



HAL
open science

**Contrôle d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes polynesiensis*,
vecteurs de dengue et de filariose, avec le copépode
prédateur *Mesocyclops aspericornis*. Essais de terrain
dans des petites îles du Pacifique**

Frederic Lardeux, Stéphane Loncke

► **To cite this version:**

Frederic Lardeux, Stéphane Loncke. Contrôle d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes polynesiensis*, vecteurs de dengue et de filariose, avec le copépode prédateur *Mesocyclops aspericornis*. Essais de terrain dans des petites îles du Pacifique. Rapport ITRMLM, Institut Louis Malardé, Tahiti, French Polynesia. 1988, pp.1-71. hal-04709108

HAL Id: hal-04709108

<https://hal.science/hal-04709108v1>

Submitted on 25 Sep 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Projet O.M.S. N° : 16 / 181 / V2 / 98 (A)
ID : 870091

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

Rapport sur la période : Décembre 1987 - Aout 1988.

LARDEUX F.
LONCKE S.

Aout 1988.

PLAN

1. - INTRODUCTION
2. - ETUDE DE LA BIOECOLOGIE DE Mesocyclops aspericornis
 - 2.1. - Elevage de Mesocyclops aspericornis:
 - 2.2. - Nutrition de Mesocyclops aspericornis et sa signification écologique
 - 2.3. - Etude des facteurs spécifiques affectant les interactions entre Mesocyclops aspericornis et ses proies
 - 2.4. - Effets des facteurs physicochimiques et de leurs variations sur le développement de Mesocyclops aspericornis
 - 2.5. - Variations saisonnières d'abondance de Mesocyclops aspericornis en milieu naturel
 - 2.6. - Etude de nouvelles diètes pour l'élevage de Mesocyclops aspericornis
 - 2.7. - Recherche de formes de résistance à la dessiccation chez Mesocyclops aspericornis en conditions expérimentales
 - 2.8. - Recherche de formes de résistance à la dessiccation chez Mesocyclops aspericornis en milieu naturel
 - 2.9. - Etude des habitats naturels de Mesocyclops aspericornis et d'autre copépodes de Polynésie et d'Australie
3. - ESSAI DE LUTTE BIOLOGIQUE SUR LE TERRAIN
 - 3.1. - Introduction
 - 3.2. - Contexte
 - 3.3. - Expérimentation à Rangiroa
 - 3.3.1 - Buts de l'étude
 - 3.3.2 - Chronologie des travaux effectués
 - 3.3.3 - Le milieu
 - 3.3.3.1 - L'îlot Tereia
 - 3.3.3.2 - Flore et faune
 - 3.3.3.3 - Activités humaines

- 3.3.4 - Méthodes d'estimation de l'efficacité du traitement
 - 3.3.4.1 - Test général
 - 3.3.4.2 - Tests au niveau des terriers du crabe terrestre
 - 3.3.4.2.1 - Méthode d'analyse
 - 3.3.4.2.2 - Réalisation pratique
 - 3.3.4.3 - Tests au niveau de l'agressivité des femelles
 - 3.3.4.3.1 - Méthode d'analyse
 - 3.3.4.3.2 - Réalisation pratique
 - 3.3.4.3.3 - Sources de biais
- 3.3.5 - Résultats
 - 3.3.5.1 - Données générales
 - 3.3.5.1.1 - Le traitement
 - 3.3.5.1.2 - Cartographie des terriers de crabe
 - 3.3.5.1.3 - Données d'écologie
 - 3.3.5.2 - Résultats de l'expérimentation "avant traitement"
 - 3.3.5.2.1 - Les terriers du crabe terrestre
 - 3.3.5.2.2 - La population des moustiques adultes
 - 3.3.5.3 - Résultats 3 mois après traitement
 - 3.3.5.3.1 - Les terriers du crabe terrestre
 - 3.3.5.3.2 - La population des moustiques adultes
 - 3.3.5.4 - Résultats 6 mois après traitement
 - 3.3.5.4.1 - Les terriers du crabe terrestre
 - 3.3.5.4.2 - La population des moustiques adultes
- 3.3.6 - Discussion
 - 3.3.6.1 - Comparaisons
 - 3.3.6.1.1 - Les terriers du crabe terrestre
 - 3.3.6.1.2 - La population des moustiques adultes
 - 3.3.6.2 - Efficacité de la méthode de lutte

3.4. - Expérimentation dans le village de Tikehau

3.4.1 - But de l'étude

3.4.2 - Chronologie des travaux effectués

3.4.3 - Le milieu (carte 11)

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

3.4.5 - Résultats actuels

3.5. Conclusion sur les expérimentations de terrain

1. - INTRODUCTION

Ce rapport expose pour chaque tête de chapitre du projet initial les résultats obtenus depuis le début de son financement (décembre 1987). Rappelons que le projet est constitué de deux grandes parties:

- des études de laboratoire orientées vers l'acquisition de données concernant la bioécologie du copépode cyclopidae Mesocyclops aspericornis, agent de lutte biologique contre les Aedes vecteurs.
- des essais de lutte biologique sur le terrain à l'aide du même agent, qui ont pour but l'estimation de l'efficacité de la méthode de lutte.

Il est fréquent que les protocoles adoptés lors de la réalisation des manipulations ne correspondent pas strictement à ce qui avait été prévu dans le projet initial, cependant, les motivations des travaux réalisés restent identiques.

En ce qui concerne la première partie (étude de laboratoire), les résultats ne sont pas acquis définitivement, les recherches étant encore en cours.

Pour la deuxième partie (étude de terrain), les résultats seront exposés de manière plus approfondie compte tenu de leur état d'avancement, des investissements engagés, de leur intérêt au niveau de l'application immédiate de la méthode de lutte.

2. - ETUDE DE LA BIOECOLOGIE DE Mesocyclops aspericornis

2.1. - Elevage de Mesocyclops aspericornis:

Voir le paragraphe 2.6.

2.2. - Nutrition de Mesocyclops aspericornis et sa signification écologique

La nutrition du copépode dans les différents milieux naturels sera abordée parallèlement à d'autres aspects tel qu'il est décrit dans le projet qui suit.

2.3. - Etude des facteurs spécifiques affectant les interactions entre Mesocyclops aspericornis et ses proies

Les adultes carnivores du Crustacé Copépode Mesocyclops aspericornis ont la capacité de tuer et de consommer les larves de certaines espèces de moustiques, ce qui justifie leur emploi pour la lutte biologique. Cette capacité ne subsiste qu'à condition que les larves restent d'une taille suffisamment réduite. En effet, seules les larves de premier stade sont apparemment attaquées; les larves des stades supérieurs déclenchent un comportement de fuite plutôt que de capture lors du contact. Les copépodes absorbant des larves de moustiques peuvent n'en ingérer aucune partie chitineuse

et éventuellement reconnaissable, se contentant de dilacérer la proie pour en extraire le contenu (les capsules céphaliques ne sont par ailleurs presque jamais absorbées dès le moment où elles sont chitinisées, mais cependant soigneusement "épluchées"). L'analyse des contenus de tube digestifs s'avère donc très délicate à effectuer et à interpréter en ce qui concerne les larves de moustiques, et ne reflète pas forcément la réalité. Les observations réalisées sur le terrain lors d'essais de lutte laissent supposer que Mesocyclops aspericornis possède une capacité de contrôle beaucoup plus importante vis à vis des espèces du genre Aedes, que de ce celles du genre Culex. Cette constatation, qui apparaît heureuse compte tenu du pouvoir vectoriel des Aedes en Polynésie, nous a cependant conduit à rechercher les causes de ces préférences. Les manipulations réalisées dans ce but reposent sur des essais de prédation de femelles adultes isolées du copépode mises en présence de quantités fixes de larves de premier stade de Aedes aegypti, A. polynesiensis, et Culex quinquefasciatus; et ceci durant des périodes elles aussi fixées. Les essais sont réalisés dans des boîtes de Pétri ou des tubes à hémolyse contenant chacun un prédateur provenant de bacs d'élevage, et cinq larves de moustiques de premier stade. Les femelles utilisées sont dépourvues de sacs ovigères, et laissées à jeun durant 24 heures avant l'introduction des proies. La lecture des résultats est effectuée dans le même ordre que le dépôt des larves dans les boîtes contenant les prédateurs. Les manipulations sont toutes réalisées à la température du laboratoire (25-27°C).

De cette manière, ont pu être obtenus les résultats suivants:

* Les mêmes expériences réalisées à la lumière ou à l'obscurité, les autres conditions étant constantes, n'indiquent aucune différence quand à la quantité de larves tuées ou consommées, et ceci quelle que soit l'espèce de moustique considérée. Plusieurs interprétations sont possibles suite à l'observation de ce phénomène:

- La vue n'apporte aucune aide à la prédation chez Mesocyclops aspericornis et ne joue d'autre part aucun rôle dans la détection du prédateur chez la larve ou ne lui permet pas d'éviter la capture.
- La vue apporte une aide à la fois au prédateur pour la capture et à la proie pour l'évitement, le manque de lumière permettant aux deux phénomènes de se compenser.

L'observation directe de la prédation à la lumière nous permet de pencher pour la première interprétation, en effet, la prédation semble avoir lieu suite au contact direct du prédateur et de la proie; ce contact étant toutefois facilité par l'existence de soies aussi bien chez le prédateur que chez la proie. De plus, l'acte de capture s'avère extrêmement rapide compte tenu de la vitesse de déplacement de la proie, n'autorisant pas celle-ci à s'échapper.

* Des comparaisons des taux de prédation suivant la taille et la forme des récipients d'expérience ont d'autre part été effectués dans le but de mettre en évidence des différences éventuelles des taux de prédation liés au comportement des larves de moustiques.

- L'augmentation de volume des récipients utilisés (de 3 ml à 25 ml) pour les tests entraîne une diminution du taux de capture quelle que soit l'espèce considérée. Toutefois, cette diminution n'est généralement pas significative, et ne permet pas de faire une différence entre un comportement de recherche des proies et un comportement de prédation faisant suite au hasard des contacts prédateurs-proies. La taille des récipients utilisés est probablement insuffisante pour diminuer la fréquence des rencontres au point qu'elle soit sensible après le temps de mise en présence utilisé.
 - Les comparaisons effectuées entre les taux de prédation en tube à hémolyse et en boîte de Pétri à volume constant (3 ml) n'indiquent aucune différence significative pour ce qui concerne les Aedes. En ce qui concerne Culex quinquefasciatus, le nombre de larves tuées est significativement supérieur en boîte de Pétri après une heure de mise en présence. Ce résultat nous confirme l'effet du comportement sur l'efficacité de la prédation, les larves de Culex passent en effet de longs moments immobiles en surface, contrairement aux larves d'Aedes qui sont beaucoup plus mobiles et descendent fréquemment au fond du récipient, ce qui augmente la probabilité de rencontre entre le prédateur et les proies, le prédateur ayant tendance à rester immobile.
- * Un des aspects très importants du comportement prédateur de Mesocyclops aspericornis est sa capacité à tuer des larves de moustiques sans pour autant les consommer. Les femelles adultes ne semblent pas rechercher leur proies, mais plutôt réagir par réflexe au contact d'une proie. C'est ainsi que les taux de prédation observés ne correspondent pas strictement à la consommation effective du prédateur, mais sont systématiquement supérieurs en ce qui concerne les larves d'Aedes. Cette caractéristique présente bien entendu un intérêt indéniable au niveau de la lutte biologique. En ce qui concerne les larves de Culex, la quantité de larves tuées n'est que faiblement supérieure à la quantité ingérée. Un autre des aspects importants de la prédation par Mesocyclops aspericornis est lié à la taille des larves de premier stade. En effet, l'efficacité de la prédation semble très liée à ce paramètre, ce qui peut expliquer la variabilité importante des taux de prédation observés en conditions expérimentales. Cet aspect n'ayant été perçu que tardivement, une grande partie des expériences réalisées s'avère biaisée, particulièrement les essais de comparaison entre espèces, car les larves utilisées ne proviennent alors pas de pontes simultanées. Ce qui précède ne remet cependant pas en cause les résultats obtenus à l'aide de lots de larves de la même espèce qui ont été décrits ci-dessus.

Il est à noter d'autre part que les femelles adultes laissées en présence de leur jeunes nauplies après la ponte et sans apport de nourriture en parallèle ont un comportement cannibale en milieu artificiel de taille réduite, ce comportement étant très probablement atténué en milieu naturel où les adultes sont benthiques, et les nauplies planctoniques, et où la nourriture est rarement un facteur limitant.

2.4. - Effets des facteurs physicochimiques et de leurs variations sur le développement de Mesocyclops aspericornis

Cet aspect de la bioécologie du copépode sera en partie abordé lors des études réalisées à partir d'échantillons prélevés en milieu naturel (Cf. Projet). Une étude de laboratoire est d'autre part prévue, basée sur la réalisation d'un plan d'expérience combinant les variations de pH, de photopériode, de température et d'oxygène dissous dans le but d'estimer l'effet de ces facteurs et de leurs éventuelles interactions sur la durée de développement du copépode.

2.5. - Variations saisonnières d'abondance de Mesocyclops aspericornis en milieu naturel

Cette étude repose sur la possibilité d'effectuer des prélèvements de copépodes dans divers types de milieux de manière quantitative, en tentant d'éliminer des sources possibles de variation dues à des phénomènes de courte période tels que les migrations verticales ou horizontales journalières.

La technique retenue est celle du piégeage.

Le piégeage tel qu'il est envisagé ici repose sur la possibilité de capturer des animaux durant une période assez longue (de l'ordre de 24 heures) tout en les retenant, soit l'accumulation de captures ponctuelles sur une longue période. L'échantillonnage devient alors ponctuel uniquement dans l'espace, et non plus aussi dans le temps comme lorsqu'il est effectué suivants des techniques classiques. Cette technique devrait permettre d'autre part, toujours grâce à l'intégration de la capture sur une durée suffisante, de mettre en évidence l'amplitude de certains types de migrations, ainsi que la présence de copépodes dans des cas où ils risquent de ne pas être immédiatement détectables par des méthodes de prélèvement ponctuelles dans le temps.

La technique retenue dans ce but repose sur l'utilisation de pièges (nasses) de taille réduite réalisés à partir de flacons de prélèvement d'une contenance d'environ 20 ml dans le bouchon desquels sont introduits à force des tubes à hémolyse dont le fond est percé.

Les pièges ainsi fabriqués sont remplis d'eau filtrée, lestés, puis immergés à l'endroit souhaité. La pénétration des copépodes dans les pièges s'effectue de manière aléatoire, aucun attractif n'est utilisé. Il doit cependant être noté que la présence de pièges en pleine eau peut contribuer à augmenter localement la densité en copépodites et adultes uniquement à cause du support qu'ils représentent.

Les avantages principaux de cette méthode sont:

- La possibilité de capturer en continu durant une période de l'ordre de 24 heures, en faisant au moins en partie abstraction des variations à courte période déjà envisagée ci-dessus.
- Une localisation très précise du piège dans l'espace.

- Un bouleversement réduit du milieu échantillonné.
- La facilité de tri des prélèvements effectués, compte tenu de l'absence de sédiment dans le piège.

Les essais effectués ont permis de constater:

- La répartition aléatoire des captures sur 24 heures dans un bassin d'élevage sur une série de 30 pièges placés dans un périmètre restreint. Cette expérience a permis de déterminer que cinq pièges suffisent par station pour obtenir une bonne représentativité des captures avec une densité moyenne de copépodes.
- Un très faible taux de sortie des pièges.
- Une très bonne proportionnalité entre le nombre de copépodes capturés et la densité dans le milieu.
- Une bonne reproductibilité des résultats.

Compte tenu de ce qui précède, cette méthode de piégeage nous semble tout à fait adéquate pour la réalisation d'une étude de dynamique saisonnière de Mesocyclops aspericornis. Les modalités de sélection des sites retenus pour l'étude sont exposées dans le projet joint.

2.6. - Etude de nouvelles diètes pour l'élevage de Mesocyclops aspericornis

Cette étude a pour objectif d'améliorer les conditions d'élevage de Mesocyclops aspericornis afin d'obtenir des rendements supérieurs. Les résultats obtenus jusqu'alors l'ont été essentiellement de manière empirique et intuitive. L'observation régulière et fréquente de différents réservoirs et aquariums d'essai nous a permis de constater les faits suivants:

- Une légère salinité de l'eau d'élevage apporte une amélioration du rendement.
- La teneur de l'eau d'élevage en oxygène dissous joue un rôle important pour la pérennité de l'élevage.
- L'utilisation de nourriture synthétique réalisée pour l'élevage de chevrettes (Macrobrachium) par l'équipe IFREMER semble efficace en favorisant la prolifération de protozoaires. La possibilité d'élever le copépode avec cette seule diète montre que la présence d'algues unicellulaires n'est aucunement indispensable à sa maturation.

2.7. - Recherche de formes de résistance à la dessiccation chez Mesocyclops aspericornis en conditions expérimentales

Cette partie a été abordée par la réalisation de manipulations ponctuelles, basées le plus souvent sur la remise en eau de récipients variés laissés à sécher après ensemencement en copépodes, et contenant des sédiments de granulométrie diverse. Ces essais n'ont pour l'instant pas permis d'obtenir des résultats fiables et reproductibles.

2.8. - Recherche de formes de résistance à la dessiccation chez Mesocyclops aspericornis en milieu naturel

Cette recherche a été jusqu'alors effectuée par remise en eau de sédiments prélevés dans des milieux asséchés, mais connus pour la présence de Mesocyclops aspericornis lorsqu'ils sont inondés.

Aucune forme de résistance n'a pour l'instant pu être mise en évidence.

2.9. - Etude des habitats naturels de Mesocyclops aspericornis et d'autres copépodes de Polynésie et d'Australie

Cf. Projet.

3. - ESSAI DE LUTTE BIOLOGIQUE SUR LE TERRAIN

3.1. - Introduction

Des essais de contrôle à grande échelle des populations d'Aedes avec Mesocyclops aspericornis avaient été prévus à l'origine sur deux petites îles : l'une située à Rangiroa (archipel des Tuamotu), l'autre à Huahine (Iles de la Société) (cf. O.M.S. Proposal Form). Cependant, pour des raisons logistiques apparues récemment, le deuxième site expérimental a été abandonné au détriment d'une autre île située dans l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu) (carte 1).

Les expérimentations ont débuté sur les deux sites retenus, l'un (Rangiroa) étant en phase finale d'observation (traitement effectué il y a 6 mois), l'autre (Tikehau) en phase initiale (étude avant traitement).

3.2. - contexte

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 Aedes polynesiensis et Aedes aegypti. En effet, ces travaux ont montré l'efficacité et la pérennité d'action de ce prédateur sur les jeunes stades larvaires de ces moustiques, réduisant de plus de 90 % leurs densités dans les gîtes de ponte (trous d'arbre, petits réservoirs d'eau, terriers du crabe

terrestre Cardisoma carnifex), vieux pneus abandonnés ...). Ces expériences, concluantes 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, menée à Rangiroa et Tikehau, a pour but de combler cette lacune en simulant une action de lutte biologique à grande échelle. Elle devrait ainsi pouvoir déterminer l'efficacité de Mesocyclops aspericornis comme agent prédateur anti-culicidien dans des opérations de grande envergure.

En polynésie française, A. polynesiensis est vecteur de la dengue et de la filariose lymphatique tandis qu' A. aegypti est seulement vecteur de la dengue. Ce sont actuellement, pour l'homme, les deux seuls vecteurs de maladie en Polynésie française. C'est pourquoi, pour notre étude, ces deux espèces sont prises comme cibles.

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

La technique de lutte testée ici est l'introduction du copépe 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-copépe.

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.

3.3. - Expérimentation à Rangiroa

3.3.1 - Buts de l'étude

A Rangiroa, le but de l'étude est donc de tester à grande échelle, l'efficacité du copépode M. aspericornis pour le contrôle des populations d'Aedes polynesiensis, seule espèce vivant dans les zones rurales de l'atoll (cocoteraies) et dont les gîte de

pontes sont constitués essentiellement par les terriers du crabe terrestre Cardisoma carnifex.

3.3.2 - Chronologie des travaux effectués

Quatre 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.

3.3.3 - Le milieu

3.3.3.1 - 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.

3.3.3.2 - 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.
- 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).

3.3.3.3 - 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 péridomestiques réduits, voire inexistantes 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.

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

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.

3.3.4.1 - 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 ...

3.3.4.2 - Tests au niveau des terriers du crabe terrestre

3.3.4.2.1 - 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). 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.

3.3.4.2.2 - 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'îlot 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.

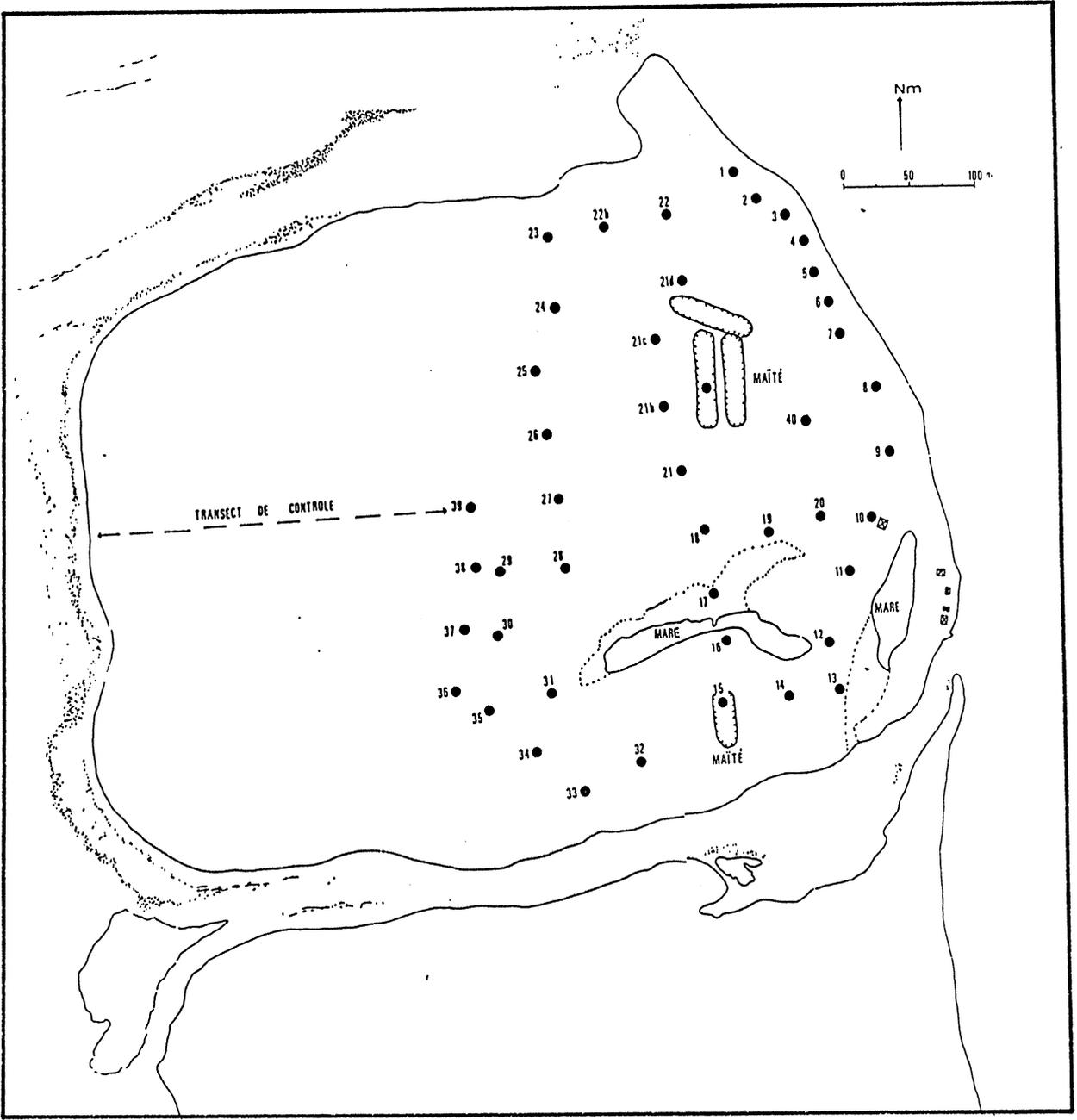
- zone de maquis : pas de terriers de crabes. Pas d'échantillonnage, si ce n'est un transect de contrôle de l'absence de terriers.
- cocoteraie : zone plus ou moins "vallonnée" de faciès homogène. Aussi, puisqu'une première approche consiste à dresser une cartographie simplifiée des densités de terriers, 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



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

systematique 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 et 6ème mois après traitement

Le plan d'échantillonnage choisi n'est plus de type "systematique". 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 "maïté" précédentes. Les faciès sont laissés à l'appréciation de l'échantillonneur (une équipe de deux personnes). Ce sont en général des zones "basses", des zones "hautes", des zones marécageuses, des zones "dégagées", des zones "couvertes" de végétation etc... et dispersées en petites taches nombreuses sur l'îlot (d'où la difficulté de stratifier correctement la zone). Au total, l'accent a été mis sur la nécessité de "couvrir" géographiquement ces différents faciès.

