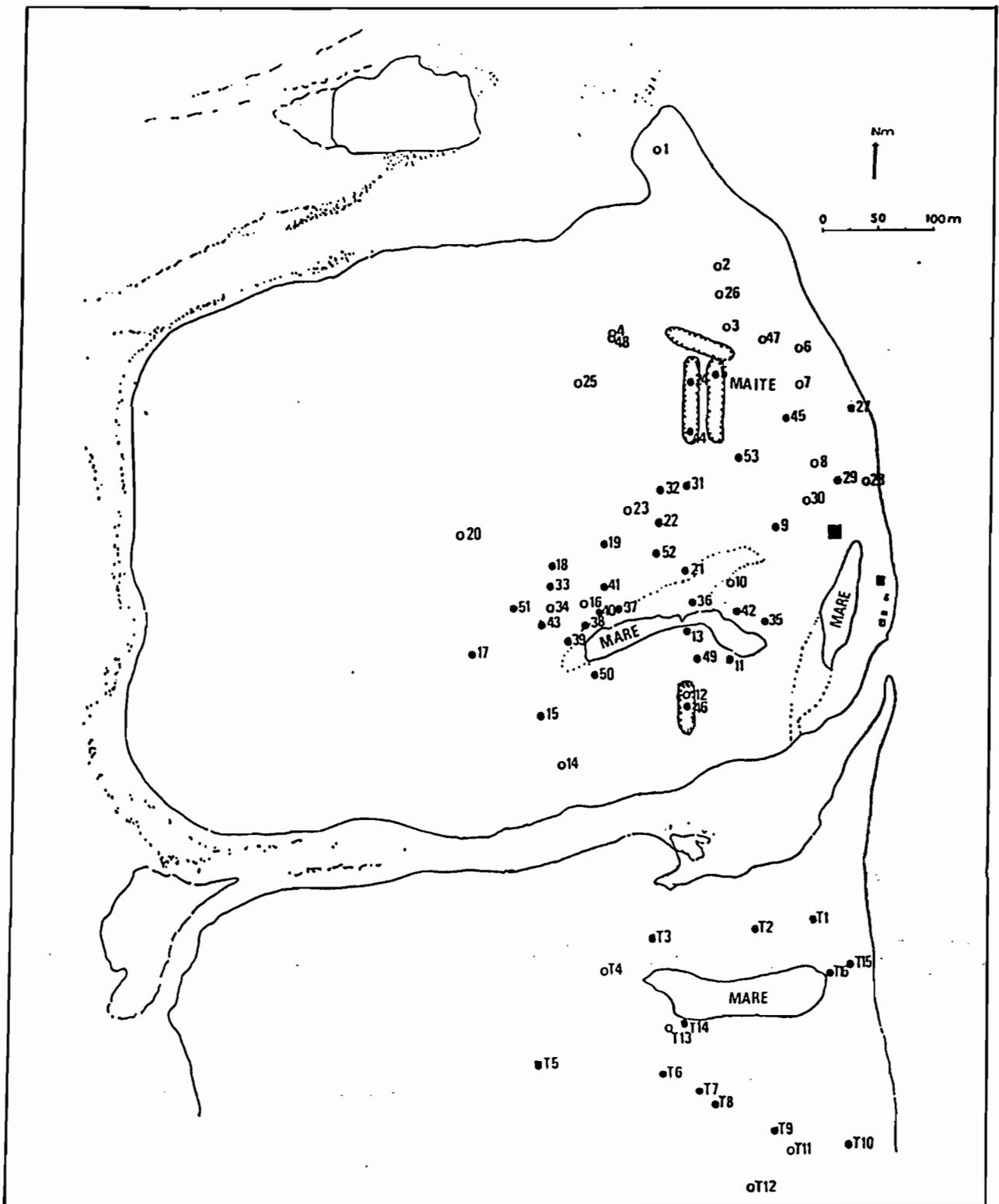


Fig. 8 : Position des stations de prélèvement de terriers de crabe au 12^{ème} mois après traitement (cercles pleins: stations avec des terriers en eau; cercles: station sans terrier en eau).

2.5.3 - Tests au niveau de l'agressivité des femelles

2.5.3.1 - Méthode d'analyse

Le but est ici de pouvoir construire un indice d'agressivité fiable, qui peut être suivi au cours du temps et que l'on peut calculer simultanément sur la zone témoin et sur la zone traitée.

Cet indice doit être une statistique précise (c'est à dire de faible variance) et sans biais (c'est à dire s'approchant le plus possible de la valeur réelle). En tout état de cause, on essaiera d'optimiser ces deux caractéristiques.

L'indice d'agressivité est basé sur une moyenne de captures de femelles sur appât humain obtenues sur plusieurs jours et plusieurs stations fixes (carte 9). Les données sont préalablement analysées afin d'estimer la variabilité inter-station et inter-journalière puis transformées dans le but d'obtenir un indice caractéristique indépendant des conditions spatio-temporelles.

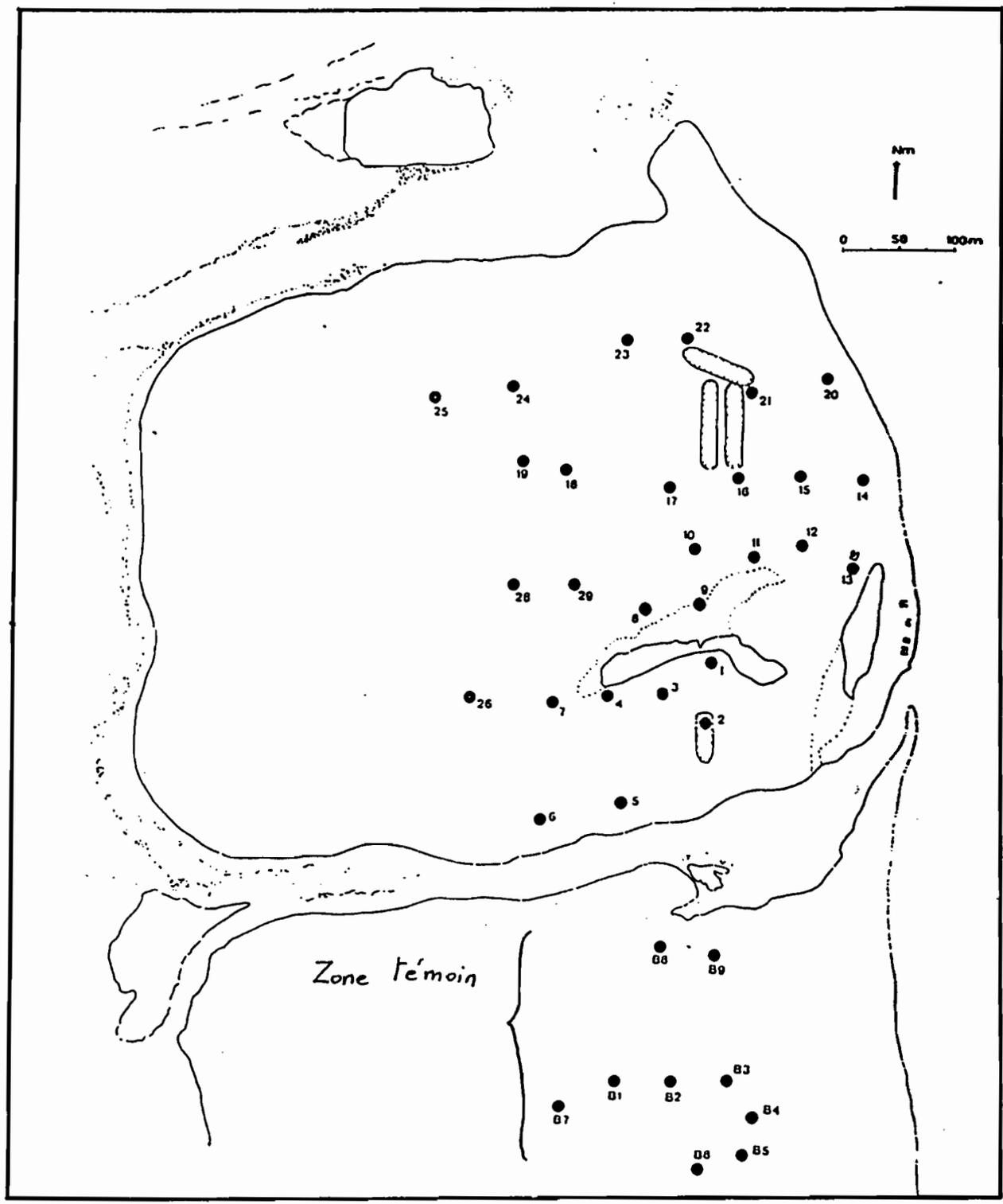
Le calcul d'un indice stable pour une zone géographique donnée sous entend que cet indice ne doit pas être modifié par des immigrations d'autres moustiques. C'est pourquoi, des expériences de marquage-recapture entre Tereia et l'ilot voisin (qui est aussi la zone témoin) ont été entreprises, afin d'estimer la probabilité de passage des moustiques d'une zone à l'autre. Cette probabilité a été estimée par ajustement aux données du modèle d'ARNASON (1972).

2.5.3.2 - Réalisation pratique

- Captures : Elles se font selon la méthode classique du tube à aspiration : un captureur récolte sur un appât (une deuxième personne), toutes les femelles de moustiques qui viennent se poser pour prendre leur repas de sang. La technique utilisée ici emploie les deux personnes (captureur + appât) comme captureurs. Le "captureur" s'étant préalablement enduit d'un répulsif afin que les moustiques ne viennent se poser que sur "l'appât". Les moustiques sont comptés par chaque personne à l'aide d'un compteur à main. Lorsque les moustiques deviennent trop nombreux dans les tubes de capture, les captureurs les vident dans une boîte hermétique (cf paragraphe ci-dessous). La durée de chaque capture est de 10 mn à chaque station, selon la méthode préconisée par BONNET et CHAPMAN (1956).

- Marquages : Ils se font à l'aide de poudres colorées fluorescentes (DAYGLO^R). Les moustiques à marquer sont introduits dans une boîte (volume deux litres), fermée par un couvercle de tulle "moustiquaire". La poudre est introduite dans la boîte et est répandue à l'aide d'une petite poire à air, formant ainsi un "nuage". Lorsque les moustiques sont suffisamment colorés, ils sont simplement relâchés par ouverture du couvercle. Les animaux morts au cours de l'opération, restant dans la boîte, sont dénombrés.

Les moustiques récoltés pour les opérations de marquage-recapture ont été capturés avant la prise de leur repas sanguin, ce qui permet de faire une coloration le jour même et une recapture le lendemain. Il n'est donc pas nécessaire d'attendre la fin du cycle gonotrophique pour effectuer une recapture.



carte 9 : Position de stations de capture des moustiques adultes.

2.5.3.3 - Sources de biais

- Captures : Au niveau des captures, la source la plus importante de biais est liée au facteur humain. En effet, la capture avec le tube à aspiration est souvent délicate, surtout lorsque le nombre de moustiques agressifs est élevé et/ou que les moustiques se posent sur des parties du corps difficilement accessibles. Tous les moustiques ne sont pas forcément capturés et certains peuvent même achever leur repas de sang et s'envoler avant de pouvoir être récoltés. Pour ces raisons, et en particulier dans le cas de fortes densités de moustiques qui ne peuvent pas tous être capturés, il peut être judicieux d'analyser non pas les données brutes de capture mais des données transformées, par une fonction "écrasant" les effectifs forts (comme la fonction Log par exemple). Ceci sera débattu lors de l'analyse des résultats.

- Marquages : Malgré la plus grande vigilance, certaines colorations sont faciles à confondre, en particulier, le jaune et le vert. Pour cette raison, les recaptures faisant appel à ces couleurs ont systématiquement été identifiées par les deux personnes menant l'expérimentation.

2.6 - Résultats

2.6.1 - Données générales

2.6.1.1 - Le traitement

- Les opérations de traitement

Les opérations de traitement de l'ilot ont nécessité le travail de trois équipes de quatre personnes pendant environ 120 heures. *M. aspericornis* a été inoculé dans un peu plus de 17 300 terriers. On peut remarquer que ce chiffre correspond bien à l'estimation du nombre de terriers réalisée au préalable (environ 20 000).

- Transport des copépodes

Contrairement à la technique utilisée auparavant au laboratoire pour le transport des copépodes sur les lieux d'étude (SECHAN et LARDEUX, 1987), il n'a pas été utilisé de container réfrigéré. La technique de transport a été modifiée : les copépodes sont triés au laboratoire en lots d'une cinquantaine d'individus et mis dans des tubes plastiques (genre tube à essai) clos hermétiquement par un bouchon. La survie des copépodes dans ces conditions est excellente puisqu'elle dépasse plusieurs jours, voire quelques semaines (2 à 3) si les conditions extérieures de températures sont optimales. Les tubes peuvent donc être préparés à l'avance et stockés.

Cette méthode a de plus l'avantage de présenter les copépodes sous la forme d'une "dose" que l'on peut injecter telle quelle dans les terriers. Les manipulations sur le terrain sont donc réduites.

- Protocole

Le protocole de traitement est simple. Sur le terrain, chaque équipe délimite à l'aide de palmes de cocotier, des petites zones (quelques centaines de m²) qu'elle "s'approprie". A l'intérieur de

chaque zone, tous les terriers sont sondés à l'aide d'un tuyau d'arrosage de 2 m de long environ. Lorsque le tuyau a atteint la chambre, une "dose" de copépodes y est versée et on rajoute environ 1 litre d'eau douce pour entraîner les copépodes. L'eau douce est puisée directement dans un puits creusé sur l'ilot. Elle est transportée à dos d'homme dans des bidons de 25 litres jusque sur les lieux de traitement. Une personne est donc chargée de l'approvisionnement de l'équipe en copépodes (stockés à l'ombre et au frais dans un maîté), une autre du tuyau de "traitement" des terriers, tandis que les deux autres se relaient pour le transport de l'eau douce.

2.6.1.2 - Cartographie des terriers de crabe

Celle ci a été dressée au moment de l'étude avant traitement.

La carte 10 indique, au niveau des prélèvements (quadrats de 8 m de coté), le nombre total de terriers de crabe terrestre dénombrés.

On constate une grande disparité dans la répartition des terriers de crabes, certains prélèvements étant assez denses par rapport aux prélèvements voisins. La répartition des terriers est en fait liée à de nombreux facteurs qui déterminent leur micro-distribution. Parmi ces facteurs, on peut signaler :

- La granulométrie et la texture du sol, les sols à sable coralliens fins et meubles étant les plus peuplés.

- La faible altitude du sol, en liaison avec la présence de la nappe phréatique immédiatement sous jacente. Aussi, toutes les micro-dépressions (de quelques m²), c'est-à-dire toutes les imperfections du sol, seront plus facilement colonisées.

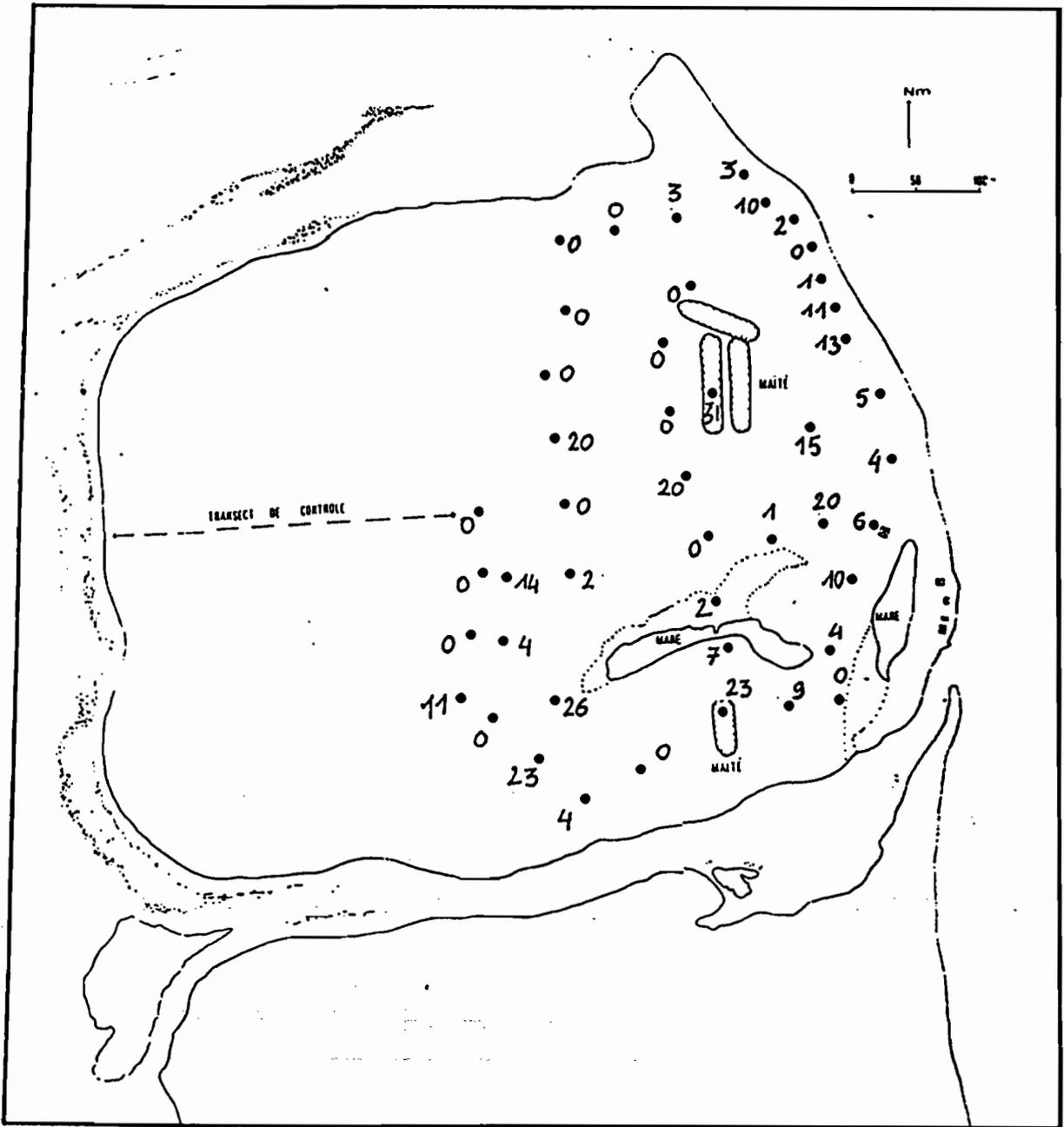
- Disponibilités alimentaires (et dans une moindre mesure, présence d'ombre). Les crabes, végétariens et détritiphages, auront tendance à s'installer sous les arbres, pour récolter les feuilles et manger les jeunes pousses issues des graines.

Les deux premiers points expliquent l'absence de terriers de crabe dans la moitié ouest de l'ilot (coté Océan). Quelques terriers épars, souvent très grands par leur diamètre d'ouverture (jusqu'à 40 cm) peuvent cependant y être rencontrés. Toutefois, comme le soulignent RIVIERE et al. (1985), ces terriers sont rarement inondés lors des débordements de la nappe phréatique. Ils ne constituent donc pas des gîtes potentiels à Aedes.

La figure 1 montre la corrélation entre la position des points de prélèvement (zone "haute" ou "basse") et le nombre de terriers de crabe dans une bande de terre proche du lagon, sur pratiquement toute la longueur de l'ilot.

Les zones de maîté, qui sont les plus basses de l'ilot, et où la granulométrie est la plus fine, sont aussi les plus denses : 23 et 31 terriers pour les deux prélèvements effectués dans ces zones.

En résumé, on peut dire qu'il est difficile de faire des strates géographiques d'étude des terriers. Une de ces strates pourrait être les zones de maîté, l'autre, les zones "basses" de l'ilot, bien que la délimitation à vue de ces zones soit parfois délicate. La micro-répartition de terriers obligerait plutôt à faire des strates fines, ou des prélèvements plus nombreux, ce qui n'est matériellement pas réalisable actuellement (coût et durée de l'opération élevés).



carte 10 : Densité des terriers du crabe terrestre au niveau de chaque quadrat (étude avant traitement).

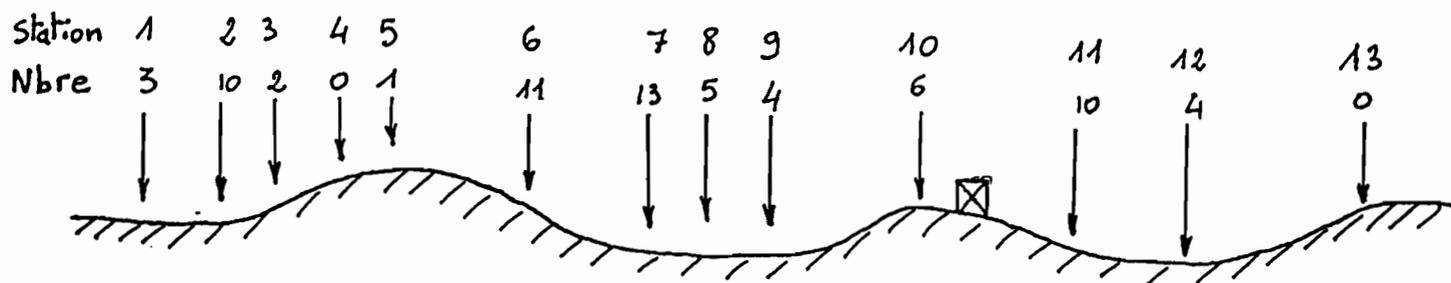
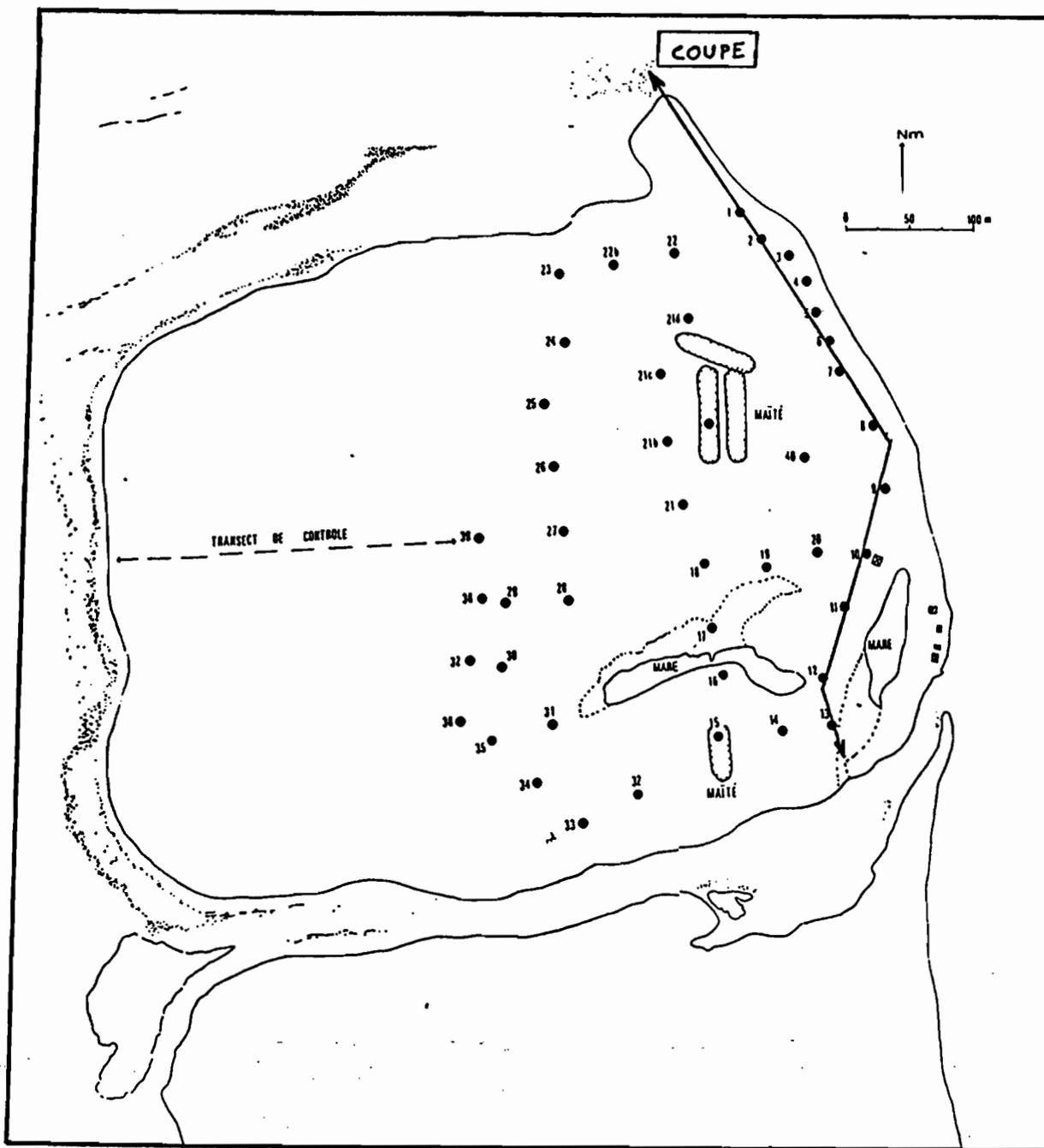


figure 1 : Densité des terriers par quadrat, en fonction de l'altitude.

Toutefois, l'étude entreprise permet d'avoir une bonne approche de la situation de terrain, et d'estimer le nombre total de terriers. Pour la superficie totale occupée par les terriers (2/3 des 32 hectares de l'ilot), le nombre total de terriers est estimé à environ 20 000.

La variance du nombre moyen de terriers par quadrat (dans la cocoteraie) est supérieure à la moyenne (respectivement 7.38 et 5.95). Ceci indique une disposition agrégative des terriers sur le terrain. La distribution du nombre de terriers par quadrats est donnée à la figure 2. Elle illustre bien la façon agrégative dont sont disposés les terriers, à l'échelle des quadrats.

2.6.1.3 - Données d'écologie

RIVIERE et al. (1985) ont décrit le fonctionnement d'un terrier de crabe comme gîte de ponte d'*Aedes polynesiensis*. Le moustique pond ses oeufs sur les parois du terrier, à quelques centimètres au dessus du niveau de l'eau, comme il le ferait dans d'autres types de gîte. Les variations du niveau de la nappe phréatique sont alors responsables des éclosions.

Les résultats donnés ci après sont des observations complémentaires effectuées à Rangiroa.

- Morphologie des terriers

La figure 3 (a) représente la relation entre le diamètre de l'entrée du terrier et la longueur de la galerie (jusqu'à la chambre). On constate qu'aucune liaison marquée n'existe. Les diamètres s'échelonnent entre 2 et plus de 25 cm, pour des longueurs comprises entre 15 et plus de 130 cm. Le diamètre moyen des terriers se situe entre 5 et 10 cm, pour une longueur de 30 à 70 cm.

La figure 3 (b) représente la même relation que précédemment, mais uniquement pour les terriers en eau, c'est à dire ceux susceptibles d'héberger *A. polynesiensis*. Les points en "gras" représentent les terriers dans lesquels on a effectivement trouvé *A. polynesiensis*. On constate là encore, qu'aucune relation distincte n'existe entre les habitudes de ponte du moustique et les diamètres ou les longueurs des terriers. L'échantillon est peut-être trop faible pour en tirer une certitude car les expériences de RIVIERE et al. (1985) montrent une préférence pour les galeries (artificielles) courtes, d'un diamètre (de tuyau) de 3.3 cm.

- Physico-chimie de l'eau des terriers

Dans tous les terriers en eau, le pH s'échelonne entre 6.59 et 8.05. Le pH moyen se situant autour de 7.5. La salinité reste faible, avec moins de 1 ‰ (entre 0.33 et 0.93). Toutefois, l'eau de certains terriers peut atteindre de fortes salinités, comme cela a été constaté au 6^{ème} mois : 10 ‰, voire jusqu'à 20 ou 25 ‰. La température de l'eau est comprise entre 27.2 et 30.6 °C (avec présence du copépode dans ce prélèvement).

