



HAL
open science

Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Experimentation à Rangiroa. II. Evaluation trois mois après traitement

Frederic Lardeux, Marc Faaruaia, Léon Colombani, Henri Frogier

► To cite this version:

Frederic Lardeux, Marc Faaruaia, Léon Colombani, Henri Frogier. Lutte biologique contre *Aedes polynesiensis* avec le copépode *Mesocyclops aspericornis*. Experimentation à Rangiroa. II. Evaluation trois mois après traitement. Rapport ITRMLM n° 14/88/ITRM/Doc.Ent, Institut Louis Malardé, Tahiti, French Polynesia. 1988, pp.1-63. hal-04709124

HAL Id: hal-04709124

<https://hal.science/hal-04709124v1>

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

I.T.R.M.L.M.
B.P. 30
Papeete - Tahiti

O.R.S.T.O.M.
B.P. 529
Papeete - Tahiti

LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE Aedes polynesiensis AVEC LE
COPEPODE Mesocyclops aspericornis.

EXPERIMENTATION A RANGIROA

II - EVALUATION TROIS MOIS APRES TRAITEMENT

F. LARDEUX
M. FAARUIA
L. COLOMBANI
H. FROGIER

Avril 1988

Référence ITRMLM : 14 / 88 / ITRM / Doc-Ent.

PLAN

INTRODUCTION

1 - PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

1.1 - Objectifs

1.2 - Prémodèle

1.3 - Descripteurs écologiques : choix et contraintes

1.3.1 - choix des variables à étudier

1.3.2 - choix des échelles spatio-temporelles

1.3.3 - choix des méthodes de traitement des données

1.3.4 - contraintes naturelles

1.3.5 - contraintes techniques

1.3.6 - contraintes de traitement des données

2 - RESULTATS DES ECHANTILLONNAGES

2.1 - Isolement écologique de la zone d'étude

2.2 - Echantillonnage des femelles agressives

2.2.1 - Méthode générale

2.2.2 - Le concept d'agressivité

2.2.2.1 - Les définitions possibles

2.2.2.2 - Facteurs de variation

2.2.2.3 - Transformation des données

2.2.3 - Analyse des résultats

2.2.3.1 - Hypothèses et conditions de départ

2.2.3.2 - Effets du traitement

2.3 - Echantillonnage des terriers de crabe

2.3.1 - Méthode d'analyse des données

2.3.2 - Résultats au troisième mois

2.3.3 - Comparaison avant traitement - 3 ème mois

3 - EFFICACITE DU TRAITEMENT

3.1 - Rémanence des effets

3.2 - Faisabilité à grande échelle

CONCLUSION

INTRODUCTION

Dans le cadre d'action de lutte biologique à grande échelle, les potentialités du copépode Mesocyclops aspericornis, prédateur de larves d'Aedes, ne sont pas encore quantifiées.

En effet, si les capacités prédatrices de ce copépode sur les stades 1 des moustiques du genre Aedes sont connues depuis les travaux de RIVIERE et THIREL (1981), ce n'est que depuis peu qu'on a montré son efficacité à contrôler les populations préimaginales d'Aedes dans des petits gîtes toujours en eau (RIVIERE et al., 1987). Devant les succès obtenus lors de ces expérimentations de laboratoire, des essais de traitement en conditions réelles ont été entrepris. Ainsi, une première expérimentation à grande échelle a été planifiée pour permettre de tester l'efficacité de cette méthode de lutte.

Cette expérimentation a visé les populations d'Aedes polynesiensis, vecteur de la dengue et de la filariose lymphatique à Wuchereria bancrofti en Polynésie française.

Le terrain expérimental a été choisi en fonction de plusieurs critères dont on trouvera la justification dans LARDEUX (1987). Il s'agit d'un îlot d'un atoll (Rangiroa), sur lequel la quasi totalité des gîtes de ponte des Aedes est constituée par les terriers du crabe terrestre Cardisoma carnifex. La fréquence élevée de ce type de faciès, notamment sur les îles basses (atolls) et les fortes densités de moustiques qu'il engendre en fait un terrain expérimental d'intérêt général en Polynésie.

Après avoir rappelé l'état de la situation avant traitement, le présent rapport fait le bilan des résultats obtenus trois mois après l'introduction de M. aspericornis dans les terriers du crabe terrestre de l'îlot expérimental, tant au niveau des terriers eux-même que de la population des moustiques agressifs.

1. - PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

1.1 - Objectifs

L'objectif général de l'étude est simple à expliciter : il s'agit de déterminer les potentialités réelles de Mesocyclops aspericornis comme agent de lutte anti-culicidienne dans des opérations de grande envergure.

Dans un premier temps toutefois, cet objectif a été limité à certaines conditions particulières :

- parmi les divers types de gîtes de ponte possibles, un seul a été retenu : les terriers du crabe terrestre Cardisoma carnifex.
- en corollaire, une seule espèce d'Aedes a été visée : Aedes polynesiensis, qui est le principal Aedes vecteur à se reproduire dans ces gîtes en Polynésie.
- enfin, l'étude a été limitée aux zones où les densités de ces gîtes sont les plus élevées : les cocoteraies des atolls.

Les conditions d'application de cette méthode de lutte biologique sont donc restrictives : d'autres "faciès culicidiens" que les cocoteraies à Cardisoma carnifex existent en Polynésie. LARDEUX et al. (1987) en font d'ailleurs état et signalent par exemple certains villages où la lutte biologique avec Mesocyclops aspericornis semble prometteuse.

Pour résumer, le but de l'étude entreprise à Rangiroa est donc de simuler une action de lutte biologique anti-culicidienne à grande échelle, en conditions réelles, et d'estimer son efficacité au niveau d'un faciès particulier mais très répandu : les cocoteraies des atolls à Cardisoma carnifex.

On trouvera dans LARDEUX (1987) la description de la zone d'étude. Brièvement, il s'agit d'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. Les cartes 1, 2, 3, et 4 résument la situation géographique de la zone d'étude et sa structure phytosociologique grossière.

Sur la carte 3 apparaît la situation d'un "îlot témoin", zone écologiquement équivalente à l'îlot étudié. Cet îlot peut donc servir de zone témoin pour la comparaison des données récoltées avant et après traitement (cf. paragraphe ultérieur).