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

Ces échantillonnages apparaissent sur les cartes 6 (3ème mois) et 7 (6ème 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.

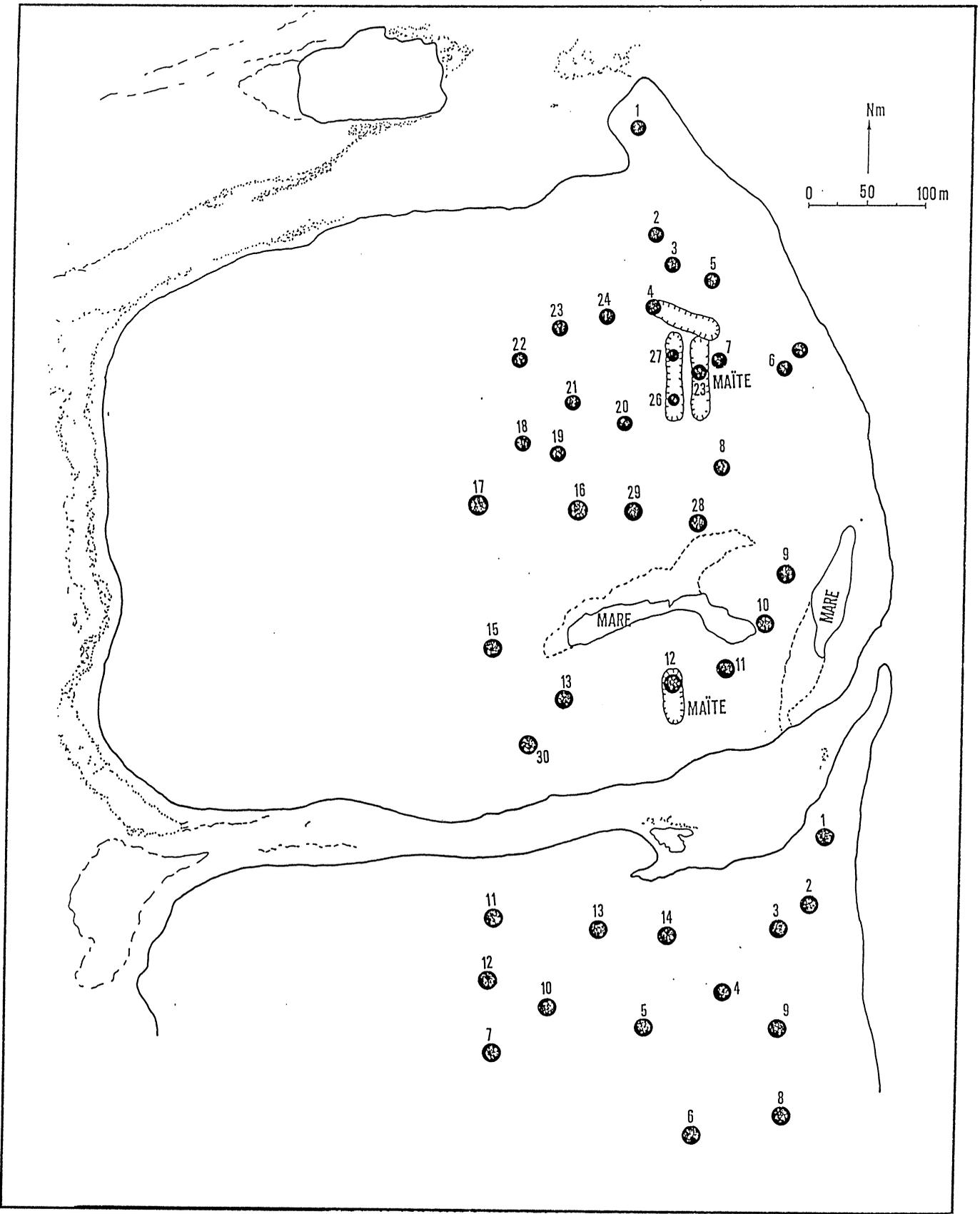


figure 7 : zones d'échantillonnage des terriers de crabe, 6 mois après traitement.

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).

3.3.4.3 - Tests au niveau de l'agressivité des femelles

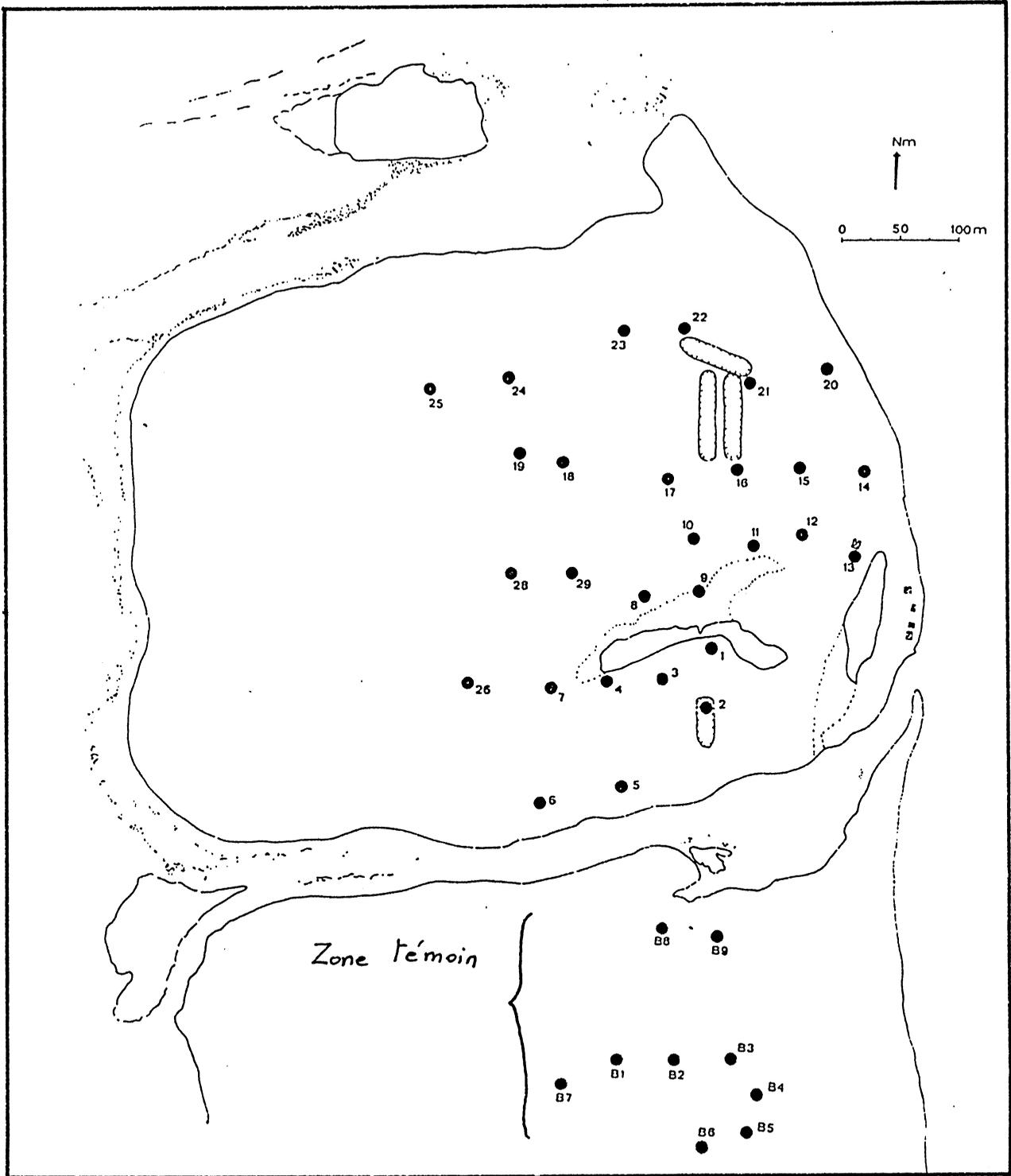
3.3.4.3.1 - Méthode d'analyse

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 8). 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'îlot 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).



carte 8 : Position de stations de capture des moustiques adultes.

3.3.4.3.2 - 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.

3.3.4.3.3 - 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.

3.3.5 - Résultats

3.3.5.1 - Données générales

3.3.5.1.1 - Le traitement

- Les opérations de traitement

Les opérations de traitement de l'îlot 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

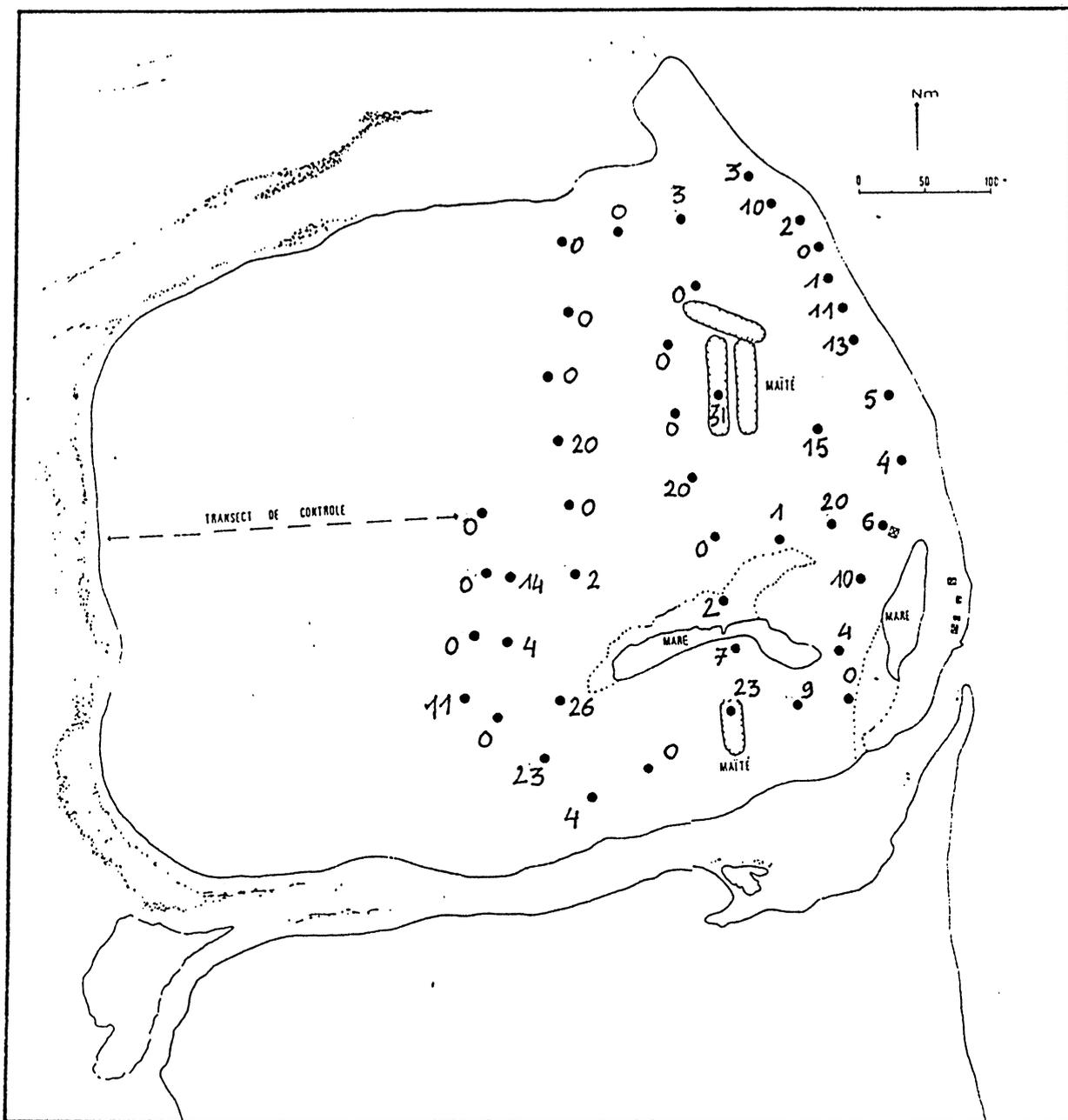
Le protocole de traitement est simple. Sur le terrain, chaque équipe délimite à l'aide de palmes de cocotier, des petites zones (quelques centaines de m²) qu'elle "s'approprie". A l'intérieur de chaque zone, tous les terriers sont sondés à l'aide d'un tuyau d'arrosage de 2 m de long environ. Lorsque 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'îlot. 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.

3.3.5.1.2 - Cartographie des terriers de crabe

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

La carte 9 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



carte 9 : Densité des terriers du crabe terrestre au niveau de chaque quadrat (étude avant traitement).

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'îlot (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'îlot.

Les zones de maîté, qui sont les plus basses de l'îlot, 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'îlot, 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).

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'îlot), 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.

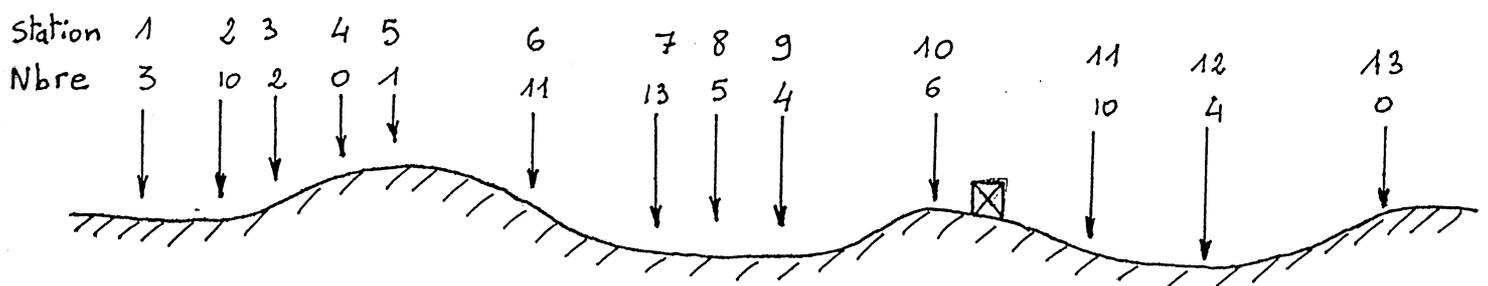
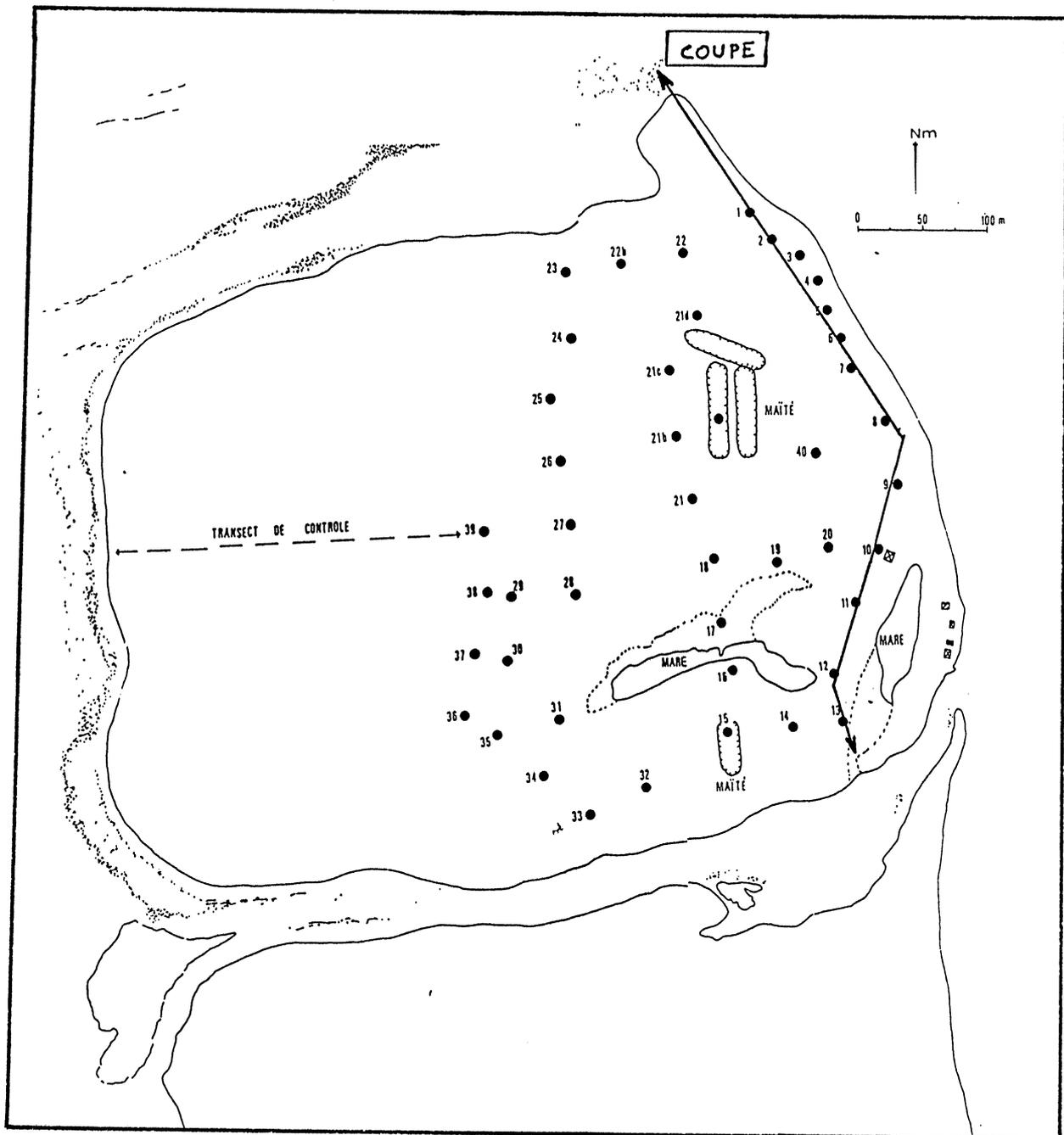


figure 1 : Densité des terriers par quadrat, en fonction de l'altitude.

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

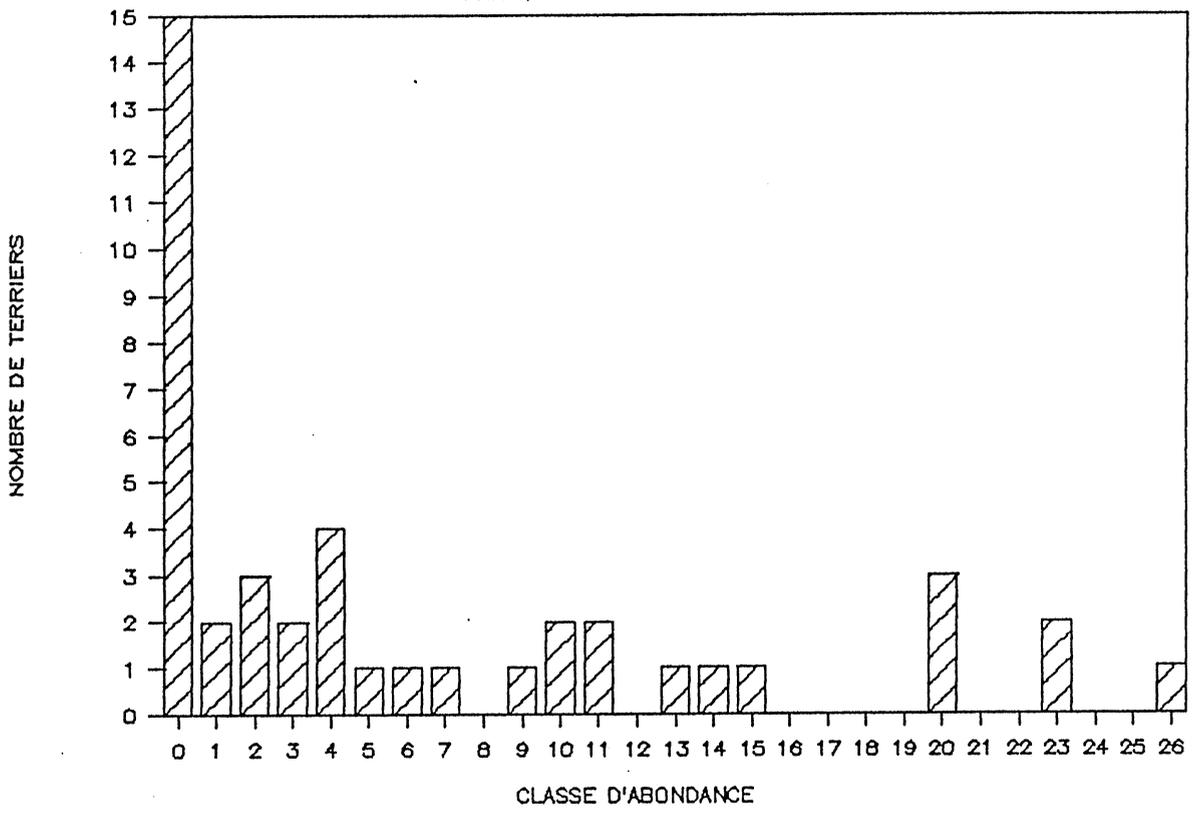


figure 2 : Distribution du nombre de terriers par quadrat.

3.3.5.1.3 - 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 o/oo (entre 0.33 et 0.93). Toutefois, l'eau de certains terriers peut atteindre de fortes salinités, comme cela a été constaté au 6ème mois : 10 o/oo, voire jusqu'à 20 ou 25 o/oo. 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 o/oo. Si la salinité venait alors à 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.