Les paramètres étant compris dans des fourchettes étroites de variation, les préférences de ponte d'*A. polynesiensis* ne sont pas marquées. Seule la salinité peut jouer un rôle défavorable, au niveau de l'installation des larves de moustiques. Ce rôle joue aussi en défaveur du maintien des colonies de copépodes qui ne survivent pas au delà de 5 ‰. Si la salinité venait alors à

DISTRIBUTION DU NOMBRE DE TERRIERS PAR QUADRAT DE 8 M DE COTE

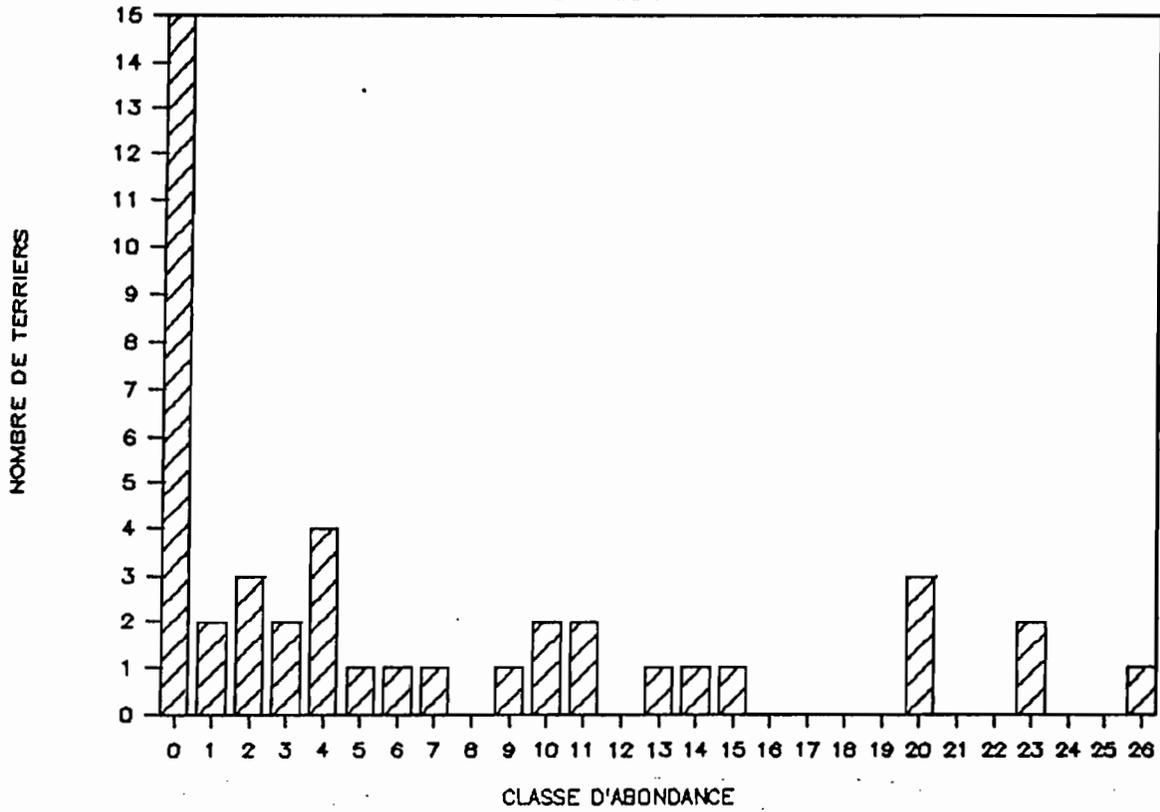


figure 2 : Distribution du nombre de terriers par quadrat.

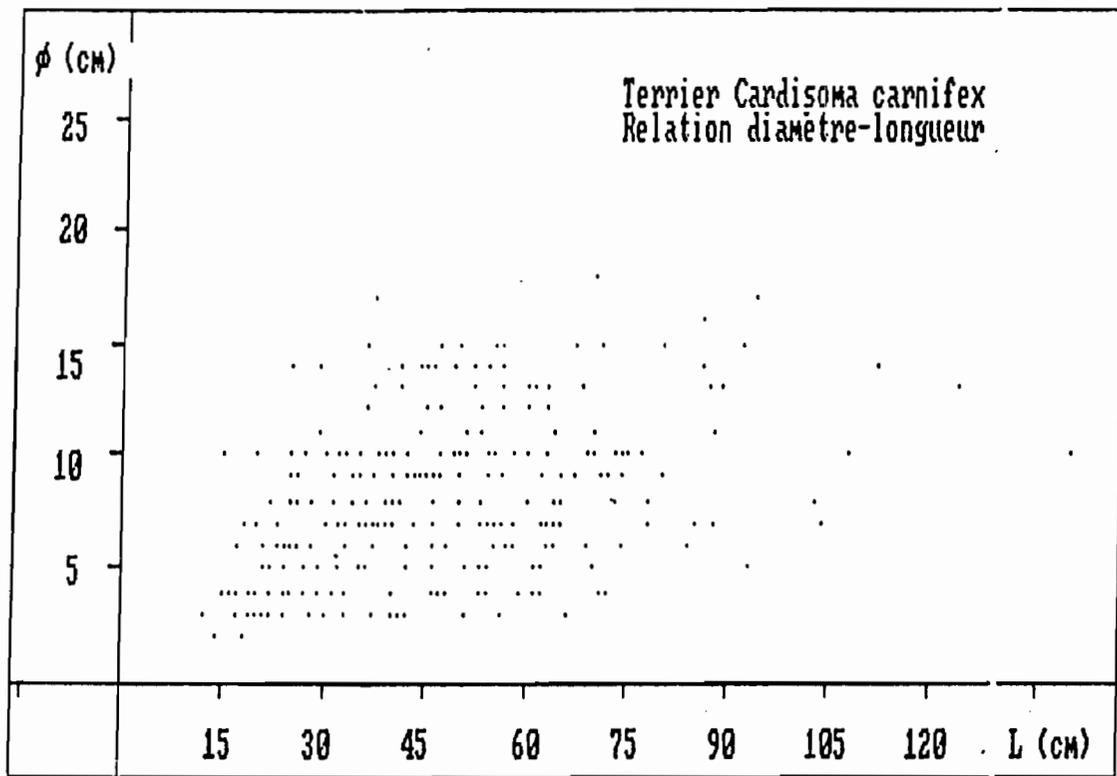


Figure 3 a : Relation diamètre-longueur pour les terriers

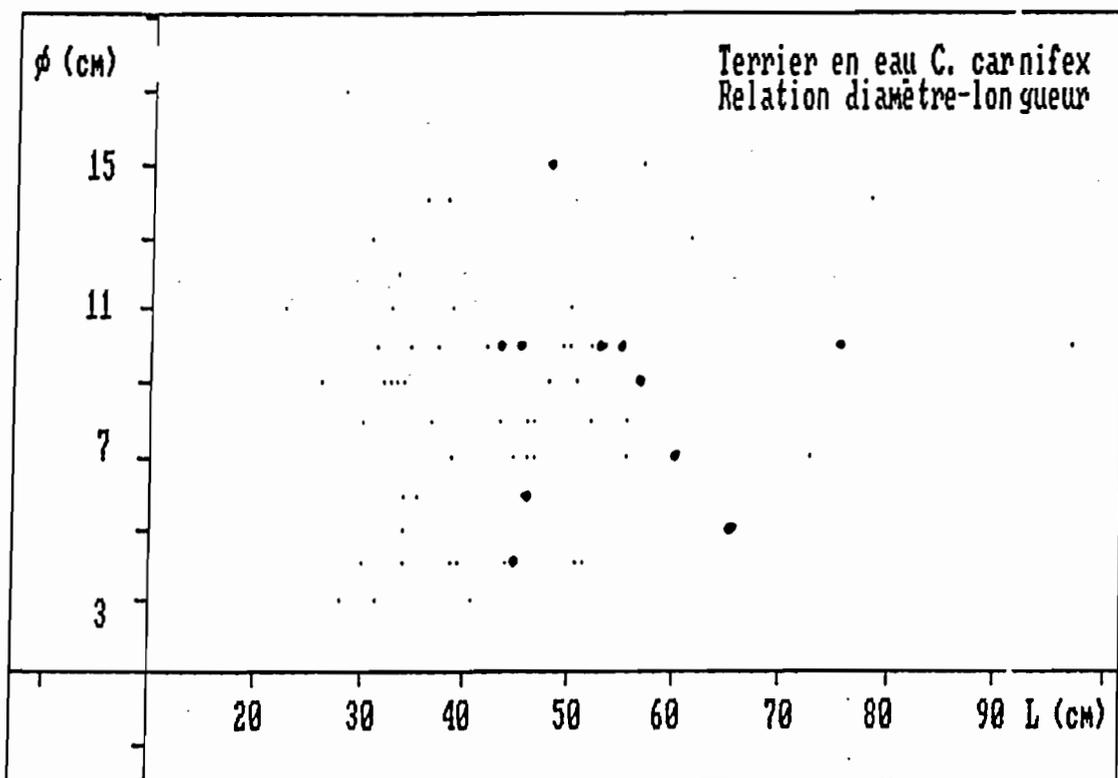


Figure 3 b : Relation diamètre longueur des terriers "en eau". Les terriers positifs pour A. polynesiensis sont en "gras".

baisser, le terrier redeviendrait un gîte potentiel à *Aedes* où le copépode serait définitivement absent !

Le volume d'eau pompée est lui aussi variable puisqu'il va de quelques cm³ à plus de 10 litres. Les larves d'*A. polynesiensis* ont été trouvées dans des terriers dont le volume d'eau de la chambre était compris entre 200 cc et 3,6 litres. Le terrier contenant le plus de larves avait un volume d'eau de 1.2 litre.

Conclusion : validité des échantillonnages des terriers

L'échantillonnage des terriers de crabe terrestre sur l'îlot Tereia a permis de dresser une cartographie générale de leur densité. Leur nombre total a été estimé (un peu plus de 20 000 sur 21 hectares), ce qui est nécessaire à la planification du traitement individuel des gîtes de ponte d'*Aedes* avec le copépode *M. aspericornis*.

Les zones où le copépode est déjà implanté ont été délimitées et on a pu aussi constater que le copépode était toujours présent dans les terriers en eau. Les populations de ce crustacé sont donc pérennes après plusieurs mois d'introduction (premières introductions faites par RIVIERE en 1985). On confirme ainsi les résultats préliminaires de RIVIERE et al. (1987).

La prédation du copépode est efficace mais il reste à prouver qu'il contrôle correctement les populations d'*Aedes*. On a déjà remarqué que *M. aspericornis* pouvait disparaître définitivement des gîtes en cas de dessiccation ou sursalinité. Or, si le terrier se remet en eau ou si la salinité varie, il devient un gîte de ponte potentiellement productif pour *A. polynesiensis*. Par ailleurs, on a vu que ces terriers pouvaient être très productifs (plusieurs centaines de larves par terrier) et on est donc en droit de se demander quelle peut-être la contribution d'un seul de ces gîtes à la densité totale des moustiques adultes observés. Si les conditions de survie des moustiques adultes sont bonnes, on peut penser, avec SERVICE (1983) que même une réduction du nombre total de gîtes productifs et par là du nombre des larves, n'est peut-être pas suffisante pour abaisser le niveau des populations des adultes à un seuil tolérable.

2.6.2 - Résultats de l'expérimentation "avant traitement"

Les données concernant cette expérimentation sont analysées en détail dans LARDEUX (1987 b). Ce travail dépassant parfois le cadre de ce rapport, on ne reprend ici que les résultats essentiels, en liaison avec le problème de l'estimation de la valeur de la méthode de lutte testée.

2.6.2.1 - Les terriers du crabe terrestre

De façon globale, sur 284 terriers sondés, 80 (soit 28 %) sont "en eau". La figure 4 (a) rappelle ce résultat.

Sur ces 80 terriers en eau, 42 hébergent *M. aspericornis*, 11 *A. polynesiensis*, 1 les deux espèces et 26 ne sont occupés ni par l'une, ni par l'autre. La figure 4 (b) résume ces résultats.

La carte 11 présente la cartographie de ces gîtes, indiquant les zones apparemment traitées (présence de *M. aspericornis*) et les zones "vierges", où *A. polynesiensis* peut être présent. On remarque qu'une zone (sud ouest) n'a vraisemblablement pas été

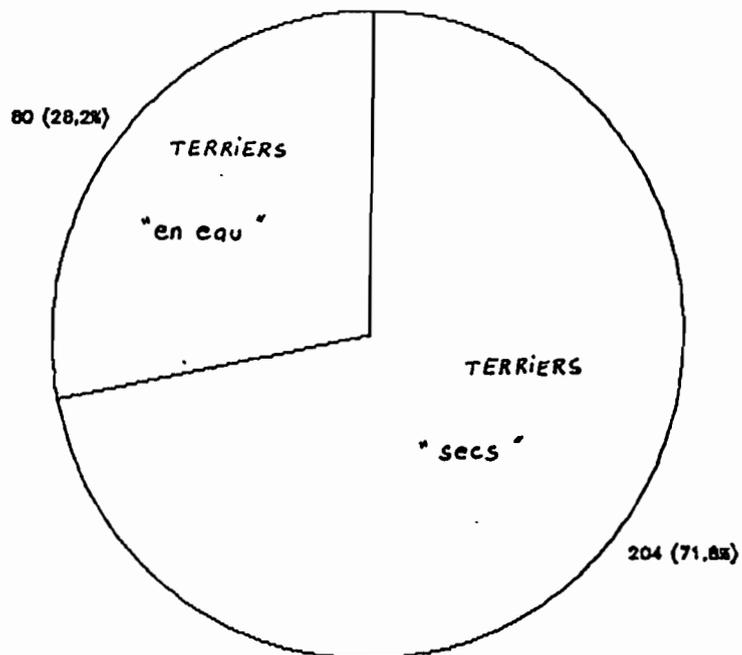


Figure 4 a : Pourcentage du nombre de terriers "en eau"

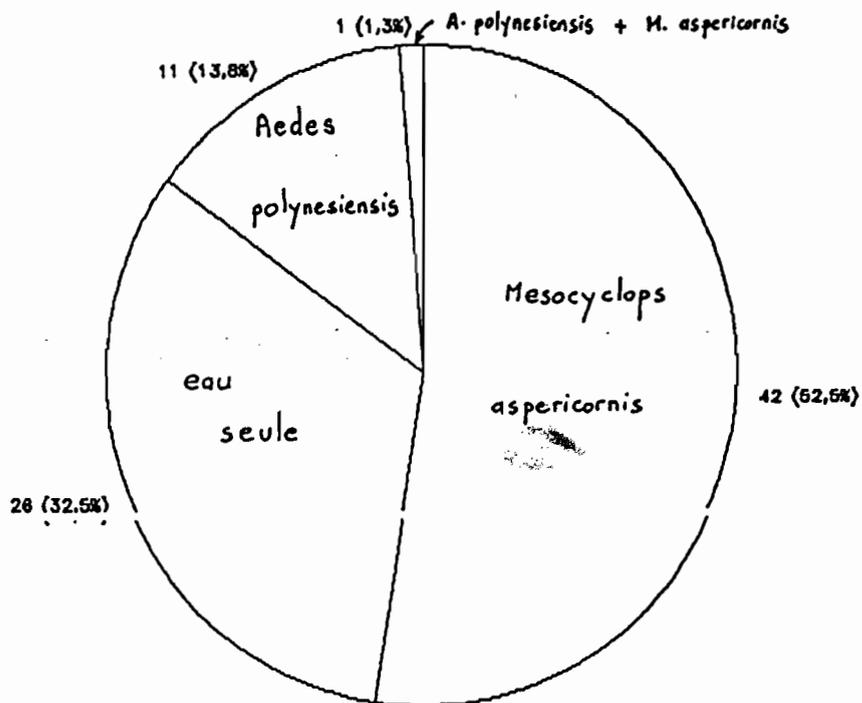
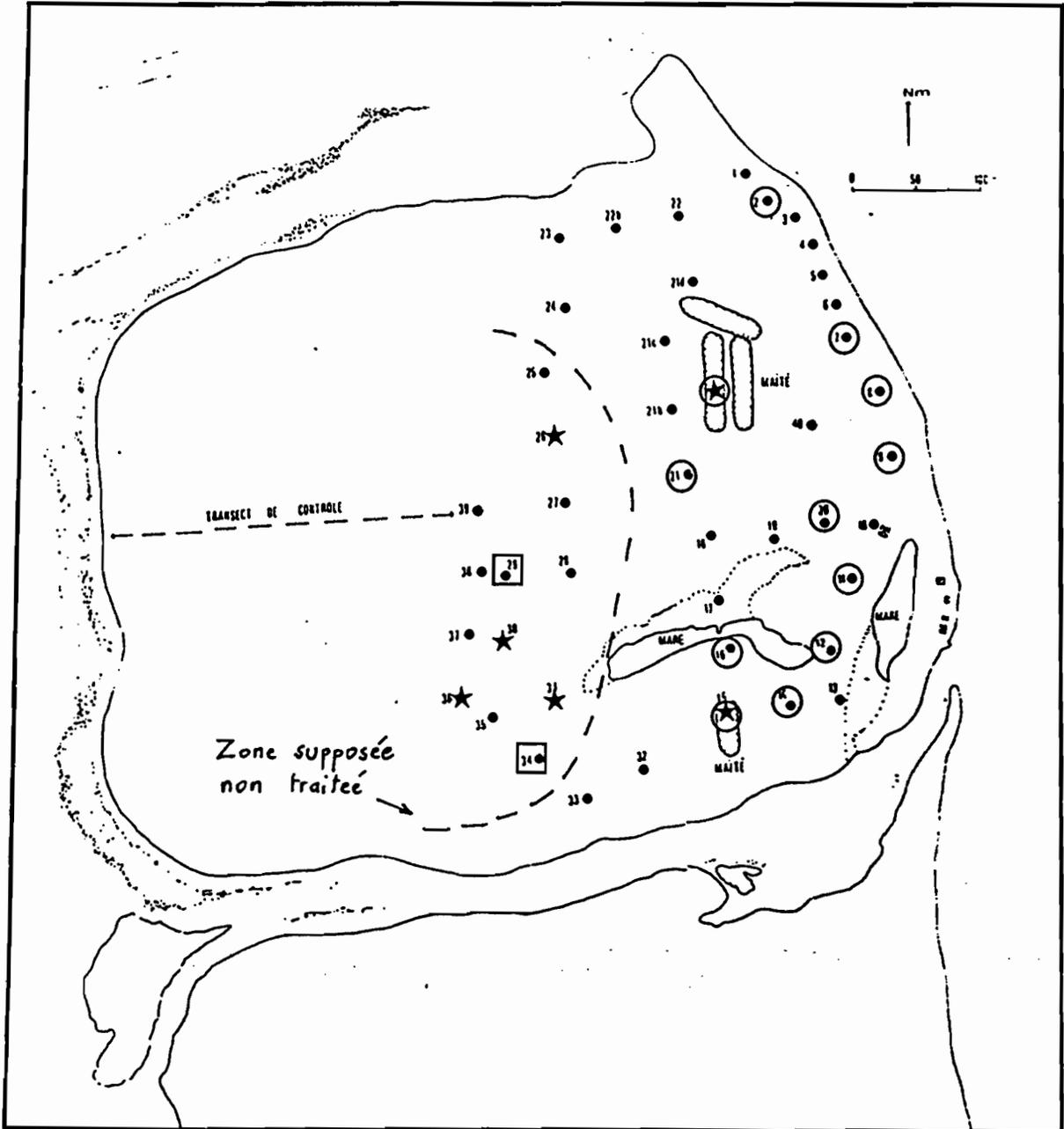


Figure 4 b : Occupation des terriers "en eau" par M. aspericornis et A. polynesiensis.



- Présence de *M. aspericornis*
- ★ Présence d'*A. polynesiensis*
- Eau sans *M. aspericornis* ni *A. polynesiensis*

Carte 11 : Occupation des terriers par *A. polynesiensis* et *M. aspericornis*

traitée puisqu'on n'y trouve pas *M. aspericornis* mais que, par contre, *A. polynesiensis* y est présent. D'autres points (stations 15, 28 et grand maîté, entre autres) présentent à la fois des terriers où l'on trouve le copépode et des terriers où l'on trouve *A. polynesiensis*. Ces zones ont, soit été mal traitées, soit, après une période de sécheresse antérieure, remises en eau, ce qui expliquerait l'absence du copépode et la présence du moustique. Par contre, mis à part un prélèvement (un terrier) où la présence des deux espèces a été constatée, on peut dire qu'à chaque fois que le copépode est présent dans un terrier, *A. polynesiensis* est absent. L'efficacité de prédation semble donc être excellente.

Le nombre de copépodes par terrier est variable puisqu'il va de quelques individus à près de 400. Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre les paramètres physico-chimiques de l'eau et la présence ou le nombre de copépodes.

Le nombre de larves et nymphes d'*A. polynesiensis* par terrier est variable : il varie de quelques individus à plus de 200. Sur les 11 terriers hébergeant ce moustique, on en a trouvé 6 avec moins de 10 individus, 3 avec 10 à 100 individus et 2 avec plus de 100.

2.6.2.2 - La population des moustiques adultes

- Migrations inter-îlot : isolement de la zone d'étude.

Les données du tableau 1 ont servi à l'ajustement du modèle d'ARNASON (1972). 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.

LARDEUX et LONCKE (1987) ont établi un programme permettant de calculer ces paramètres. Les données de terrain, pour Tereia (Tab. 1) ont permis d'obtenir les résultats consignés dans le tableau 2.

On constate, que les valeurs $\text{PHI}(j,x,y)$, (qui donnent une idée du taux d'échange entre les deux zones) sont très élevées dans chaque zone (les moustiques restent sur place) et très faibles d'une zone à l'autre ($\text{PHI}(1,A,B)$; $\text{PHI}(1,B,A)$) : les migrations inter îlot sont donc non significatives, que ce soit de Tereia (zone A) à l'îlot voisin (zone B) ou de l'îlot voisin vers Tereia.

Ces résultats, qui sont des probabilités, ont parfois des valeurs aberrantes (légèrement >1 ou <0), ce qui signifie que vraisemblablement le taux de recapture est légèrement trop faible pour que ces paramètres soient correctement estimés. Quoiqu'il en soit, les déviations sont peu marquées, et, en attendant confirmation par une autre expérience du même type, mais avec des données plus "solides", on peut dire que l'îlot Tereia est isolé de l'îlot voisin. Cet isolement est relatif puisqu'il existe tout de même un certain flux de moustiques de part et d'autre, mais,

PREMIER ECHANTILLONNAGE (Temps t = 1)

TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE A : 2185
 TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE B : 2160

DEUXIEME ECHANTILLONNAGE (Temps t = 2)

ZONE A :

TOTAL CAPTURE EN A : 983
 NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A : 103
 NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A : 4

ZONE B :

TOTAL CAPTURE EN B : 1334
 NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B : 6
 NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B : 98

TROISIEME ECHANTILLONNAGE

ZONE A :

TOTAL CAPTURE EN A : 1070
 NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A : 34
 NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN A : 16
 NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A : 7
 NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN A : 4

ZONE B :

TOTAL CAPTURE EN B : 1656
 NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B : 6
 NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN B : 2
 NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B : 92
 NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN B : 49

Tableau 1 : Données introduites dans le modèle d'Arnason.
 Zone A = Tereia Zone b = Témoin

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

$$\begin{array}{ll} \text{PHI}(1,A,A) = .9990882 & \text{PHI}(1,A,B) = .0247753 \\ \text{PHI}(1,B,B) = 1.205744 & \text{PHI}(1,B,A) = -1.280964E-02 \end{array}$$

PHI(j,x) = probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j, soit vivant au temps j+1

$$\text{PHI}(1,A) = 1.023864 \quad \text{PHI}(1,B) = 1.192934$$

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.

$$\begin{array}{ll} P(1,A) = .1106618 & P(1,B) = 7.657561E-02 \\ P(2,A) = 1.694101E-02 & P(2,B) = 3.186073E-02 \end{array}$$

N(j,x) = taille de la population vivant dans la zone x au temps j

$$\begin{array}{ll} N(1,A) = 19744.85 & N(1,B) = 28207.42 \\ N(2,A) = 58024.87 & N(2,B) = 41869.72 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{PHI}(2,A,A)*P(3,A) = .0162767 & \text{PHI}(2,B,A)*P(3,A) = 2.998501E-03 \\ \text{PHI}(2,B,B)*P(3,B) = 3.673164E-02 & \text{PHI}(2,A,B)*P(3,B) = 2.034588E-03 \end{array}$$

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

ces échanges sont très faibles et insignifiants, par exemple, lors de captures de femelles agressives en un point donné.

- Estimation des densités des femelles agressives

* Indices d'agressivité

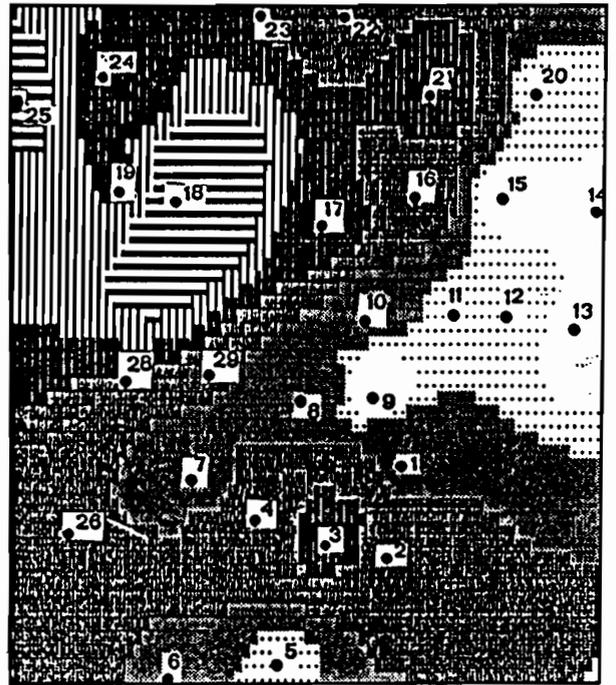
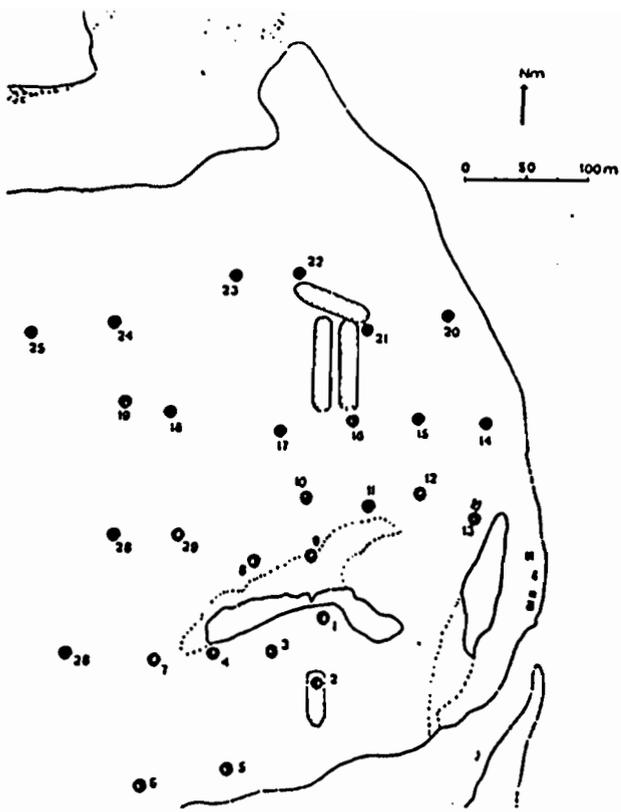
Les indices bruts d'abondance sont constitués par les données de capture, par station, d'une durée de 10 mn. On rappelle qu'une série de 29 stations a été définie sur l'îlot Tereia et 7 sur l'îlot témoin. Chaque jour, un certain nombre de ces stations est visité : toutes ne sont donc pas visitées en même temps. Ceci est lié à des problèmes inhérents au travail de terrain. La non régularité de ces captures rend donc leur analyse statistique plus difficile, certaines stations ayant été, en fin d'expérience, plus souvent visitées que d'autres. On peut donc craindre que le "poids" accordé à celles ci soit plus important. Afin de ne pas privilégier une station plutôt qu'une autre, on a moyenné les captures par station.