1.2 - Prémodèle

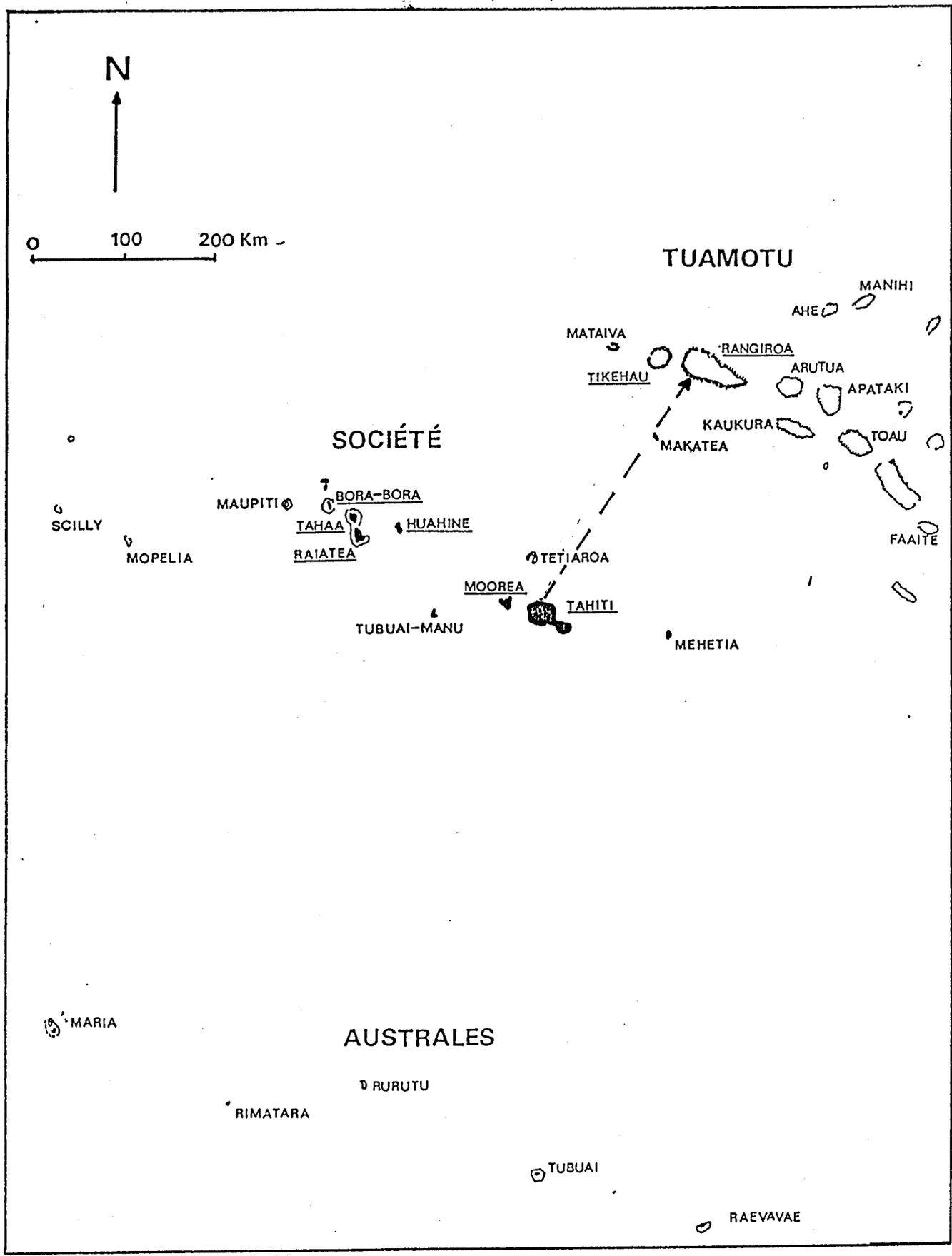
Répondre à la question qu'on se pose (ici : Mesocyclops aspericornis est-il efficace pour contrôler les populations des Aedes polynesiensis se reproduisant dans les terriers de crabe terrestre ?) implique l'élaboration d'un modèle, qui doit être, dans le cas qui nous préoccupe, un outil de décision. Un tel modèle doit être caractérisé par des variables d'état, fluctuant dans l'espace et le temps, et reliées entre elles par des flux (qui peuvent être, par exemple, des flux d'information ...). Comme le souligne FRONTIER (1983), le prémodèle est ce type de description explicité plus ou moins nettement en amont du modèle proprement dit.

Le fonctionnement du modèle doit alors permettre d'appréhender les fluctuations des variables et de déterminer le devenir du système analysé. Dans le cadre d'un traitement anti-culicidien, l'idéal est de voir tendre le système vers un état d'équilibre où les populations de moustiques restent en deçà d'un seuil limite caractérisant la nuisance.

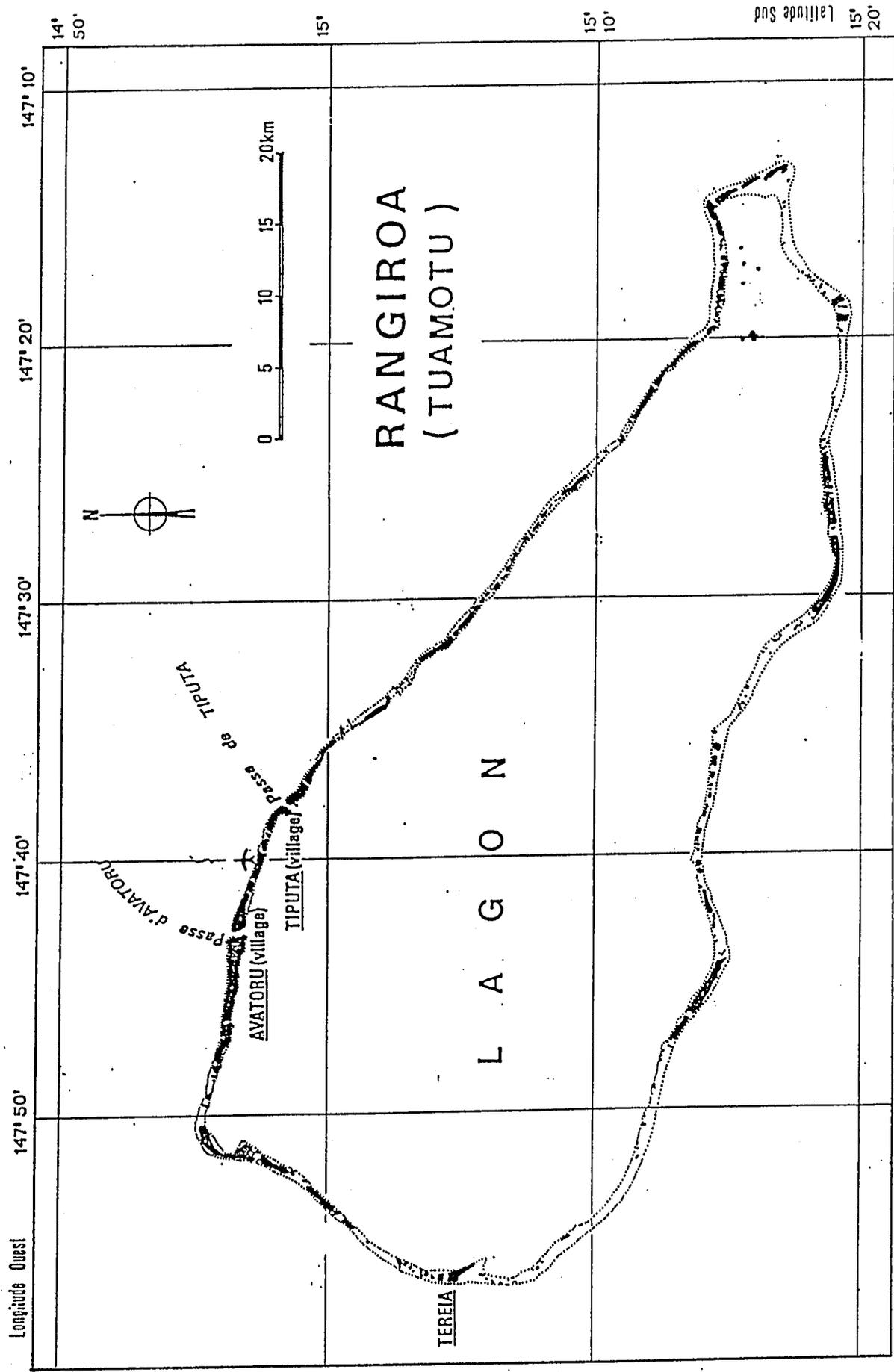
Le prémodèle doit donc délimiter le sous-système que l'on étudiera et que l'on se proposera de modéliser. Il doit aussi définir la finesse de description à laquelle on désire parvenir.