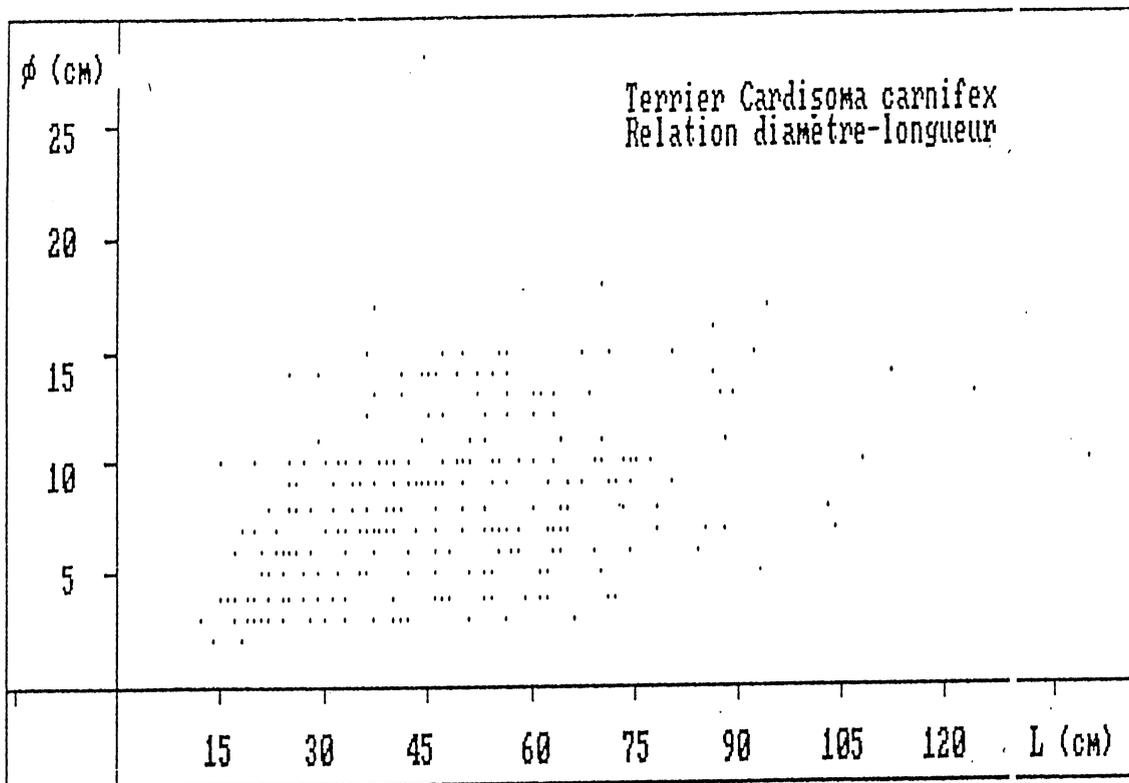


Figure 3 a : Relation diamètre-longueur pour les terriers

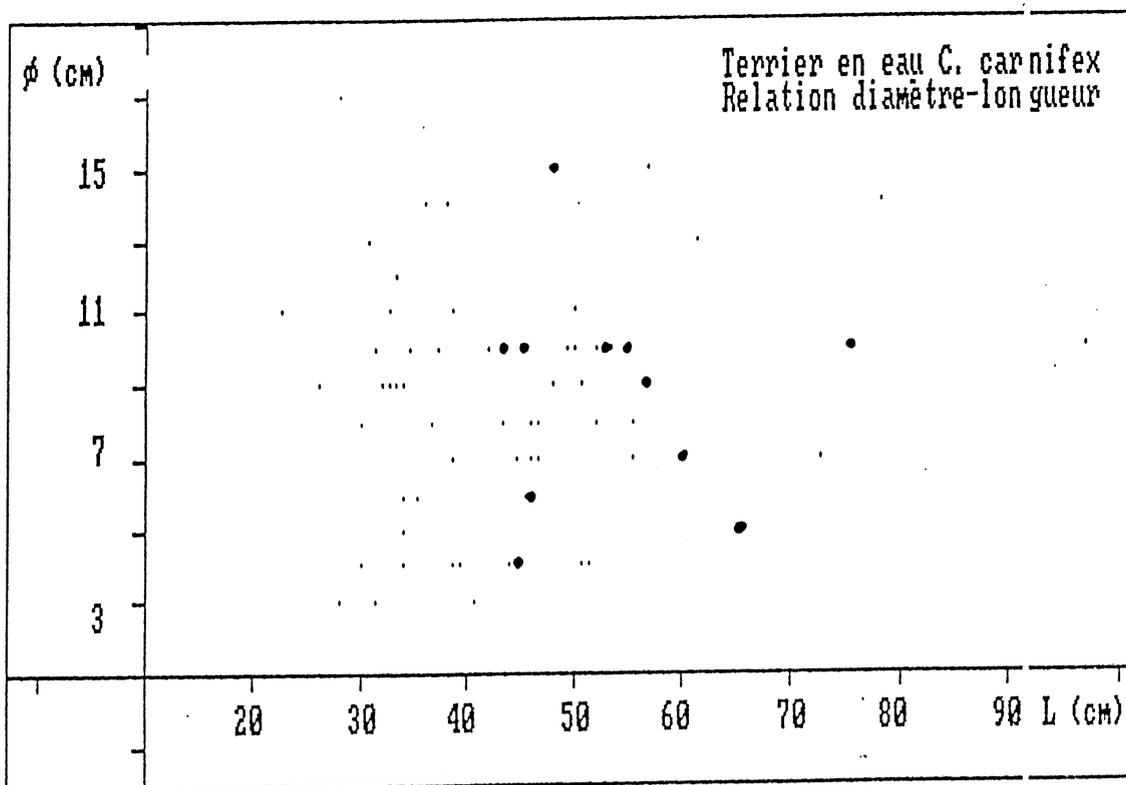


Figure 3 b : Relation diamètre longueur des terriers "en eau". Les terriers positifs pour A. polynesiensis sont en "gras".

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.

3.3.5.2 - 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 O.M.S., 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.

3.3.5.2.1 - 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 10 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 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 maïté, 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

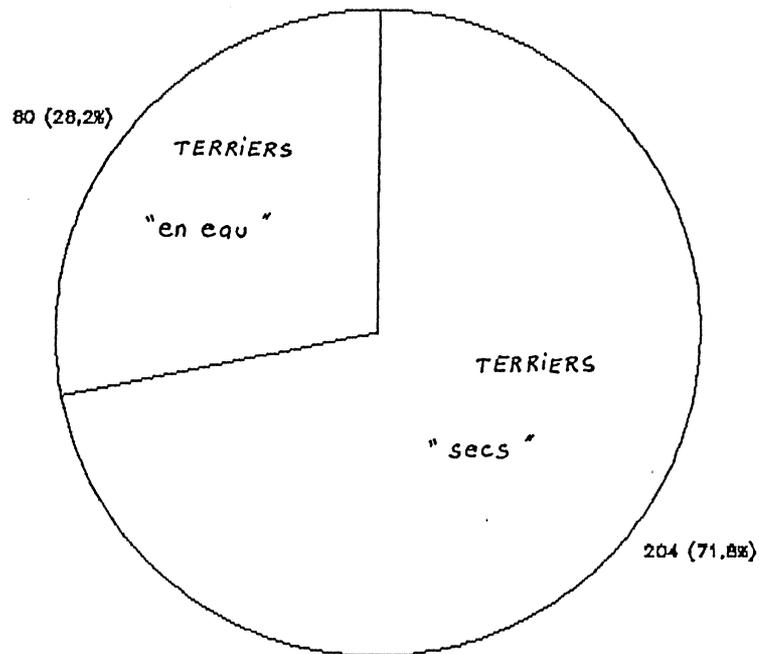


Figure 4 a : Pourcentage du nombre de terriers "en eau"

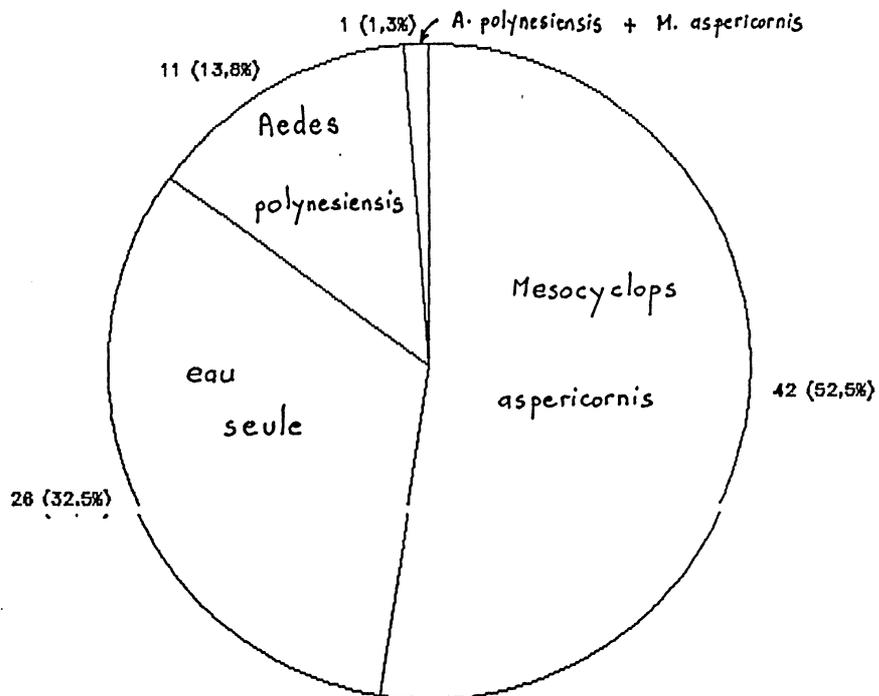
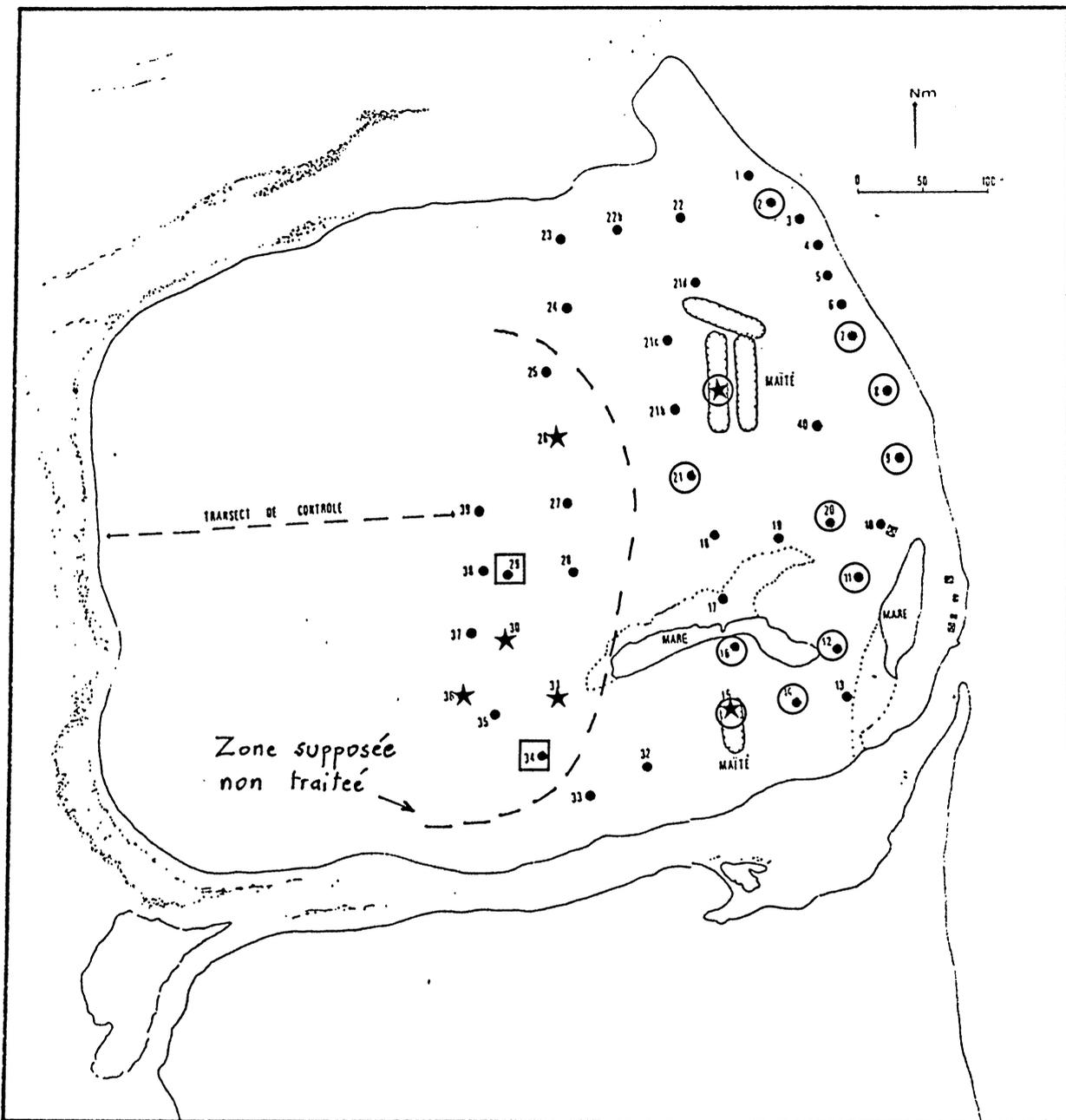


Figure 4 b : Occupation des terriers "en eau" par M. aspericornis et A. polynesiensis.



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

Carte 10 : Occupation des terriers par *A. polynesiensis* et *M. aspericornis*

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.

3.3.5.2.2 - La population des moustiques adultes

- Migrations inter-ilot : 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 ilot sont donc non significatives, que ce soit de Tereia (zone A) à l'ilot voisin (zone B) ou de l'ilot 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'ilot Tereia est isolé de l'ilot voisin. Cet isolement est relatif puisqu'il existe tout de même un certain flux de moustiques de part et d'autre, mais, ces échanges sont très faibles et insignifiants, par exemple, lors de captures de femelles agressives en un point donné.

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

$$\begin{array}{ll} \text{PHI}(1,A) = 1.023864 & \text{PHI}(1,B) = 1.192934 \end{array}$$

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.

- Estimation des densités des femelles agressives

* Indices d'agressivité

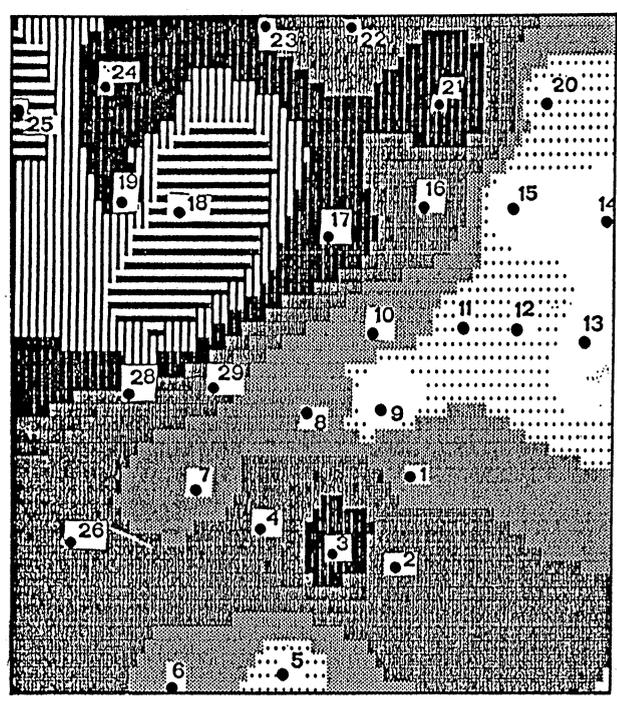
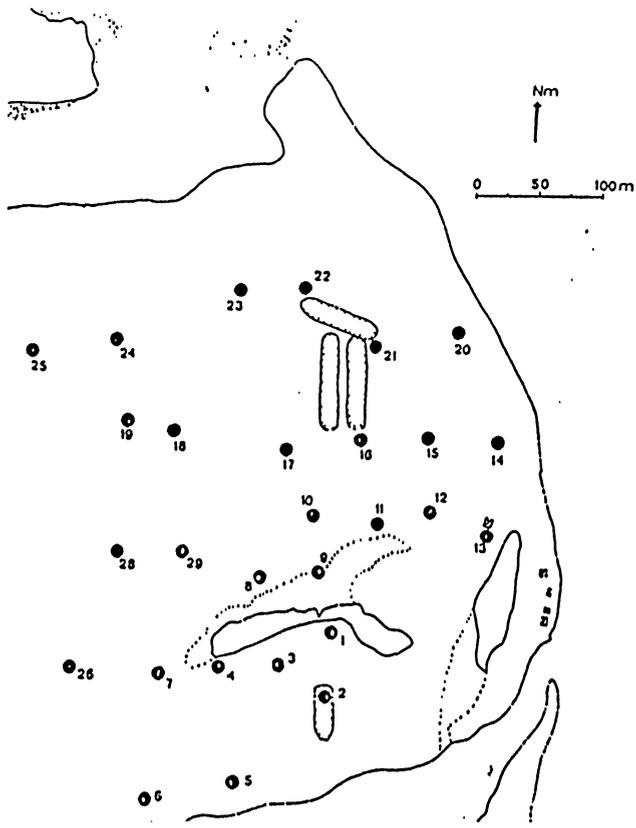
Les indices bruts d'abondance sont constitués par les données de capture, par station, d'une durée de 10 mn. On rappelle qu'une série de 29 stations a été définie sur l'îlot Tereia et 7 sur l'îlot témoin. Chaque jour, un certain nombre de ces stations est visité : toutes ne sont donc pas visitées en 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, entre autres :

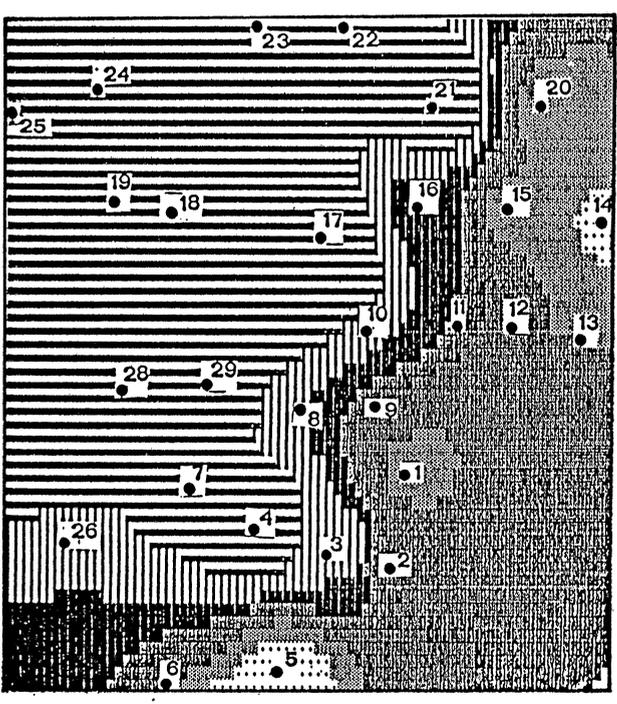
- Le cycle d'activité même des moustiques (facile à décrire) : Une composante temporelle journalière doit donc intervenir.
- L'influence locale des facteurs physiques (végétation, ombre, humidité de l'air, vent etc...)
- L'attractivité des captureurs, qui peut varier d'un jour à l'autre.
- Des éclosions massives qui peuvent avoir lieu à une station, après d'autres observations antérieures (dont le niveau est alors, bien sûr, 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.

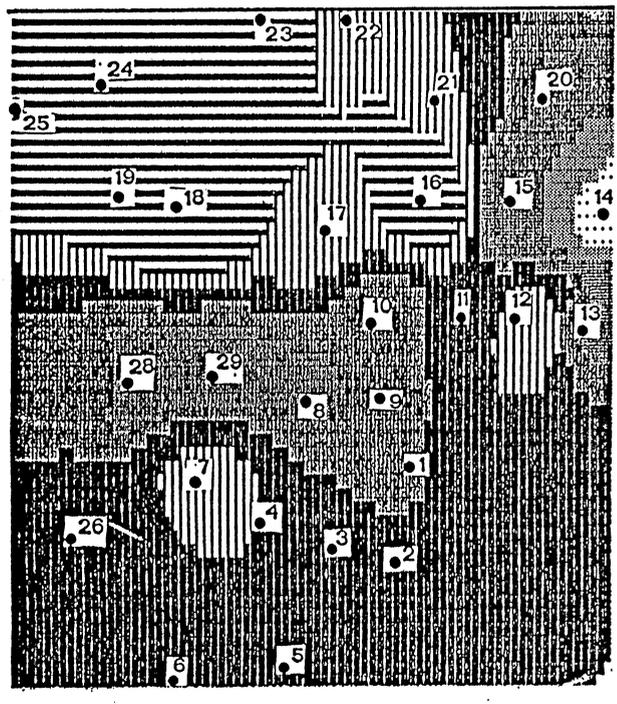
Pour résumer cet état de chose, on constate qu'il existe de grandes variations spatio-temporelles : les données de captures sont variables, non seulement d'une station à l'autre, mais aussi pour une même station d'un jour à l'autre. Ceci peut être visualisé sur une série de cartes d'isovaleurs du nombre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



J1



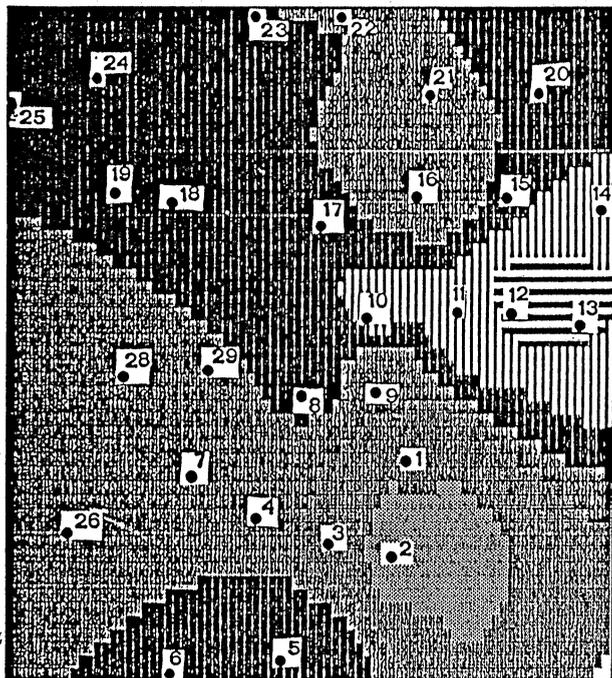
J2



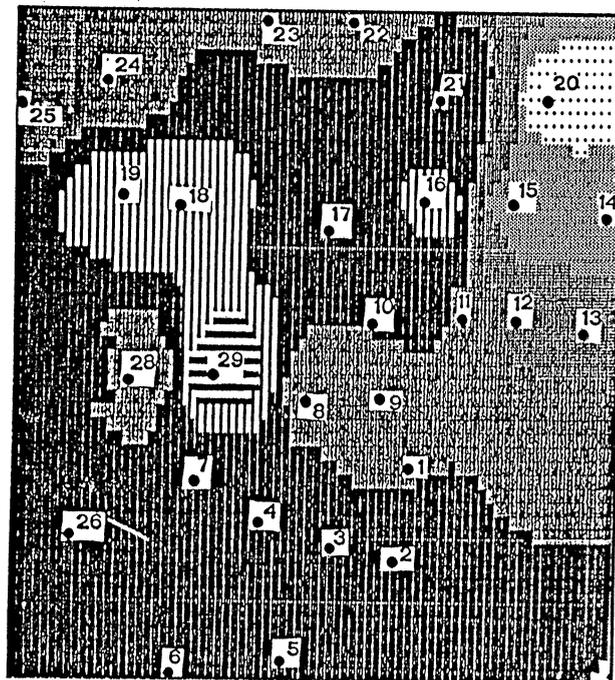
J3

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

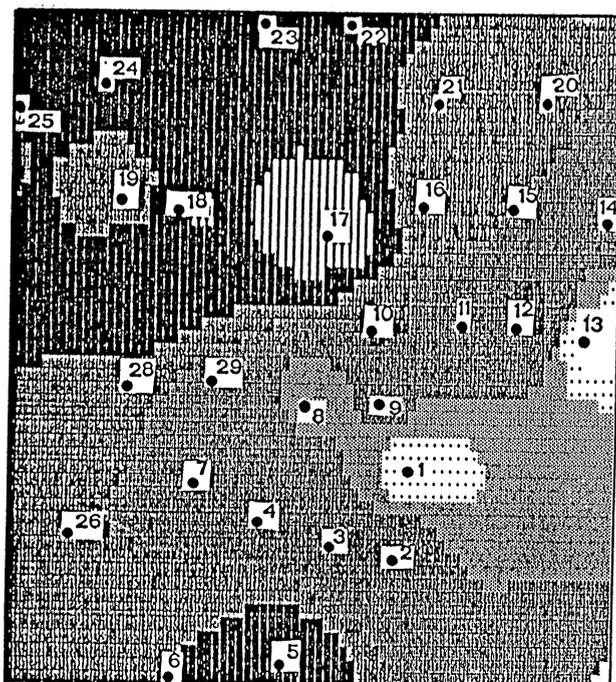
figure 5 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.