L'interprétation de ces indices est toutefois difficile. En effet, le nombre de femelles agressives capturées en 10 mn est extrêmement variable pour une même station. Ceci tient à plusieurs facteurs, dont l'influence mutuelle (synergie, antagonisme, niveau d'action par rapport les uns par rapport aux autres ...) est délicate à déterminer. On peut citer, entres autres :

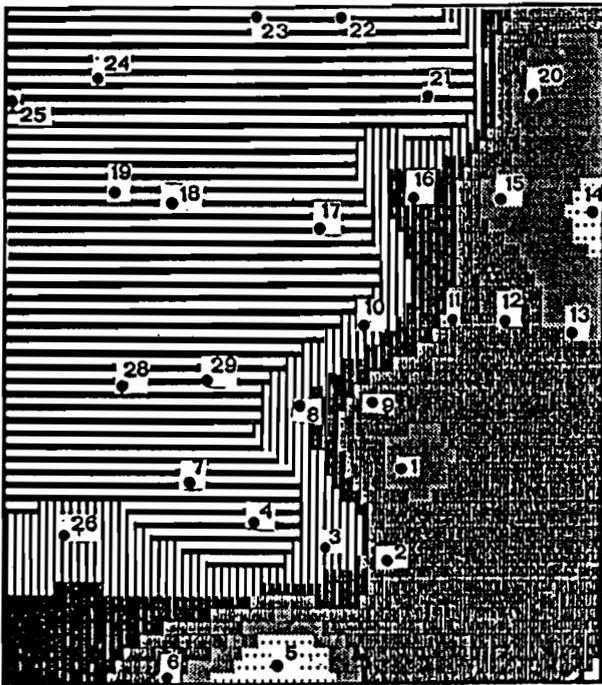
- Le cycle d'activité même des moustiques (facile à décrire) : Une composante temporelle journalière doit donc intervenir.
- L'influence locale des facteurs physiques (végétation, ombre, humidité de l'air, vent etc...)
- L'attractivité des captureurs, qui peut varier d'un jour à l'autre.
- Des éclosions massives qui peuvent avoir lieu à une station, après d'autres observations antérieures (dont le niveau est alors, bien sur, très inférieur)
- D'autres facteurs inconnus, que l'on ne peut pas mesurer (par exemple, la station a été "visitée" par d'autres personnes un peu avant les captures. Les moustiques se sont gorgés et ne viennent pas piquer les captureurs.)

Toutefois, on remarque qu'une même station présente un état "semi-quantitatif" fixe : on peut, par exemple, classer les stations dans des groupes du genre "captures nombreuses", "captures moyennes", "captures faibles". L'interprétation des données de capture serait donc plus aisée si les valeurs étaient transformées de façon à réduire ces variations, qui sont d'autant plus fortes que le niveau des captures est élevé.

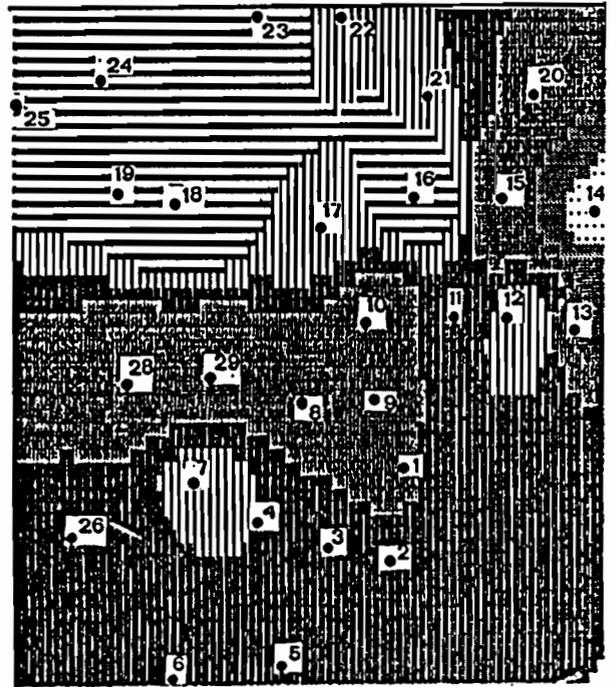
Pour résumer cet état de chose, on constate qu'il existe de grandes variations spatio-temporelles : les données de captures sont variables, non seulement d'une station à l'autre, mais aussi pour une même station d'un jour à l'autre. Ceci peut être visualisé sur une série de cartes d'isovaleurs du nombre de moustiques capturés (fig.5). Ces cartes mettent aussi en évidence le caractère semi quantitatif des captures : l'est de l'îlot est toujours moins "productif" que l'ouest.



J1



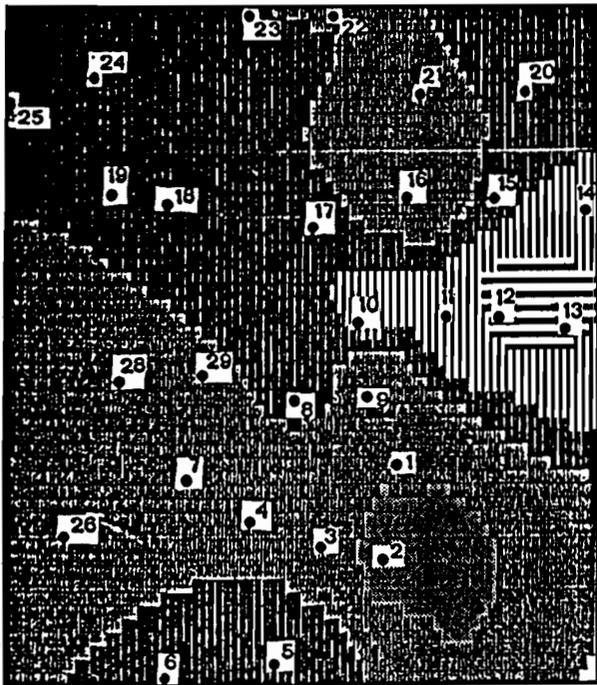
J2



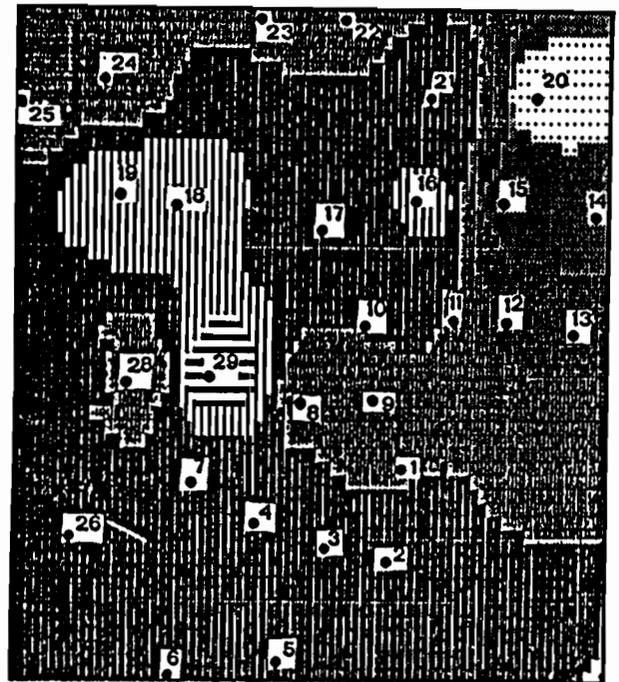
J3

□	10	▨	200
•	30	■	300
◻	75	▬	400
◻	150	■	700

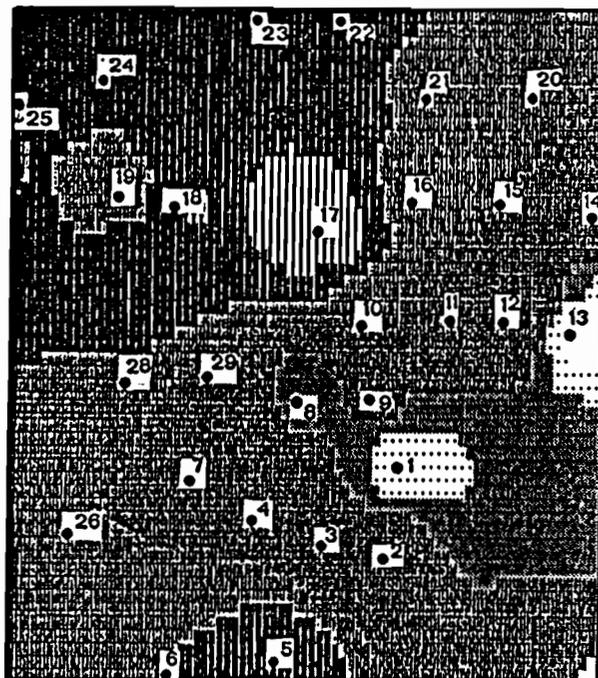
figure 5 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.



J 4



J 5



J 6

figure 5 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.

La transformations des données brutes de capture est donc nécessaire pour la construction d'un indice d'agressivité correct. On constate que les données brutes de capture se répartissent selon une distribution de type "aggrégatif", loin d'une représentation en courbe normale (fig.6 a). Normaliser les données est un moyen correct d'obtenir des valeurs sur lesquelles les tests usuels de statistique peuvent être appliqués. C'est ce que l'on a cherché à faire en transformant chaque valeur (= nombre des femelles capturées en 10 mn à chaque station) par la fonction $\text{Log}(x+1)$. Cette transformation, même si elle n'est pas optimale, a l'avantage d'être simple et de "normaliser" relativement correctement les données de capture (fig.6 b).

La définition d'un indice général d'agressivité (c'est à dire représentatif de la période échantillonnée) peut être donné par le calcul de la moyenne des données de capture transformées. Cet indice peut être calculé pour un jour donné (c'est à dire calculé sur les stations échantillonnées ce jour là) ou sur plusieurs jours, en prenant comme valeur pour chaque station la moyenne des valeurs journalières (en raison de ce qui a été dit au début de ce paragraphe).

Si on considère les indices journaliers, il est possible de comparer l'îlot Tereia à l'îlot témoin, tout simplement en faisant une comparaison de moyennes ou une analyse de variance sur les vecteurs "indices". Par exemple, l'analyse de variance donne les résultats de la figure 7. On constate qu'avant traitement, les indices d'agressivité peuvent être considérés comme semblables entre Tereia et l'îlot témoin.

De même, l'indice général sur la période donne le même type de résultat (fig.8)

Tereia et l'îlot témoin peuvent donc être considérés, avant traitement, comme statistiquement semblables du point de vue de l'agressivité des femelles.

* Pondoirs pièges

Sur Tereia, une série de pondoirs pièges a été disposée à chaque station de capture des femelles adultes. Le but de cette expérience était d'essayer d'obtenir un autre type d'indice d'abondance que ceux issus des captures sur appât humain. Le pondoir piège est une technique simple, indépendante de conditions anthropiques (attractivité différentielle des captureurs etc...) et dont on peut facilement et à peu de frais répéter la mise en place. Cette technique est moins sujette aux aléas que les captures sur appât humain et l'interprétation des données est plus facile.

Les pondoirs pièges utilisés s'apparentent à ceux préconisés pour *Aedes aegypti*. Il s'agit d'un godet en plastique de 0.5 litre (10 cm de diamètre au sommet et 7 cm à la base et 11 cm de haut), de couleur noire, dans lequel est pratiqué un petit trou servant à l'évacuation du trop plein des eaux de pluie et au maintien d'un niveau d'eau constant. Les femelles pondent sur une baguette de plastique (14 cm de long, 2 cm de large et 3 mm d'épaisseur) sur laquelle est fixé du papier buvard de couleur verte. Ces pondoirs sont fixés au niveau du sol, pour "concurrencer" les terriers de crabe.

Les pondoirs ont été laissés sur place durant une semaine, mais n'ont pas donné les résultats escomptés. Les *A. polynesiensis* n'ont pas utilisé les pondoirs pièges.

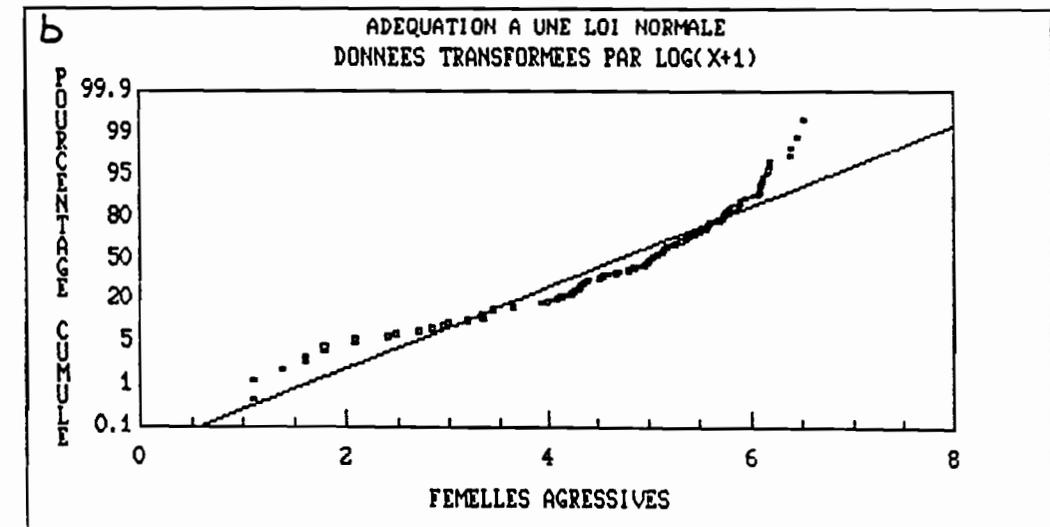
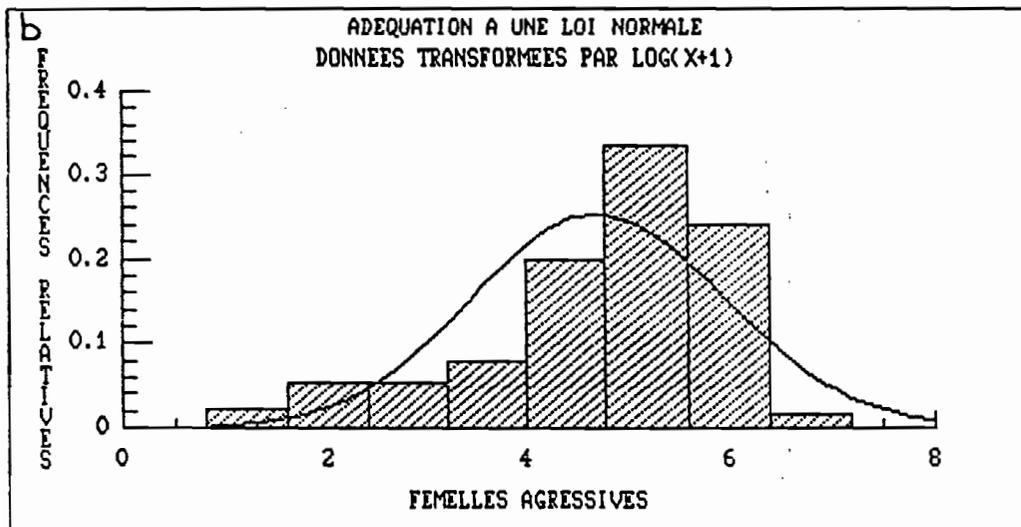
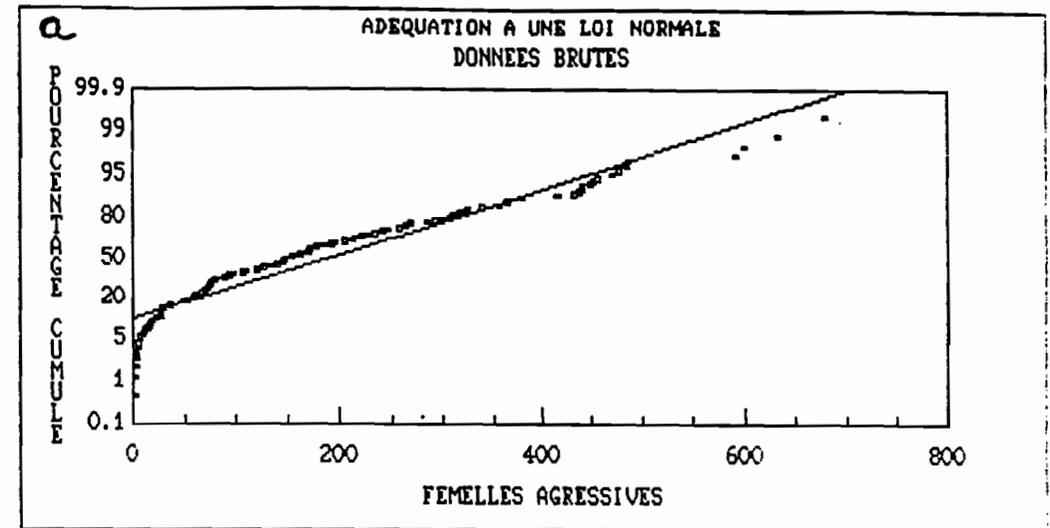
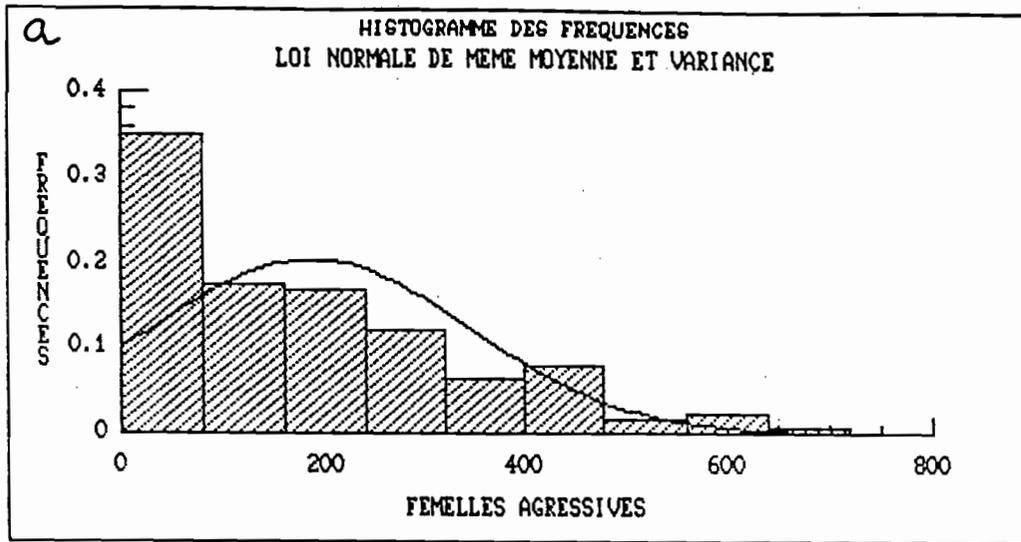


figure 6 : TEREIA

- a) Histogramme des fréquences du nombre des captures
b) Transformation des données par $\text{Log}(x+1)$

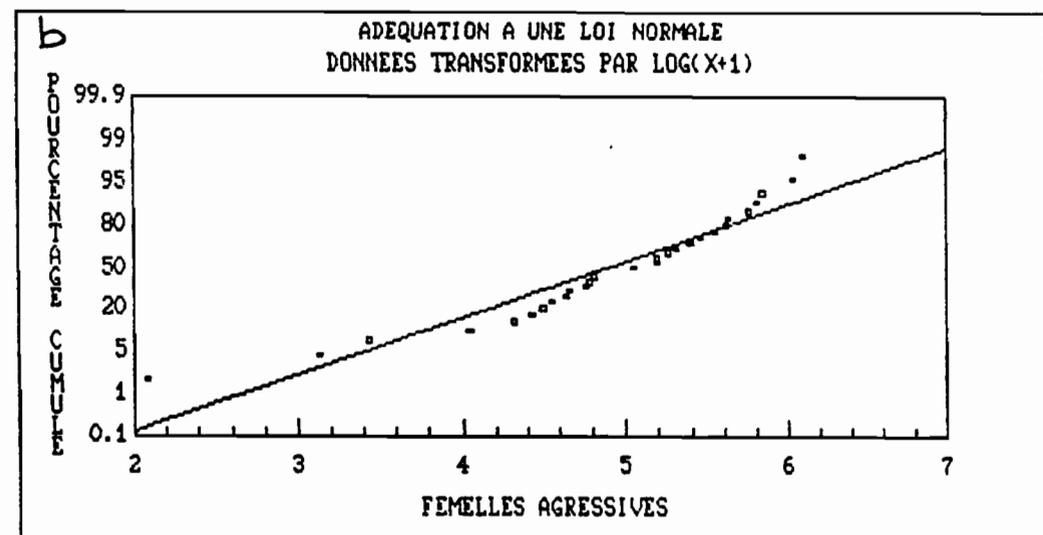
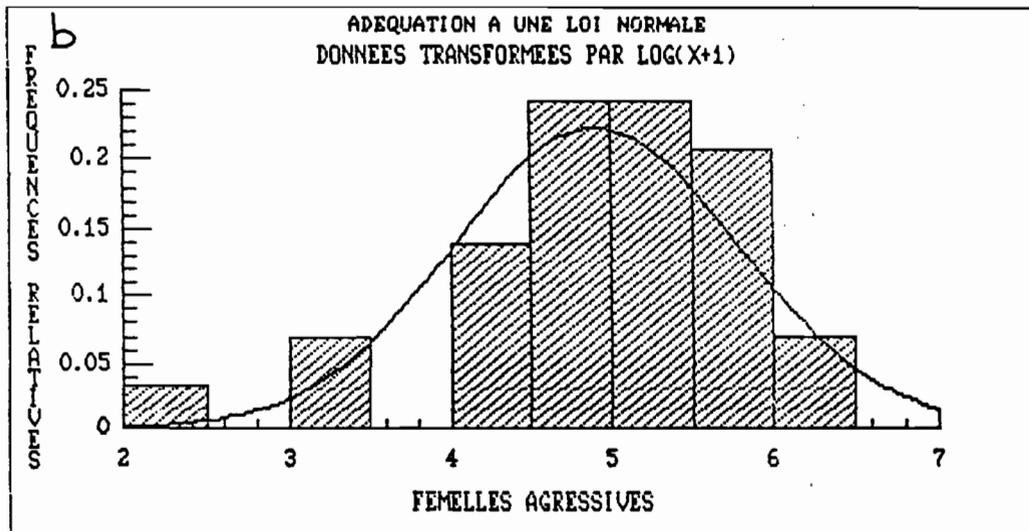
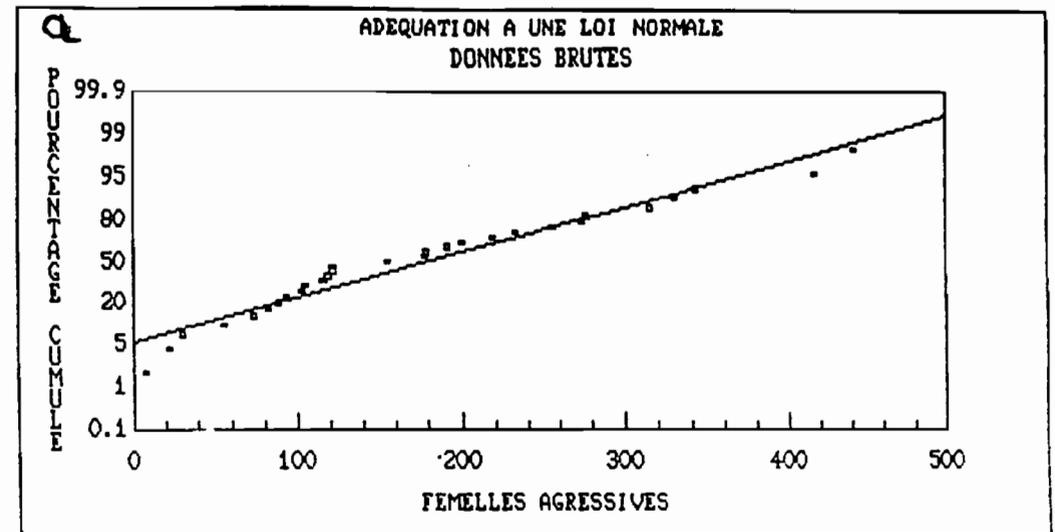
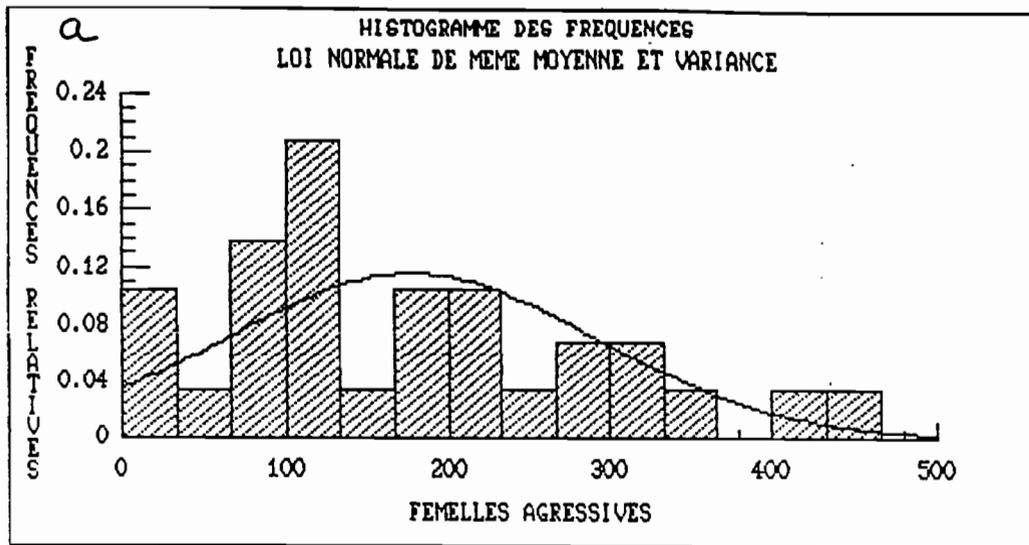


figure 6 : TEMOIN

a) Histogramme des fréquences du nombre des captures

b) Transformation des données par $\text{Log}(x+1)$

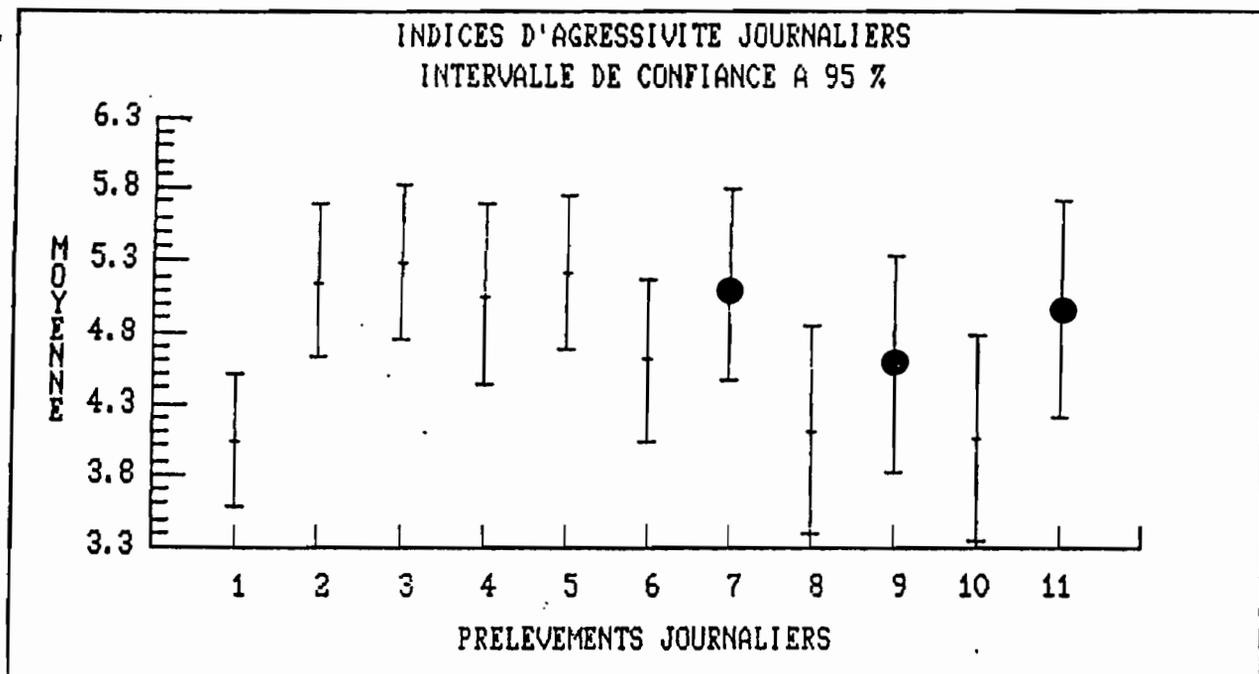


figure 7 : Résultats de l'analyse de variance sur les indices d'agressivité calculés journalièrement.
(● îlot témoin + Tereia)