Dans le cadre de cette étude, les travaux de RIVIERE et al. (1983) et SECHAN et LARDEUX (1987) fournissent les bases de la définition du prémodèle. Il peut se résumer ainsi :

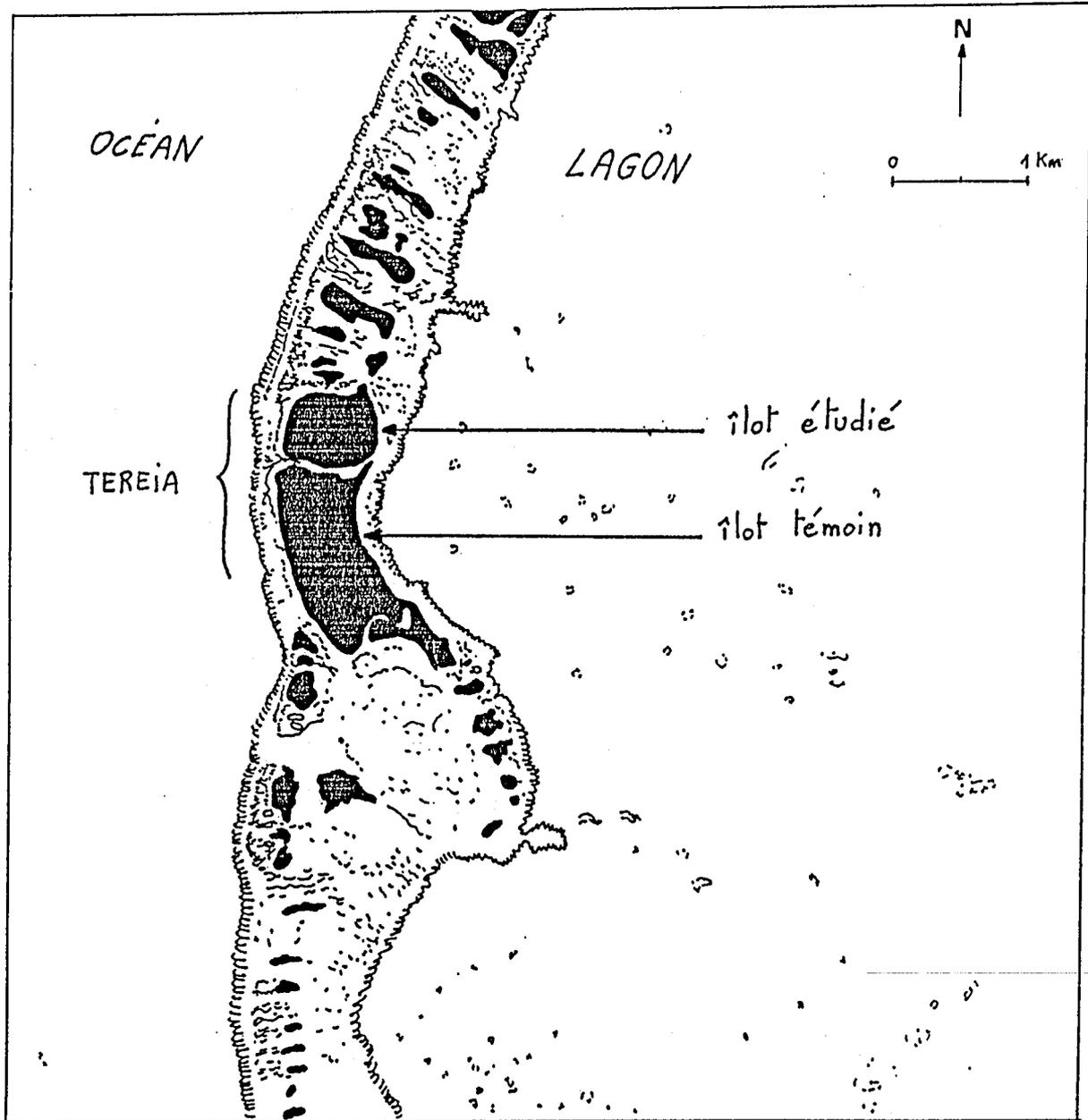
L'action du copépode doit s'observer sur les jeunes stades larvaires des Aedes. Il faut donc, dans un premier temps, pouvoir modéliser la dynamique des populations préimaginales, non seulement à l'échelle d'un terrier, mais encore, à l'échelle de toute la zone à traiter. Par ailleurs, si l'action du copépode est sensible sur les populations larvaires, ses conséquences doivent pouvoir, dans



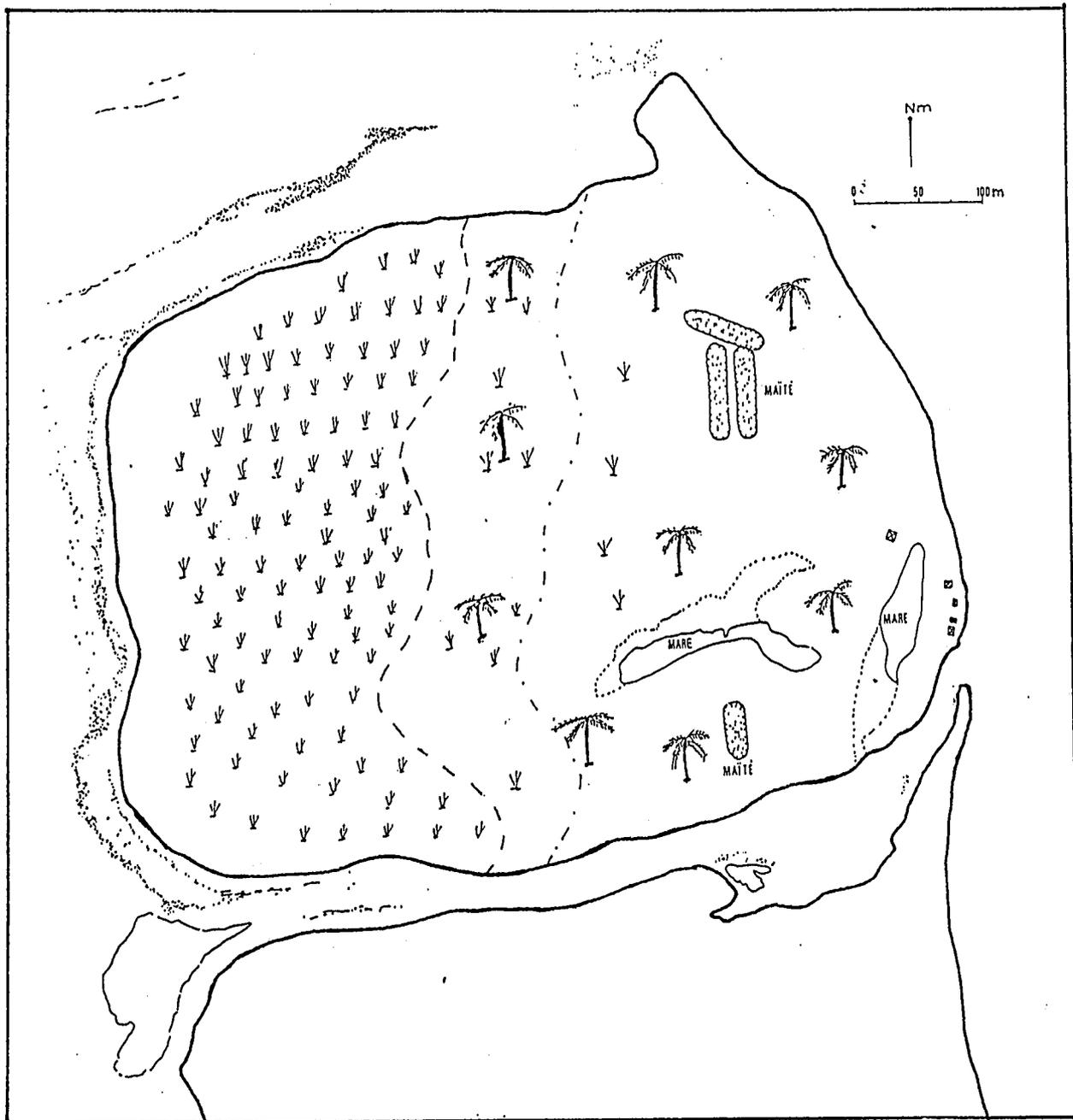
Carte 1 : Position géographique de l'atoll de Rangiroa par rapport à Tahiti.