J4



J5



J6

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

semi quantitatif des captures : l'est de l'îlot est toujours moins "productif" que l'ouest.

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 (x = 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.

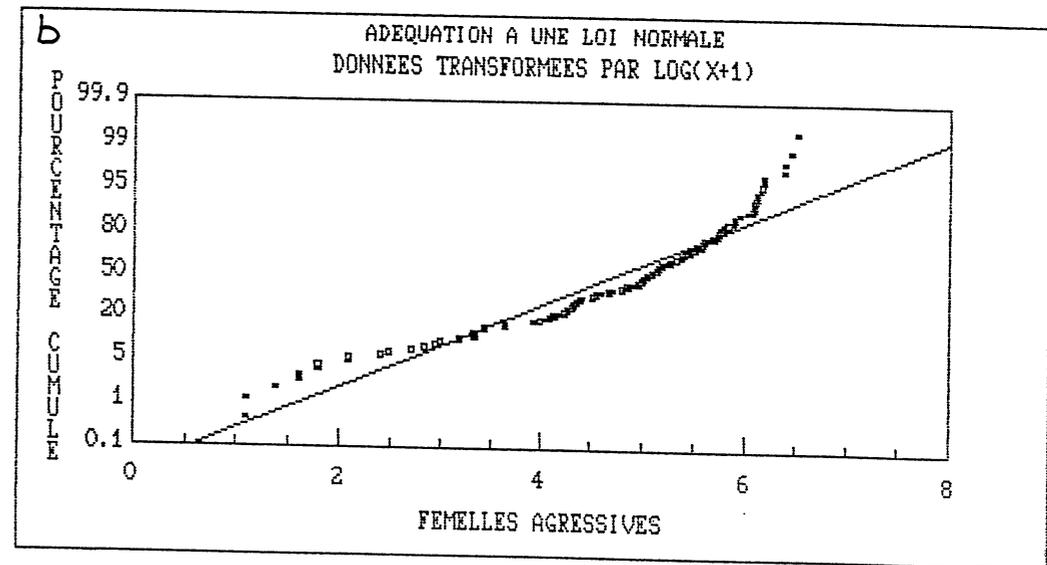
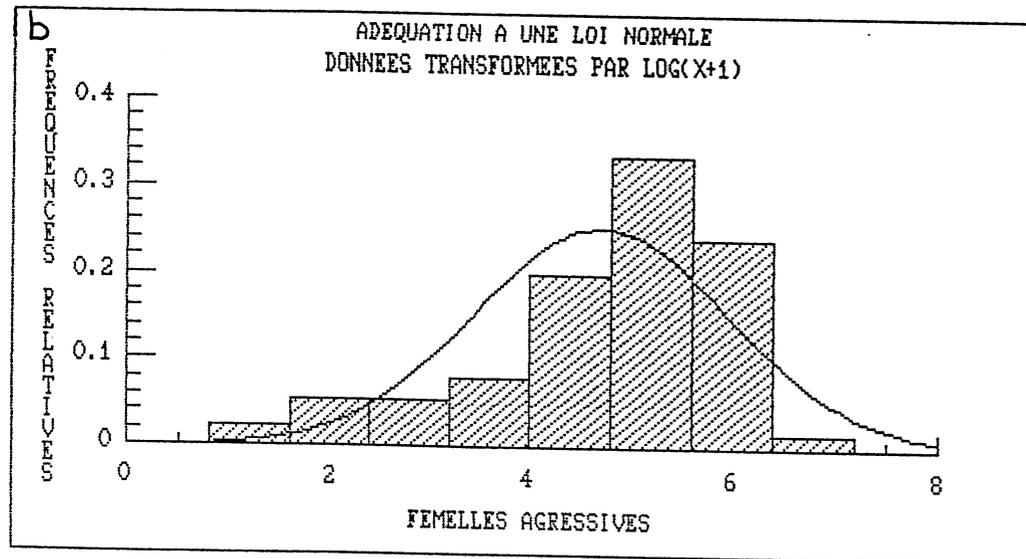
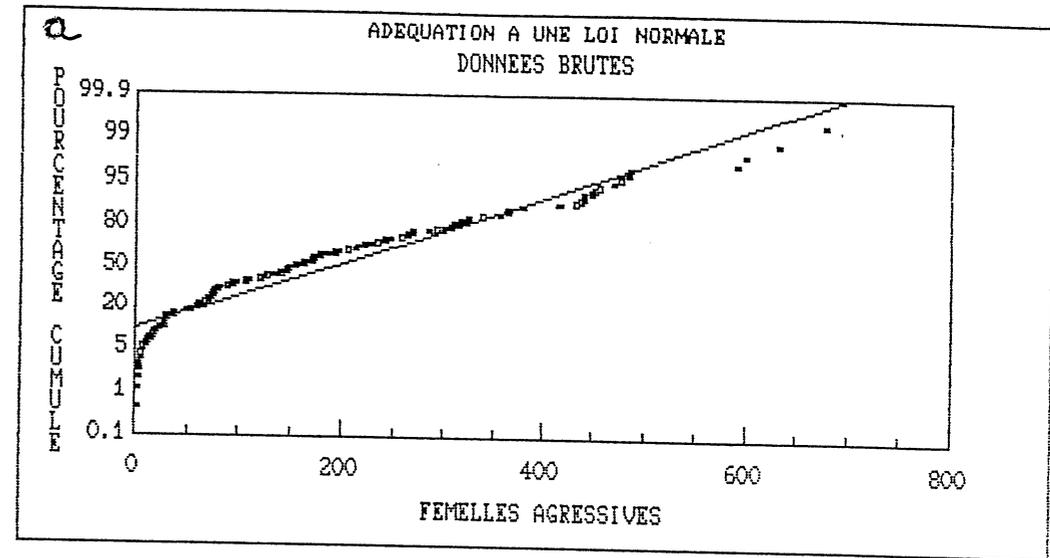
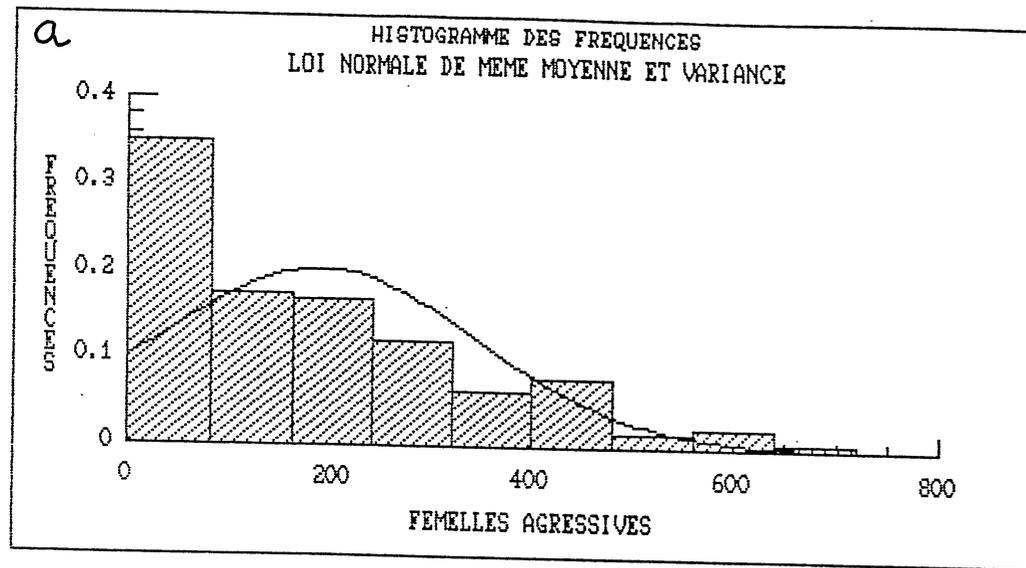


figure 6 : TEREIA

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

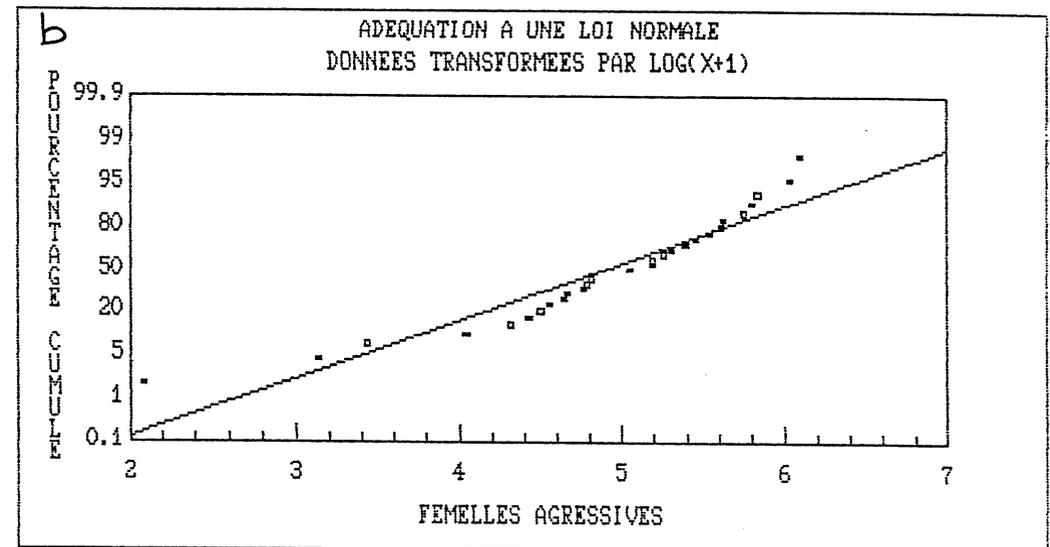
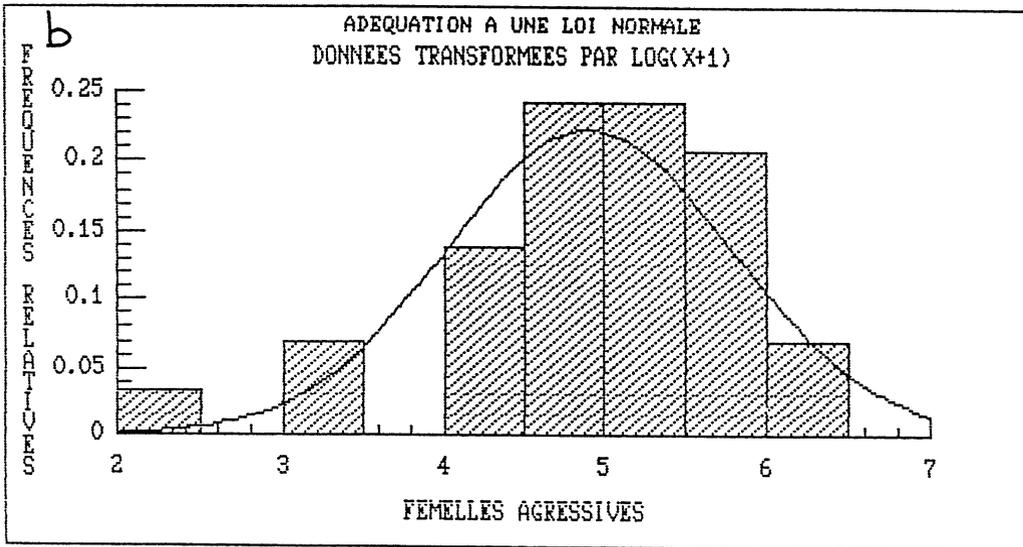
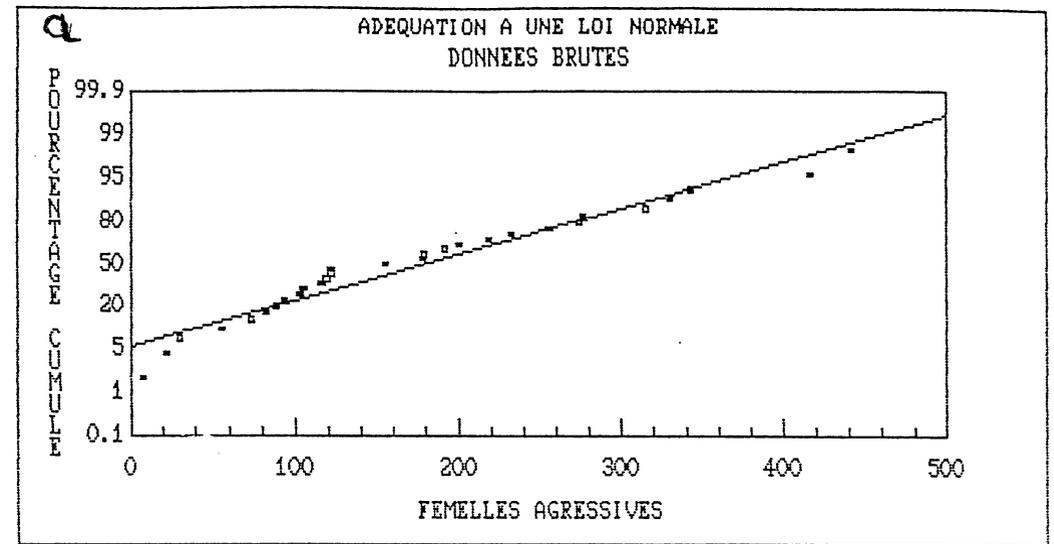
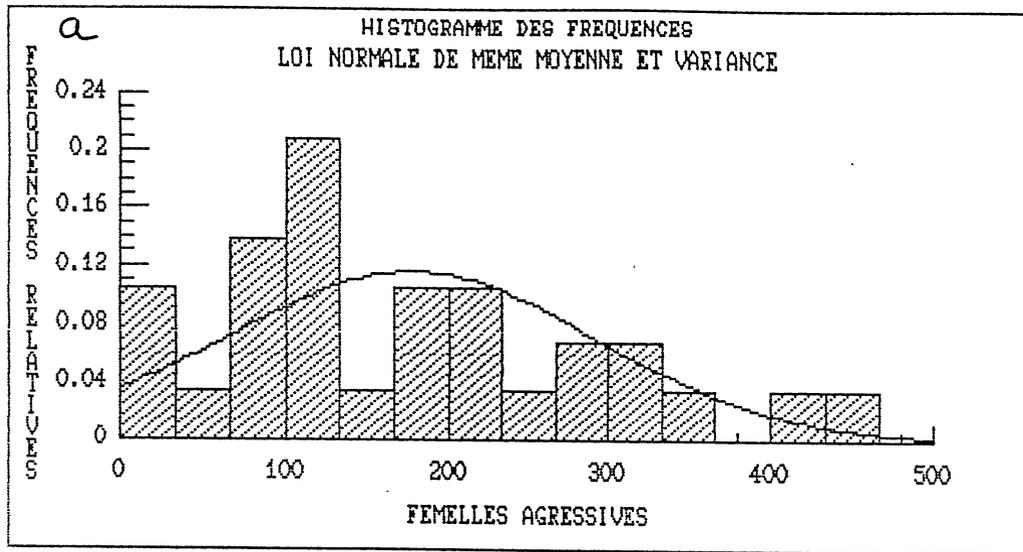


figure 6 : TEMOIN

a) Histogramme des fréquences du nombre des captures

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

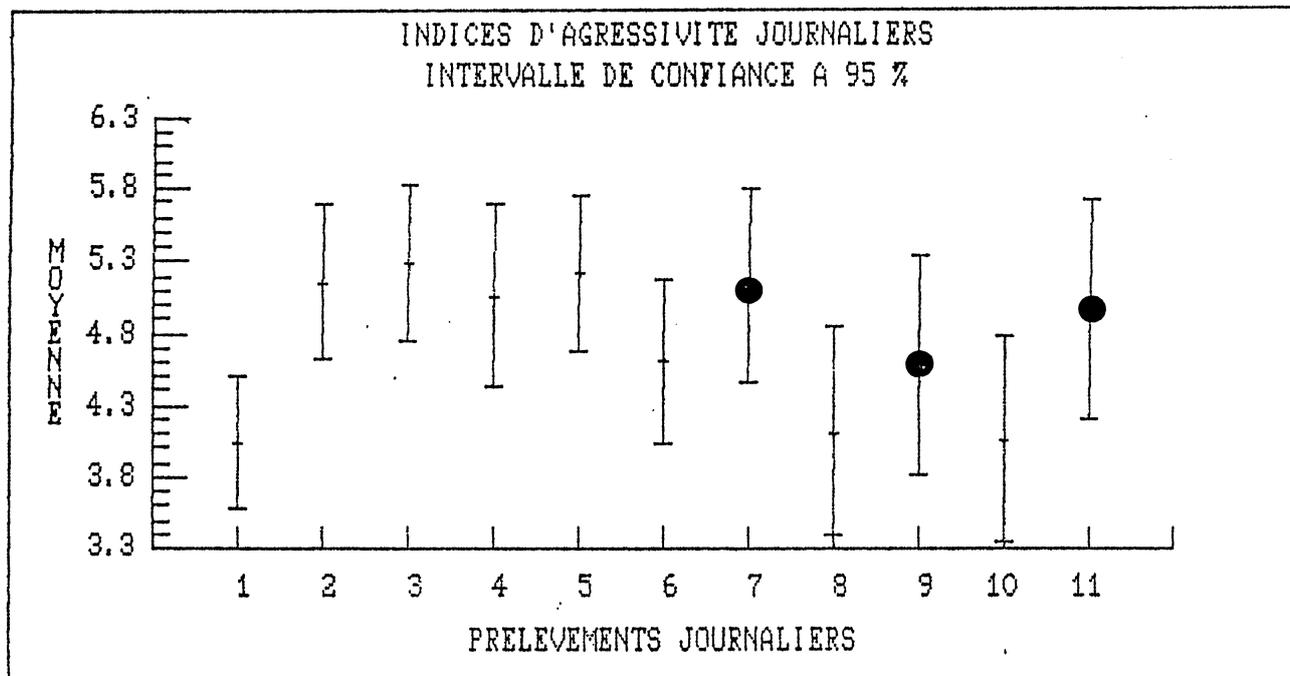


figure 7 : Résultats de l'analyse de variance sur les indices d'agressivité calculés journalièrement.
(● îlot témoin + Tereia)

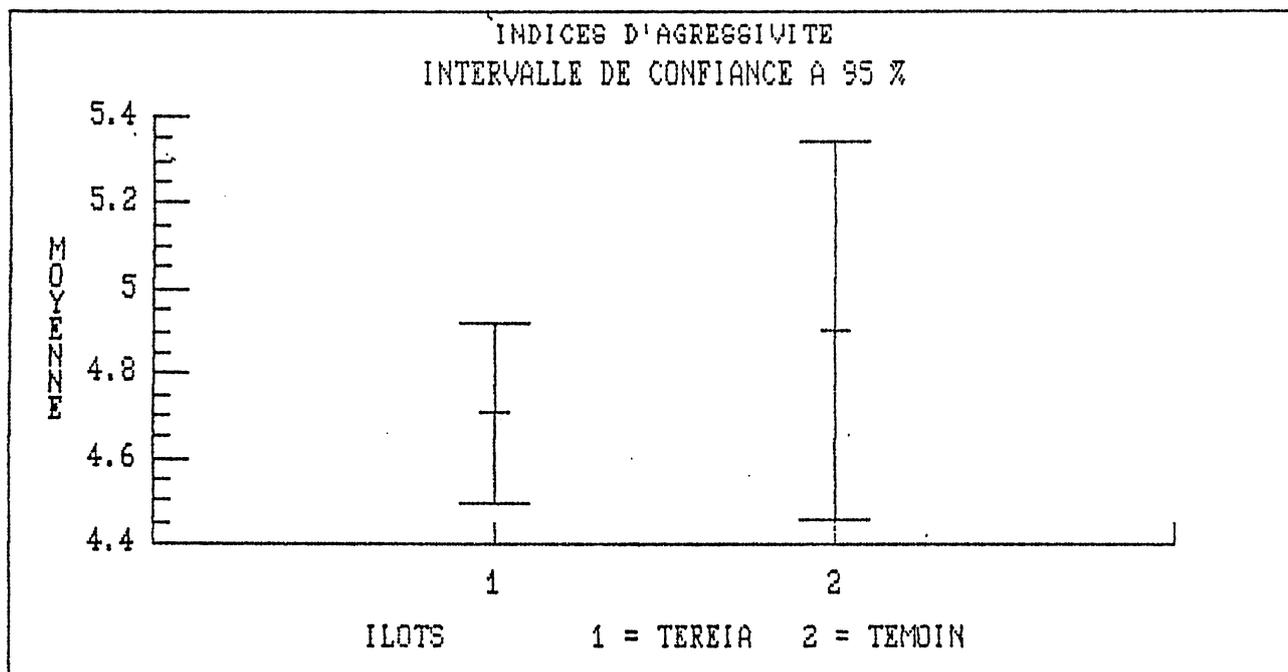


figure 8 : Résultats de l'analyse de variance sur les indices globaux.

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.

3.3.5.3 - Résultats 3 mois après traitement

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

3.3.5.3.1 - Les terriers du crabe terrestre

Les deux îlots (Tereia et l'îlot 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 îlots.