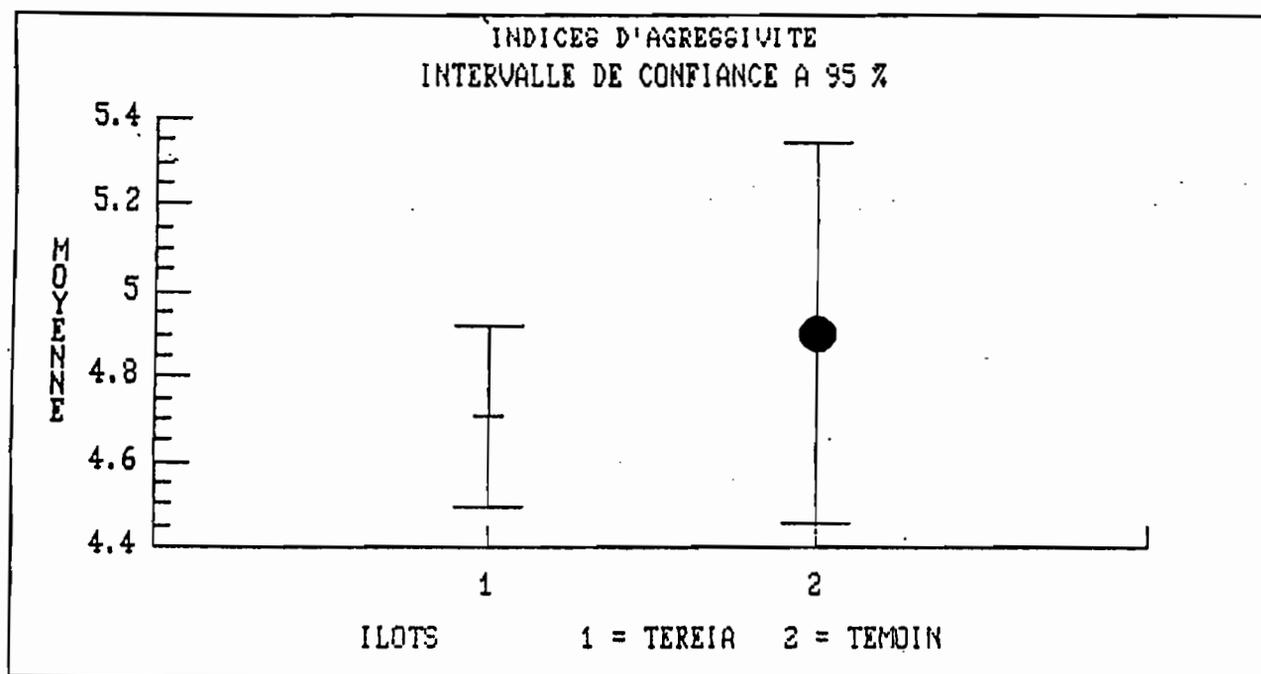


figure 8 : Résultats de l'analyse de variance sur les indices globaux.

2.6.3 - Résultats 3 mois après traitement

Les données originales sont décrites dans LARDEUX et al. (1988, a).

2.6.3.1 - Les terriers du crabe terrestre

Les deux flots (Tereia et l'ilot témoin) ont été échantillonnés de la même façon, selon la même méthode que celle employée lors de l'expérimentation avant-traitement.

La carte 6 indique les zones échantillonnées (environ 5 m x 5 m) dans ces deux flots.

Les résultats globaux apparaissent à la figure 9. Cette figure montre que près de 90 % des terriers en eau sur Tereia hébergent *Mesocyclops aspericornis*. Ceci montre que le traitement a été relativement bien effectué. L'absence de copépode dans certains terriers peut certes être due à un oubli dans le traitement mais aussi à un périllement de la colonie ou à un assèchement temporaire du gîte (donc mort du copépode). Sur les 117 terriers qui hébergent le copépode, quatre seulement abritent aussi *Aedes polynesiensis*. L'action de prédation est donc importante puisque sur l'ilot témoin (ou il n'y a pas de copépodes), près de 50 % des terriers en eau hébergent des formes larvaires de moustique.

Sur Tereia, on remarque malgré tout qu'une certaine proportion des terriers ne contient pas de copépode (un peu plus de 10 %). Ces terriers sont des gîtes potentiels à *Aedes polynesiensis*. D'ailleurs, 6 terriers sur les 133 en eau hébergent *Aedes polynesiensis* seul. Ces terriers sont donc productifs et, en l'absence du copépode, sont "incontrôlables". Reste à savoir si cette faible proportion de gîtes productifs suffit à générer des populations de moustiques adultes suffisamment denses pour constituer une gêne épidémiologique. (voir paragraphe suivant).

En ce qui concerne l'implantation des colonies de copépodes, la figure 10 donne une idée de la structure des populations dans l'ensemble des terriers en eau (donc susceptibles d'abriter *Mesocyclops aspericornis*). On précise que les comptages sous-représentent les effectifs réels, en raison du mode de sondage des terriers (un seul pompage de l'eau de la chambre)

2.6.3.2 - La population des moustiques adultes

- Migrations inter-ilot : isolement de la zone d'étude

Comme pour l'expérimentation avant traitement, on a ajusté le modèle d'ARNASON (1972) aux données de marquage - recapture.

Les données de base sont celles du tableau 3. Les résultats de l'ajustement sont notés dans le tableau 4.

Ces résultats confirment ce qui avait été trouvé auparavant : l'ilot Tereia est relativement isolé de migrations massives de moustiques. Cependant, un flux résiduel bidirectionnel de migration existe. Il faudrait donc pouvoir quantifier la somme des échanges sur une période longue (de l'ordre de plusieurs semaines) afin de préciser quelle peut être la contribution réelle de ce flux à la dynamique de population des moustiques de Tereia. En l'absence de telles données, on peut toutefois considérer que le faible niveau de ce flux ne suffit pas à déséquilibrer les indices d'agressivité. En première approche, ces derniers restent donc caractéristiques de la zone où ils sont calculés.

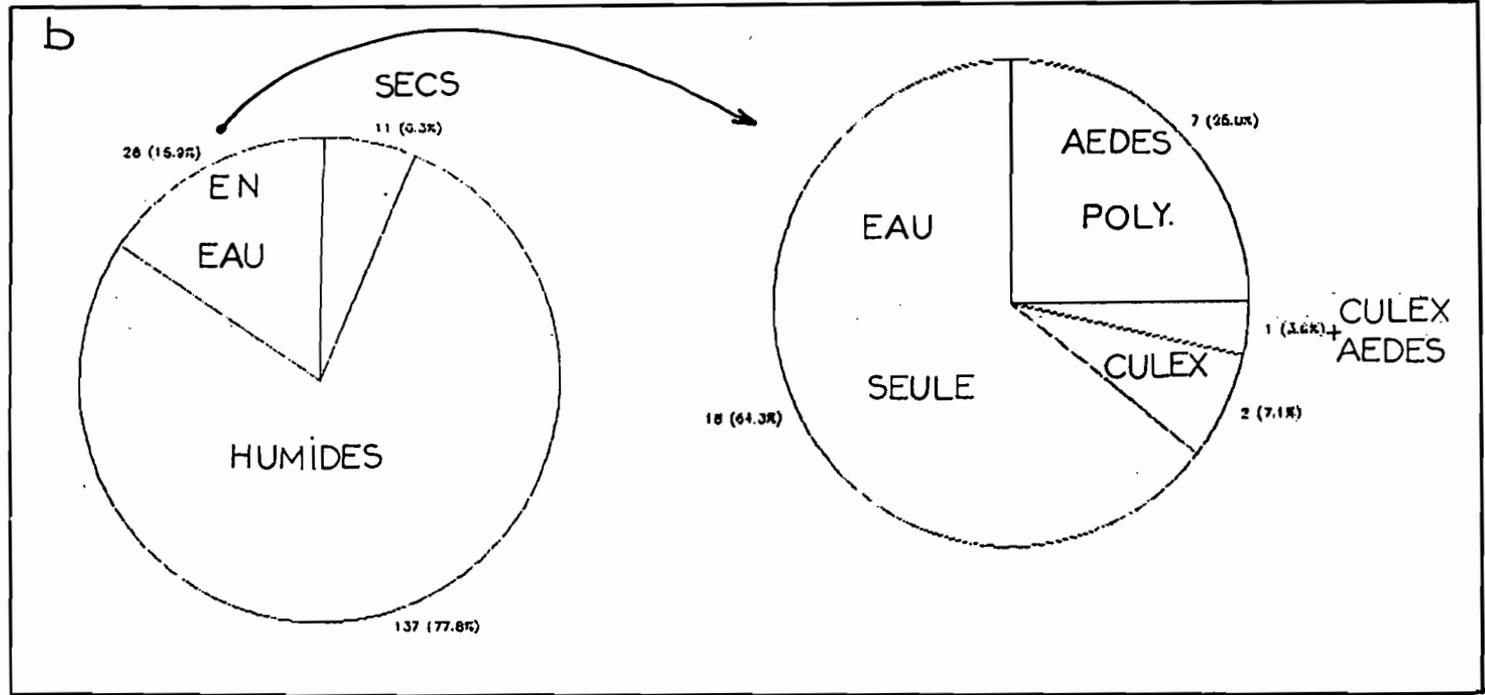
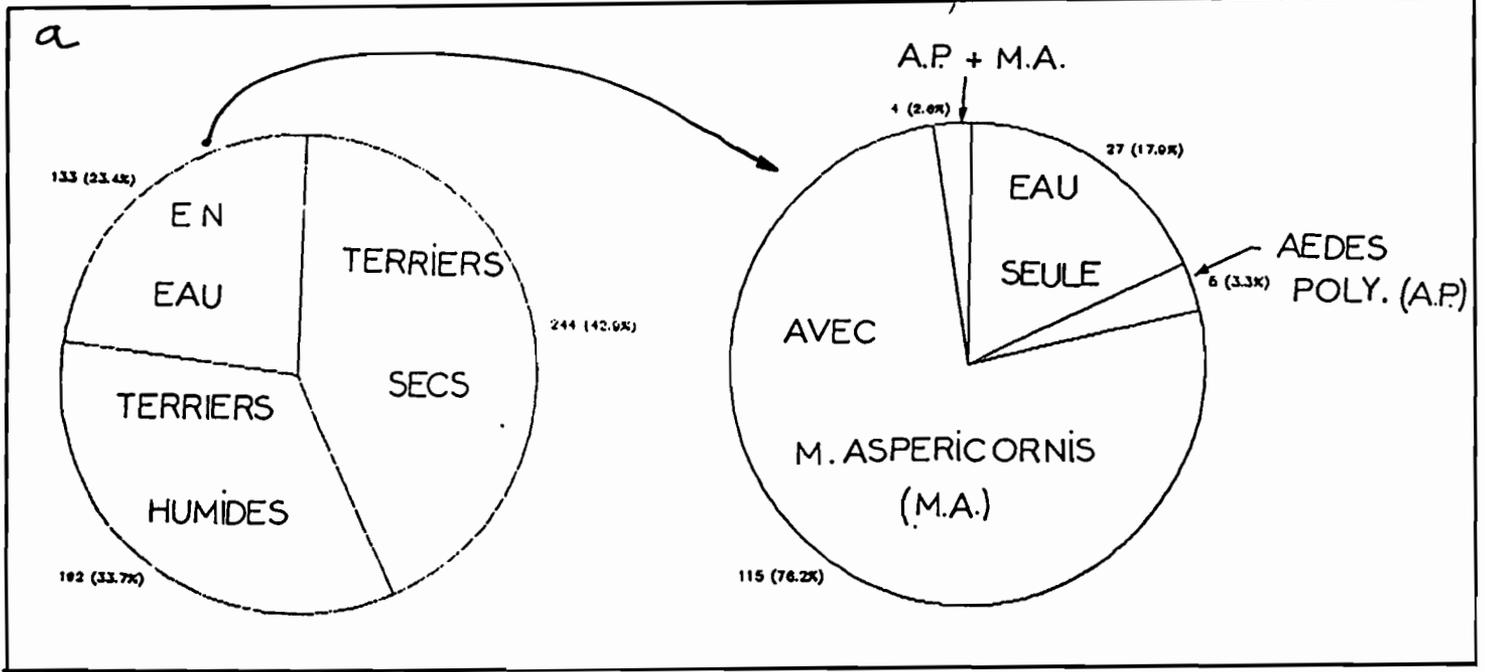
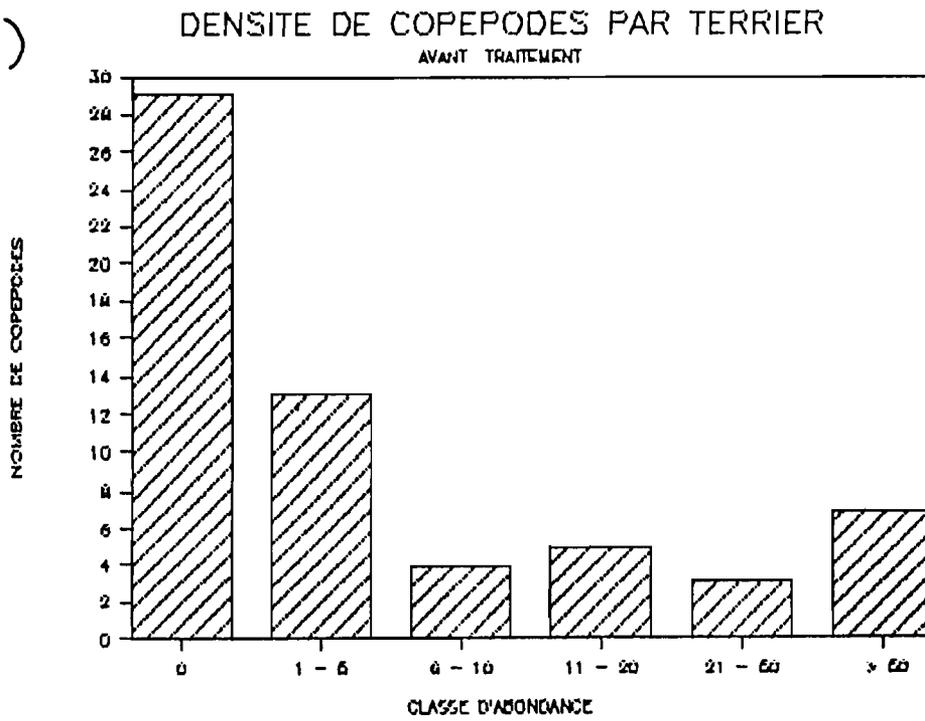


figure 9 : Occupation des terriers de crabe terrestre
 - pourcentage de terriers en eau
 - occupation des terriers en eau
 a) TEREIA b) TEMOIN

a)



b)

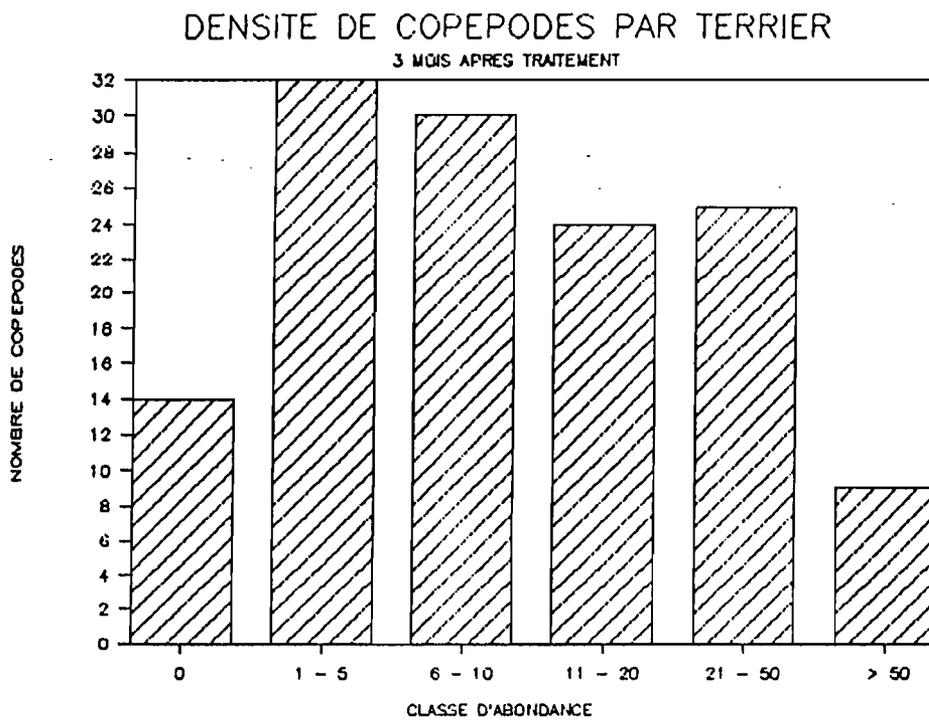


figure 10 : structure des populations de copéode dans les terriers de crabe.
a) avant traitement
b) 3 mois après

PREMIER ECHANTILLONNAGE (Temps t = 1)	
TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE A :	524
TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE B :	681
DEUXIEME ECHANTILLONNAGE (Temps t = 2)	
ZONE A :	
TOTAL CAPTURE EN A :	439
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	26
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	0
ZONE B :	
TOTAL CAPTURE EN B :	652
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	2
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	19
TROISIEME ECHANTILLONNAGE	
ZONE A :	
TOTAL CAPTURE EN A :	503
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	13
NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN A :	27
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	0
NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN A :	1
ZONE B :	
TOTAL CAPTURE EN B :	496
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	2
NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN B :	3
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	4
NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN B :	6

Tableau 3 : Données introduites dans le modèle d'Arnason.
 Zone A = Tereia Zone b = Témoin

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) = .4500697	PHI(1, A, B) = .1212012
PHI(1, B, B) = .6782201	PHI(1, B, A) = -1.621736E-02
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) = .5712708	PHI(1, B) = .6620028
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) = 5.922551E-02	P (1, B) = 3.073286E-02
P (2, A) = 6.304521E-02	P (2, B) = 1.338046E-02
N (j, x) = taille de la population vivant dans la zone x au temps j	
N (1, A) = 8847.539	N (1, B) = 22158.69
N (2, A) = 6963.258	N (2, B) = 48727.78
PHI(2, A, A)*P(3, A) = 6.150342E-02	PHI(2, B, A)*P(3, A) = 1.533742E-03
PHI(2, B, B)*P(3, B) = 9.202454E-03	PHI(2, A, B)*P(3, B) = 6.833713E-03

Tableau 4 : Résultats de l'ajustement du modèle d'Arnason.

- Estimation des indices d'agressivité

De la même façon que lors de l'étude avant traitement, on a procédé aux calculs des indices d'agressivité. Les mêmes stations ont été prospectées, sur Tereia et sur l'îlot témoin.

Là encore, les résultats ont montré une grande variabilité spatio-temporelle, illustrée par la figure 11. Les zones d'isovaleurs des captures montrent, de plus, un gradient positif est-ouest général.

La transformation des données brutes de capture a aussi été nécessaire, comme le montre la figure 12. La transformation par $\text{Log}(x+1)$ normalise là aussi les données.

L'analyse des données s'est faite par analyse de variance sur :

- Les indices calculés journallement
- Les indices calculés globalement sur la moyenne des valeurs par station
- Les blocs non équilibrés constitués par les moyennes de chaque station pour chaque expérimentation (avant traitement-témoin, avant traitement-Tereia, 3 mois-témoin, 3 mois-Tereia)

Les résultats de ces trois analyses sont donnés aux figures 13, 14 et 15.

On remarque qu'il existe une différence significative entre le niveau des indices avant-traitement et trois mois après. Cependant, on ne met pas en évidence de différence entre l'îlot témoin et l'îlot traité.

2.6.4 - Résultats 6 mois après traitement

Les données originales sont décrites dans LARDEUX et al. (1988 b).

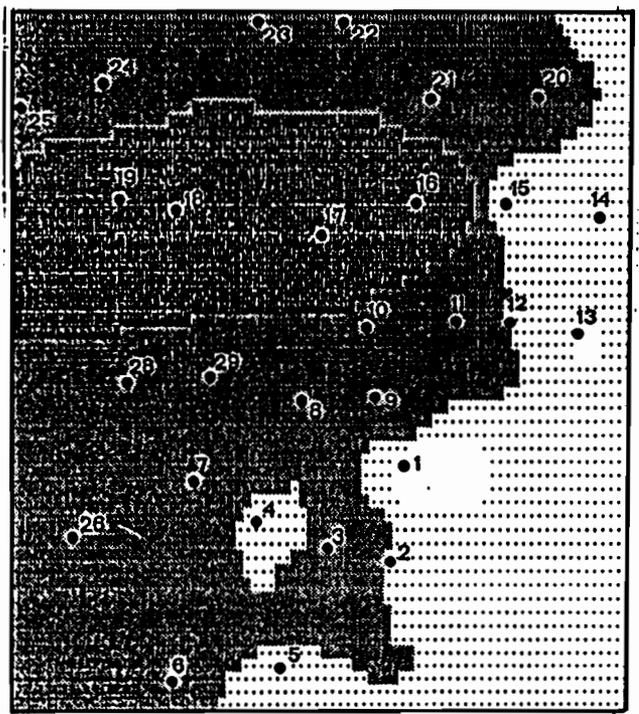
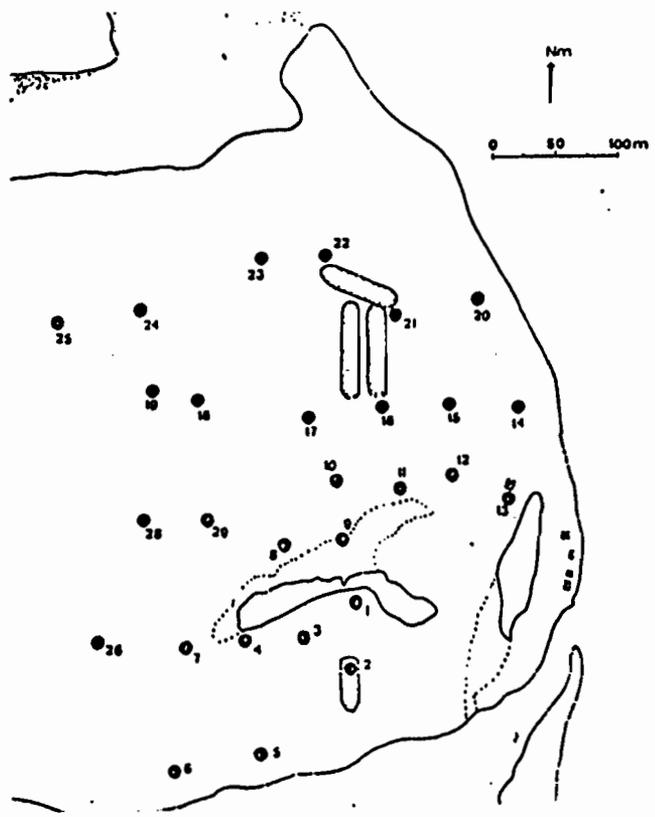
2.6.4.1 - Les terriers du crabe terrestre

Comme précédemment, les deux îlots ont été échantillonnés de la même façon, selon la même méthode. La carte 7 indique les zones échantillonnées (environ 5 m x 5 m) dans ces deux îlots.

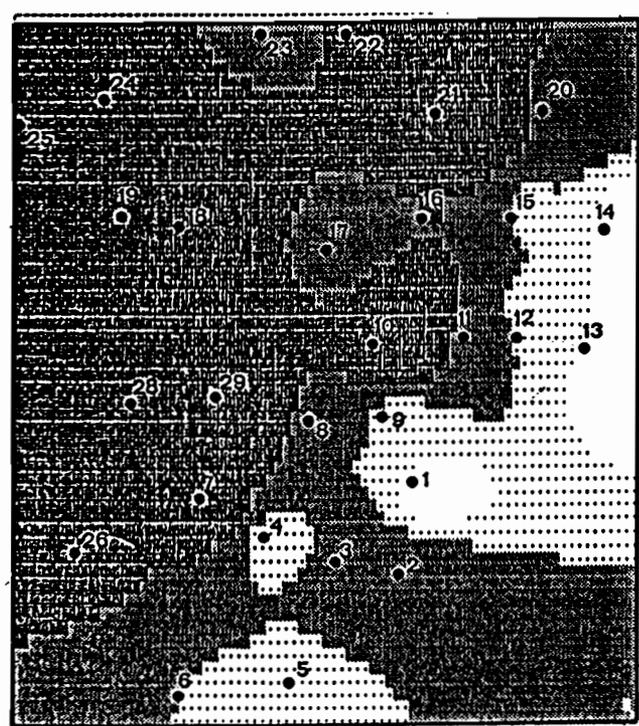
Les résultats apparaissent à la figure 16.

Sur Tereia 284 terriers ont été siphonnés. 88 étaient en eau et 59 "humides" (on n'a pas pu les siphonner). 118 étaient à sec. Sur les 88 en eau, 53 hébergeaient *Mesocyclops aspericornis* et 7 *Aedes polynesiensis*. 9 abritaient les deux espèces et 1 les deux espèces plus une espèce de *Culex*.