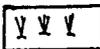
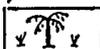


carte 2 : L'atoll de Rangiroa. Situation des villages principaux et de la zone d'étude de Tereia.



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



-  Maquis arbustif (zone haute)
-  Cocoteraie + maquis
-  Cocoteraie
-  Zones dépressionnaires (maïte)

Carte 4 : Strates morphologiques et phytosociologiques

le cadre d'une lutte efficace, être observées au niveau de la dynamique des moustiques adultes.

Ainsi, dans le système écologique que constitue une cocoteraie d'un atoll, le sous-système qu'on se propose de modéliser est celui des relations Aedes-Terriers de crabe. La finesse de description doit être suffisante pour pouvoir déceler l'effet d'un traitement anti-culicidien. Or, dans le cadre d'une action de lutte, on désire avant tout faire tendre les populations culicidiennes vers un seuil le plus proche possible du zéro. La finesse de description peut alors ne pas dépasser le simple stade de la définition d'un indice d'abondance des populations, que l'on doit s'attendre à voir chuter et à rester en position basse.

1.3 - Descripteurs écologiques : choix et contraintes.

Le choix de la problématique est exprimé dans le prémodèle. Il reste à élaborer une stratégie d'échantillonnage capable d'aboutir à l'élaboration d'un modèle, qui servira d'outil pour répondre à la question posée (ici, l'efficacité de la méthode de lutte).

La mise au point d'une stratégie d'échantillonnage dépend d'un ensemble de choix préalables, traduisant d'ailleurs le choix du problème posé et la façon de le poser.

En ce qui concerne cette étude, le problème étant posé en termes d'effets (au sens large, c'est à dire efficacité et pérennité d'action) d'un traitement, il reste à définir les choix suivants :

- choix des variables à étudier, pour pouvoir répondre aux questions posées et faire du prémodèle, un modèle opérant.
- choix de échelles spatio-temporelles d'observation.
- choix des méthodes de traitement ultérieur des données recueillies.

Mais, comme le souligne FRONTIER (1983), des contraintes sont liées à chacun de ces choix :

- contraintes naturelles : liées à la diversité des échelles significantes et à l'hétérogénéité des peuplements.
- contraintes techniques : fiabilité et pouvoir de résolution des techniques de prélèvement, possibilités informatiques.
- contraintes mathématiques : elles concernent la structure de l'ensemble des données et leur qualité nécessaire aux traitements prévus.

Choix des descripteurs et contraintes sont donc liés, mais dans un souci de clarté, on analysera successivement chacune de ces catégories.

1.3.1 - Choix des variables à étudier

L'étude menée à Rangiroa nécessite une quantification qui doit permettre une évaluation chiffrée des effets probables de la lutte biologique sur les populations d'Aedes.

Les descripteurs à étudier seront donc de type quantitatif, axés vers la définition d'une échelle de valeurs de la forme :

- "valeur avant traitement", "valeur après traitement", évolution temporelle de cette valeur (pérennité des effets du traitement) et/ou :
- "valeur avant traitement", "valeur sans traitement" (= témoin).

Ce type de quantification doit en fait pouvoir permettre de comparer ces diverses valeurs et de conclure si oui ou non M. aspericornis est un bon agent de lutte biologique dans les conditions présentes.

Les différentes comparaisons possibles sont illustrées à la figure 1.

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.

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 variables à étudier sont implicitement imposées par le prémodèle élaboré précédemment. En effet, celui-ci suppose la connaissance de :

- l'évolution de la dynamique des populations pré-imaginales (dans les terriers de crabe).
- l'évolution de la dynamique des populations de moustiques adultes (et plus précisément, d'un point de vue épidémiologique, de femelles agressives).

Les variables quantitatives retenues pour estimer l'efficacité et la pérennité du traitement sont donc les suivantes :

- 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 géographique de la zone traitée).
- estimation d'indices d'abondance des moustiques.
- etc ...

1.3.2 - Choix des échelles spatio-temporelles

Les échelles d'observation doivent être significatives. Leur choix passe par la définition de deux éléments distincts :

- l'amplitude du domaine échantillonné.
- la densité des observations sur ce domaine.

Ces deux éléments sont à définir spatialement et temporellement.

Dans le cadre de cette étude, le domaine échantillonné est spatialement constitué par l'ensemble "îlot traité, îlot témoin". Pratiquement, seule une partie de l'îlot témoin a été prise en compte (celle qui est la plus proche de l'îlot traité). L'îlot traité, compte tenu de ses dimensions modestes (30 hectares environ), a fait l'objet d'une étude exhaustive.

L'échelle d'observation temporelle doit être relativement large pour avoir une bonne idée de la rémanence du traitement. En effet, une trop faible rémanence (même en cas d'un succès à court terme) empêcherait tout développement futur de la méthode. Il a donc été décidé de faire une évaluation à trois, six et 12 mois après le traitement.

Le calcul des divers indices et l'observation même des variables précédemment décrites suppose toutefois une maille temporelle plus fine. En effet, le cycle de développement d'Aedes polynesiensis étant en moyenne d'une dizaine de jours, de l'oeuf à l'oeuf, il importe d'échantillonner les terriers de crabe le plus rapidement possible afin d'avoir, aussi bien sur la zone traitée que sur la zone témoin, une vue équivalente de la dynamique préimaginaire.

En ce qui concerne les captures de femelles agressives, les mécanismes influents sont encore mal connus dans une telle situation. L'expérience de terrain montre cependant qu'il existe de fortes variations quotidiennes, dont le mode semble plus ou moins aléatoire. La définition d'un indice d'abondance fiable passe donc par des séries d'observations peu espacées dans le temps. Les zones d'étude ont donc été échantillonnées chaque jour, et ceci pendant plusieurs jours. Une telle série d'observation rend compte de la situation correspondant à la période étudiée (avant traitement, 3 mois, 6 mois etc...)

Les différentes échelles d'observation impliquent des amplitudes spatio-temporelles différentes. La densité des observations sera donc variable selon l'objet échantillonné (terriers de crabe, moustiques adultes etc...). Il est possible de résumer la stratification de l'espace temps de la façon suivante :

	espace	temps
Terriers de crabe	<ul style="list-style-type: none"> . un terrier . une "zone" . l'îlot 	<ul style="list-style-type: none"> . Avant traitement . 3 ème mois . 6 ème mois . 12 ème mois
Moustiques adultes	<ul style="list-style-type: none"> . une station . plusieurs stations 	Chaque jour pdt plusieurs jours, avant traitement, 3, 6, 12 mois après

1.3.3 - Choix des méthodes de traitement des données

Evaluer l'effet d'un traitement peut se faire de différentes manières. Ici, l'approche quantitative a été privilégiée. En effet, on a cherché à donner des valeurs aux variables à étudier puis à suivre l'évolution de ces valeurs au cours du temps. L'idée sous jacente étant que ces valeurs (indices d'agressivité par exemple) doivent tendre vers une valeur seuil (zéro dans le cas des indices d'agressivité) si le traitement est efficace et doivent rester significativement différentes en zone témoin. C'est donc une stratégie de comparaison de type "avant - après".