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'îlot 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)

3.3.5.3.2 - La population des moustiques adultes

- Migrations inter-îlot : 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'îlot 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

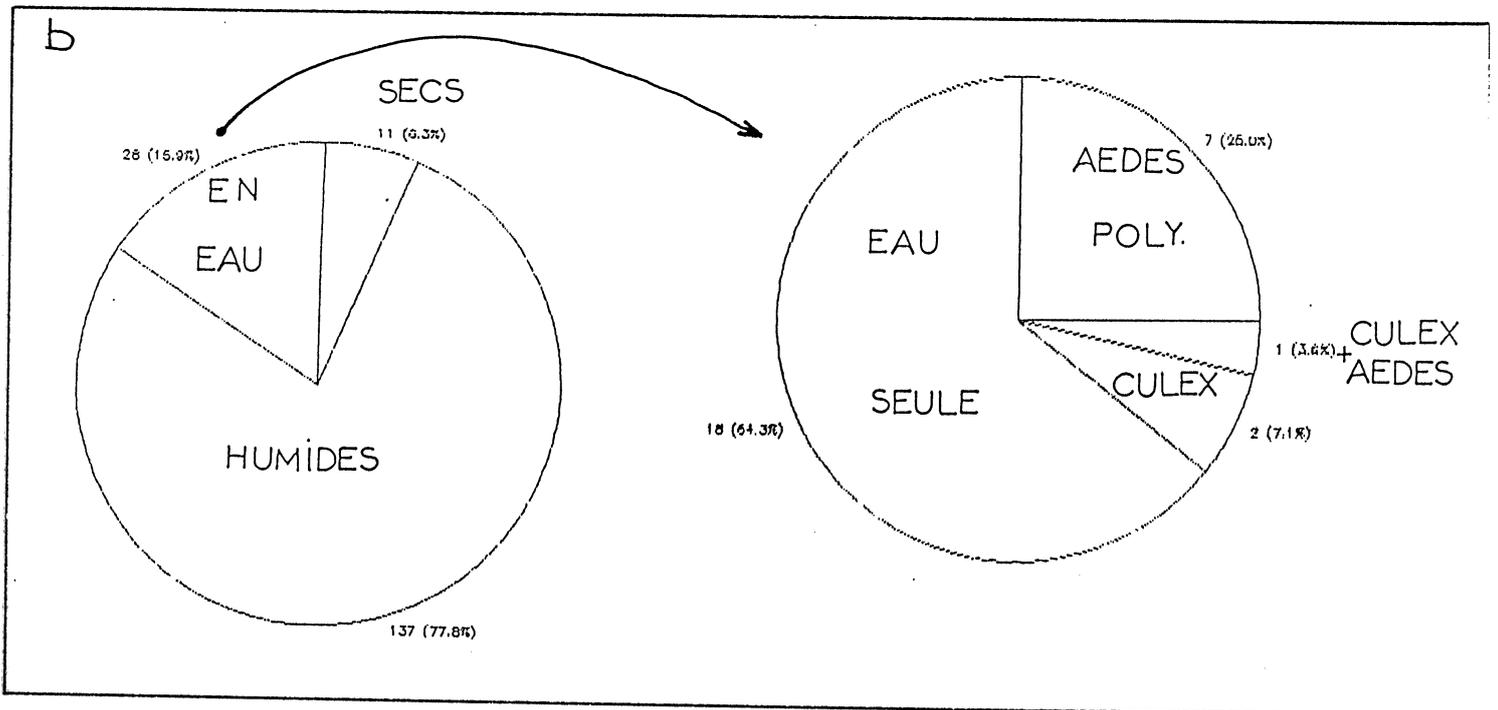
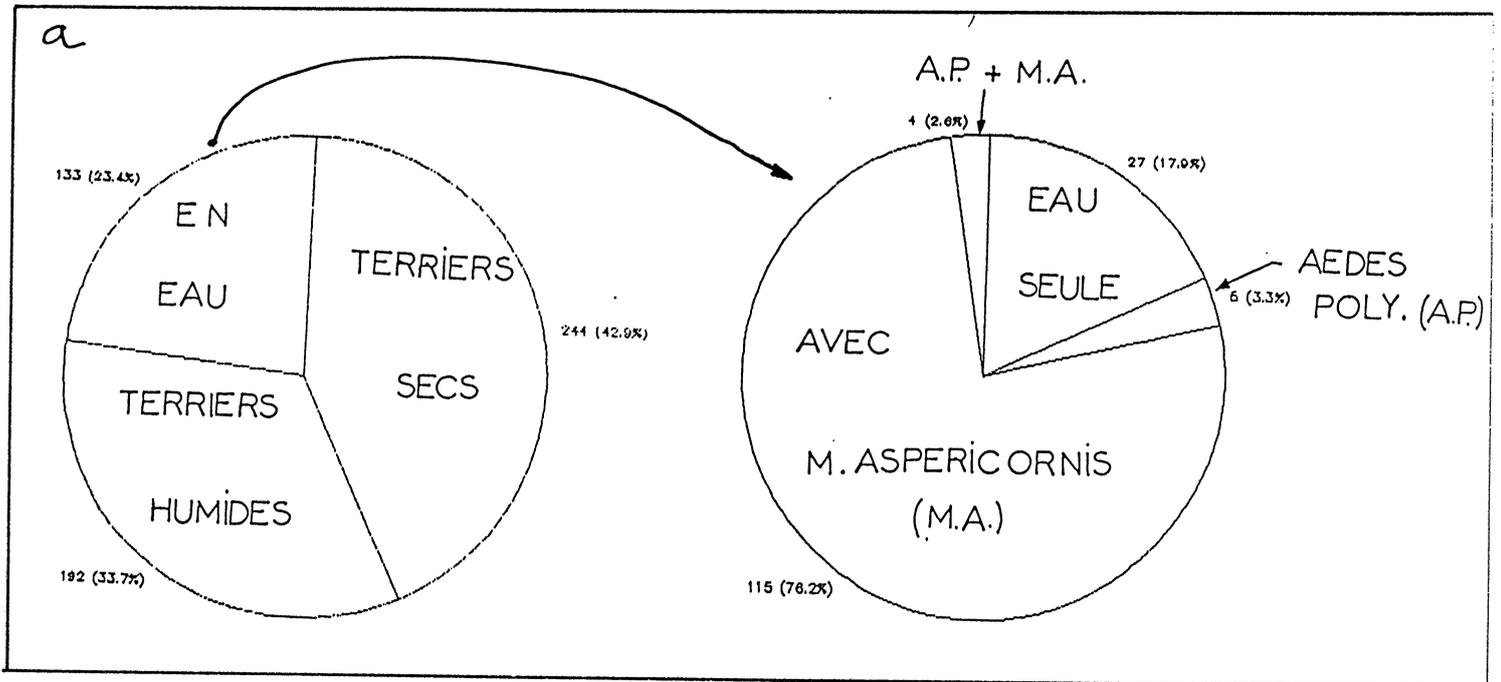
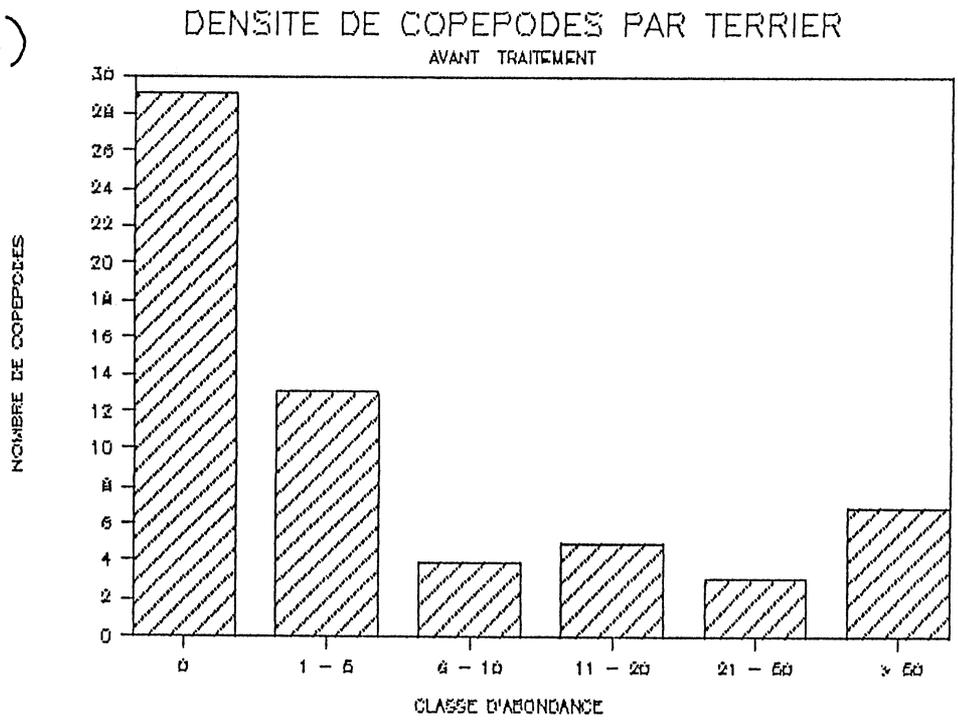


figure 9 : Occupation des terriers de crabe terrestre
 - pourcentage de terriers en eau
 - occupation des terriers en eau
 a) TEREIA b) TEMOIN

a)



b)

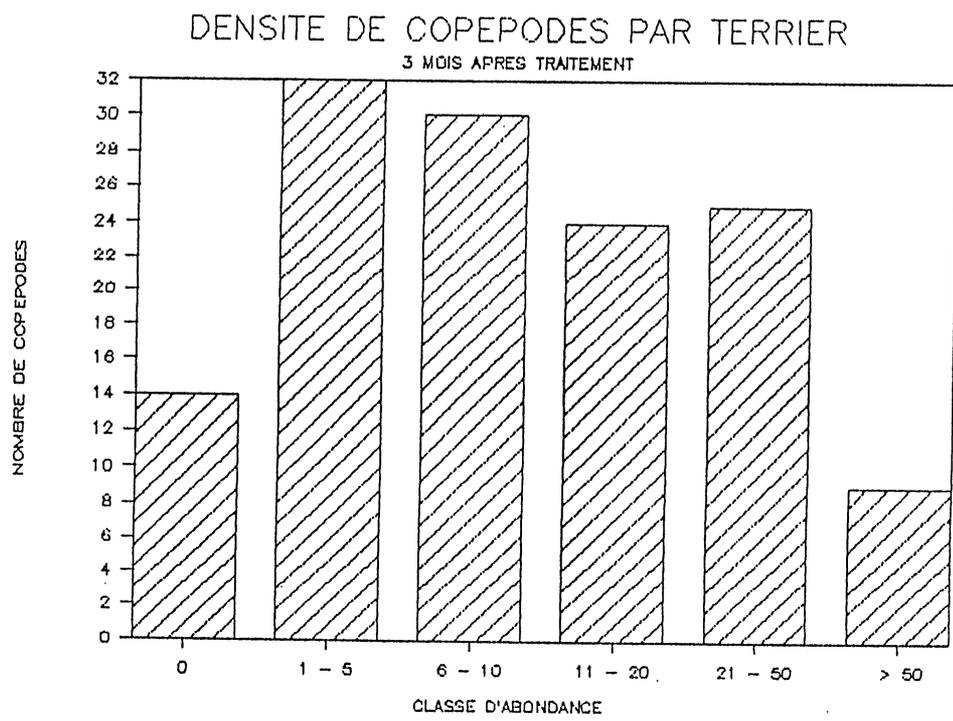


figure 10 : structure des populations de copépoде dans les terriers de crabe.
a) avant traitement
b) 3 mois après

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'Annason.
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'Annason.

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.

- 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.

3.3.5.4 - Résultats 6 mois après traitement

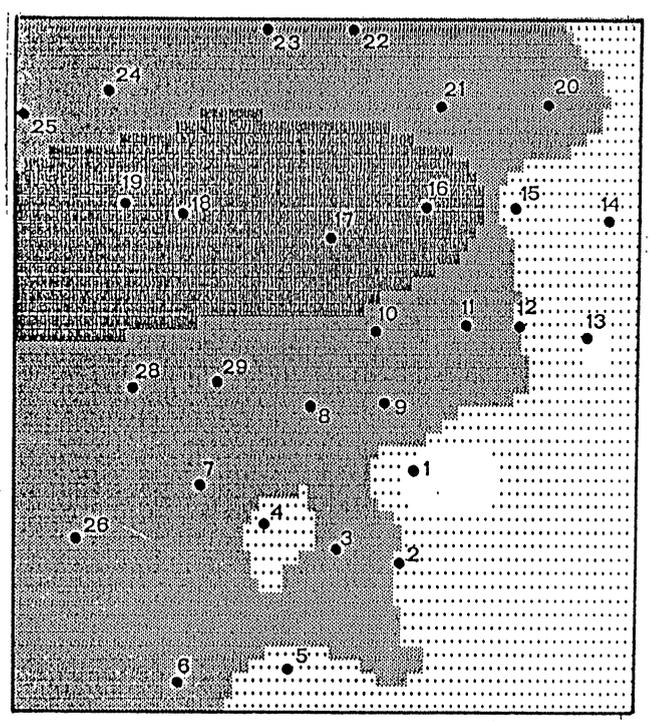
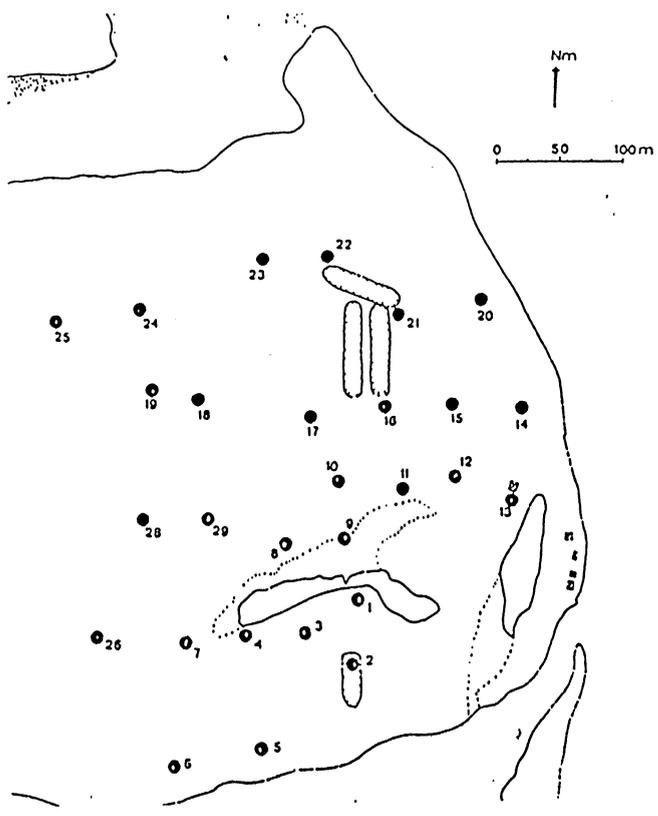
Les données originales sont décrites dans LARDEUX et al. (1988 b).

3.3.5.4.1 - Les terriers du crabe terrestre

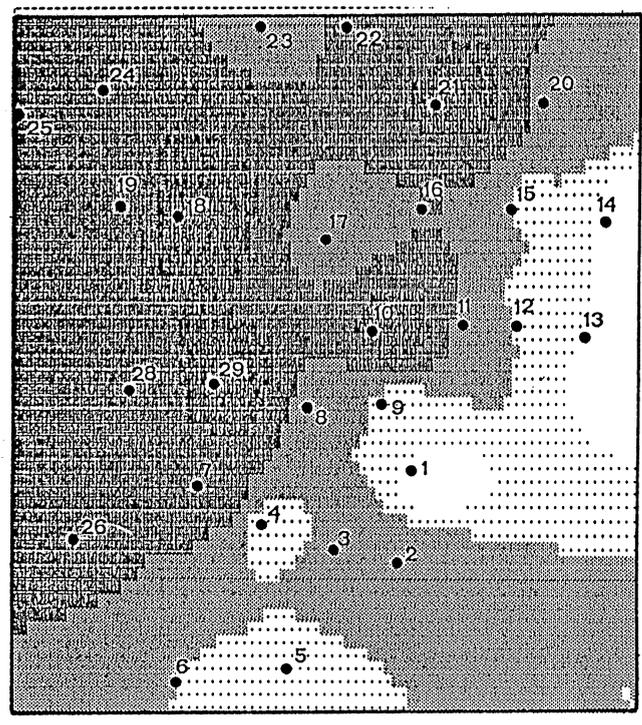
Comme précédemment, les deux îlots ont été échantillonnés de la même façon, selon la même méthode. La carte 7 indique les zones échantillonnées (environ 5 m x 5 m) dans ces deux îlots.

Les résultats apparaissent à la figure 16.

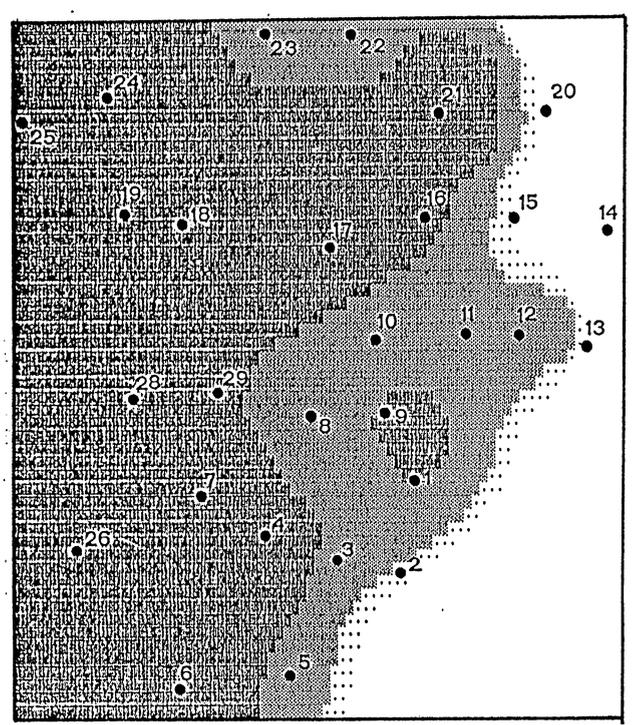
Sur Tereia 284 terriers ont été siphonnés. 88 étaient en eau et 59 "humides" (on n'a pas pu les siphonner). 118 étaient à sec. Sur les 88 en eau, 53 hébergeaient Mesocyclops aspericornis et 7 Aedes polynesiensis. 9 abritaient les deux espèces et 1 les deux espèces plus une espèce de Culex.



J1



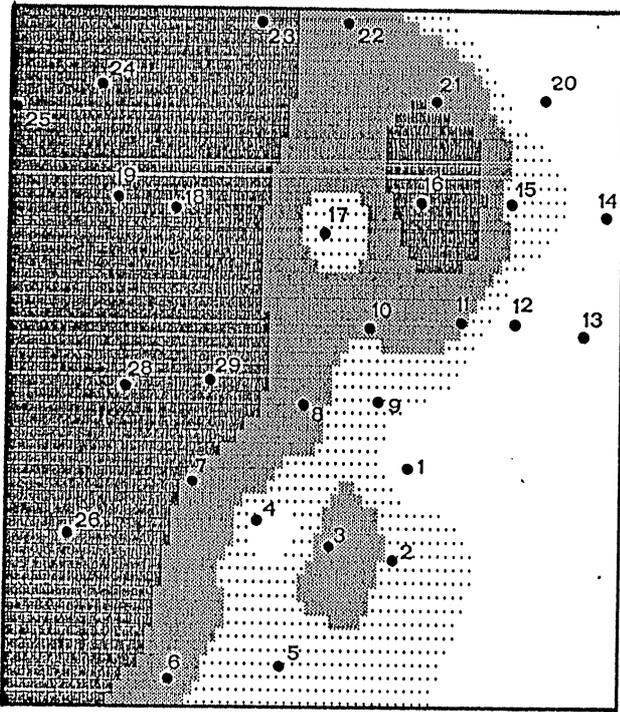
J2



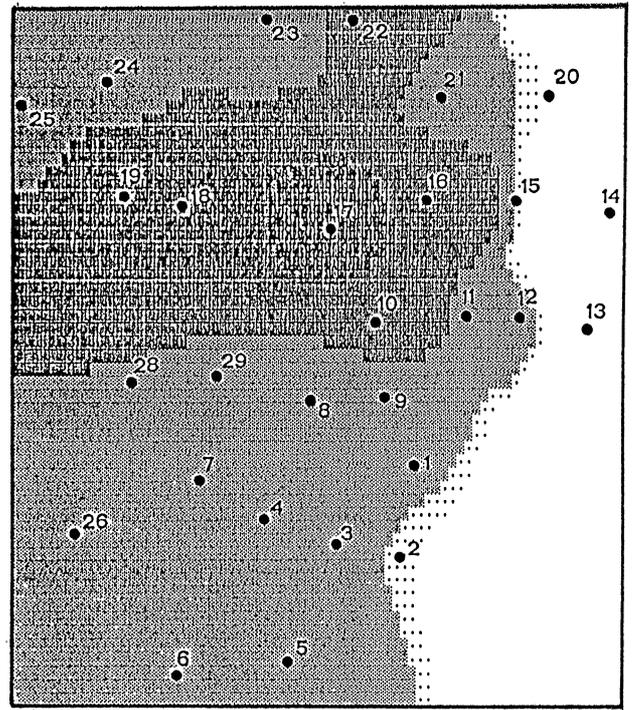
J3

- 10
- 30
- ◊ 75
- ▨ 150
- ▩ 200

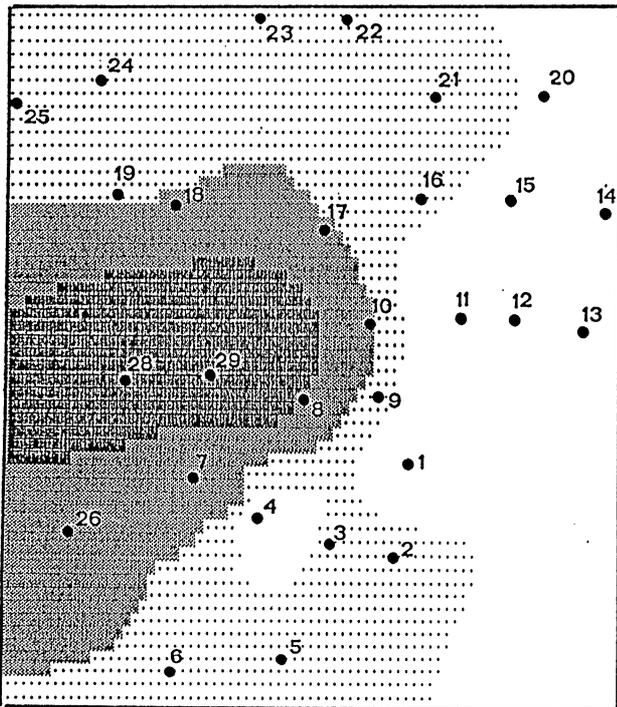
figure 11 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journalièrement.