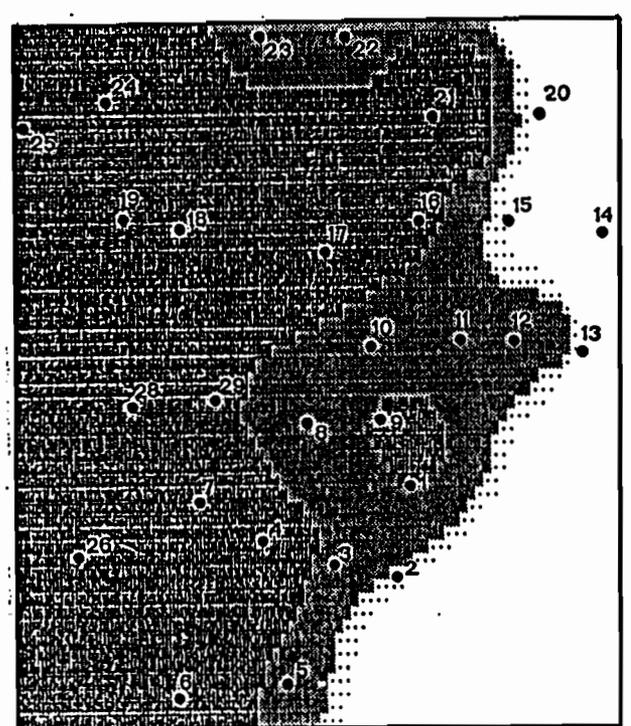
Sur l'îlot témoin, 107 terriers ont été siphonnés. 27 étaient en eau et 67 à sec. Sur les 27 en eau, 13 hébergeaient *Aedes polynesiensis* et 1 *Aedes polynesiensis* et *Culex sp.*



J1



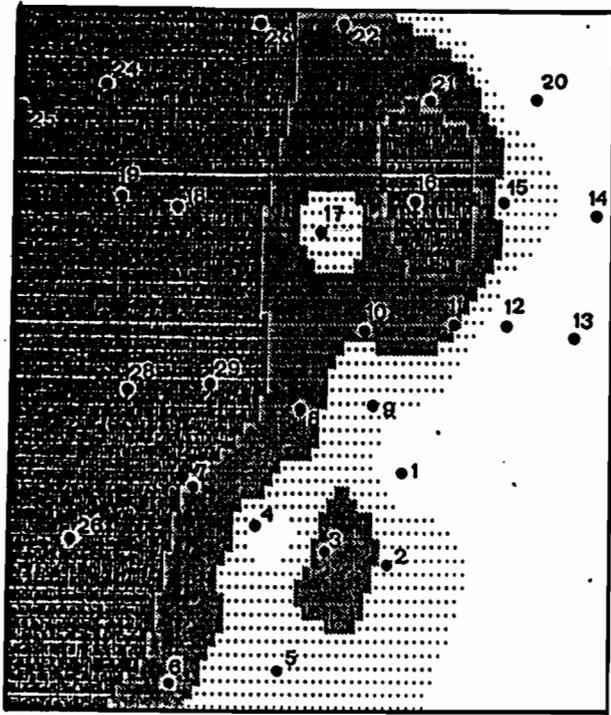
J2



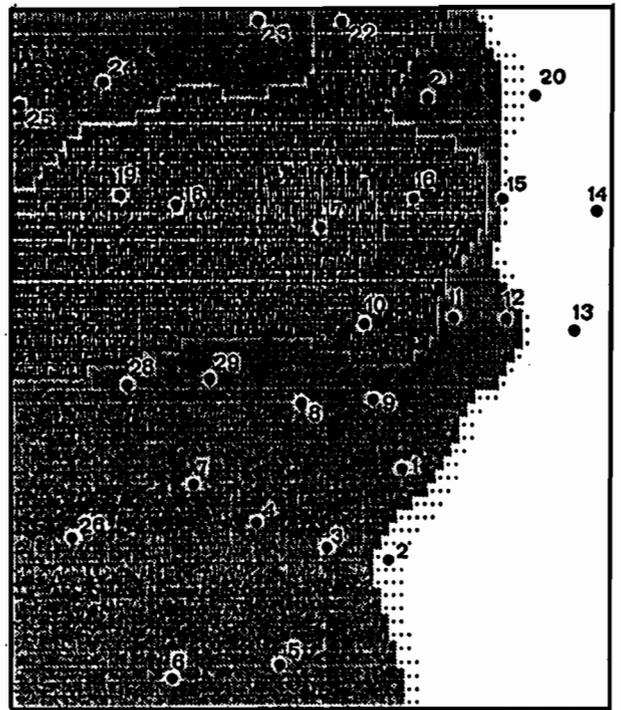
J3

- 10
- 30
- ◊ 75
- ▒ 150
- 200

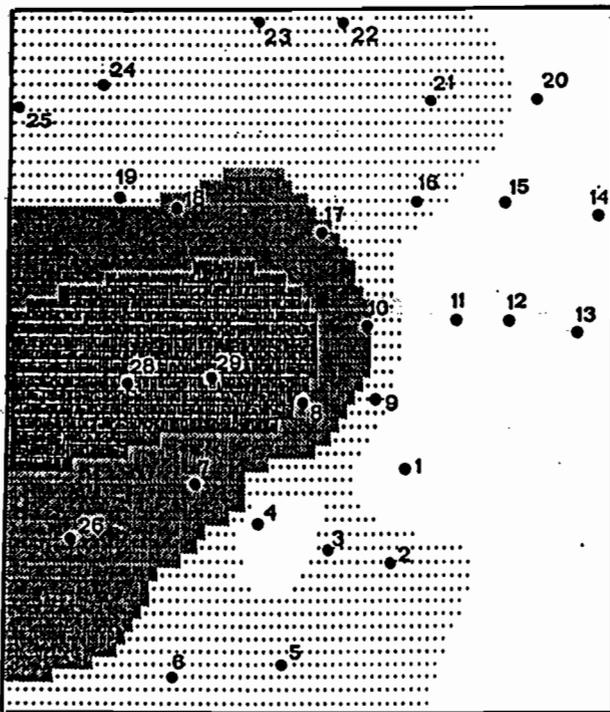
figure 11 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.



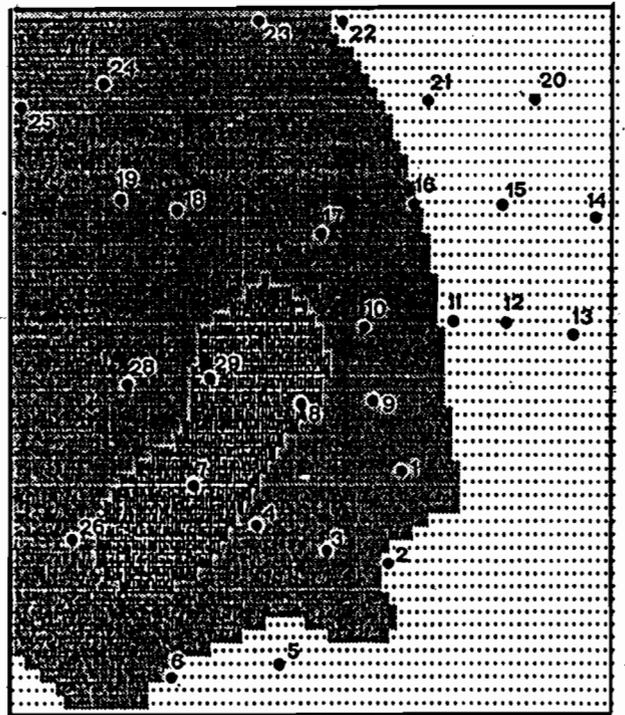
J 4



J 5

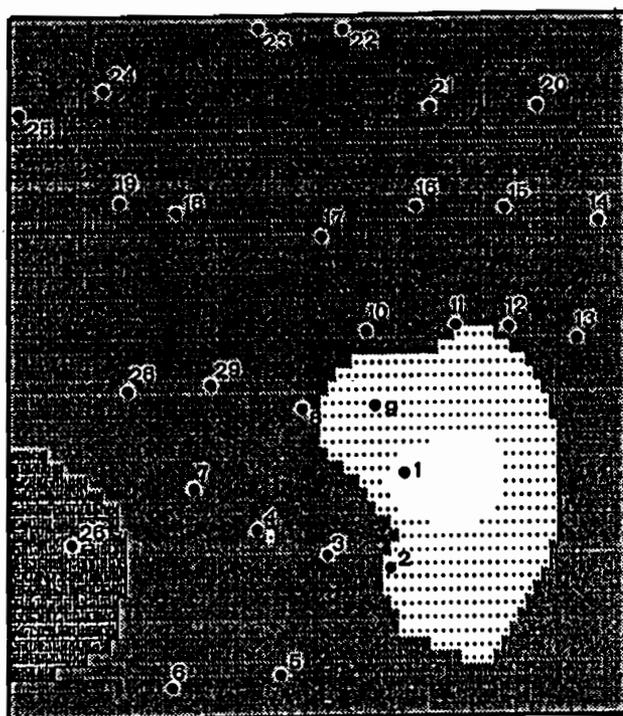


J 6

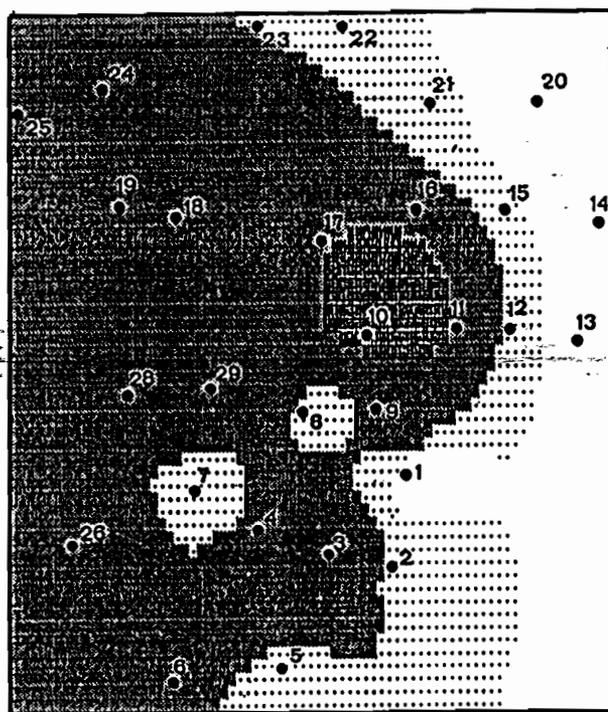


J 7

figure 11 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.



J8



J9

figure 11 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.

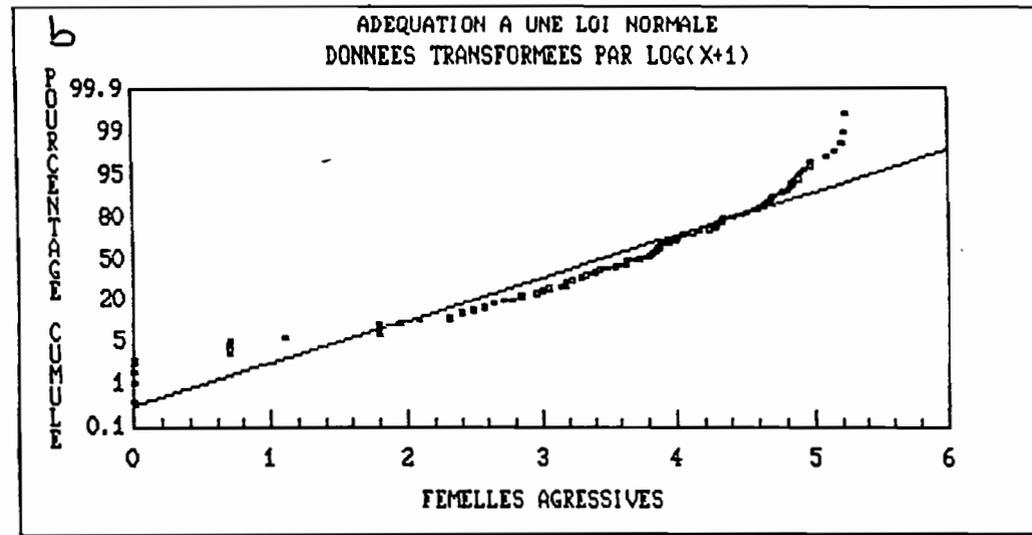
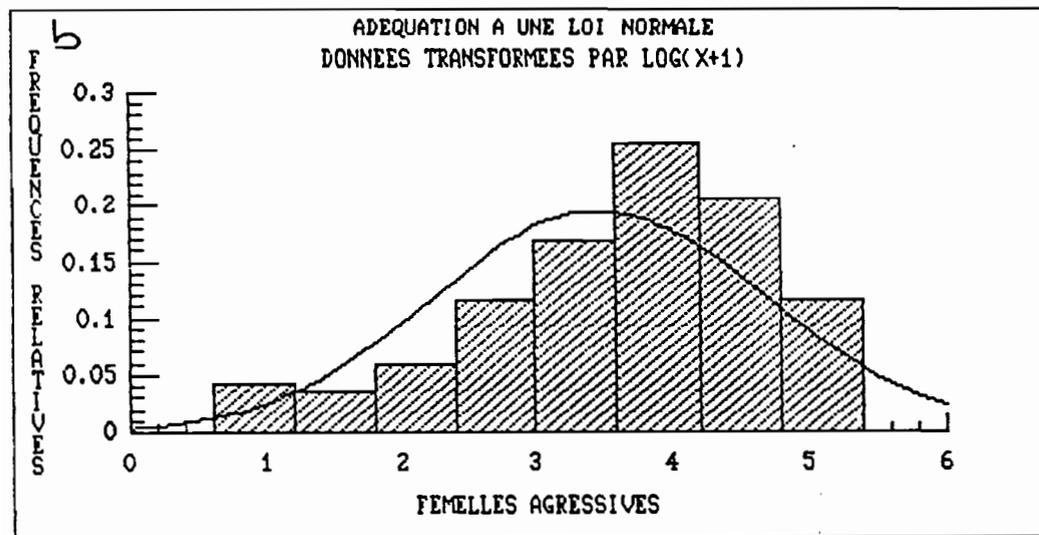
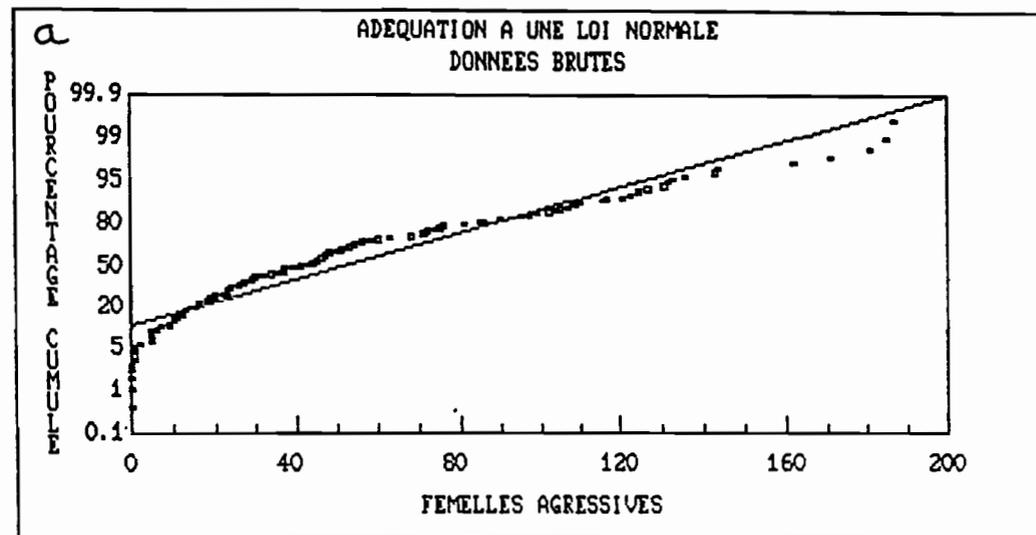
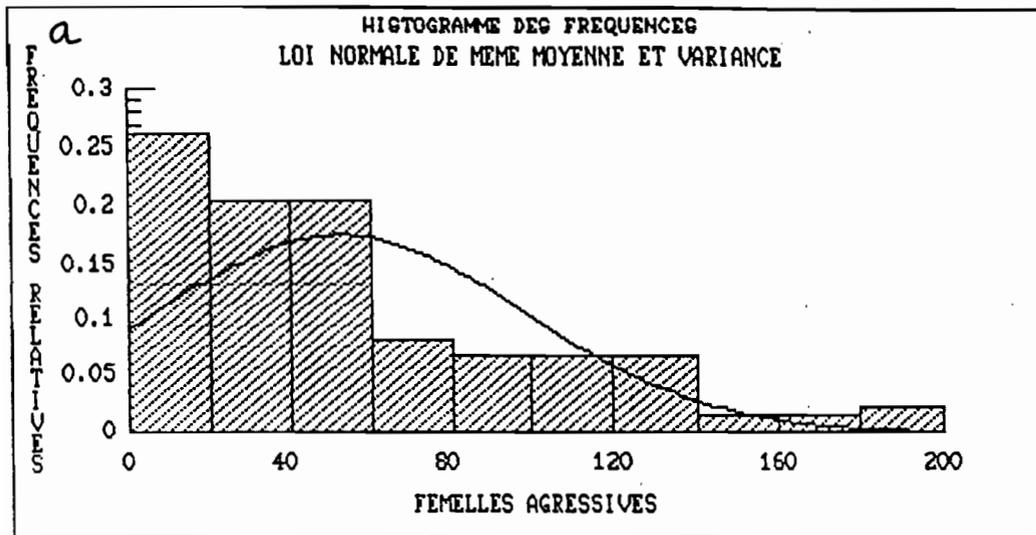


figure 12 : TEREIA

a) Histogramme des fréquences du nombre des captures
b) Transformation des données par $\text{Log}(x+1)$

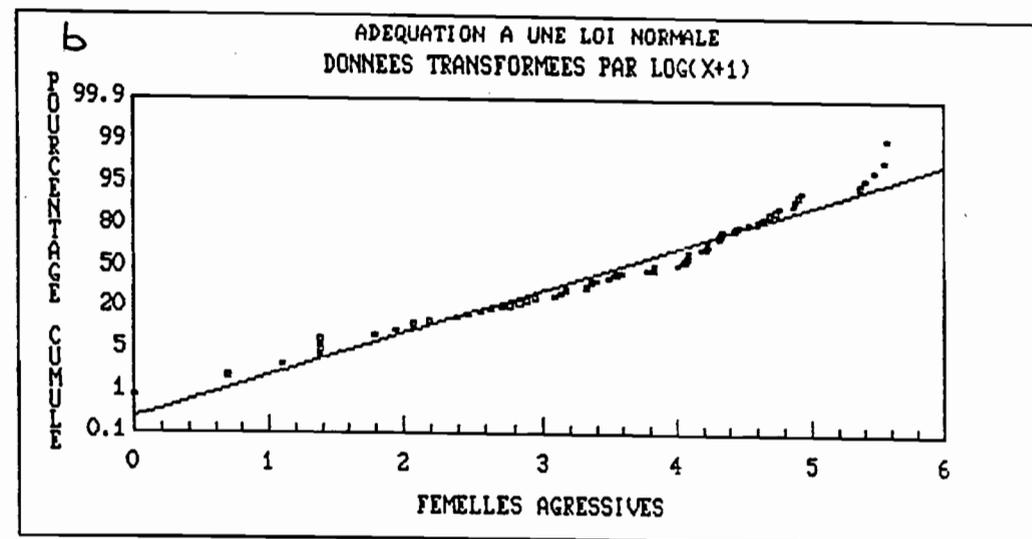
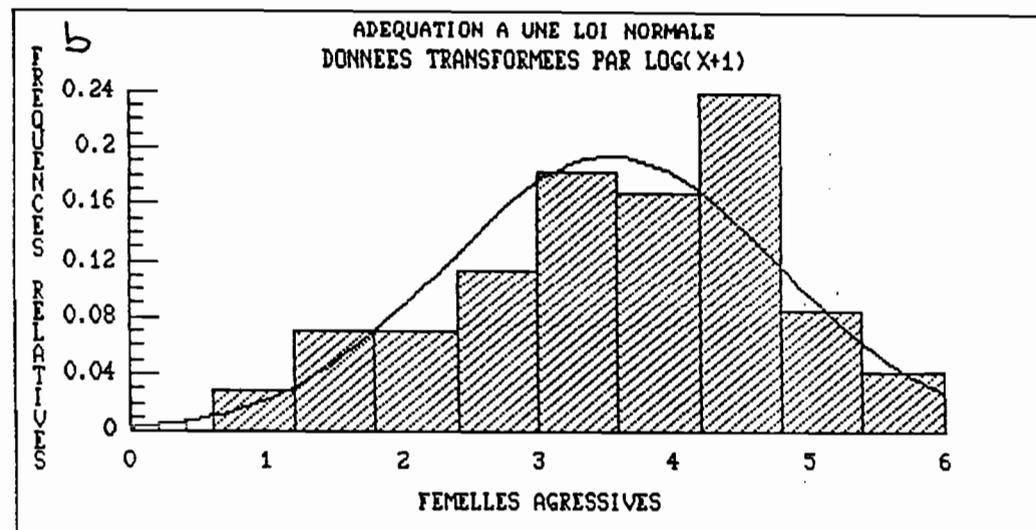
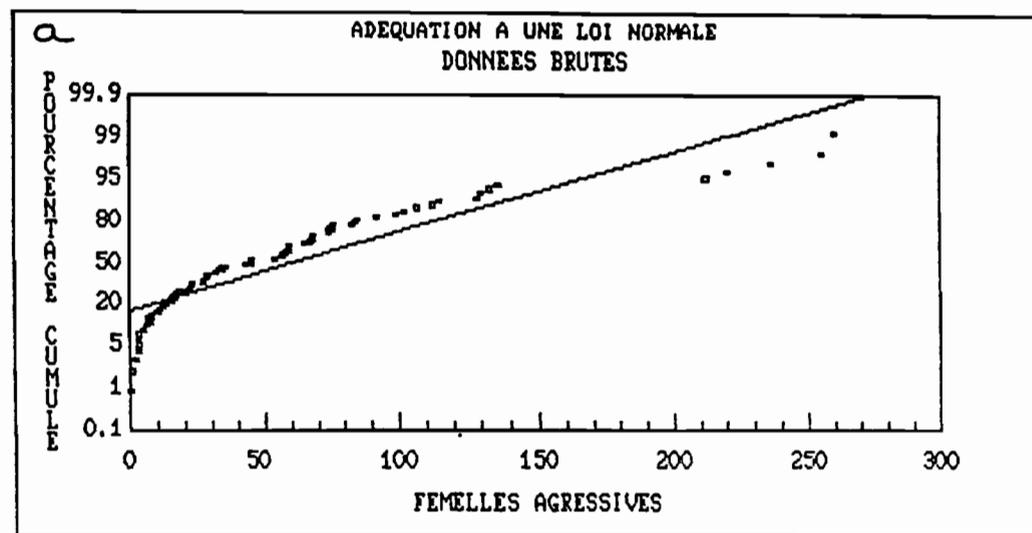
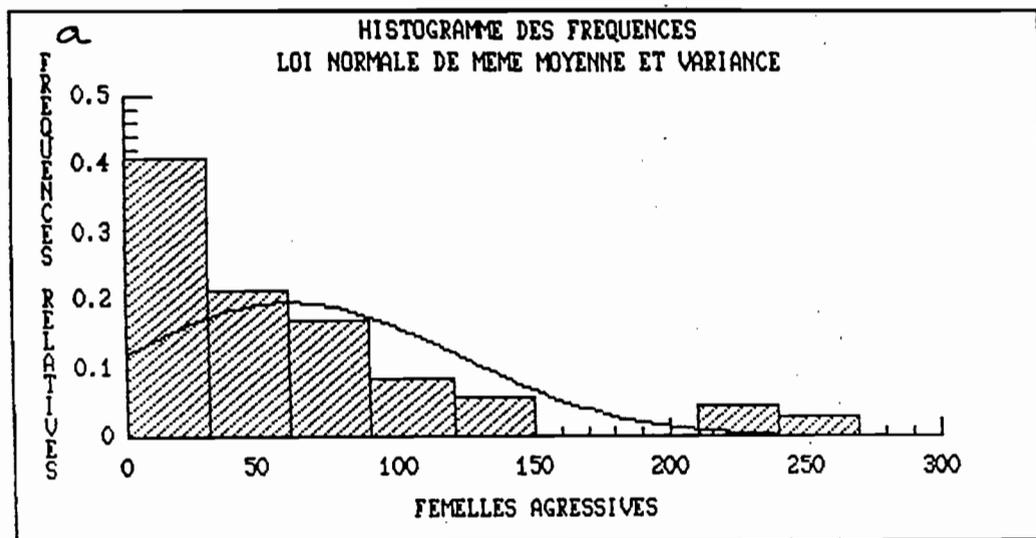


figure 12 : TEMOIN

- a) Histogramme des fréquences du nombre des captures
b) Transformation des données par $\text{Log}(x+1)$

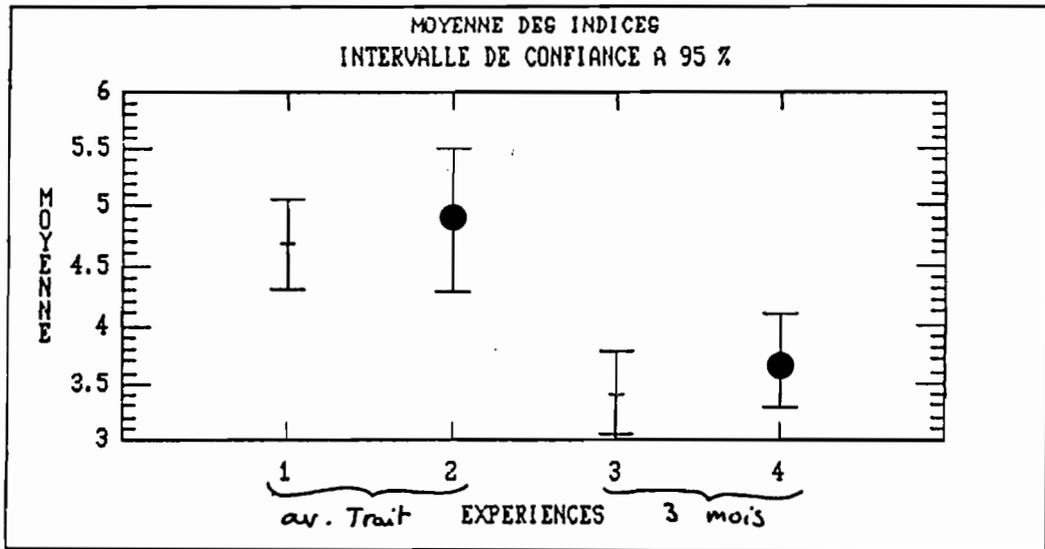


figure 13 : Analyse de variance sur les indices journaliers
(● îlot témoin + Tereia)

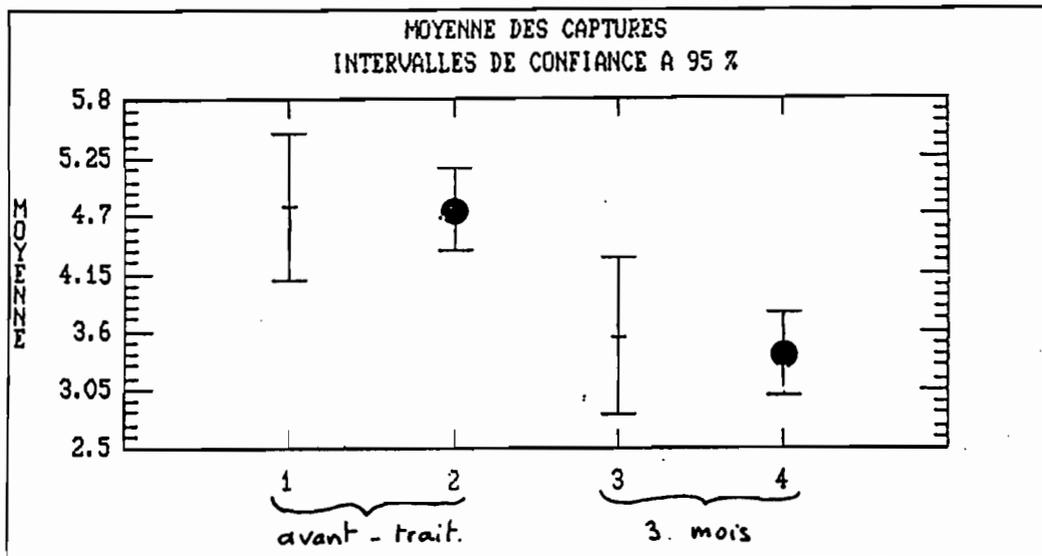


figure 14 : Analyse de variance sur les indices de chaque station.
(● îlot témoin + Tereia)