Les méthodes de traitement des données seront donc basées sur l'estimation de paramètres et les tests statistiques de signification usuels pour leur comparaison. L'effet d'un traitement peut être appréhendé par des analyses du type Analyse de Variance qui peuvent faire la part de la variation due au traitement et de celle due aux autres sources de variation (comme l'effet "saison" par exemple, que l'on mesure à 3, 6 et 12 mois après traitement). Dans la mesure du possible, si les contraintes de terrain ne l'empêchent pas, on essaiera d'orienter les expérimentations dans ce sens.

1.3.4 - Contraintes naturelles

L'échantillonnage des terriers de crabe ne pose pas de problème particulier. Ce type d'éléments peut s'échantillonner classiquement, comme du benthos marin ou de la végétation. L'hétérogénéité du milieu rend toutefois difficile la stratification géographique de la zone d'étude : on observe des micro-répartitions des terriers où les densités sont variables.

LARDEUX (1987) illustre ce phénomène en présentant la distribution du nombre de terriers par quadrat de 8 m de coté. Trois mois après traitement, on retrouve le même genre de distribution : la figure 2 illustre la distribution du nombre de terriers par mètre carré obtenue sur 45 zones échantillonnées.

L'hétérogénéité du peuplement en moustiques adultes est plus préoccupante. On observe, sur le terrain, des micro-répartitions des densités de moustique. L'échantillonnage par des techniques comme la stratification est donc sans effet, même si globalement on observe un gradient de répartition (cf. paragraphe ultérieur).

1.3.5 - Contraintes techniques

La fiabilité des techniques de prélèvement est discutée dans LARDEUX (1987). On doit cependant souligner que la taille des échantillons a été fortement dépendante des conditions de terrain, compte tenu du temps nécessaire qui était imparti. En effet, les captures ont été faites sur une base standard de 10 mn, ce qui semble un temps minimum acceptable, et les terriers de crabe n'ont été siphonnés qu'une seule fois (la faune résiduelle n'a pas été capturée).

Le pouvoir de résolution des techniques de prélèvement (c'est à dire la finesse possible de localisation dans l'espace et le temps d'un échantillon) est grande pour les terriers de crabe puisqu'ils sont facilement et individuellement repérables. En ce qui concerne les moustiques adultes, tout le problème est de définir la "station de capture" dont on ne connaît pas bien certains paramètres influents (heure, lieu, rayon d'action de la station etc...). Aussi, en l'absence de données capables de définir correctement une station, on admet qu'un échantillon pris tous les 100 m environ permet une bonne résolution. Le pas d'échantillonnage tient donc une place importante dans la résolution des structures spatiales.

1.3.6 - Contraintes de traitement des données

Les données doivent pouvoir être comparées entre les périodes et les zones d'étude (témoin et zone traitée). On peut penser faire des analyses de variance (sur les captures par exemple), afin de mettre en évidence un effet "traitement". Les données seront donc récoltées dans cette optique.

La quantification des phénomènes (et notamment l'estimation des densités de moustique via des "indices d'agressivité des femelles") doit passer par le cadre des inférences statistiques classiques. Un autre point de vue serait d'essayer d'aborder le problème par des méthodes de géostatistique qui permettent, dans certains cas, de s'affranchir de l'élaboration d'un plan d'échantillonnage complexe. Ces méthodes mériteraient d'être appliquées à l'entomologie. Malheureusement, on n'a pas pu disposer des moyens informatiques appropriés pour mener à bien de tels calculs. Aussi, on s'est tenu au cadre statistique classique et les données ont dues être obtenues dans cette optique.

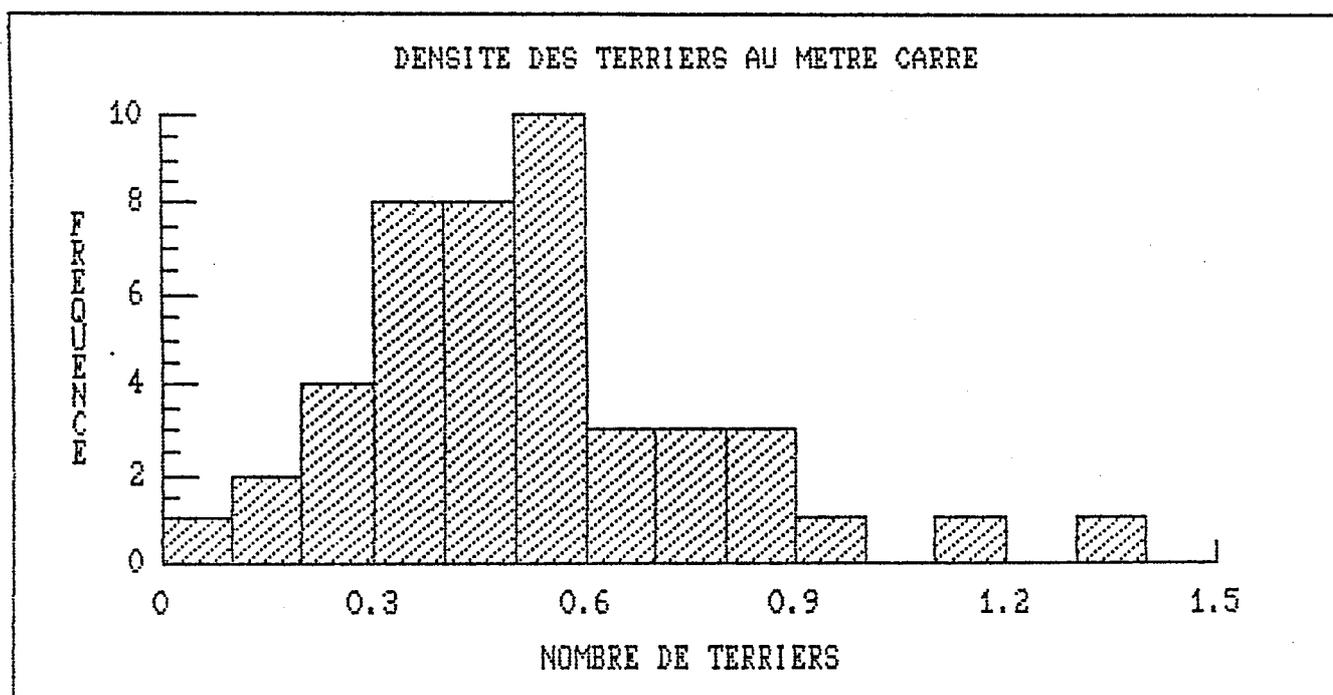


Figure 2 : distribution du nombre de terriers par mètre carré de surface, à Tereia, en mars 1988.

2 - RESULTATS DES ECHANTILLONNAGES

2.1 - Isolement écologique de la zone d'étude

Les comparaisons entre zone traitée et zone témoin supposent leur isolement écologique : elles ne doivent pas être modifiées par des apports extérieurs comme des immigrations dans le cas des moustiques adultes. Ces risques de variation doivent être, si ils existent, de même grandeur sur les deux zones.