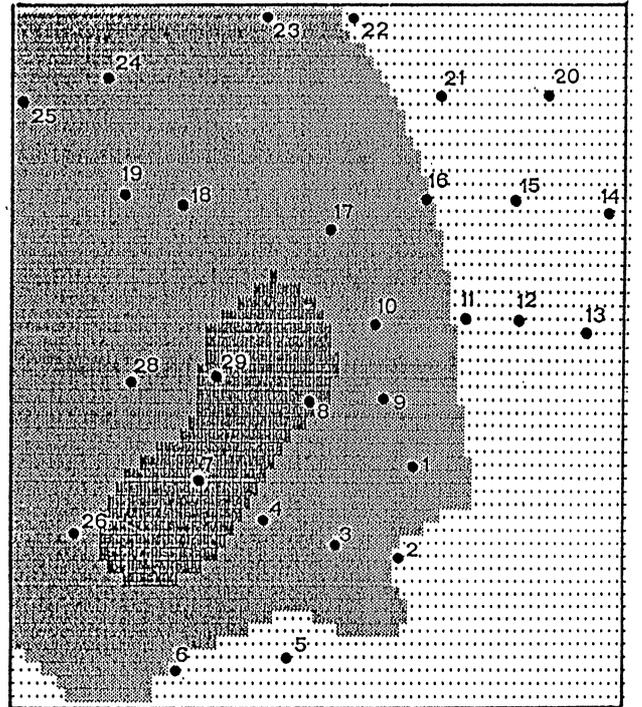
J 4



J 5

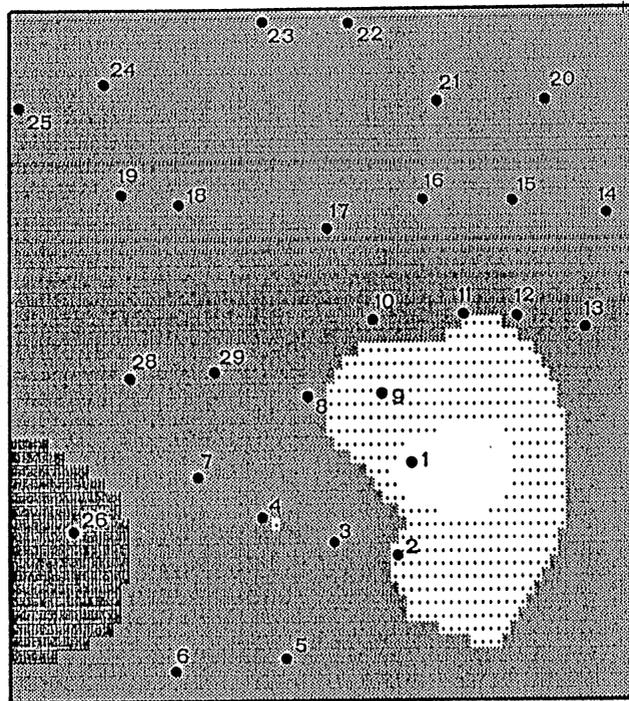


J 6

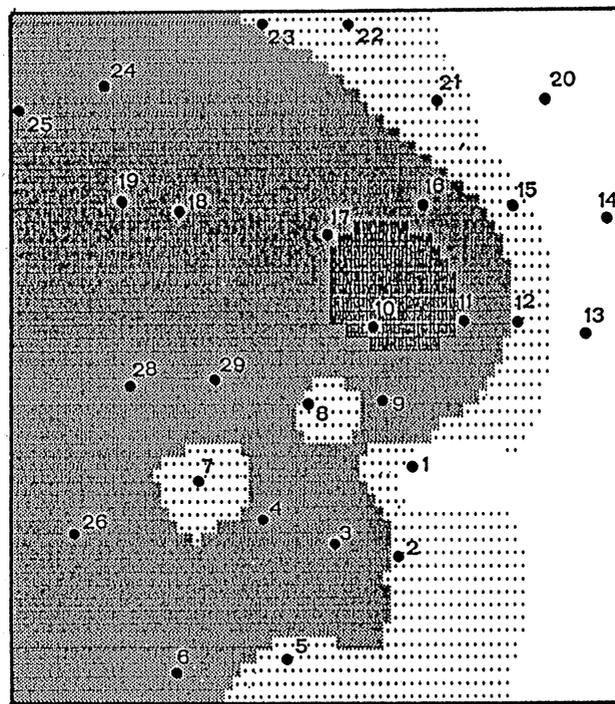


J 7

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



J8



J9

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

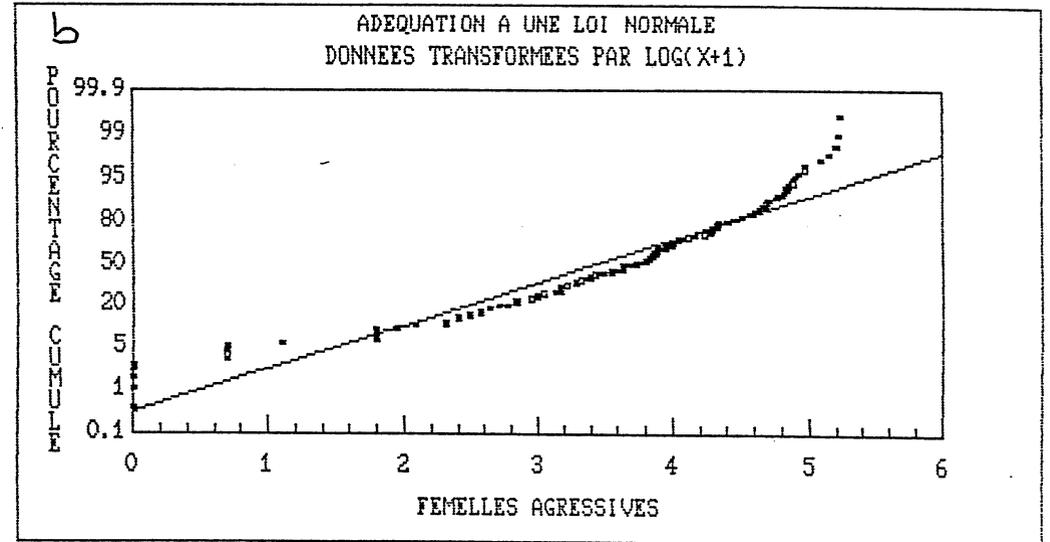
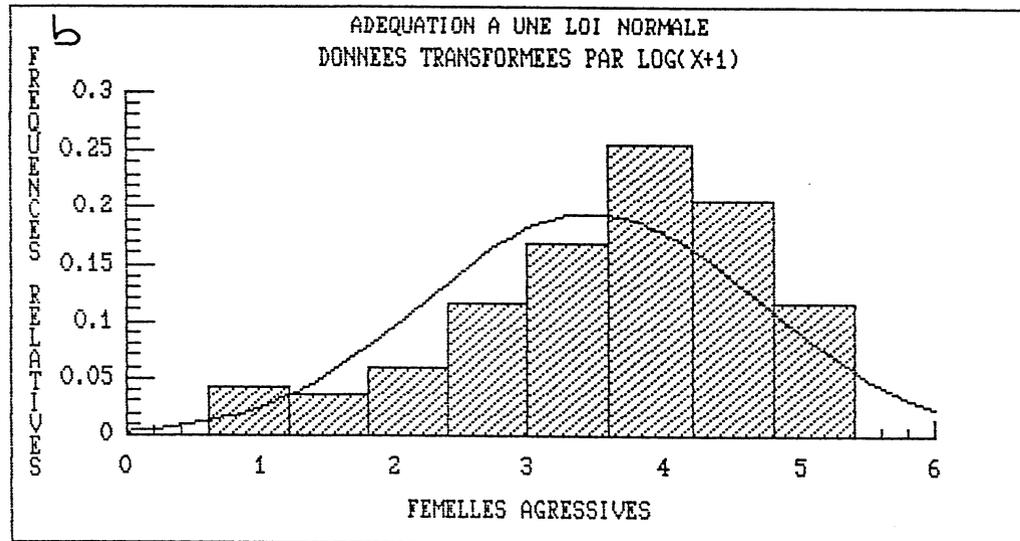
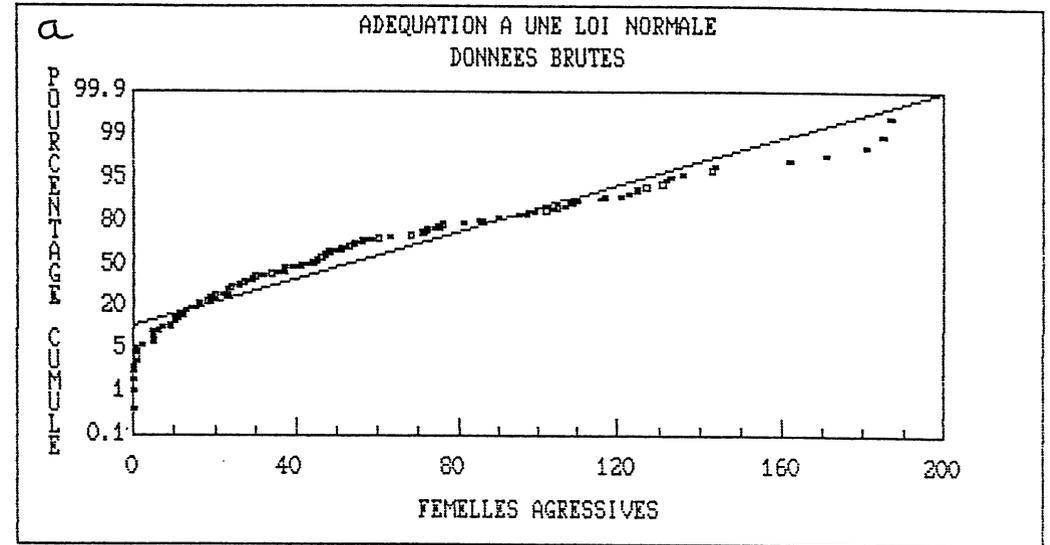
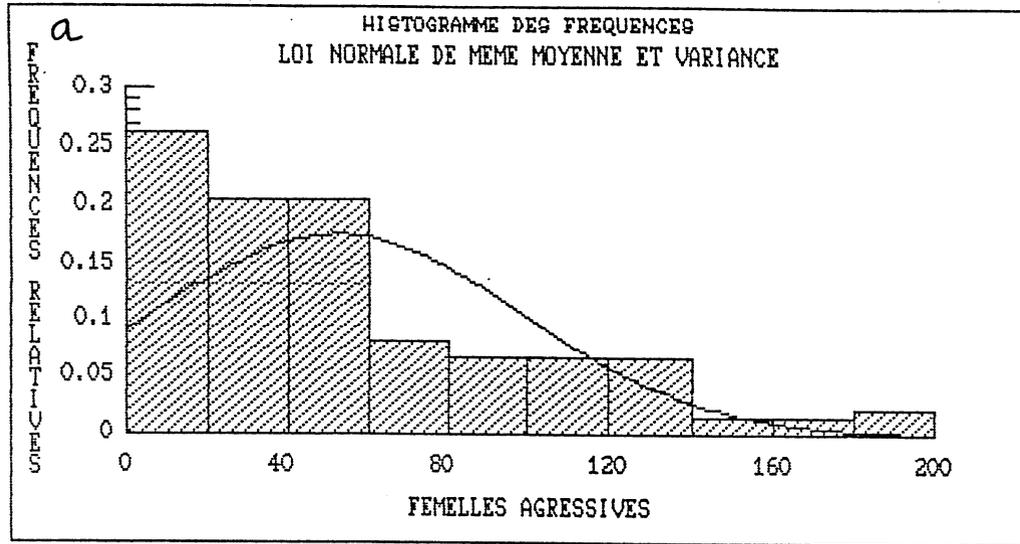


figure 12 : TEREIA

- a) Histogramme des fréquences du nombre des captures
b) Transformation des données par Log(x+1)

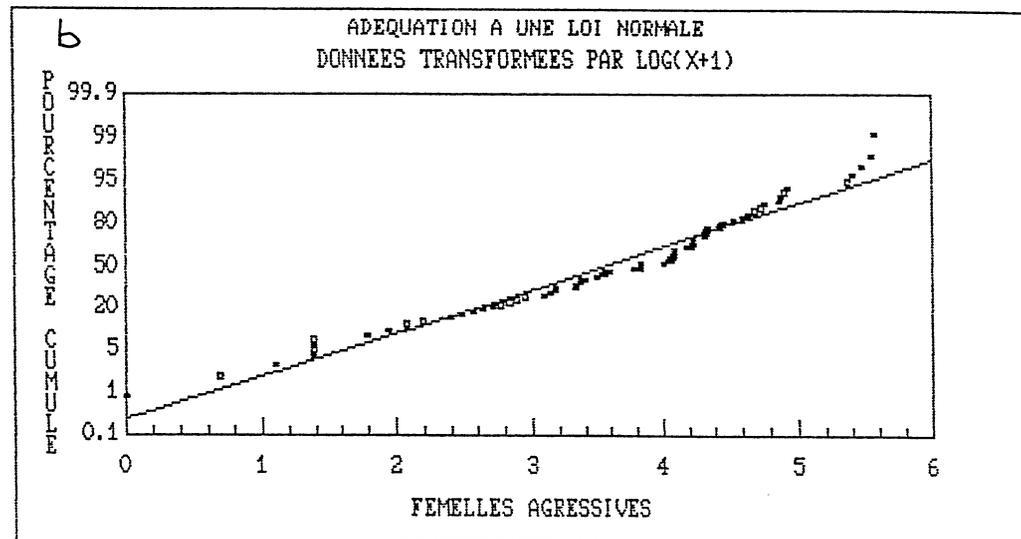
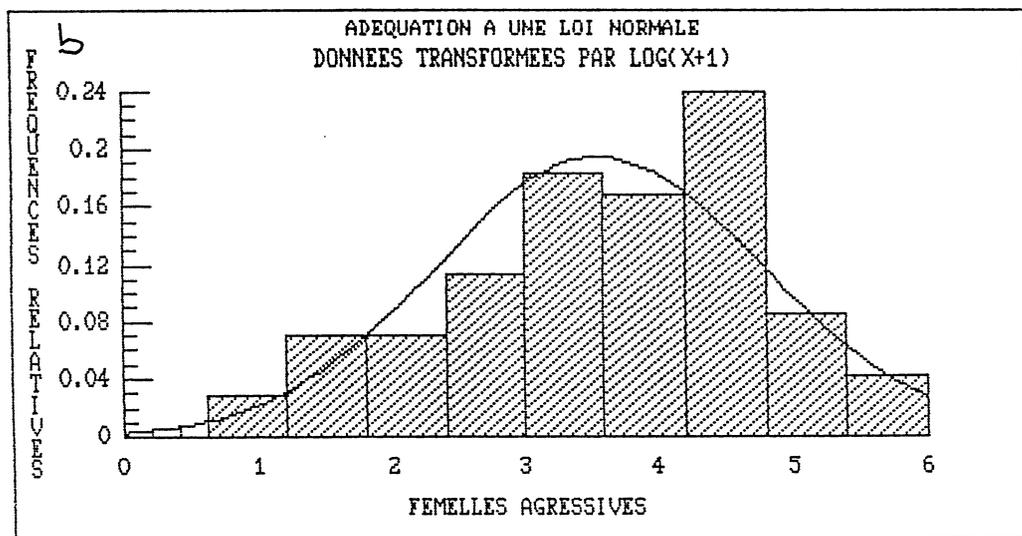
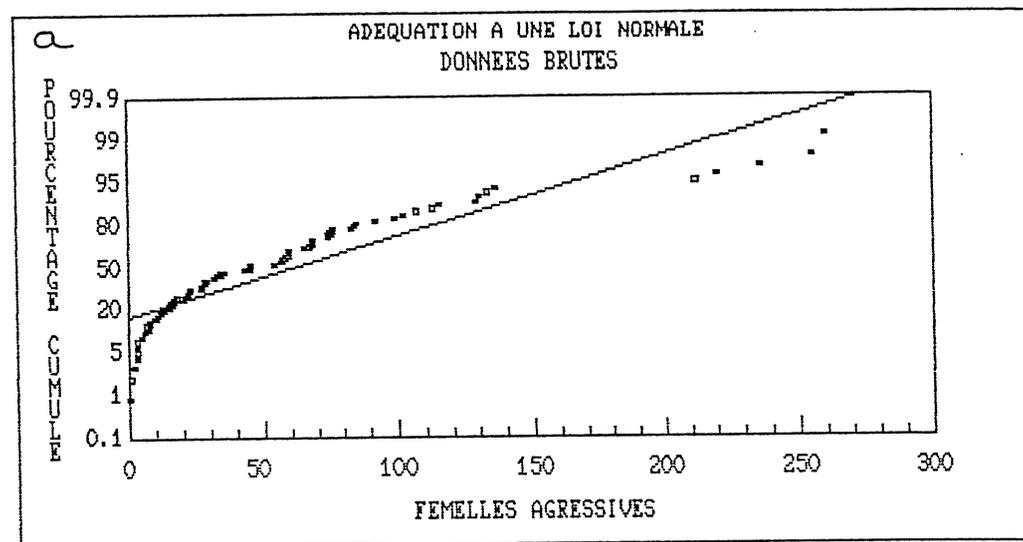
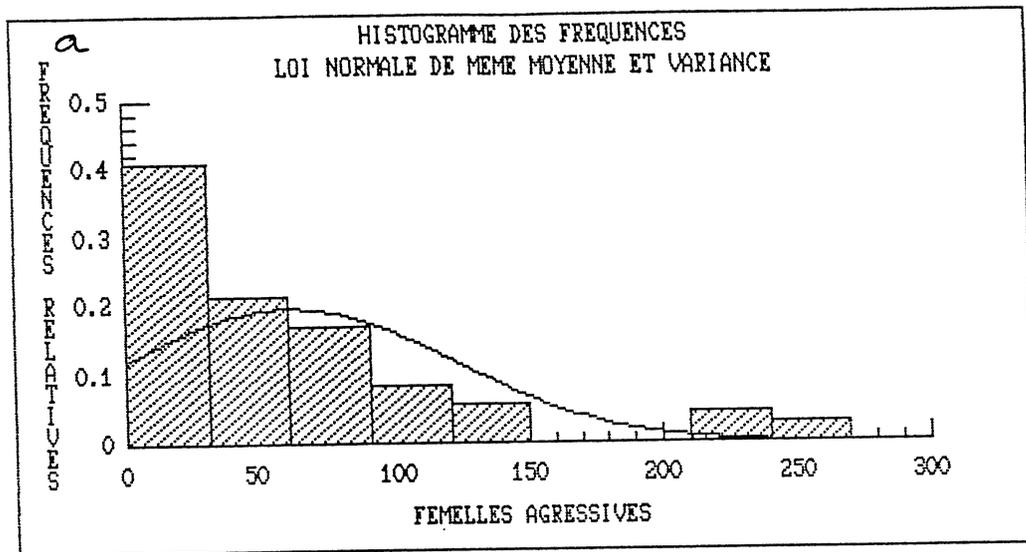


figure 12 : TEMOIN

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

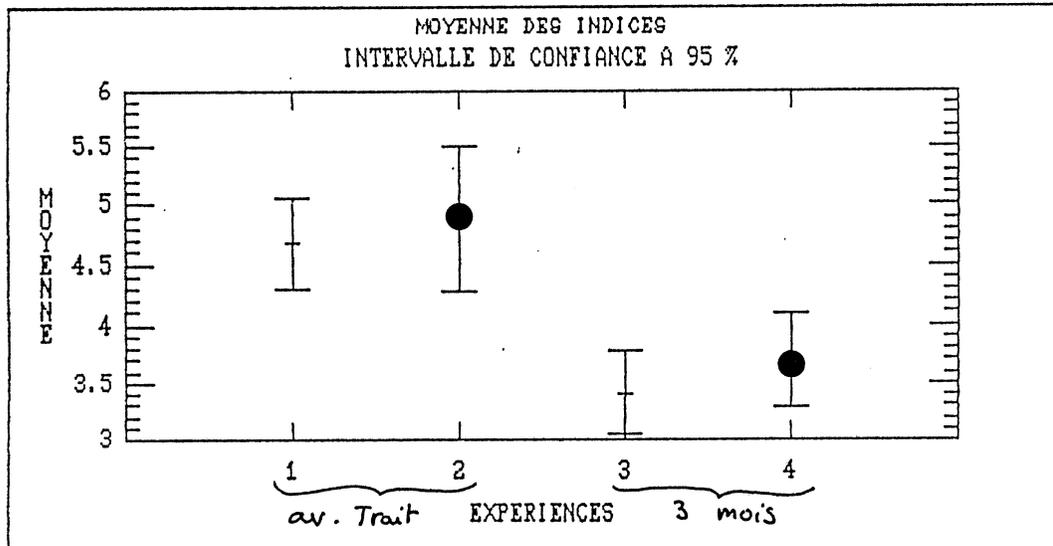


figure 13 : Analyse de variance sur les indices journaliers
(● îlot témoin + Tereia)

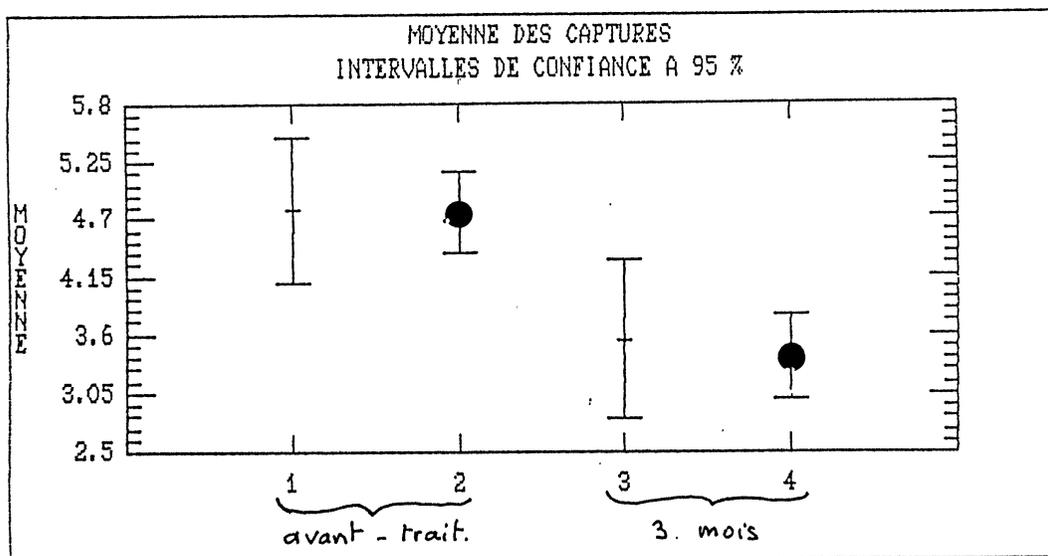


figure 14 : Analyse de variance sur les indices de chaque station.

(● îlot témoin + Tereia)

TABEAU D'ANALYSE DE VARIANCES

SOURCE	SOMME DES CARRES	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)

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.

3.3.5.4.2 - 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.