TABLEAU D'ANALYSE DE VARIANCES

SOURCE	SOMME DES CARRÉS	DL	CARRE MOYEN	F
TOTAL	113.0201	74	1.5273	
CELLULE	33.9813	3	11.3271	
A + B	33.9247	2		
INTERACTION	.0566	1	.0566	.0509
EFFET A ADJ	33.6958	1	33.6958	30.2687
EFFET B ADJ	.1124	1	.1124	.1010
RESIDUAL	79.0388	71	1.1132	

figure 15 : Analyse de variance sur les blocs non équilibrés
(A = effet station B = effet période)

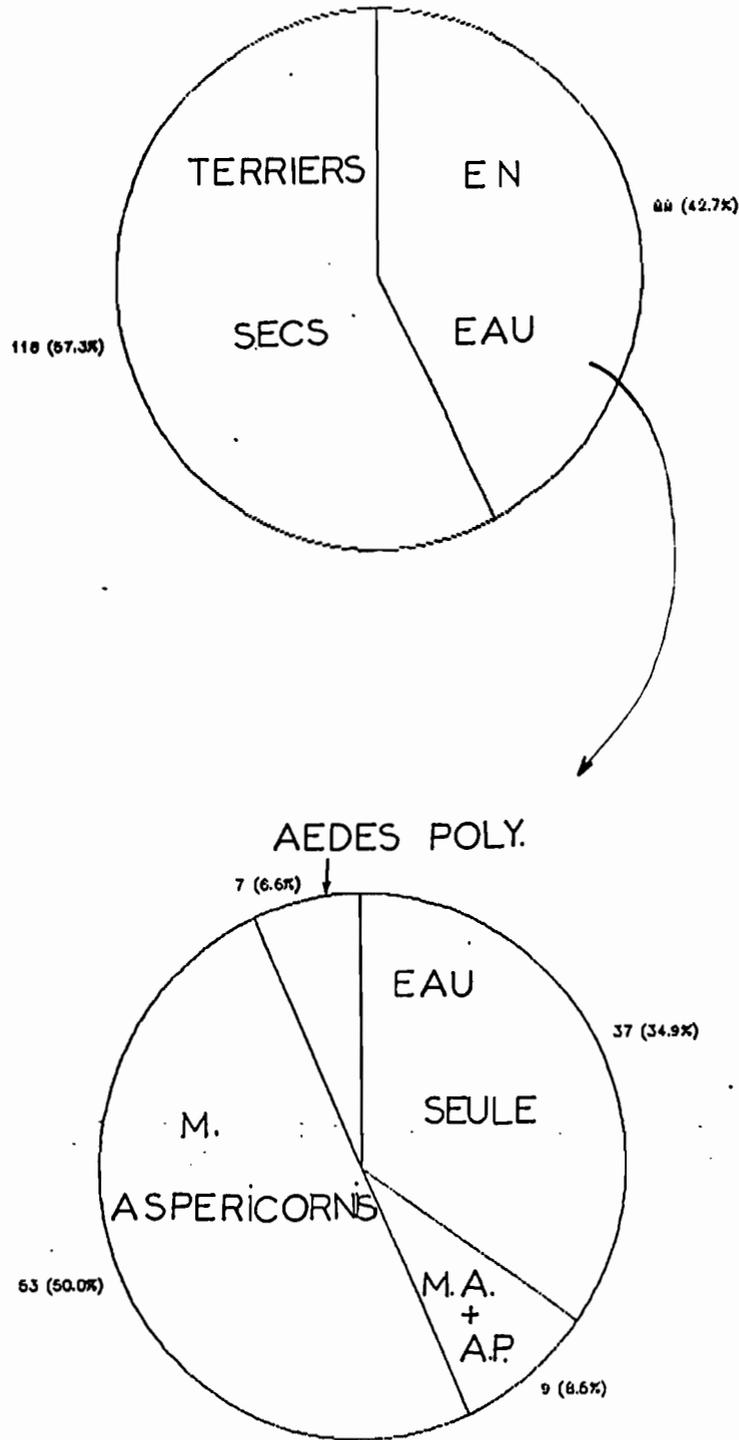


figure 16 : Occupation des terriers de crabe terrestre sur Tereia

- a) - pourcentage de terriers en eau
- b) - occupation des terriers en eau

2.6.4.2 - La population des moustiques adultes

- Migrations inter-îlots

Comme précédemment, on a ajusté le modèle d'ARNASON aux données de marquages-recaptures. Les données sont résumées au tableau 5 et les résultats de l'ajustement au tableau 6.

On constate encore l'isolement de Tereia par rapport à l'îlot témoin, bien qu'un flux très faible de migration existe entre les deux îlots.

- Estimation des indices d'agressivité

Comme précédemment, des séries de captures de 10 mn sur appât humain ont été effectuées. Les stations de captures sont les mêmes qu'avant traitement et à trois mois, sur les deux îlots. Toutefois, sur l'îlot témoin, on a créé une dizaine de stations supplémentaires, afin d'avoir une vue plus représentative des diverses situations rencontrées sur l'îlot et de diminuer si possible, la variance des indices calculés.

La variabilité spatio temporelle est encore illustrée par les cartes d'isovaleurs des captures quotidiennes (fig.17).

Comme précédemment, une transformation normalisante a été appliquée aux données de base (fig. 18)

L'analyse des données s'est faite par analyse de variance, selon le même procédé que pour l'étude "3 mois après traitement".

Les résultats sont donnés aux figures 19, 20 et 21.

La encore, on ne peut pas faire de différence significative entre la zone traitée et la zone témoin.

2.6.5 - Résultats 12 mois après traitement

Les données originales sont décrites dans LARDEUX et al. (1989, sous presse).

2.6.5.1 - Les terriers du crabe terrestre

Comme précédemment, les deux îlots ont été échantillonnés de la même façon, selon la même méthode. La carte 8 indique les zones échantillonnées (environ 5 m x 5 m) dans ces deux îlots.

Les résultats apparaissent à la figure 22.

Sur Tereia 941 terriers ont été visités. 79 étaient en eau (soit 8.4 % d'où [7 - 11 %] pour l'intervalle de confiance à 95 %). 862 étaient à sec. Sur les 79 en eau, 19 hébergeaient *Mesocyclops aspericornis* (soit 24.1 % [15 - 35%] et 22 *Aedes polynesiensis* (soit 27.8 % [20 - 40%]. Deux terriers abritaient les deux espèces.

Sur l'îlot témoin, 182 terriers ont été siphonnés. 24 étaient en eau et 158 à sec. Sur les 24 en eau, 13 hébergeaient *Aedes polynesiensis* (soit 54.2 % [30 - 70%]

2.6.5.2 - La population des moustiques adultes

- Migrations inter-îlot : isolement de la zone d'étude

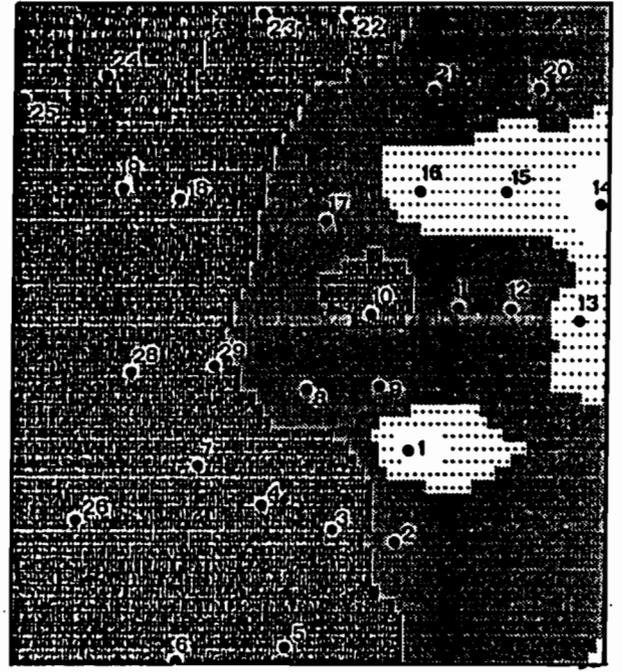
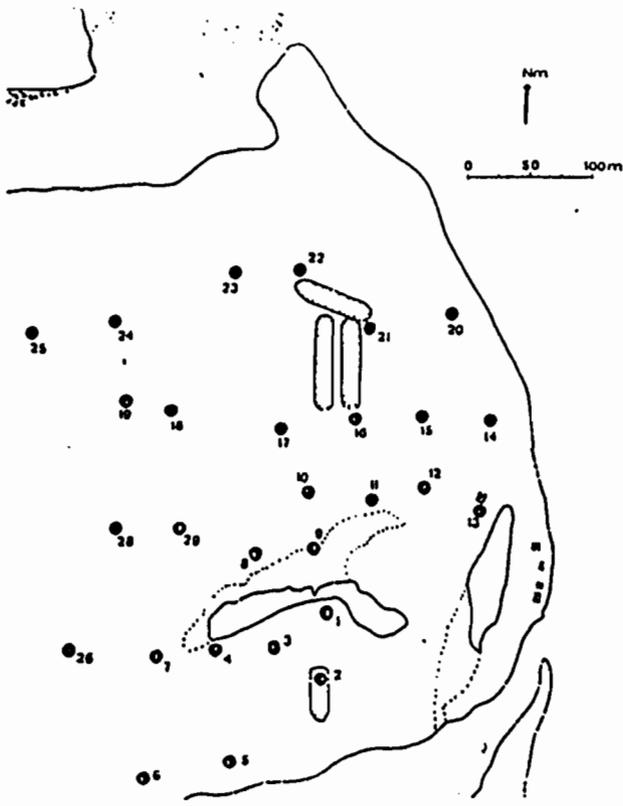
Comme pour les expérimentations précédentes (avant-traitement, 3 mois après et 6mois après), on a vérifié l'isolement de la zone

PREMIER ECHANTILLONNAGE (Temps t = 1)	
TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE A :	2041
TOTAL CAPTURE ET MARQUE DANS LA ZONE B :	1899
DEUXIEME ECHANTILLONNAGE (Temps t = 2)	
ZONE A :	
TOTAL CAPTURE EN A :	2063
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	119
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	12
ZONE B :	
TOTAL CAPTURE EN B :	1636
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	10
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	159
TROISIEME ECHANTILLONNAGE	
ZONE A :	
TOTAL CAPTURE EN A :	2630
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	111
NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN A :	156
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN A :	10
NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN A :	9
ZONE B :	
TOTAL CAPTURE EN B :	1447
NBRE MARQUES EN A (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	17
NBRE MARQUES EN A (à t = 2) ET RECAPTURES EN B :	0
NBRE MARQUES EN B (à t = 1) ET RECAPTURES EN B :	93
NBRE MARQUES EN B (à t = 2) ET RECAPTURES EN B :	97

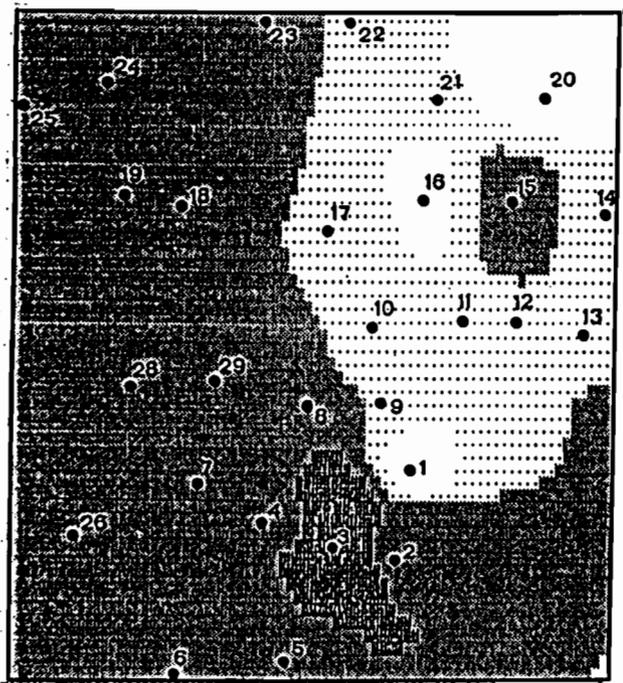
Tableau 5 : Données introduites dans le modèle d'Arnason.
Zone A = Tereia Zone b = Témoin

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) = .7672929	PHI(1,A,B) = .1453805
PHI(1,B,B) = .9097082	PHI(1,B,A) = 1.586749E-02
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) = .9126734	PHI(1,B) = .9255758
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) = .060966	P (1,B) = .1080182
P (2,A) = 6.250645E-02	P (2,B) = 6.703525E-02
N (j,x) = taille de la population vivant dans la zone x au temps j	
N (1,A) = 33477.68	N (1,B) = 17580.37
N (2,A) = 33004.6	N (2,B) = 24405.07
PHI(2,A,A)*P(3,A) = 7.561803E-02	PHI(2,B,A)*P(3,A) = 5.501223E-03
PHI(2,B,B)*P(3,B) = 5.929096E-02	PHI(2,A,B)*P(3,B) = 0

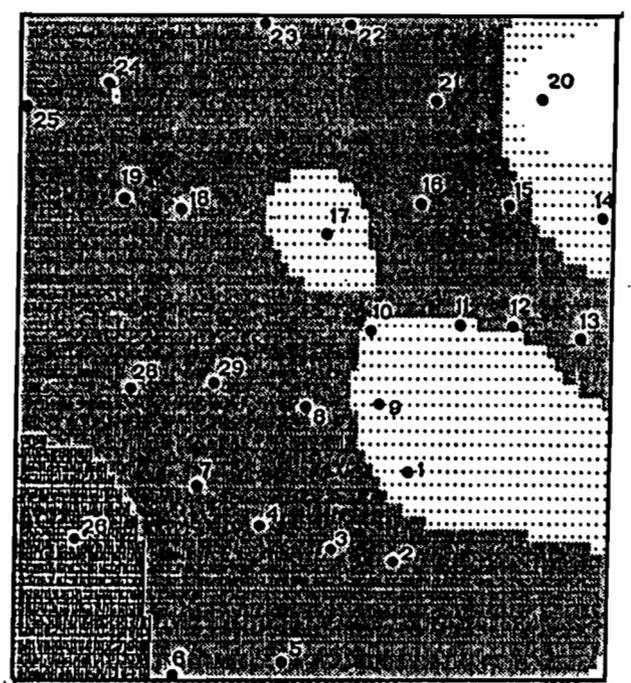
Tableau 6 : Résultats de l'ajustement du modèle d'Arnason.



J1



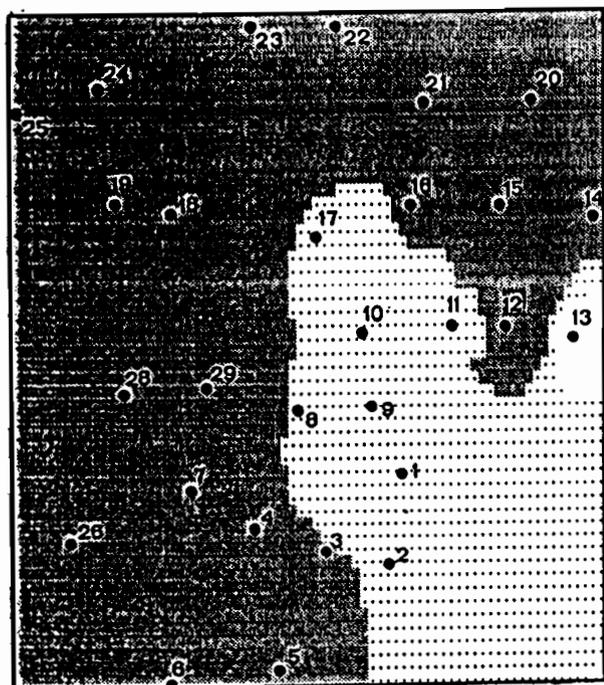
J2



J3

- 10
- 30
- ⋯ 75
- ⋮ 150
- 200

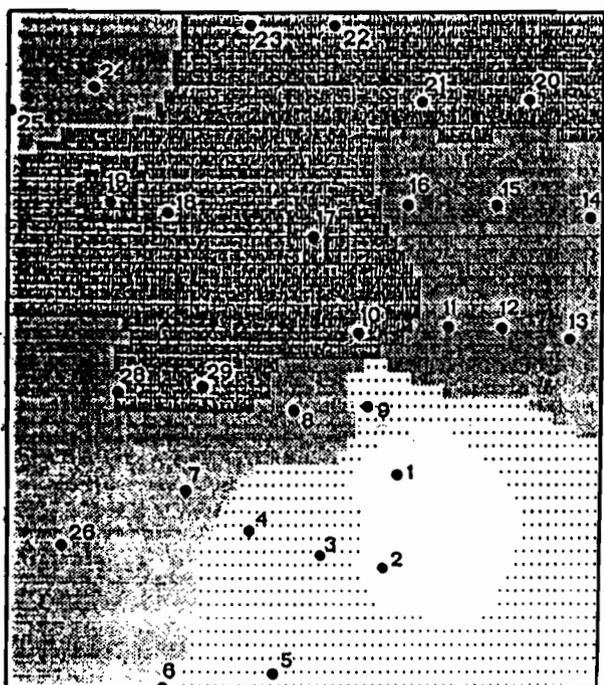
figure 17 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.



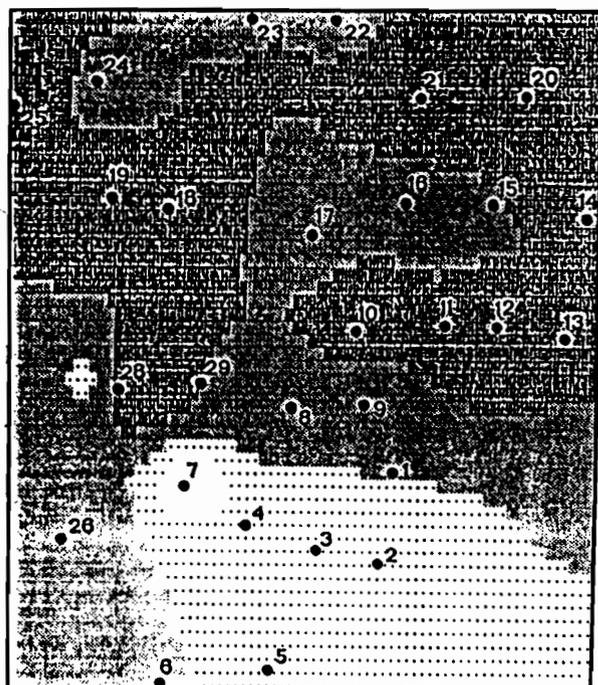
J4



J5



J6



J7

figure 17 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.

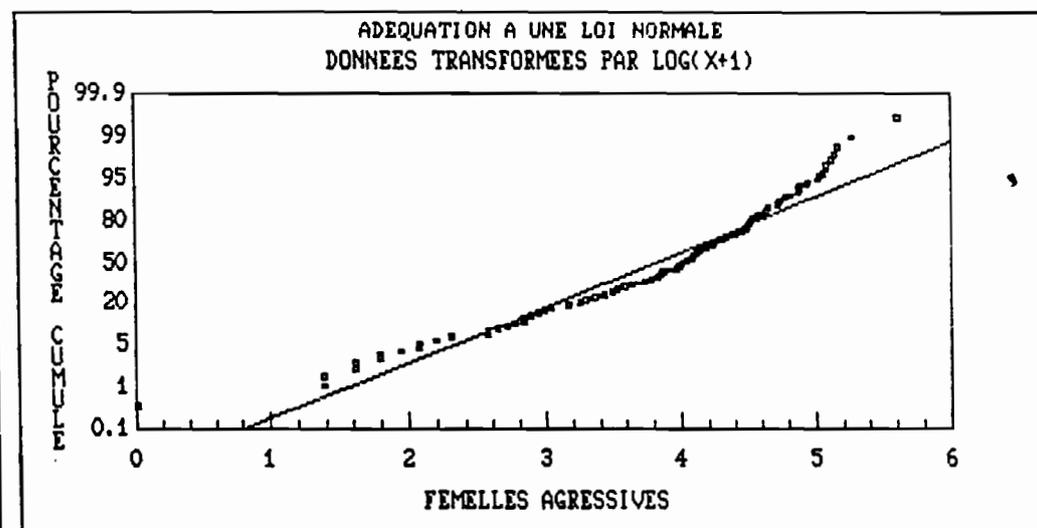
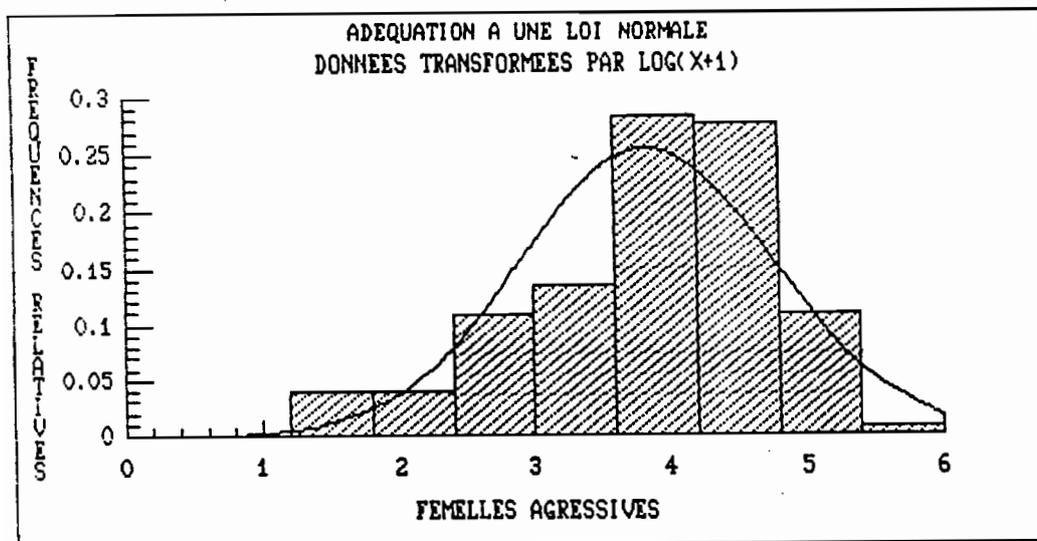
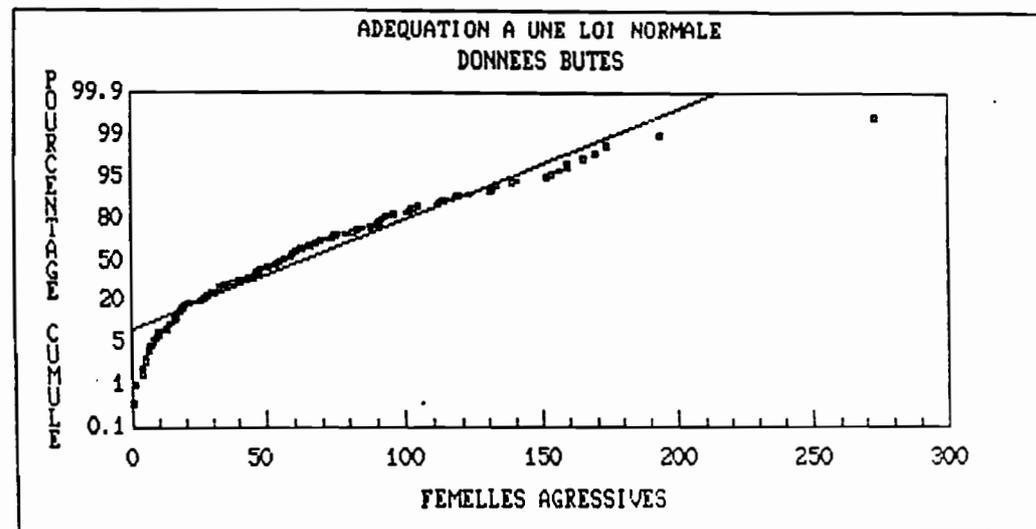
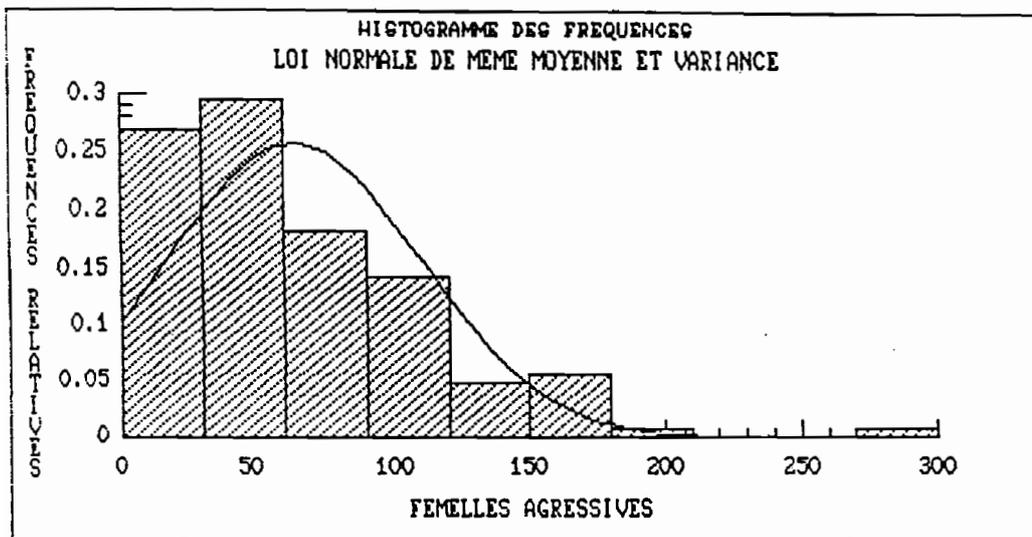


figure 18 : TEREIA

- a) Histogramme des fréquences du nombre des captures
b) Transformation des données par $\text{Log}(x+1)$