Afin de cerner l'ordre de grandeur des migrations qui peuvent intervenir, on a procédé à l'estimation des échanges naturels possibles entre deux zones. Celles-ci ont été naturellement choisies comme étant la zone à traiter et la zone témoin, puisqu'elles sont contiguës.

Des expériences de marquage-recapture ont donc été menées, et les données ont servi à ajuster le modèle d'ARNASON (1972). Celui-ci permet, entre autres choses, d'estimer la probabilité de passage des moustiques d'une zone à l'autre (LARDEUX et LONCKE, 1987).

Une première expérience a été décrite avant traitement (LARDEUX, 1987) et les résultats ont montré que les échanges entre les deux zones étaient faibles. En effet, la probabilité de passage de la zone traitée à la zone témoin a été estimée à 0.024, tandis que celle de la zone témoin à la zone traitée est nulle.

La même expérience a été menée trois mois après traitement. Les données du tableau 1 ont servi à l'ajustement du modèle d'ARNASON. Les résultats apparaissent au tableau 2.

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

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

2.2 - Echantillonnage des femelles agressives

2.1.1 - Méthode générale

Les captures de moustiques adultes se font selon la méthode classique du tube à aspiration : un captureur récolte sur une deuxième personne (l'appât), toutes les femelles de moustiques qui viennent se poser pour prendre leur repas de sang. Les deux personnes (captureur + appât) récoltent les moustiques, "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 transvasent dans une boîte hermétique

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 :	437
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 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	
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 2 : Résultats de l'ajustement du modèle d'Arnason.

recouverte d'un tulle. La durée de chaque capture est de 10 mn à chaque station, selon la méthode préconisée par BONNET et CHAPMAN (1956).

L'ensemble des stations échantillonnées apparaît à la carte 5.

Le calendrier des captures est donné en annexe 1 et les données brutes de capture sont données à l'annexe 2.

2.2.2 - Le concept d'agressivité

2.2.2.1 - Les définitions possibles

Un indice d'agressivité doit être une statistique fiable, c'est à dire précise et sans biais. Ceci permet alors des comparaisons possibles entre diverses estimations.

La définition d'un tel indice est simple dans sa formulation. Il s'agit de quantifier l'agressivité des femelles de moustiques adultes en estimant le nombre de piqûres que peut recevoir un homme, en un laps de temps donné.

L'estimation de l'indice est plus délicate. En effet, l'éthologie même du moustique tend à diminuer la précision que l'on peut attendre et à augmenter les biais d'estimation. Divers facteurs (cf. paragraphe suivant) peuvent influencer sur la signification des indices. Il est donc difficile de les calibrer. Ceci est d'autant plus vrai que la zone géographique étudiée sur laquelle on désire estimer l'agressivité, est vaste.

Aussi, la définition d'un indice général caractéristique d'une zone est soumise à des contraintes d'échantillonnage et de calcul.

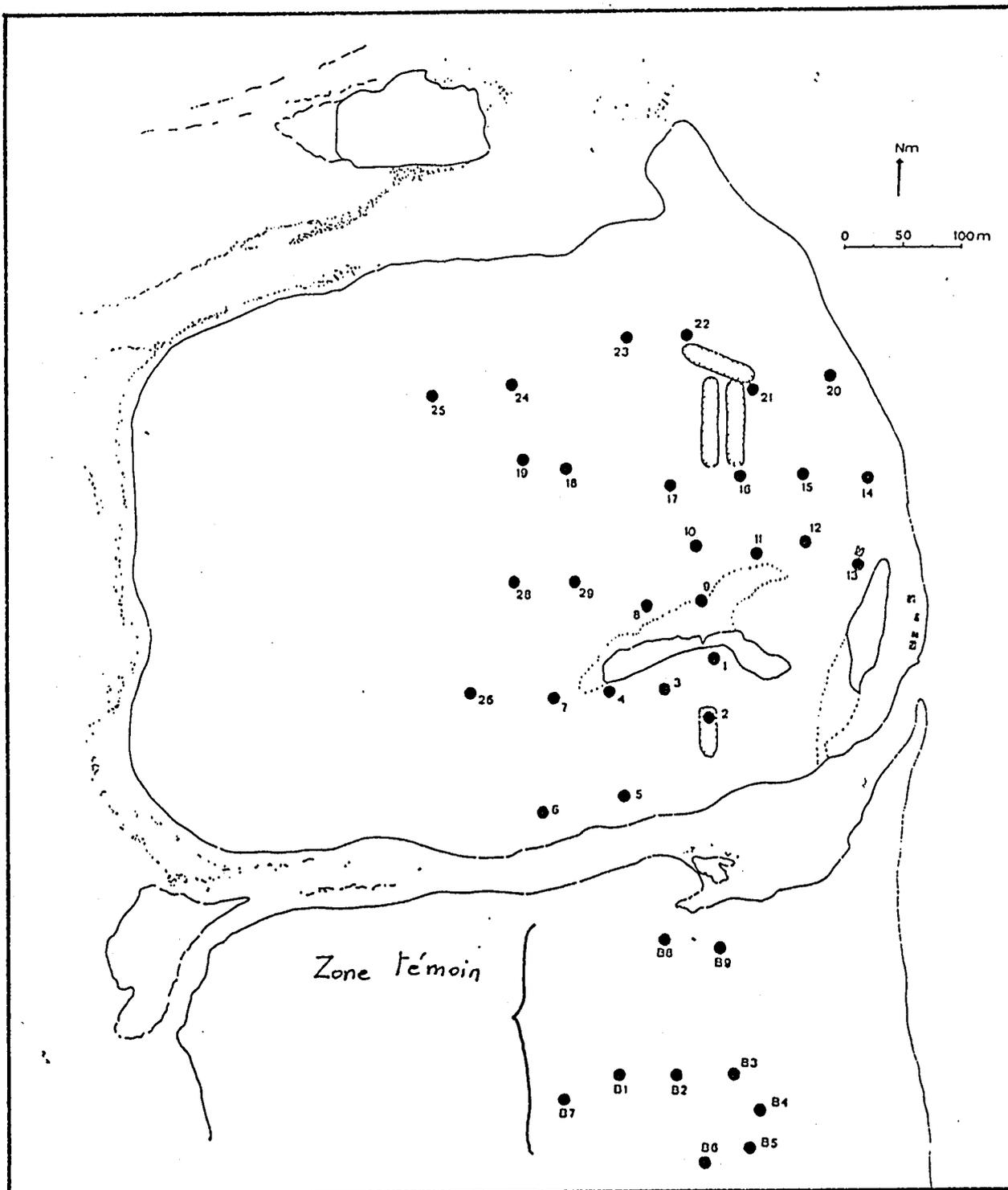
Une façon de s'affranchir des ces inconvénients et de prendre en compte le caractère micro-distributif spatio-temporel des valeurs locales de l'agressivité est de ne plus raisonner sur une valeur générale mais sur un vecteur d'agressivité caractérisé par la suite des indices (il ... in) mesurés sur les petites zones (z1 ... zn) où ils sont significatifs. Le suivi temporel de l'évolution de ce vecteur se fait alors par estimation des différents indices, aux temps t, dans les diverses zones.

Ces deux approches (globale et vectorielle) ont été tentées dans l'étude menée à Tereia.