3.3.6 - Discussion

3.3.6.1 - Comparaisons

3.3.6.1.1 - Les terriers du crabe terrestre

Les résultats globaux des observations sur les terriers de crabe terrestre sont consignés dans le tableau 7. Les comparaisons des proportions entre les différentes rubriques sont illustrées à la figure 22. 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 long des expérimentations. Par contre, 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. Parallèlement, la proportion de terriers hébergeant Mesocyclops aspericornis reste élevée : de 50% avant traitement, elle est passée à près de 90% trois mois après mais est retombée à 60% six mois après traitement. Aussi, même si l'action

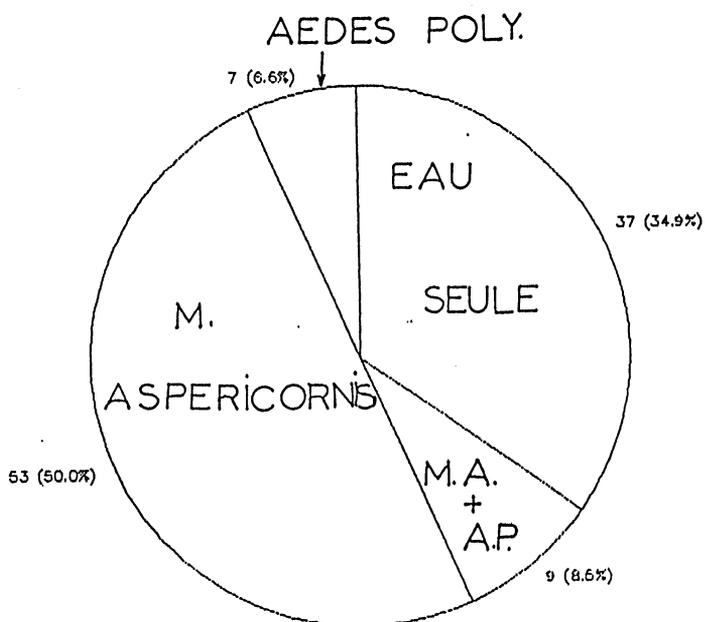
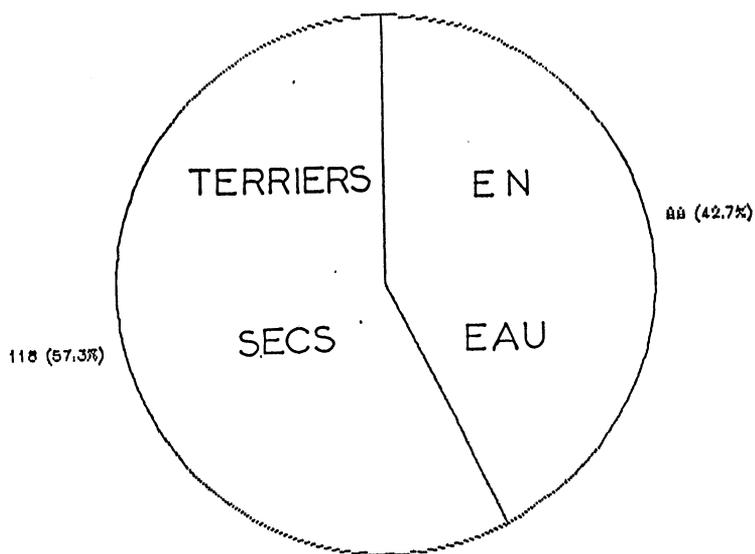


figure 16 : Occupation des terriers de crabe terrestre sur Tereia

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

```

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

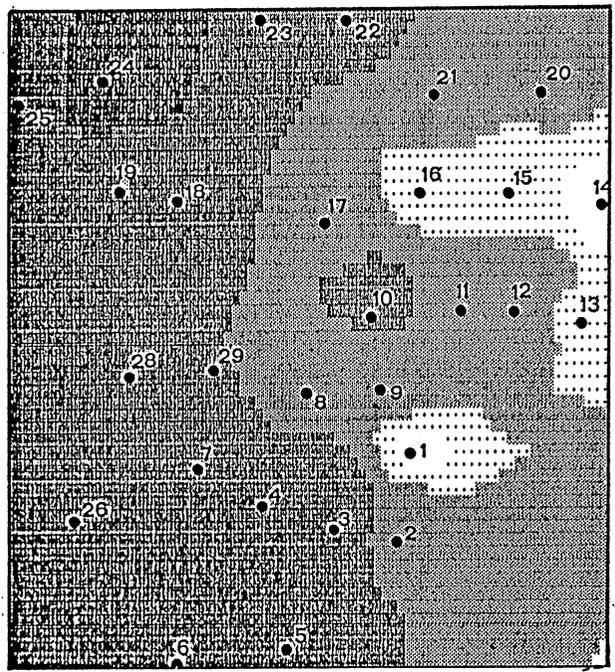
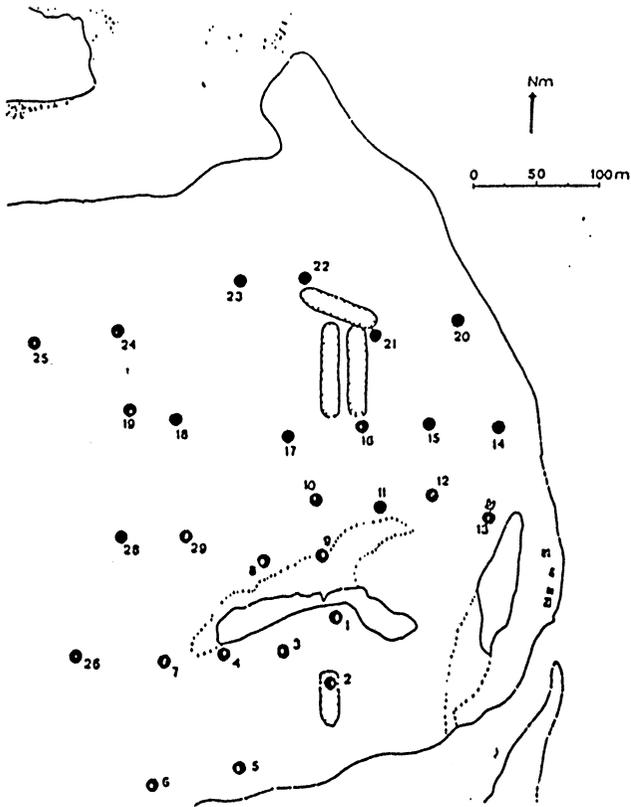
P (j,x) = probabilité qu'un animal, vivant et dans la zone x au temps j,
soit capturé dans l'échantillon pris au temps j.
P (1,A) = .060966                      P (1,B) = .1080182
P (2,A) = 6.250645E-02                      P (2,B) = 6.703525E-02

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

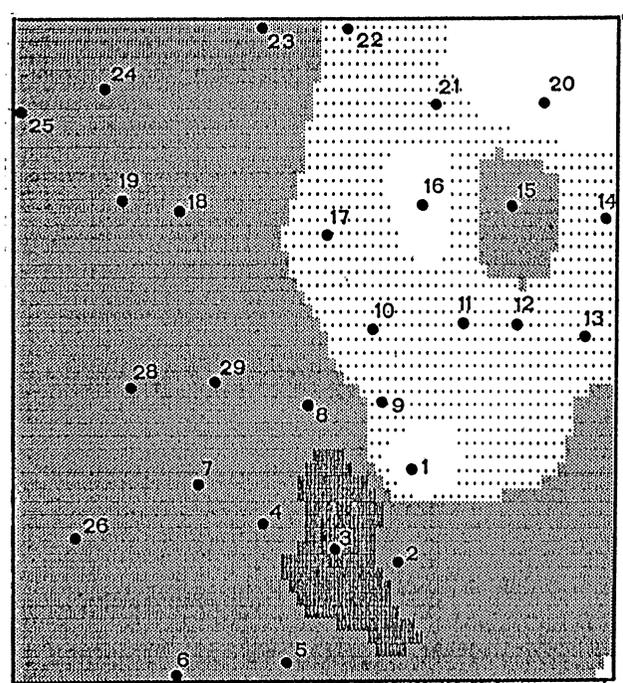
PHI(2,A,A)*P(3,A) = 7.561803E-02                      PHI(2,B,A)*P(3,A) = 5.501223E-03
PHI(2,B,B)*P(3,B) = 5.929096E-02                      PHI(2,A,B)*P(3,B) = 0

```

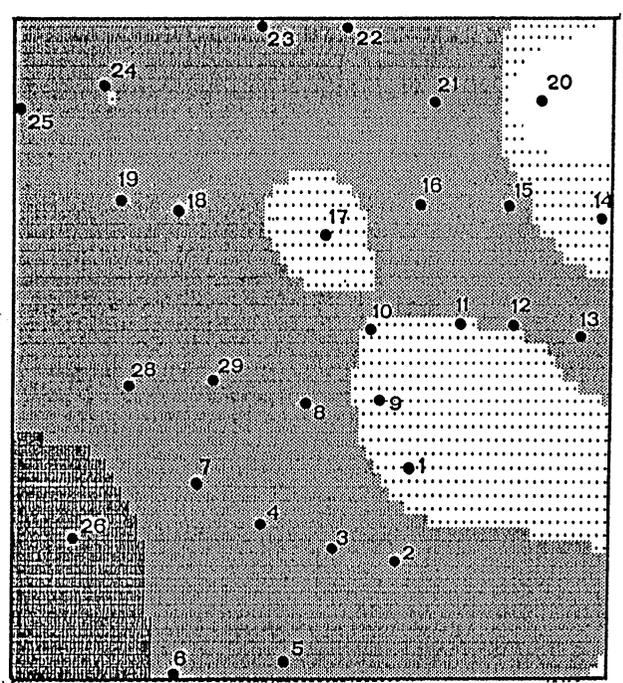
Tableau 6 : Résultats de l'ajustement du modèle d'Arnason.



J1



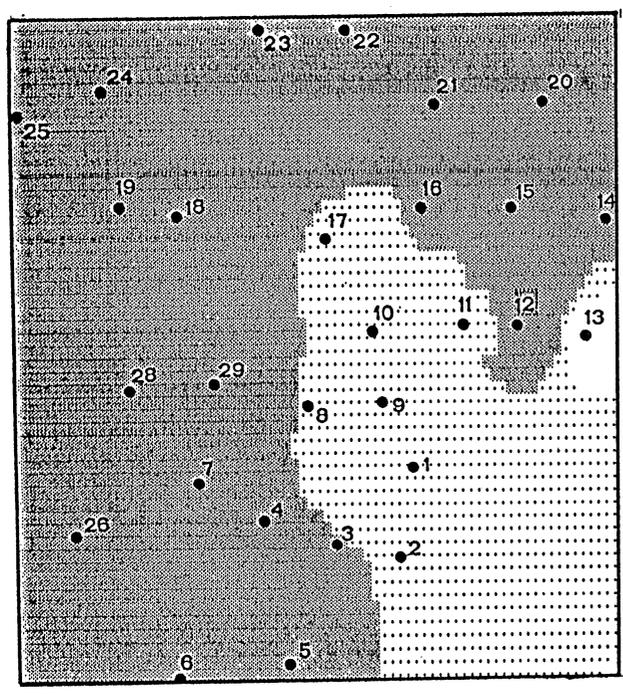
J2



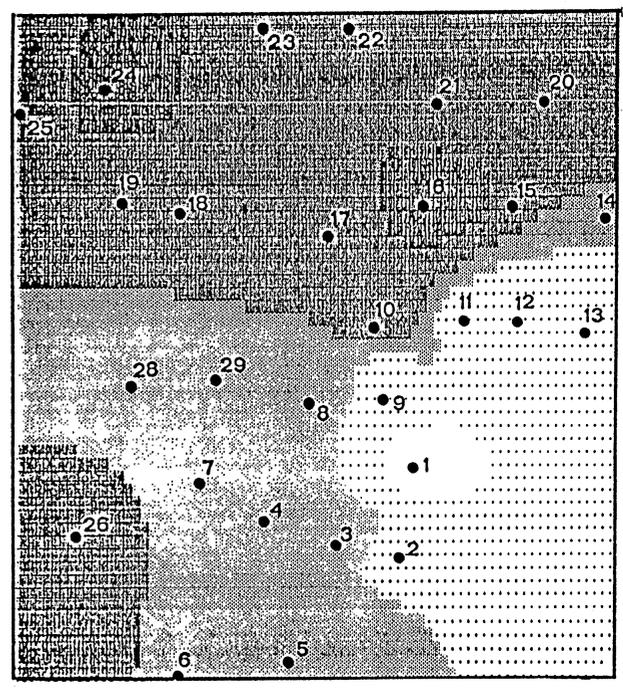
J3

- 10
- 30
- ⋯ 75
- ⊞ 150
- 200

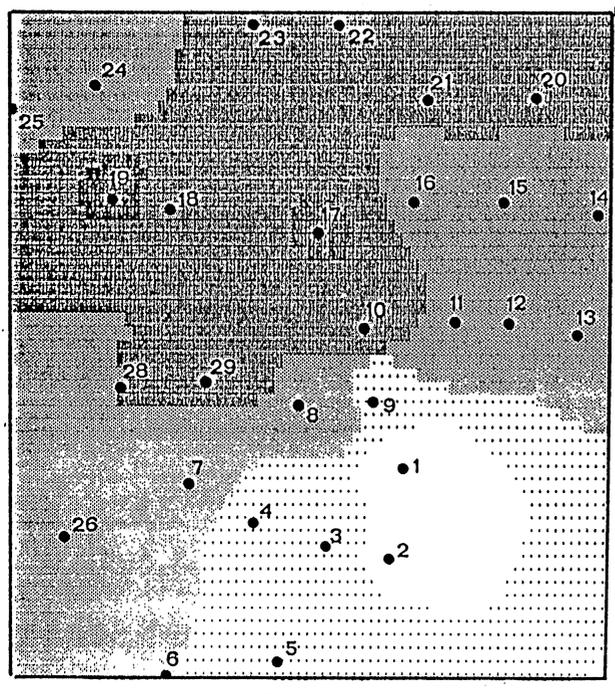
figure 17 : Zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.



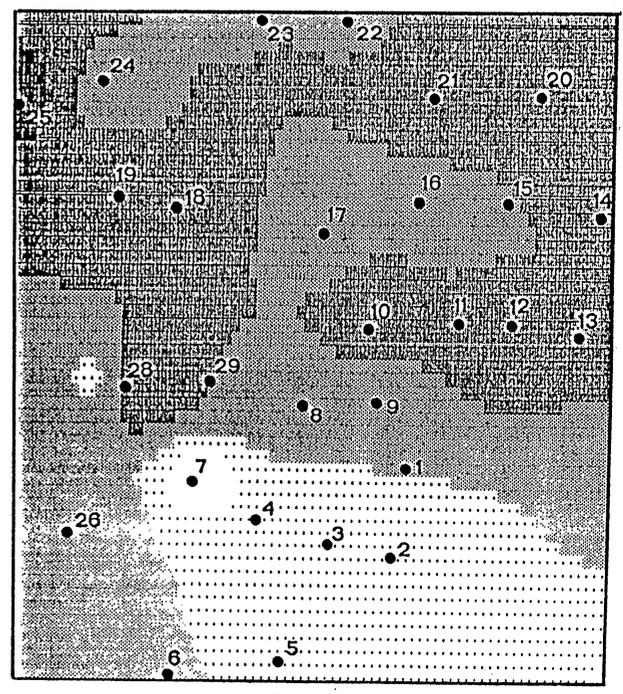
J4



J5



J6



J7

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

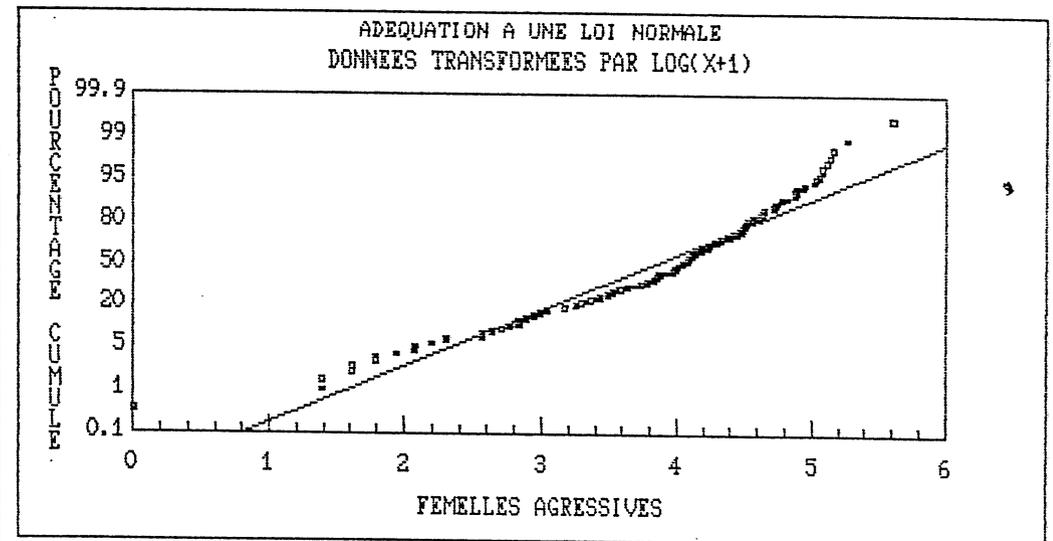
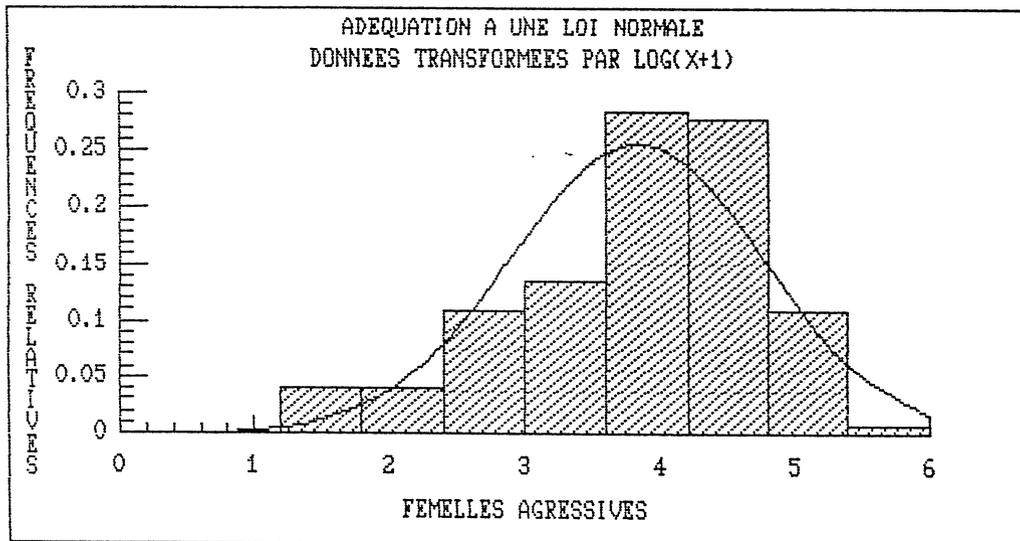
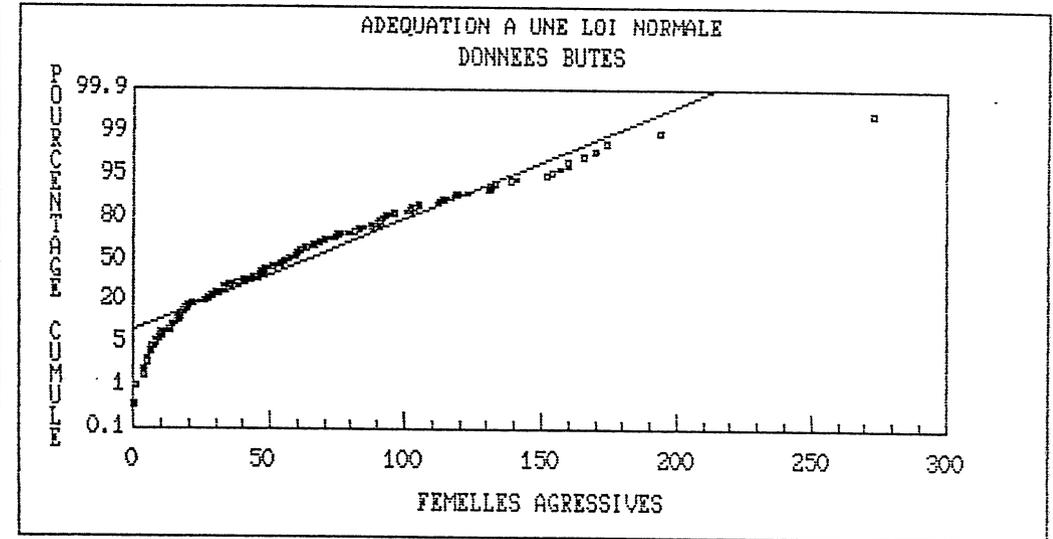
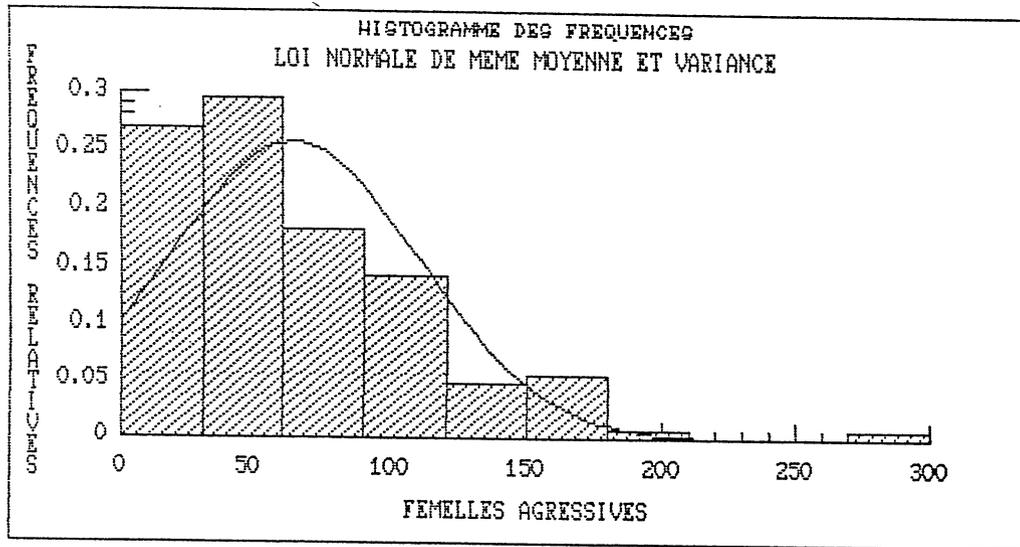


figure 18 : TEREIA

- a) Histogramme des fréquences du nombre des captures
b) Transformation des données par Log(x+1)