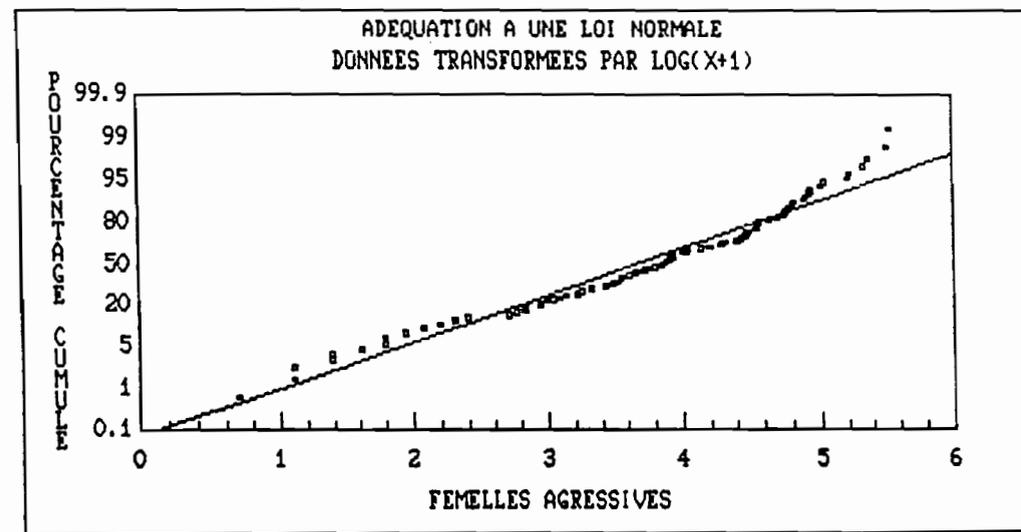
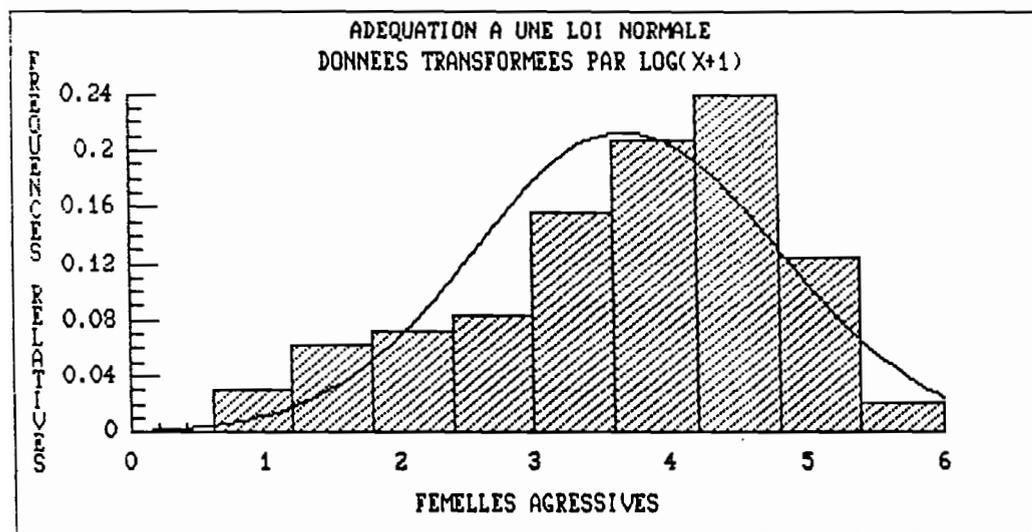
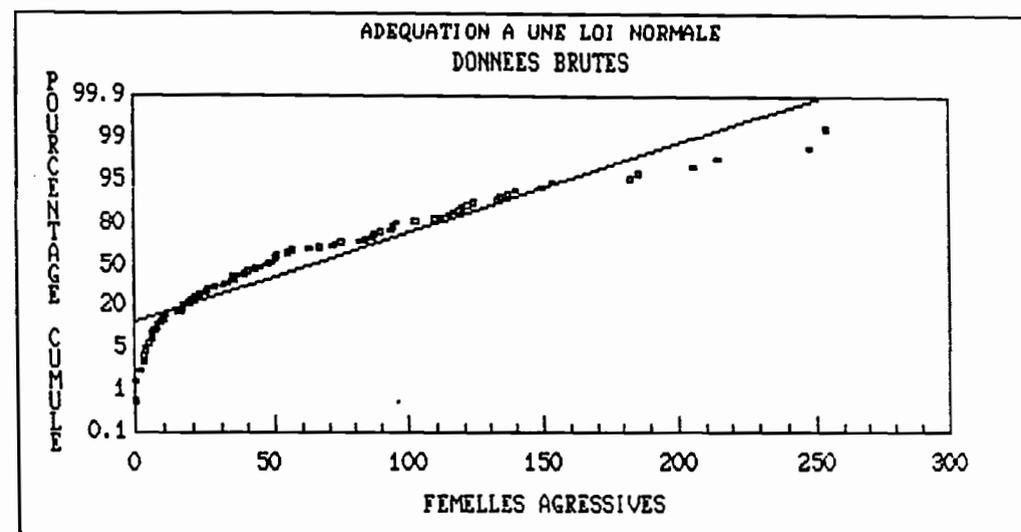
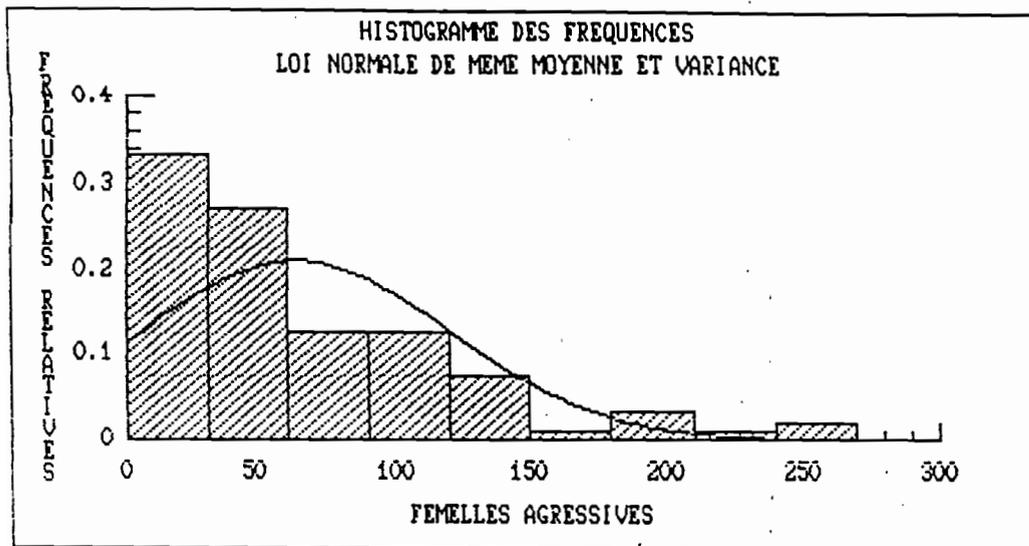


figure 18 : TEMOIN

- a) Histogramme des fréquences du nombre des captures.
b) Transformation des données par $\text{Log}(x+1)$

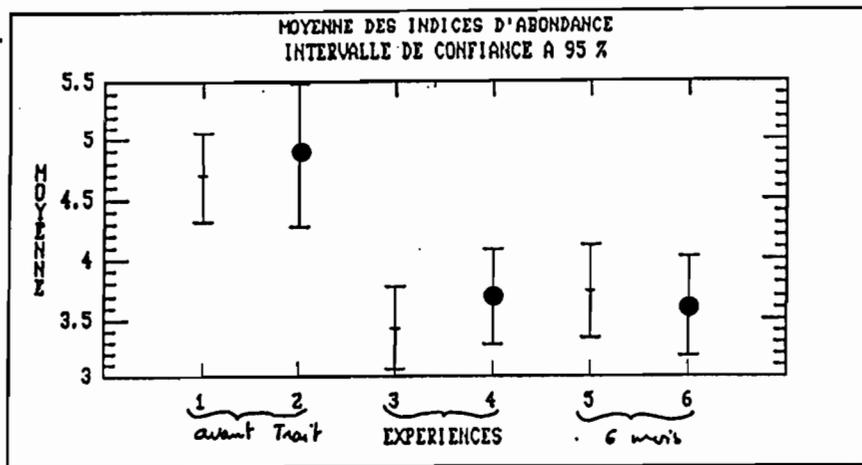


figure 19 : Analyse de variance sur les indices journaliers
(● ilot témoin + Tereia)

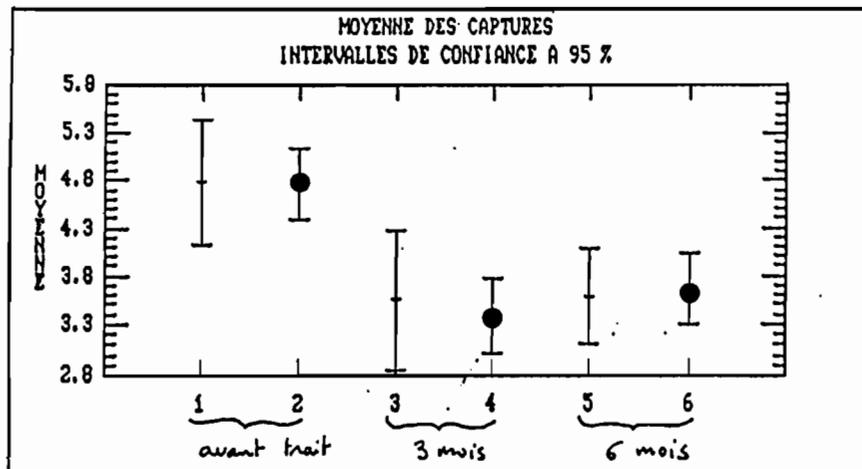


figure 20 : Analyse de variance sur les indices de chaque station.

(● ilot témoin + Tereia)

TABLERAU D'ANALYSE DE VARIANCES

SOURCE	SOMME DES CARRÉS	DL	CARRE MOYEN	F
TOTAL	155.1605	117	1.3262	
CELLULE	41.7789	5	8.3558	
A + B	41.1675	3		
INTERACTION	.6115	2	.3057	.3020
EFFET A ADJ	41.0270	2	20.5135	20.2635
EFFET B ADJ	.0368	1	.0368	.0364
RESIOUAL	113.3816	112	1.0123	

figure 21 : Analyse de variance sur les blocs non équilibrés
(A = effet station B = effet période)

traité des zones environnantes, notamment de l'îlot le plus proche (qui est aussi l'îlot témoin).

Les données de capture-recapture ont été introduites dans le modèle d'ARNASSON (1972). Les données de base sont celles du tableau 7 et les résultats de l'ajustement au modèle sont notés dans le tableau 8.

Ces résultats confirment ce qui avait été trouvé auparavant : L'îlot Tereia est isolé de flux importants de migrations de moustiques adultes.

- Estimation des indices d'agressivité

Comme précédemment, des séries de captures de 10 mn sur appât humain ont été effectuées. Les stations de captures sont les mêmes qu'avant traitement, trois mois et six mois, sur les deux îlots. Comme précédemment, une transformation normalisante a été appliquée aux données de base

L'analyse des données s'est faite par analyse de variance, selon le même procédé que pour l'étude "3 mois après traitement" ou "six mois après traitement".

La encore, on ne peut pas faire de différence significative entre la zone traitée et la zone témoin, que ce soit au niveau des indices d'agressivité globaux (fig. 23) ou journaliers (fig. 24)

2.7 - Discussion

2.7.1 - Comparaisons

2.7.1.1 - Les terriers du crabe terrestre

Les résultats globaux des observations sur les terriers de crabe terrestre sont consignés dans le tableau 9. Les comparaisons des proportions entre les différentes rubriques sont illustrées à la figure 25. On remarque que la proportion de terriers en eau (donc susceptibles d'être des gîtes à *Aedes polynesiensis*) reste constante, entre 20 et 30 % pour Tereia et l'îlot témoin, tout au moins jusqu'au 6^{ème} mois. Un an après traitement (janvier 1989), cette proportion chute à 9 % environ, en raison vraisemblablement de conditions météorologiques antérieures défavorables (sécheresse par exemple).

La proportion de terriers hébergeant *Aedes polynesiensis* est significativement différente entre Tereia et l'îlot témoin. Sur Tereia, le niveau des terriers productifs en *Aedes polynesiensis* est significativement plus faible que sur l'îlot témoin, au moins au cours des premières expérimentations (ce n'est plus le cas un an après traitement). Parallèlement, la proportion de terriers hébergeant *Mesocyclops aspericornis* reste élevée au début : de 50% avant traitement, elle est passée à près de 90% trois mois après mais est retombée à 60% six mois après traitement. Un an après, ce pourcentage n'est plus que de 24 %. Aussi, même si l'action de prédation de *Mesocyclops aspericornis* sur le premier stade d'*Aedes polynesiensis* est effective, il n'en reste pas moins que cette baisse du pourcentage des terriers où se développe le copépode risque, à terme, de redonner à Tereia sa configuration originelle.

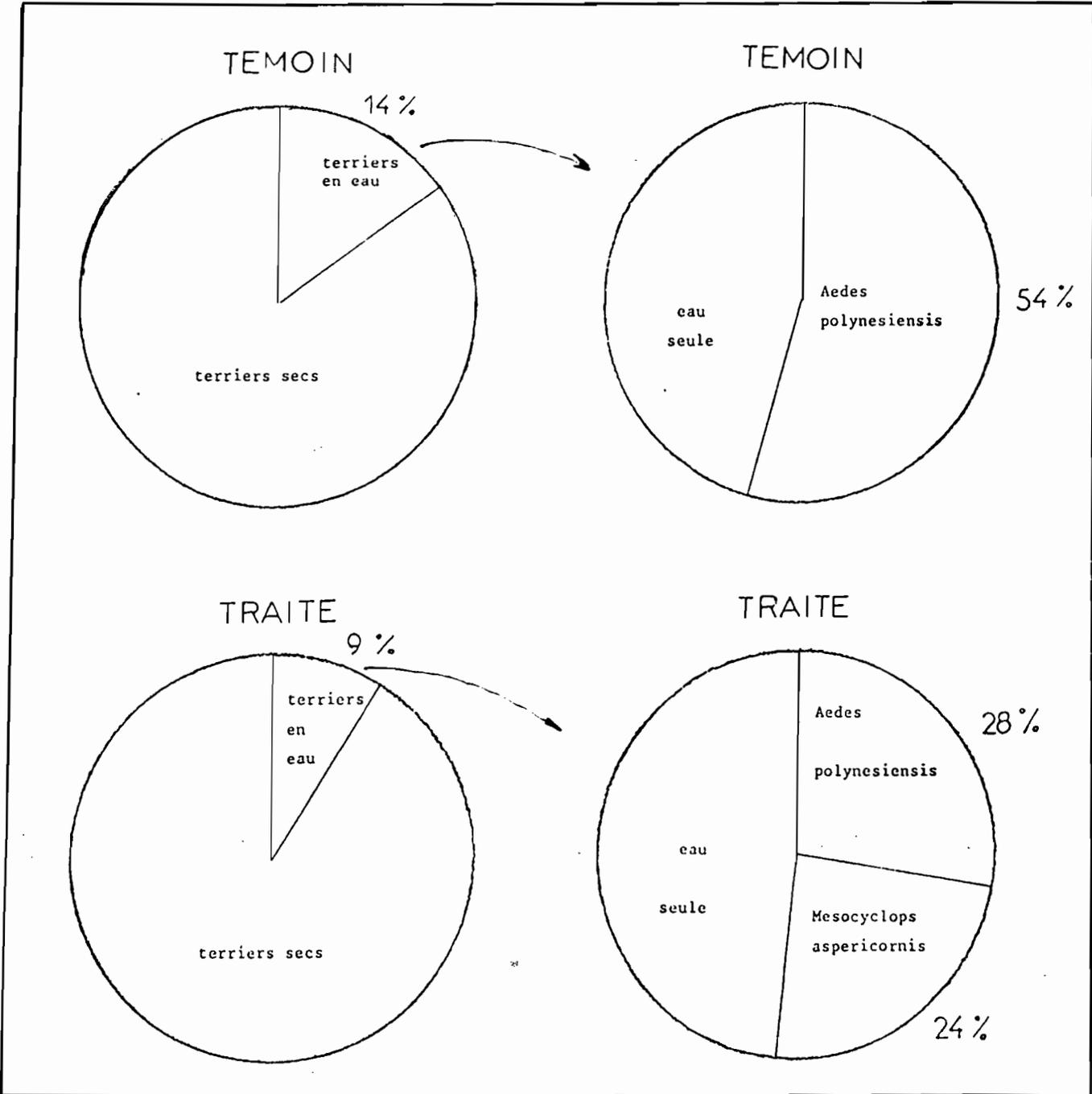


fig. 22 : Occupation des terriers du crabe terrestre sur les ilots témoin et traité.

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 7 : Données en entrée du modèle d'ARNASON
12 mois après traitement

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) = .644888	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) = 43408.81
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 8 : Résultat de l'ajustement du modèle d'ARNASON

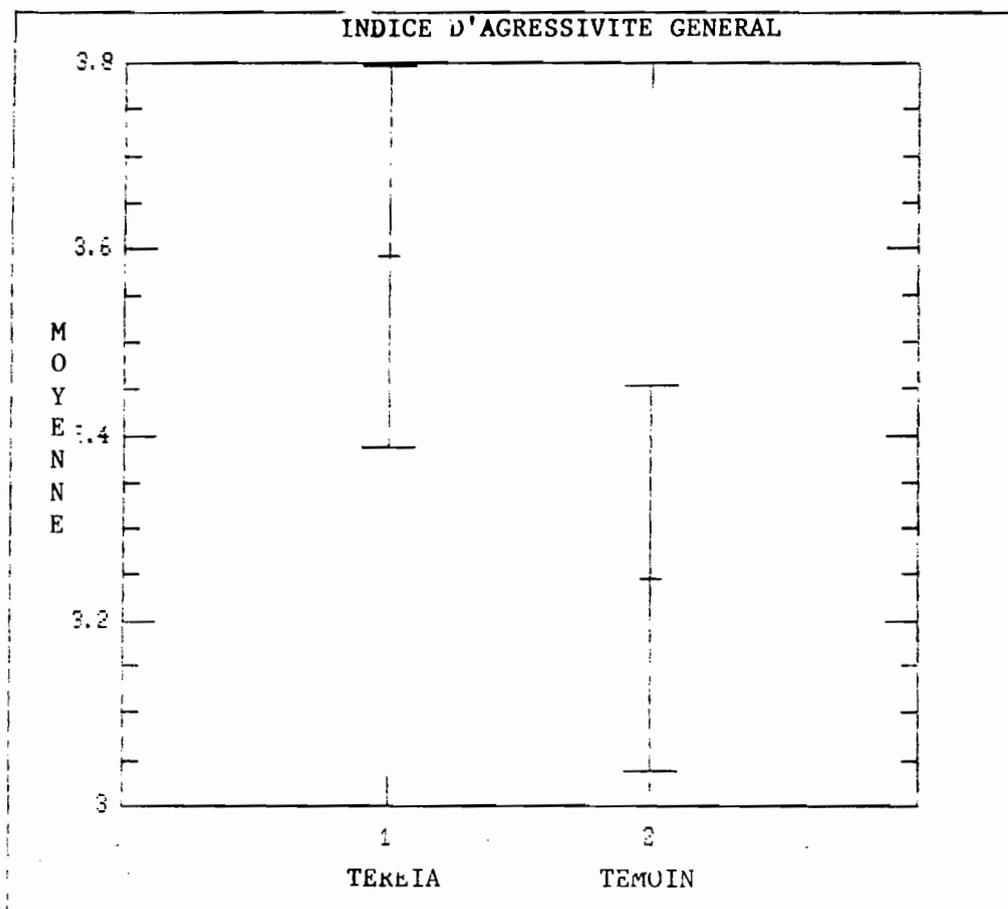


Figure 23 : Analyse de variance - 12 mois après traitement
comparaison des deux indices globaux sur Tereia et le témoin
intervalles de confiance à 95 %

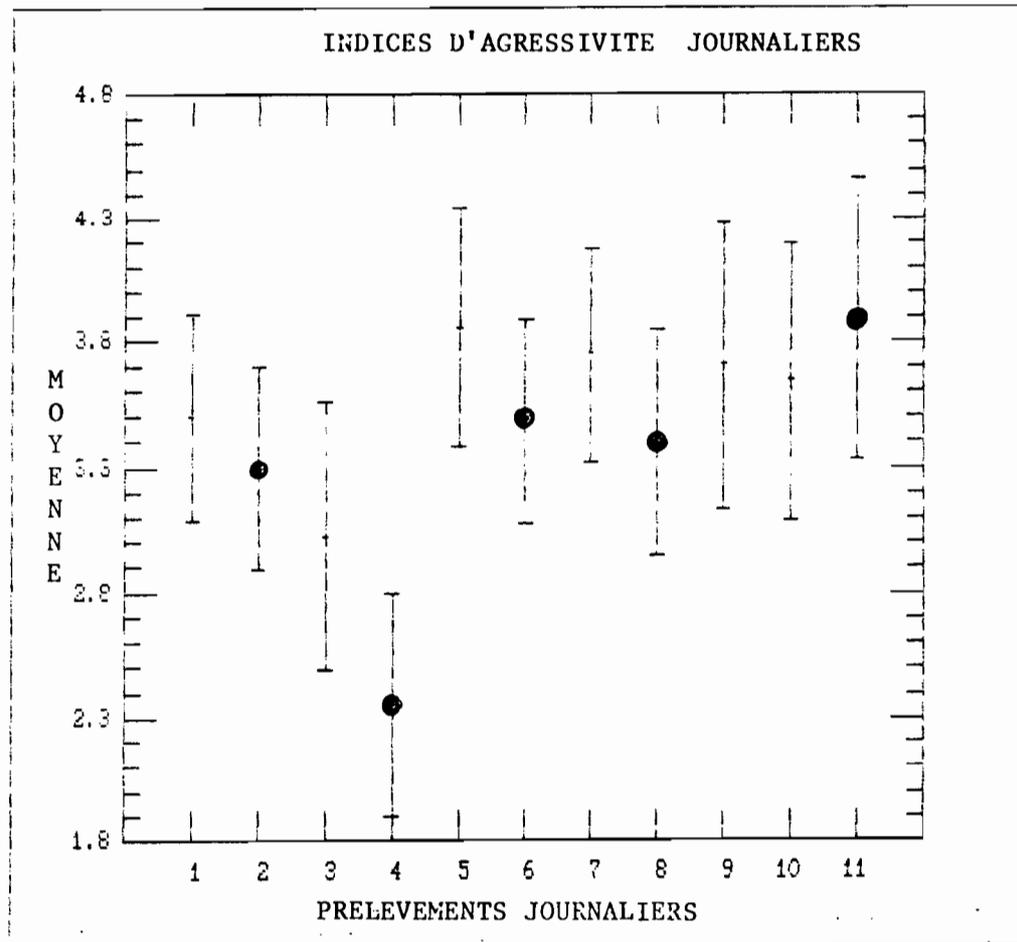


Figure 24 : Analyse de variance - 12 mois après traitement.

Comparaison des indices journaliers sur Tereia (+)
et sur le Témoin (●).

Intervalles de confiance à 95 %

2.7.1.2 - La population des moustiques adultes

On a déjà noté précédemment qu'il n'a pas été possible de mettre en évidence de différence significative entre le niveau d'agressivité des femelles de moustiques sur Tereia et sur l'ilot témoin (isolé de Tereia au niveau de migrations possibles des moustiques). La figure 26 qui résume les résultats obtenus depuis un an montre bien qu'il n'apparaît pas de différence significative entre le niveau d'agressivité observé sur Tereia et celui observé sur l'ilot témoin, que ce soit avant traitement, 3 mois, 6 mois ou un an après.

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.

2.7.2 - Efficacité de la méthode de lutte dans les terriers du crabe terrestre

L'action prédatrice du copépode n'est pas à remettre en cause : elle est efficace et durable. Toutefois, au niveau de gîtes comme les terriers de crabe et sur une grande superficie, le résultat de cette action est à nuancer. Plusieurs causes d'insuccès peuvent être énoncées :

- la non résistance du copépode à la dessiccation des gîtes.
- la non résistance du copépode à une sursalure temporaire de l'eau des terriers.
- l'oubli, dans le traitement, de certains terriers productifs.
- un mauvais traitement de certains gîtes.
- la création de nouveaux terriers
- le périllement de la population de copépodes (pour une raison autre que l'assèchement ou la sursalure)
- etc...

Au total, ces terriers redeviennent à plus ou moins court terme des gîtes productifs en *Aedes polynesiensis*. On peut, grossièrement, calculer, d'après les résultats trouvés, le nombre d'*Aedes polynesiensis* adultes produits quotidiennement sur Tereia. En effet, on sait que le nombre total de terriers avoisine 20 000. Sur ces terriers, 25% en moyenne sont en eau, soit 5 000. Sur ces 5 000 terriers, on a vu que 10 % en moyenne étaient productifs en *Aedes polynesiensis*, soit au total, 500 terriers. Or, un terrier peut produire de 40 à 70 moustiques adultes par jour (RIVIERE, comm. pers.), soit pour Tereia, un total de 20 000 à 35 000 (d'où, environ 10 000 à 18 000 femelles). Même en prenant des conditions moins favorables, comme celles de la dernière expérimentation où seulement 10 % des terriers étaient en eau (et 24 % de ceux-ci productifs en *Aedes* !), le nombre de femelles nées quotidiennement atteint 1000 à 2000 !

On conçoit aisément que, dans ces conditions, le traitement de Tereia soit globalement un échec, même si on constate qu'individuellement, pour chaque terrier correctement traité, le contrôle du moustique par le copépode est quasi parfait.