2.2.2.2 - Facteurs de variation - biais

Au niveau le plus bas, l'indice d'agressivité est la somme des femelles adultes capturées sur un appât humain, pendant 10 mn. On admet que cet indice est caractéristique d'une zone géographique (que l'on appellera ici "station") plus ou moins circulaire autour de l'appât. Le rayon de cette zone, difficile à estimer, est supposé être de quelques mètres, compte tenu de l'écologie d'Aedes polynesiensis. Plusieurs sources de biais et de variation modifient plus ou moins profondément cette valeur. On se reportera à LARDEUX (1987) pour leur présentation.

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. Les sources de variation, dont l'influence mutuelle (synergie, antagonisme, niveau d'action les uns par rapport aux autres ...) est délicate à déterminer. L'expérimentation effectuée trois mois après traitement permet, là encore, de les illustrer. Par exemple :



carte 5 : Position de stations de capture des moustiques adultes.

- Le cycle d'activité même des moustiques : 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.)

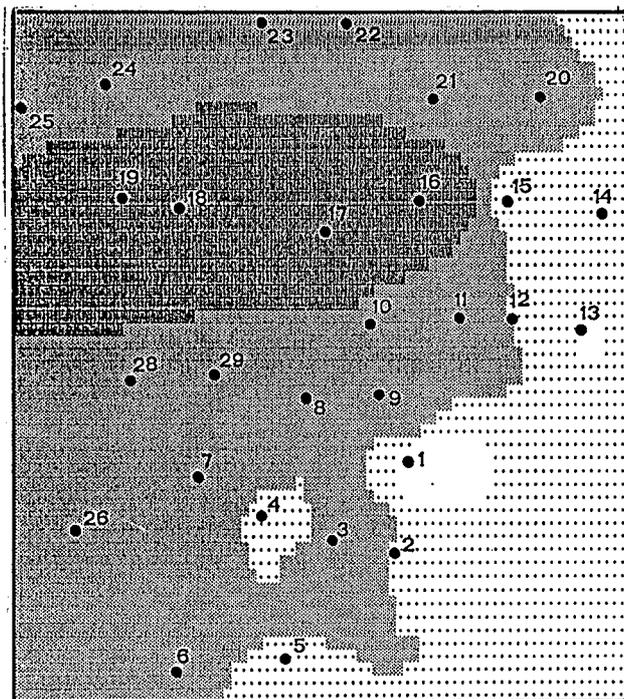
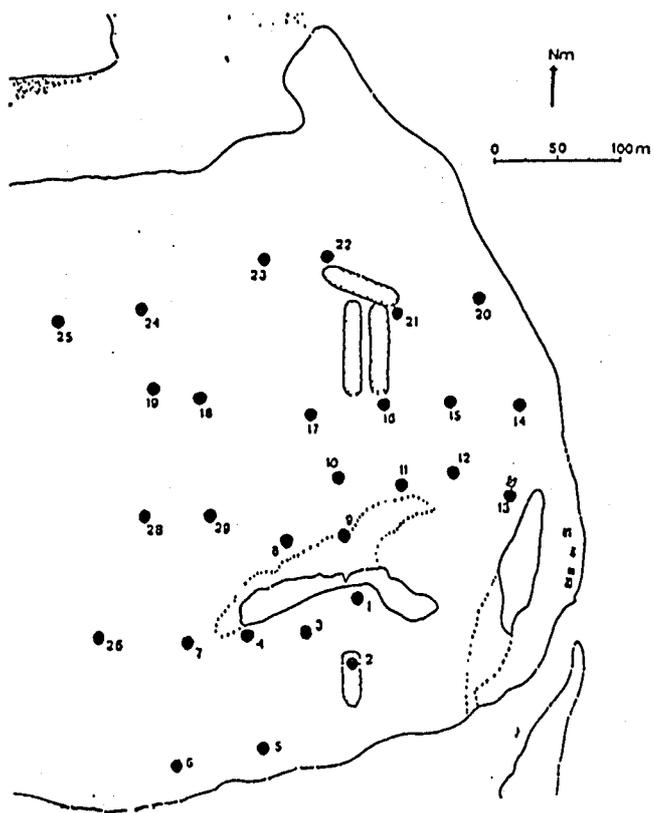
Toutefois, on remarque qu'une même station présente un état "semi-quantitatif" fixe : on peut, par exemple, classer les stations dans des groupes du genre "captures nombreuses", "captures moyennes", "captures faibles". L'interprétation des données de capture serait donc plus aisée si les valeurs étaient 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.3). Ces cartes mettent aussi en évidence le caractère semi quantitatif des captures : l'est de l'îlot est toujours moins "productif" que l'ouest. Ces cartes ont été tracées à l'aide d'un programme BASIC adapté de DAVAUD (1975) et disponible à Tahiti sur simple demande.

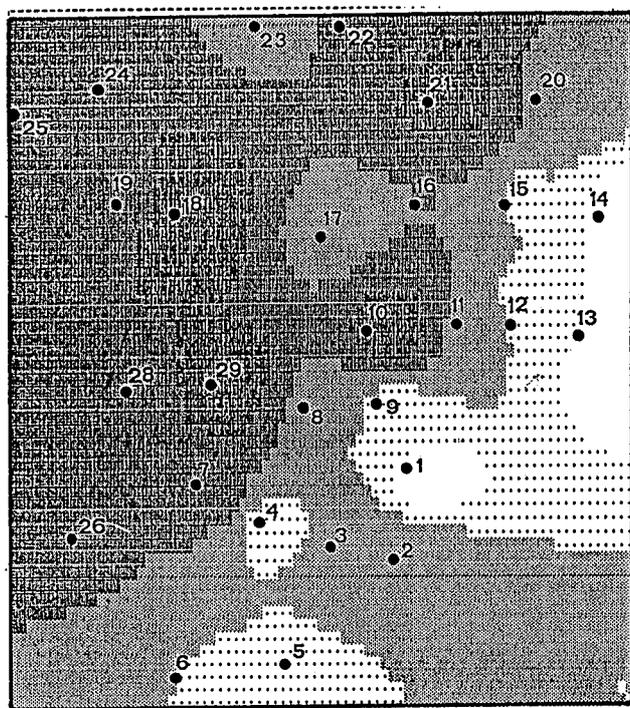
D'autres sources de biais, liés à la technique même de capture, peuvent intervenir dans le calcul des indices (LARDEUX, 1987), notamment : la durée de capture, le nombre de stations nécessaire pour avoir une valeur significative etc...

La durée de capture par exemple, fixée à 10 minutes, semble effectivement être, dans certains cas précis, une valeur seuil correspondant à un plateau dans la dynamique des captures. Ce n'est pas toujours le cas puisqu'à certaines stations, l'asymptote attendue est, soit décalée dans le temps, soit sans existence (au moins à l'échelle de l'expérience). Aussi, chaque station semble avoir une dynamique particulière, difficile à standardiser. Le plateau correspondrait à l'"épuisement" de la station, les moustiques capturés ensuite pouvant être considérés comme des migrants qui entrent dans la zone d'attractivité de l'appât. Une absence de plateau peut être liée à l'écologie des femelles qui, au moment de la capture et dans la zone particulière d'attractivité, ne sont pas sollicitées en même temps. Ce peut être aussi le signe d'une certaine "pauvreté" numérique, le captureur n'observant alors que des "migrants" qui entrent dans la zone d'attractivité. Ces divers phénomènes sont illustrés à la figure 4. Les données brutes ayant servi à l'élaboration des courbes sont données à l'annexe 3.