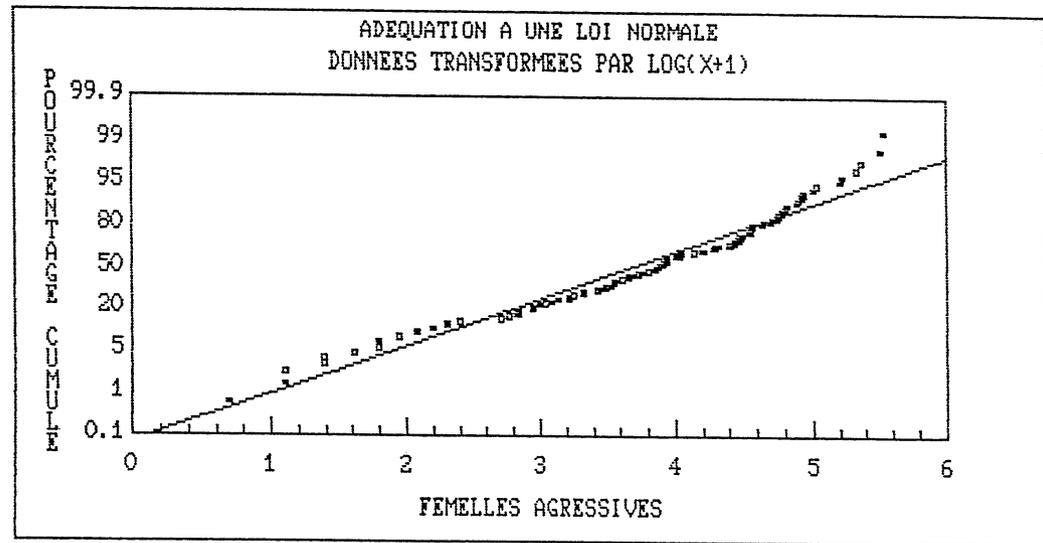
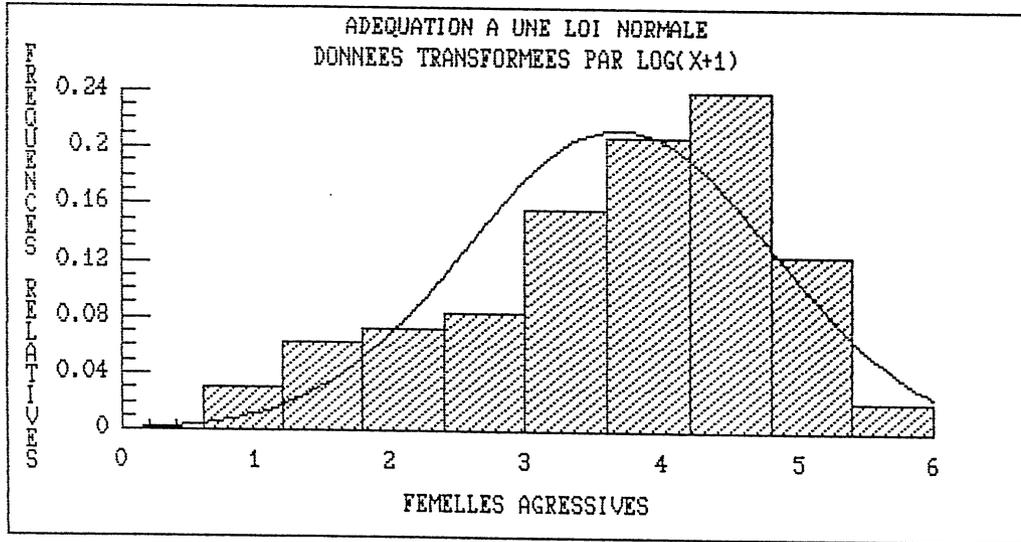
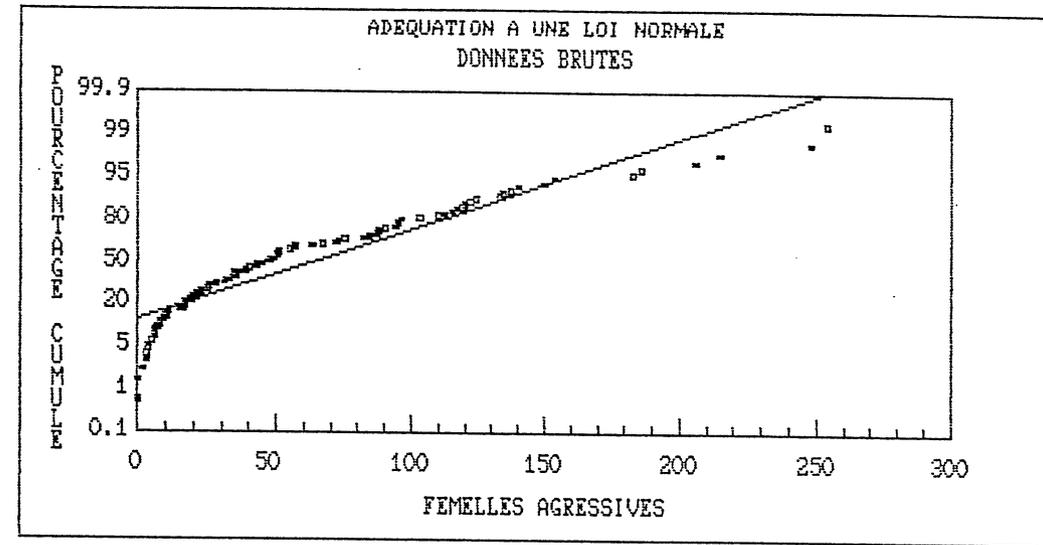
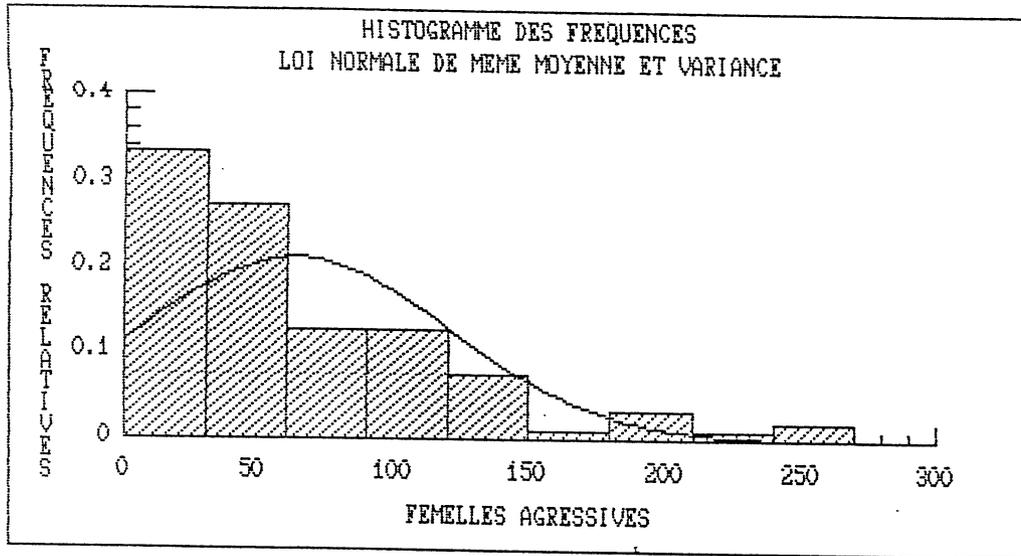


figure 18 : TEMOIN

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

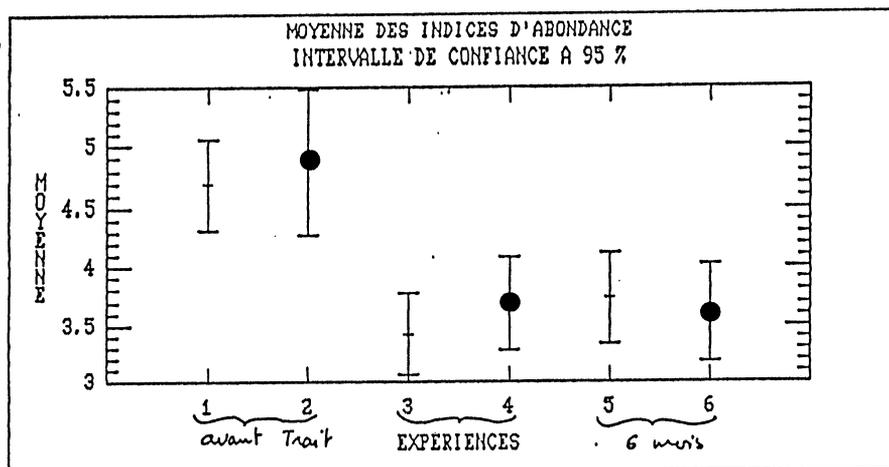


figure 19 : Analyse de variance sur les indices journaliers
(● îlot témoin + Tereia)

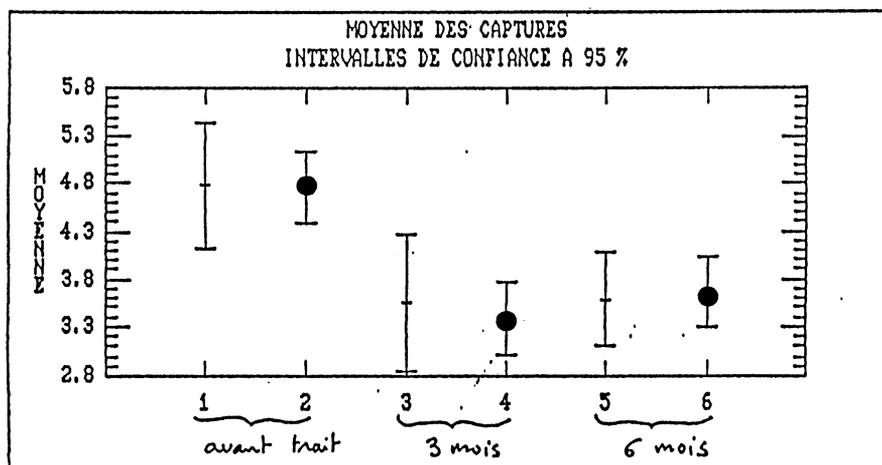


figure 20 : Analyse de variance sur les indices de chaque station.
(● îlot témoin + Tereia)

TABLEAU D'ANALYSE DE VARIANCES

SOURCE	SOMME DES CARRÉS	DL	CARRE MOYEN	F
TOTAL	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
RESIDUAL	113.3816	112	1.0123	

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

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.

3.3.6.1.2 - 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'îlot témoin. 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.

3.3.6.2 - Efficacité de la méthode de lutte

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 :

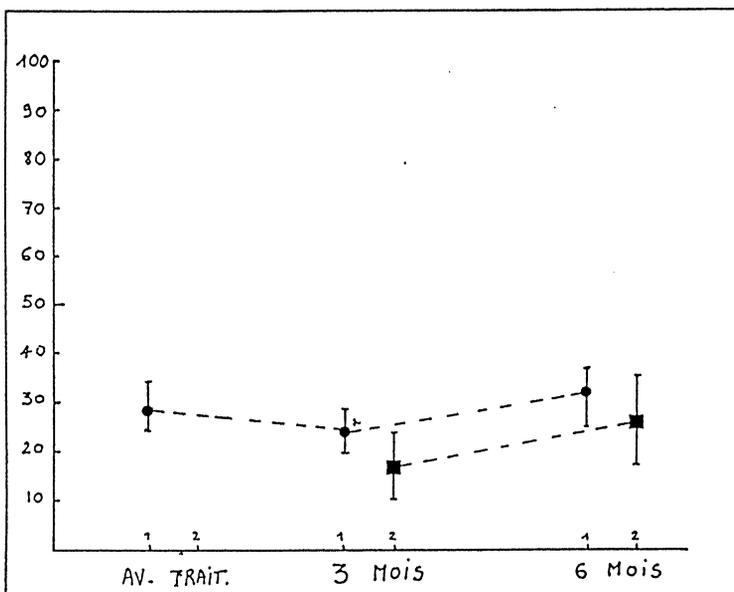
- La non résistance du copépode à la dessiccation des gîtes.
- La non résistance du copépode à une sursalure temporaire de l'eau des terriers.
- L'oubli, dans le traitement, de certains terriers productifs.
- un mauvais traitement de certains gîtes.
- la création de nouveau terriers
- le périllement 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).

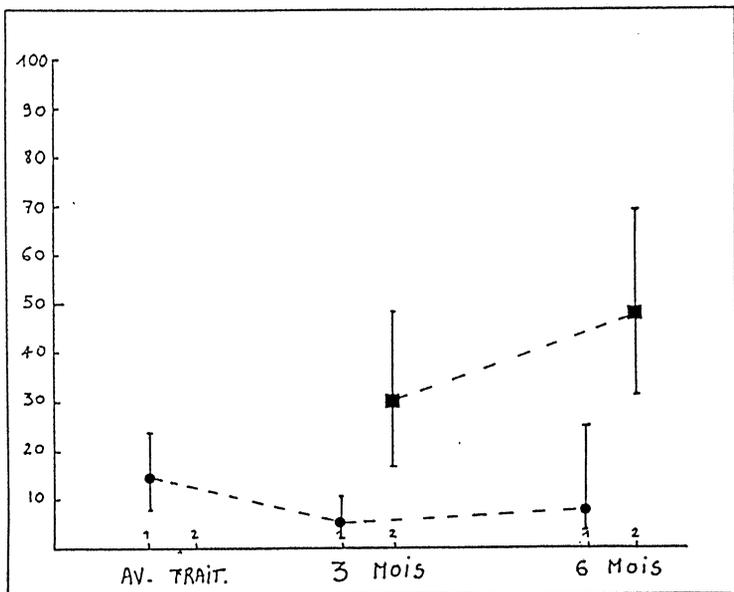
On conçoit aisément que, dans ces conditions, le traitement de Tereia soit globalement un échec, même si on constate qu'individuellement, pour chaque terrier correctement traité, le contrôle du moustique par le copépode est quasi parfait.

	AVANT TRAIT -	3 MOIS TEREIA	3 MOIS TEMOIN	6 MOIS TEREIA	6 MOIS TEMOIN
EN EAU	80	133	28	88	27
EAU SEULE	26	27	18	37	13
AVEC AEDES POLYNESEIENSIS (AP)	11	5	8	7	13
AVEC MESOCYCLOPS ASPERICORNIS (MA)	42	115	0	53	0
AVEC AP + MA	1	4	0	9	0
TERRIERS SECS	204	244	11	118	67
NBRE TOTAL EXAMINE	284	569	176	284	107

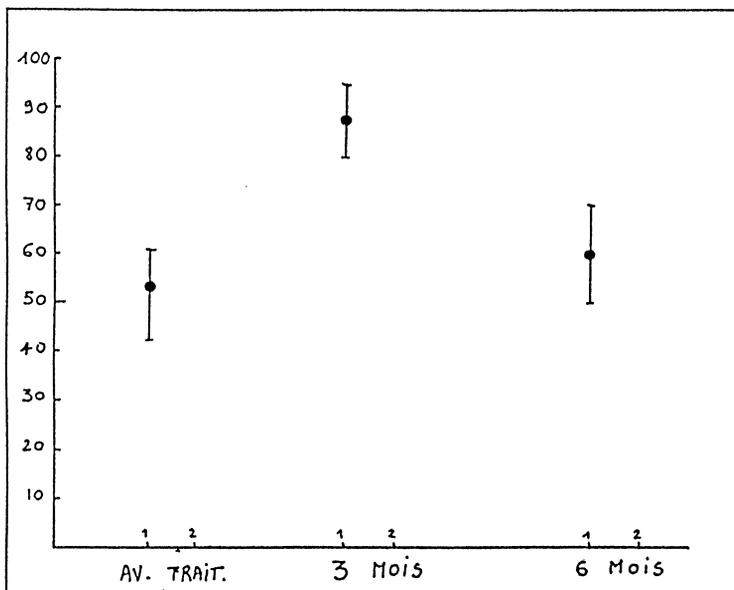
tableau 7 : Evolution temporelle des paramètres mesurés pour les terriers de crabe terrestre (en nombre de terriers)



a - proportion de terriers en eau



b - proportion de terriers hébergeant M. aspericornis



c - proportion de terriers hébergeant A. polynesiensi

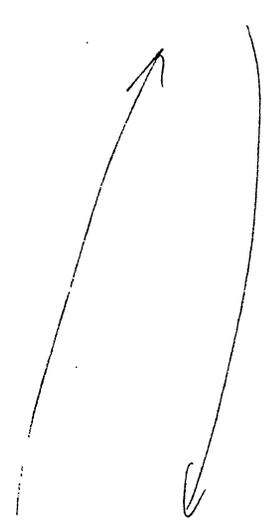


figure 22 : Evolution temporelle de quelques paramètres mesurés sur les terriers de crabe.

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.

3.4. - Expérimentation dans le village de Tikehau

3.4.1 - 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.

Ces deux espèces sont présentes dans le village et leurs gîtes caractéristiques des zones villageoises (LARDEUX et al., 1987 b) : 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 péridomestiques (boîtes de conserves, vieux pneus etc...) sont absents en raison d'un ramassage municipal des ordures. Par ailleurs, les associations religieuses locales veillent à la propreté générale du village. Tikehau est en fait, le prototype du village polynésien. Sa superficie modeste en fait un lieu d'expérimentation idéal pour la lutte biologique.

3.4.2 - Chronologie des travaux effectués

Une seule expérimentation (observations avant traitement) a eu lieu en Juin 1988 (une semaine). Ce type d'observations est d'ailleurs prévu sur une période d'au moins un an, afin d'obtenir une bonne idée de la dynamique culicidienne avant traitement. Cette longue période d'observation est nécessaire puisqu'on ne dispose pas, comme à Rangiroa, d'un lieu "témoin" équivalent.

3.4.3 - Le milieu (carte 11)

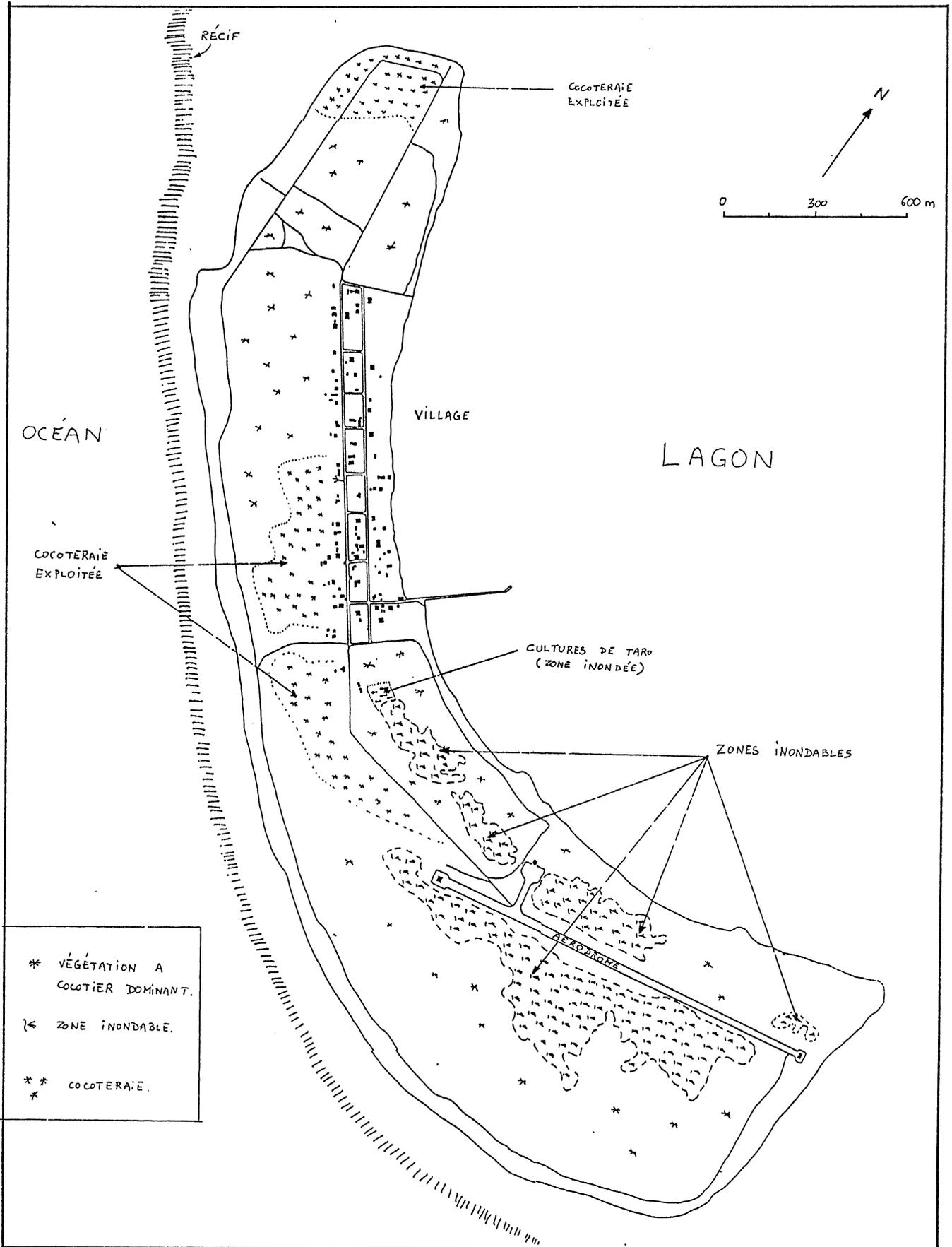
Le village est situé sur un îlot d'environ 240 ha. Une soixantaine de familles y réside. Le village proprement dit s'étend le long de deux rues parallèles sur une distance d'environ 1.5 km. Quelques maisons isolées existent à la pointe nord de l'île.

3.4.4 - 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.

L'échantillonnage des formes larvaires se fait par sondage et/ou observation visuelle dans les gîtes. Seule une méthode



carte 11 : îlot et village de Tikehau.

qualitative (présence-absence) peut être utilisée en raison des difficultés d'accès de certains gîtes.

L'agressivité des adultes s'estime par la même méthode que celle employée à Rangiroa : des captures sur appât humain.

3.4.5 - Résultats actuels

La première mission expérimentale 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).

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 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 %)

L'expérimentation étant en phase initiale, peu de résultats quantitatifs sont disponibles. Seuls les pondoirs piège peuvent donner une idée (biaisée) de la densité des Aedes aegypti. Il reste donc à poursuivre ces observations avant d'entamer un traitement qui doit, au vu des différents biotopes rencontrés, être relativement efficace.

3.5. Conclusion sur les expérimentations de terrain

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.

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.
- 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.

PART V. PLAN OF WORK FOR THE ENSUING YEAR
(including major changes from the approved project)

Le programme décrit ci-dessous reprend les objectifs de différents paragraphes du projet initial, ceux-ci ne seront donc pas abordés successivement mais simplement cités dans un souci de cohérence.

Il est prévu d'aborder les étapes suivantes durant l'année à venir:

1 - bioécologie de Mesocyclops aspericornis

Echantillonnage qualitatif le plus exhaustif possible, des copépodes et de la faune associée, avec mesure simultanée de divers paramètres physicochimiques dans des milieux variés.

L'analyse multifactorielle des résultats obtenus devrait nous permettre de caractériser les différents milieux fréquentés par le copépode Mesocyclops aspericornis, dans l'île de Tahiti, ainsi que les variations de facteurs autorisant sa survie. (Cf. § 2.4 et 2.9)

Parallèlement à la détermination des espèces associées, seront effectués des examens de contenus intestinaux (Cf. § 2.2 et 2.3) malgré les restrictions présentées en 2.3 concernant les larves de moustiques), ainsi que des mesures biométriques des copépodes prélevés, afin de mettre en évidence d'éventuels écotypes. De même, les contenus stomacaux d'éventuels prédateurs du copépode seront examinés afin d'évaluer leur impact réel sur les populations de Mesocyclops aspericornis.

Les habitats sélectionnés pour les prélèvements comprendront aussi bien des collections d'eau permanentes que temporaires.

L'analyse des résultats obtenus ci-dessus devrait nous permettre de sélectionner quelques milieux typiques pour la réalisation du suivi de l'évolution des populations de copépodes au cours de l'année, et suivant les variations climatiques, les prélèvements étant alors réalisés à l'aide des pièges décrits en 2.5 du chapitre précédent.

Parallèlement à ces prélèvements quantitatifs, seront poursuivis les prélèvements qualitatifs destinés à suivre l'évolution saisonnière ainsi que les processus de colonisation de milieux temporaires par les peuplements occupant divers biotopes.

De nouveaux prélèvements de sédiments en zones asséchées seront par ailleurs réalisés afin de poursuivre les objectifs du paragraphe 2.8.

2 - Experimentations sur le terrain

Les expérimentations de lutte biologique se feront essentiellement dans le village de Tikehau.

Durant l'année à venir, on s'attachera à analyser la dynamique culicidienne sur son cycle annuel, sans traiter de gîte. Cette étude préalable, bien que longue, est nécessaire puisqu'on ne dispose pas de village "témoin" pouvant servir de référence.

Cinq visites dans l'année sont un minimum pour appréhender les fluctuations des populations de moustiques selon les méthodes décrites dans le rapport d'état d'avancement des travaux. Un observateur sur place (c'est à dire un habitant même du village) sera chargé d'effectuer quelques récoltes hebdomadaires, pour affiner les données : ce seront essentiellement des relevés de pondoirs piège, qui donnent une idée semi-quantitative des densités d'Aedes aegypti présents. Les relevés plus précis (stades larvaires, captures sur appât humain etc..) se feront lors des cinq visites programmées.

Cette étude avant traitement servira donc de point de référence pour pouvoir analyser l'effet de la lutte biologique, qui doit donc être mise en place fin 1988-début 1989. D'un point de vue épidémiologique, ce travail, en liaison avec les villagois, doit pouvoir tester, en grandeur réelle, la qualité anti-vectorielle du copépode dans un environnement anthropique; ce qui est essentiel.