	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 REDES 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 9 : Echantillonnage des terriers de crabe : résultats globaux (en nombre de terriers)

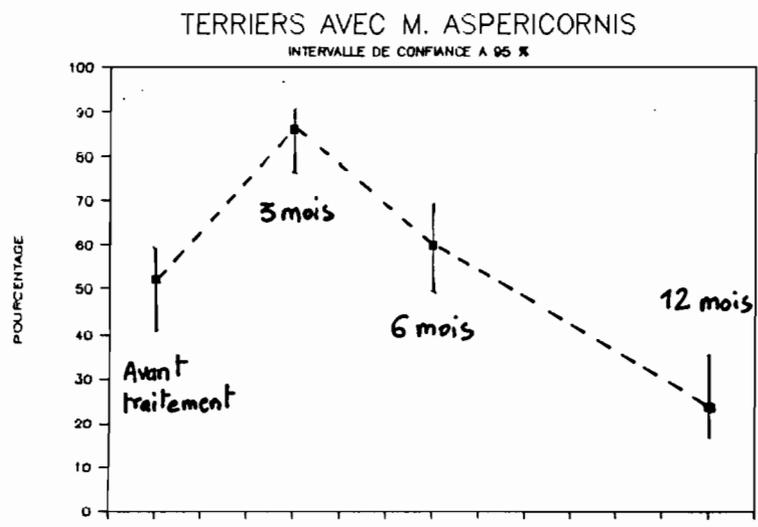
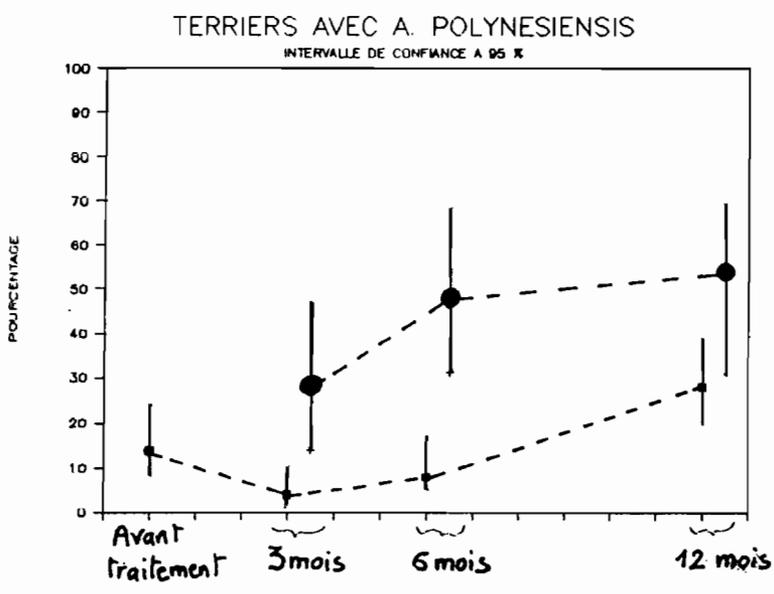
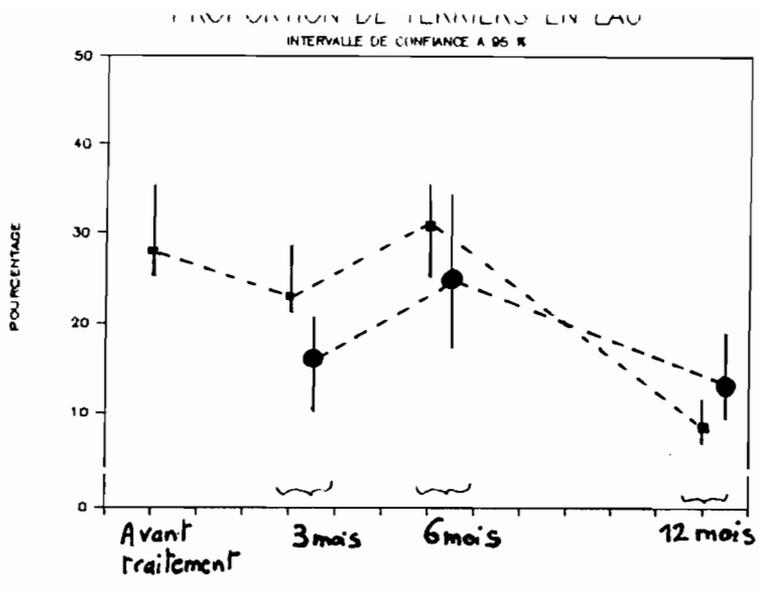


Figure 25: Evolution de quelques paramètres significatifs au niveau des terriers de crabe. (†) Tereia - (●) Témoin. Intervalles de confiance à 95 %

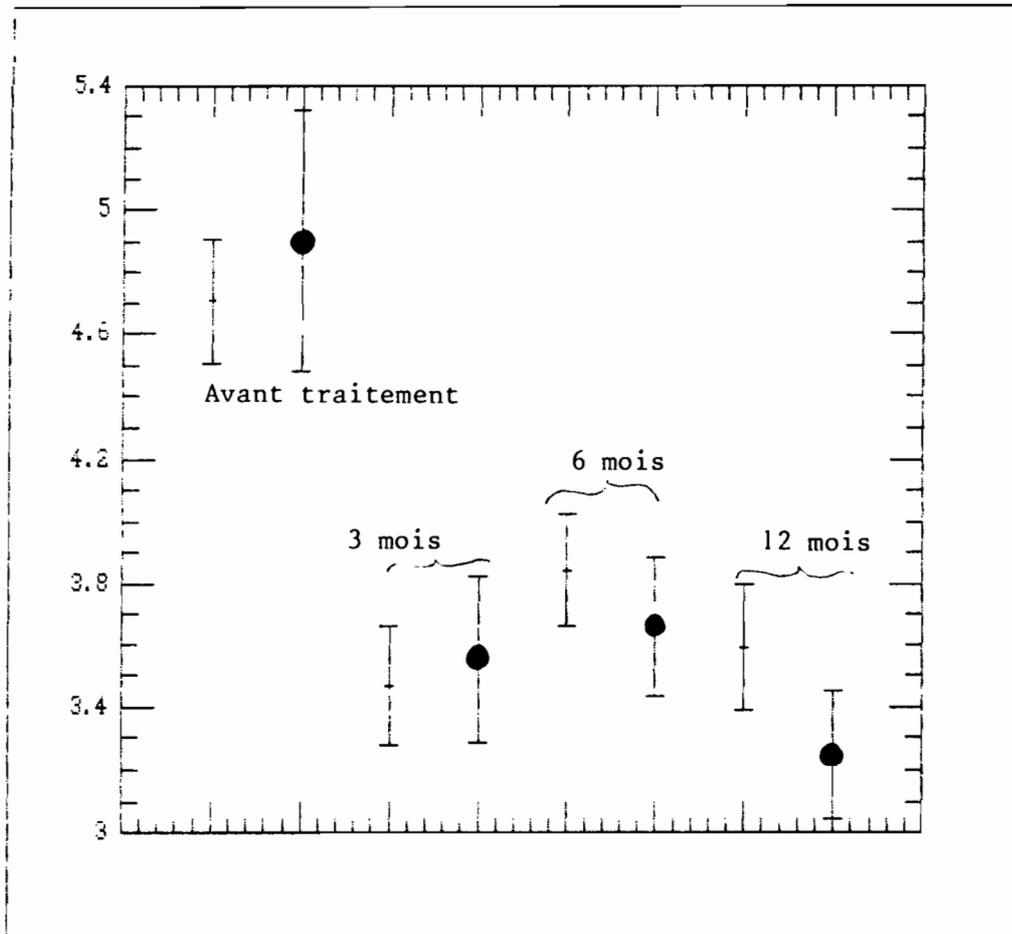


Figure 26 : Analyse de variance : comparaison des indices d'agressivité globaux obtenus au cours d'une année d'expérimentation. (+) Tereia - (●) témoin. intervalles de confiance à 95 %

Le demi-échec de Tereia nous a conduit à expérimenter cette lutte biologique dans un autre type d'écosystème, où les conditions semblent plus favorables à un contrôle efficace des populations d'*Aedes* : Le village de Tikehau.

3 - EXPERIMENTATION DANS LE VILLAGE DE TIKEHAU (ZONE URBAINE)

3.1 - But de l'étude

A Tikehau, le but de l'étude est de tester, au niveau d'un 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 *G. affinis* dans les puits à ciel ouvert.

Les deux espèces d'*Aedes* précédentes sont présentes dans le village, avec leurs gîtes caractéristiques des zones villageoises (LARDEUX et al., 1987 b) que sont les réserves d'eau de pluie (fûts de 200 l, bacs en ciment de quelques m³, 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.

A Tikehau, les petits gîtes péri-domestiques (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.

3.2 - Chronologie des travaux effectués

Quatre missions d'une semaine ont 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 laboratoire" de l'efficacité du copépode *M. aspericornis* et du poisson larvivore *Gambusia affinis*. Mise en place d'un suivi des populations d'*Aedes* par un réseau de pondoires 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).

Les prospections larvaires (tous les 3-4 mois) sont prévues pendant au moins un an à partir du début des observations. De même, le relevé hebdomadaire des pondoirs pièges et les captures sur appât humain seront poursuivis pendant une durée équivalente. Cette longue période d'observation avant traitement est nécessaire (mais peut être pas suffisante) puisqu'on ne dispose pas, comme à Rangiroa, d'un village "témoin" équivalent. La seule manière d'appréhender l'effet de la lutte biologique est de pouvoir disposer d'un ordre de grandeur des variations de la dynamique culicidienne avant traitement (d'où une longue période d'observation), pour pouvoir les comparer à celles observées après le traitement.

3.3 - Le milieu

Le village est situé sur un îlot d'environ 240 ha (carte 12). Une soixantaine de familles y réside. Le village proprement dit s'étend le long de deux rues parallèles sur une distance d'environ 1.5 km. Quelques maisons isolées existent à la pointe nord de l'île.

3.4 - Méthodes d'estimation de l'efficacité du traitement

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

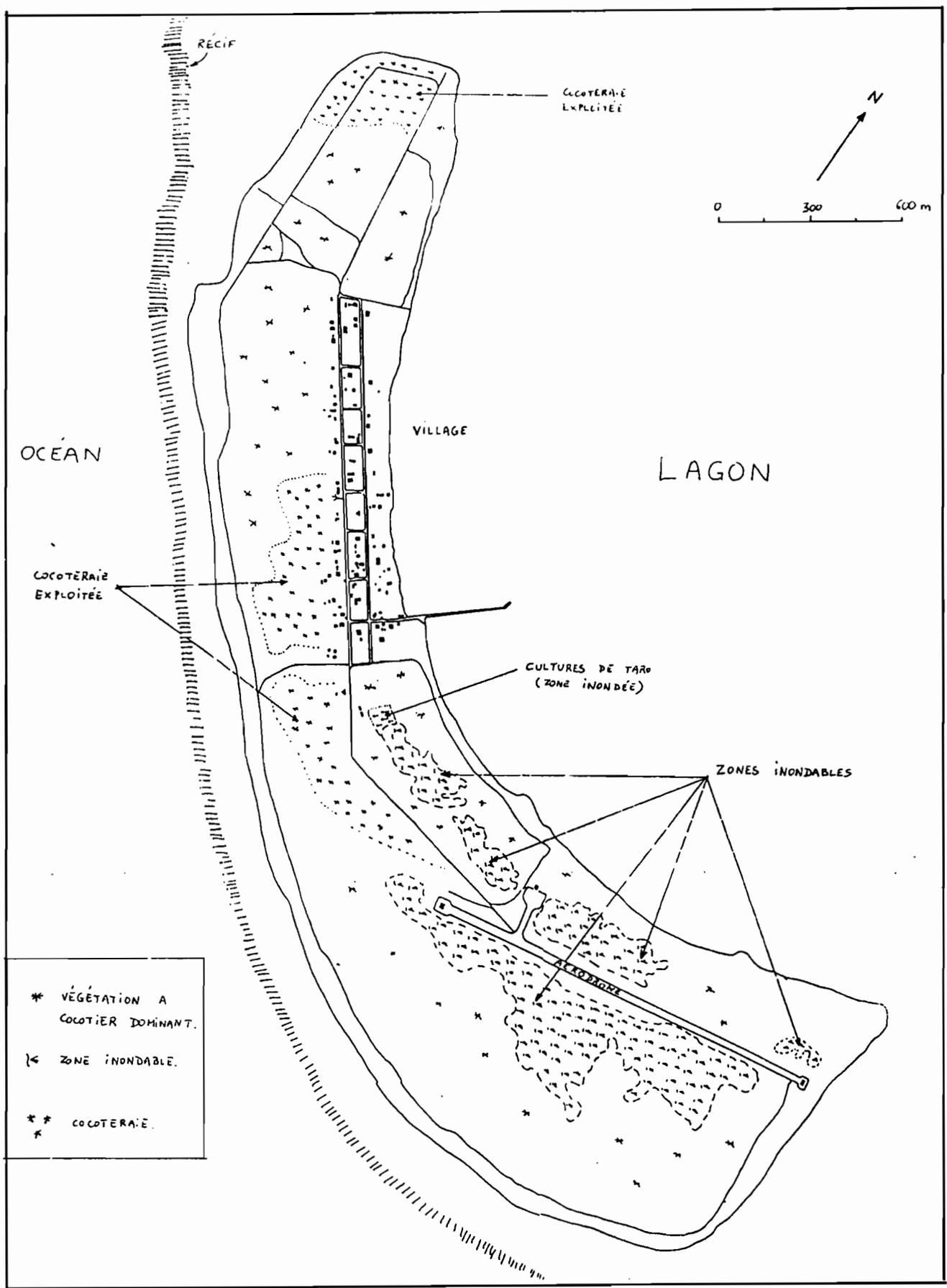
- La présence de formes larvaires dans les différents gîtes.
- L'agressivité des moustiques adultes.

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

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

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) peut être utilisée en raison des difficultés d'accès de certains gîtes.

Le suivi hebdomadaire des pondoirs pièges est fait par un observateur résidant en permanence dans le village. Il relève les baguettes-pièges et filtre l'eau résiduelle des pondoirs. Ces prélèvements sont envoyés au laboratoire 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



carte 12 : îlot et village de Tikehau.

populations d'*Aedes*. Il est complété par un suivi de l'agressivité des femelles de moustiques :

Un observateur résident du village capture sur lui-même les femelles de moustiques, selon la même technique que celle adoptée à Rangiroa. La durée de capture est ici de 15 minutes et les captures ont lieu le soir entre 16 h et 18 h. Quatre 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, jeudi et vendredi. Au total, 24 maisons sont échantillonnées par semaine. Ces mêmes maisons sont réutilisées d'une semaine à l'autre. Chaque groupe de six maisons a été choisi de façon à ce que l'ensemble des groupes "couvre" le village.

3.5 - Résultats en cours

3.5.1 - Les prospections larvaires

La première mission expérimentale (juin 1988) n'a permis que de dresser une typologie des gîtes dans tout le village. Leur dénombrement exhaustif a été effectué. On a remarqué la présence d'*Aedes aegypti*, d'*Aedes polynesiensis* ainsi que de *Culex* (*C. quinquefasciatus* et *C. annulirostris*) dans certains gîtes particuliers (surtout les puits).

Les résultats de Juin sont les suivants : sur 180 gîtes potentiels (fûts, citernes, réservoirs, puits...), 96 hébergeaient des formes larvaires (soit 53 %) et 84 ont été négatifs (soit 47 %).

Sur 96 prélèvements contenant des formes larvaires, 64 hébergeaient *Aedes aegypti* (soit 67 %), 51 (soit 53 %) *Aedes polynesiensis*, 48 (soit 50 %) *Culex quinquefasciatus* et 41 (soit 43%) *Culex annulirostris*. Les espèces cohabitent souvent.

La deuxième mission (octobre 1988) confirme les résultats de juin. Il existe une constance dans le nombre et le type de gîtes positifs : ceux positifs en juin l'étaient aussi en octobre. Peu de gîtes nouveaux ont été répertoriés, peu ont été créés : Tikehau semble donc "stable" vis à vis des gîtes péridomestiques. Les résultats globaux d'octobre sont les suivants : sur 201 gîtes potentiels, 140 ont été trouvés positifs (soit 70 %). Sur ces 140 gîtes hébergeant des formes larvaires, 104 étaient *Aedes aegypti* (soit 75 %), 44 étaient *Aedes polynesiensis* (soit 32 %), 56 étaient *Culex quinquefasciatus* (soit 40 %) et 41 étaient *Culex annulirostris* (soit 29 %).

La mission de Janvier 1989 confirme aussi ces résultats. Les données sont en cours d'analyse, aussi, des résultats chiffrés exacts ne peuvent pas encore être avancés.

3.5.2 - Les pondoirs piège

En juin 1988, la présence d'*Aedes aegypti* a été testée par une série de pondoirs pièges, disposés dans presque toutes les habitations. Sur 45 pondoirs relevés, 33 se sont révélés positifs (soit 73 %). Au vu de ces résultats, un suivi régulier a été mis en place. Toutefois, pour observer des tendances significatives dans ce type d'expérimentations, les données doivent être nombreuses et on ne dispose pas encore suffisamment de relevés temporels pour une analyse fine.

En première approche cependant, on peut dire que depuis la mise en place de ce suivi, une forte proportion des pondoirs s'est

révélé positive. Ceci apparait sur la figure 27 qui représente l'évolution temporelle du pourcentage de pondoirs positifs, entre octobre 1988 et mars 1989.

Par ailleurs, *Aedes aegypti* est l'espèce dominante puisque tous les pondoirs positifs le sont avec cette espèce (toutefois, *Aedes polynesiensis* cohabite souvent).

3.5.3 - Les captures de moustiques adultes

L'expérimentation ayant débuté à la mi janvier 1989, les résultats ne sont pas encore exploitables. En première approche cependant, on peut dire que dans toutes les maisons visitées, les captures ont été positives, ce qui suppose une forte densité d'*Aedes* dans le village. Le nombre de moustiques capturés en 15 mn s'échelonne de 1 (chiffre rare) à plus de 15. Souvent la valeur est voisine d'une dizaine, chiffre élevé, bien au dessus du seuil limite de transmission d'arboviroses par exemple!

L'expérimentation étant en phase initiale, peu de résultats quantitatifs sont disponibles. Il reste donc à poursuivre ces observations avant d'entamer un traitement qui doit, au vu des différents biotopes rencontrés, des types de gîtes hébergeant des *Aedes* et des densités culicidiennes observées, être relativement efficace. Il semble donc, en première approche, que le copépode *Mesocyclops aspericornis* puisse trouver ici son champ d'application, complété par l'action du poisson *G. affinis*. Par ailleurs, une expérience en cours au laboratoire, où les conditions de stockage de l'eau de Tikehau ont été reproduites (cuves réservoir d'eau de pluie), on constate que le copépode maîtrise totalement les populations d'*Aedes*. (fig. 28 et LARDEUX et LONCKE, 1989 sous presse).

3.6 - Prévisions

Les expérimentations mises en place à Tikehau devraient se poursuivre jusque vers la fin de 1989, date à laquelle l'ensemble des données "avant traitement" permettront d'avoir une vue réaliste de la dynamique culicidienne dans le village. Les traitements de lutte biologique pourront alors débiter, avec la participation de la population. Un suivi identique à celui existant actuellement devrait alors permettre de juger de l'efficacité du traitement (en prenant comme hypothèse que les conditions abiotiques soient sensiblement les mêmes en 1989 (c à d. avant traitement), qu'en 1990 (après le traitement)).

CONCLUSION

Les expérimentations menées à Rangiroa n'ont été qu'un demi succès, en raison de la nature même des gîtes à traiter avec *Mesocyclops aspericornis*. En effet, même si au niveau d'un gîte individuel (c'est à dire un terrier de crabe terrestre), on constate une efficacité de près de 100 % dans la prédation du copépode sur les larves d'*Aedes*, au niveau global (c'est à dire de l'îlot), la diminution des populations culicidiennes des adultes n'a pas eu lieu. La productivité individuelle d'un terrier est en effet suffisante pour que quelques gîtes seulement développent une forte population de moustiques. Aussi, si le copépode n'est pas présent dans tous les gîtes, le contrôle des populations de moustiques n'est pas possible.

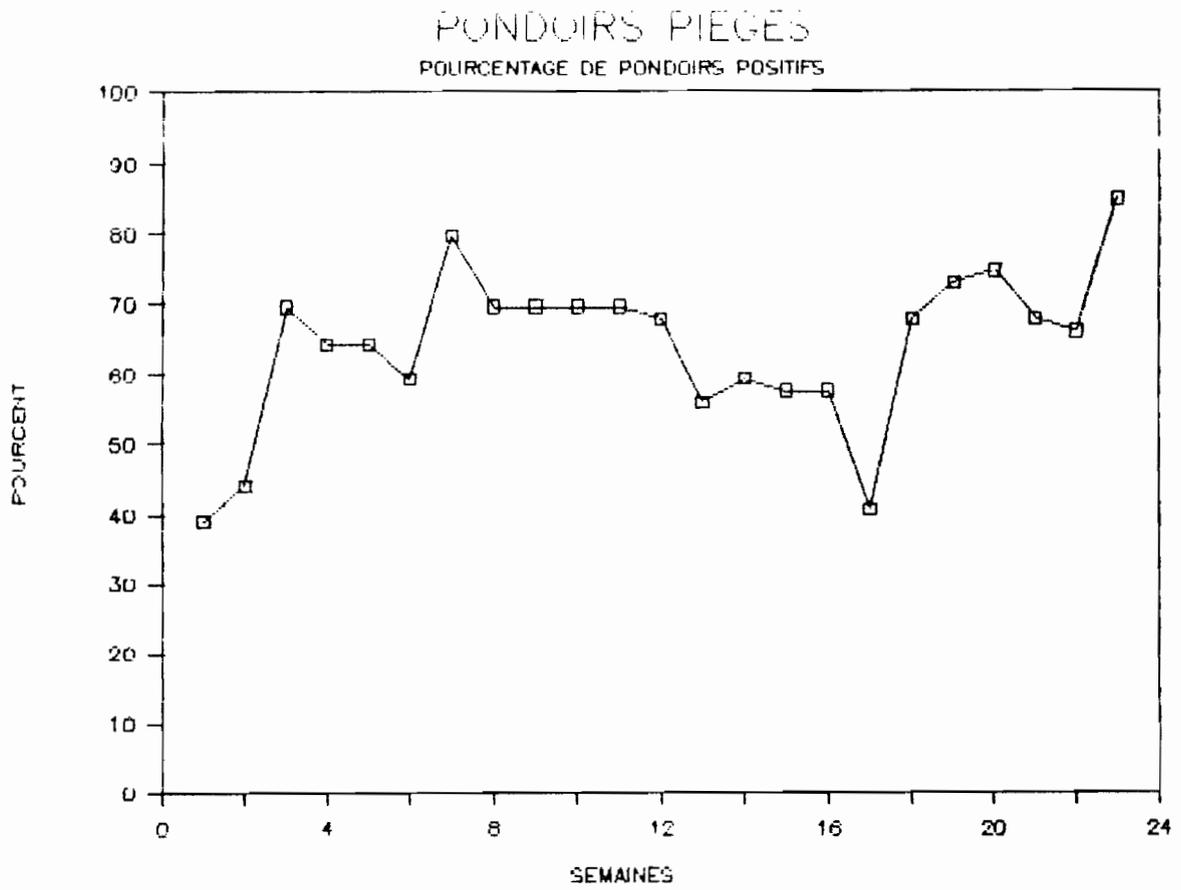


Figure 27 : Evolution hebdomadaire du pourcentage de pondoires pièges positifs à Tikehau, du 7 octobre 1988 au 10 mars 1989.

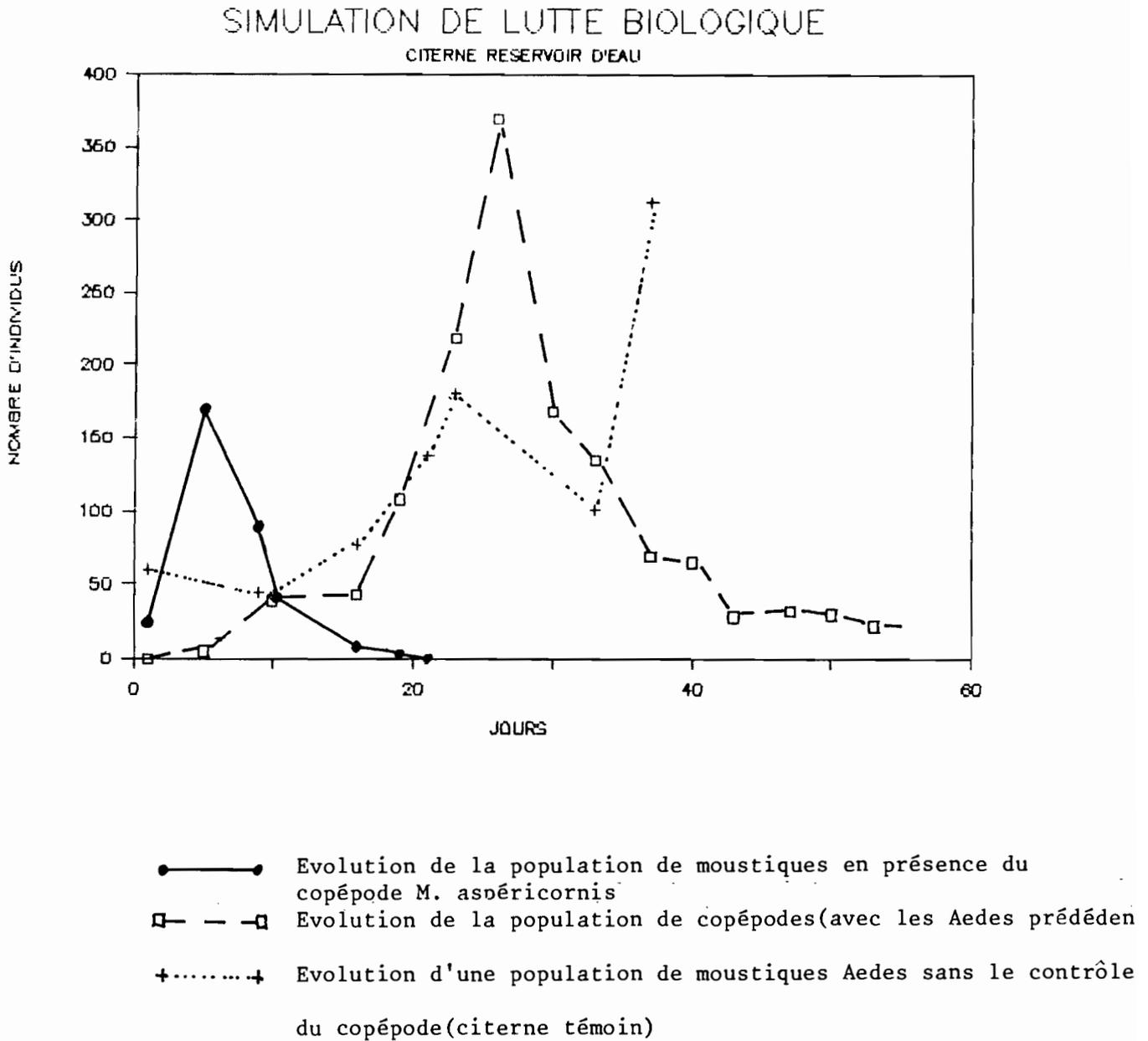


Figure 28 : expérience de contrôle des populations d'Aedes par le copépode *M. aspericornis* dans des citernes de réserve d'eau de pluie (simulation d'une lutte biologique dans le village de Tikehau)

Au village de Tikehau par contre, la nature des gîtes (toujours en eau etc...) est un facteur favorable au succès d'une action de lutte biologique avec *Mesocyclops aspericornis*. Par ailleurs, une action au niveau d'un village est épidémiologiquement plus importante. C'est pourquoi, les études doivent être poursuivies, d'autant plus que les facteurs de réussite sont réunis ici.

BIBLIOGRAPHIE

- ARNASON 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., CHAPMAN H. - 1956 - The larval habitat of *Aedes polynesiensis* Marks in Tahiti and methods of control. Amer. J. Trop. Med. Hyg., 7 (5) : 512-518.
- BOUCHON C. - 1981 - Quantitative study of the scleractinian coral communities of a fringing reef of Reunion Island (Indian Ocean). Mar. Ecol., 4 : 273-288.
- LARDEUX F. - 1987 - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. I - Etude avant traitement - traitement. Rapport ITRMLM n°10 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.
- LARDEUX F. - 1988 - Estimation des populations des larves de moustique dans les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*. Echantillonnage par élimination d'individus. A paraître.
- LARDEUX F., KAY B., COLOMBANI L. - 1987 b - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Tikehau. I - Prospection et recherche de sites d'étude. Proposition de lutte intégrée. Rapport ITRMLM n°12 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.
- LARDEUX F., LONCKE S. - 1987 - Un programme BASIC d'estimation de paramètres de deux populations animales sujettes à migrations entre deux zones. Rapport ITRMLM n°14 / 87 / ITRM / Doc-Ent.
- LARDEUX F., SECHAN Y., FAARUIA M., COLOMBANI L., TERIITEPO L. - 1987 a - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Huahine. I - Prospection et recherche de sites d'étude. Rapport ITRMLM n°10 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.
- LARDEUX F., FAARUIA M., COLOMBANI L., FROGIER H. - 1988 a - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. II - Evaluation trois mois après traitement. Rapport ITRMLM n°14 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.
- LARDEUX F., SECHAN Y., FAARUIA M. - 1988 b - Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Expérimentation à Rangiroa. III - Evaluation six mois après traitement. Rapport ITRMLM n°15 / 88 / ITRM / Doc-Ent.
- LARDEUX F., LONCKE S. - 1989 - Simulation de lutte biologique contre les *Aedes* dans un village des Tuamotu (Polynésie française). Utilisation de *Mesocyclops aspericornis* dans les réservoirs d'eau de pluie. (Rapport ITRMLM/ORSTOM sous presse)

- RIVIERE F. - 1978 - Récolte de *Toxorhynchites amboinensis* à Tutuila. Son introduction à Tahiti. Conférence d'Apia du 1 mai 1978. n° 175/IRMLM/J5 : 14 p multigr.
- RIVIERE F - 1979 - *Toxorhynchites amboinensis* dans la lutte anti stegomyienne à Tahiti. XIVth Pacific Science Congress, Khabarovsk, URSS. Centre ORSTOM de Tahiti/ ITRMLM : 7p multigr.
- RIVIERE F. - 1979 - La vie animale terrestre à Takapoto. J. Soc. Océanistes XXXV (62) : 19-30.
- RIVIERE F., 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.
- RIVIERE F., KAY B., KLEIN J.M., SECHAN 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.
- RIVIERE F., KLEIN J.M., DUVAL J., SECHAN 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.
- RIVIERE F., KLEIN J.M., PICHON G., SECHAN Y., DUVAL J. 1985 - Ecologie de *Aedes polynesiensis*, Marks, 1951, (Diptera : Culicidae) en Polynésie française : IV. Observations en relation avec les trous du crabe terrestre *Cardisoma carnifex* (Herbst, 1874). Centre ORSTOM de Tahiti. Notes et documents d'entomologie médicale n° 8 : 37 p.
- SCHERRER B. - 1983 - Techniques de sondage en écologie. In FRONTIER S. (Ed.) - Stratégies d'échantillonnage en écologie , Masson : 63-162.
- SCHERRER B. - 1984 - Biostatistique. Gaëtan Morin Ed.
- SECHAN 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.
- SERVICE M.W. - 1983 - Biological control of mosquitoes - has it a futur ? Mosq. News 43 : 113-120.
- TAYLOR L.R. - 1961 - Aggregation, variance and the mean. Nature, Lond. 189 : 732-735.
-