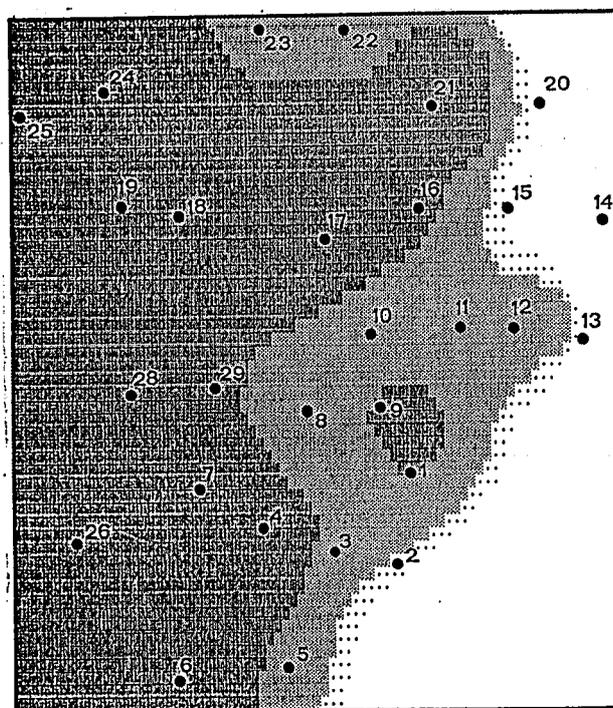
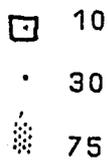
L'autre problème est lié aux nombres de stations nécessaires qui doivent être échantillonnées pour obtenir une valeur



Jour 1



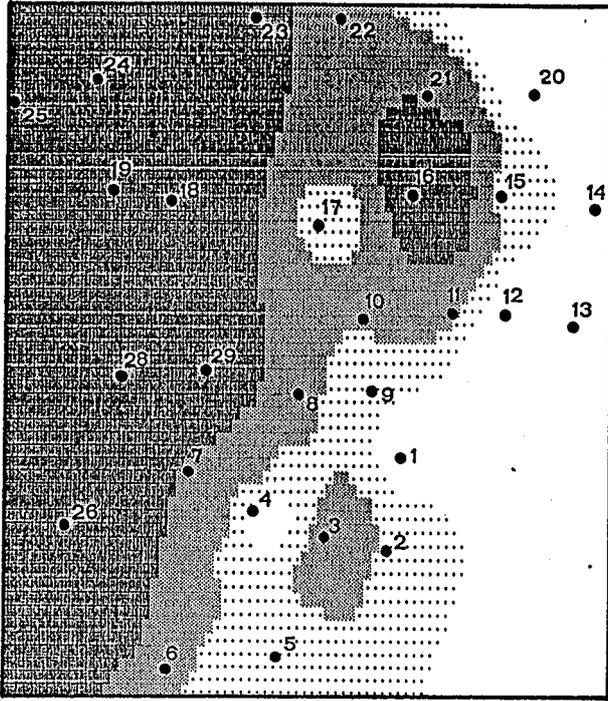
Jour 2



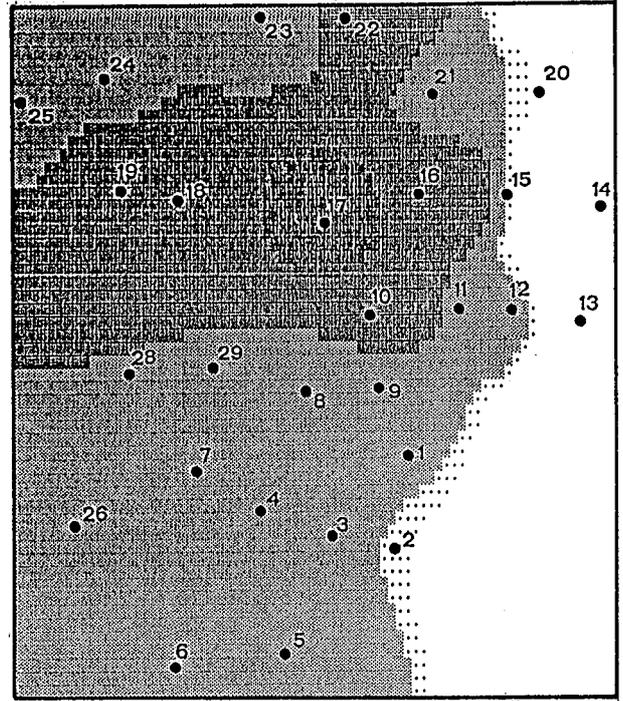
Jour 3



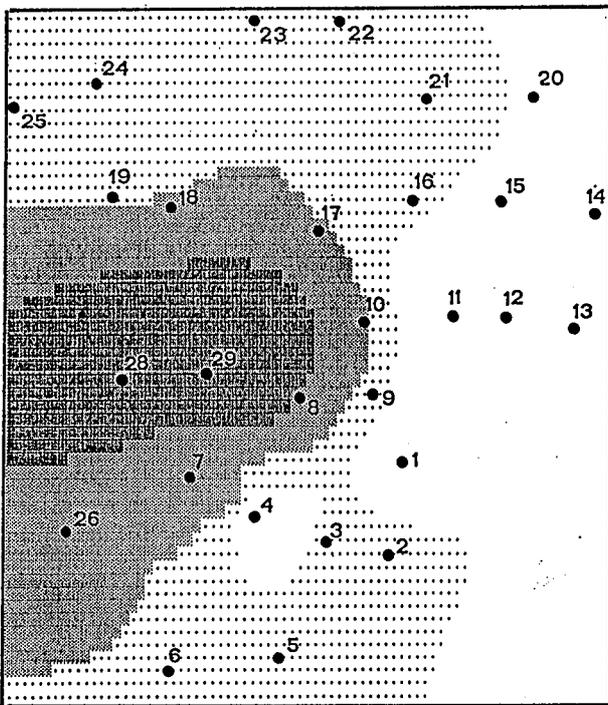
Figure 3 : zones d'isovaleurs de capture de moustiques, calculées journallement.



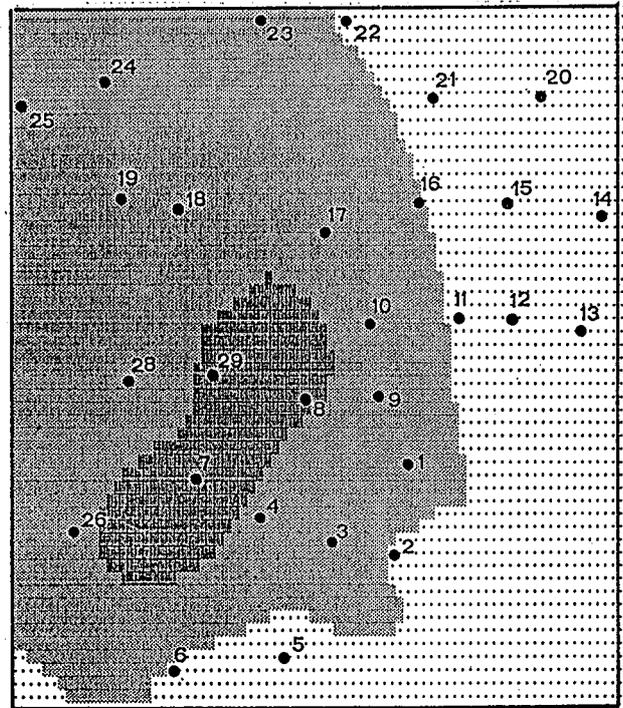
Jour 4



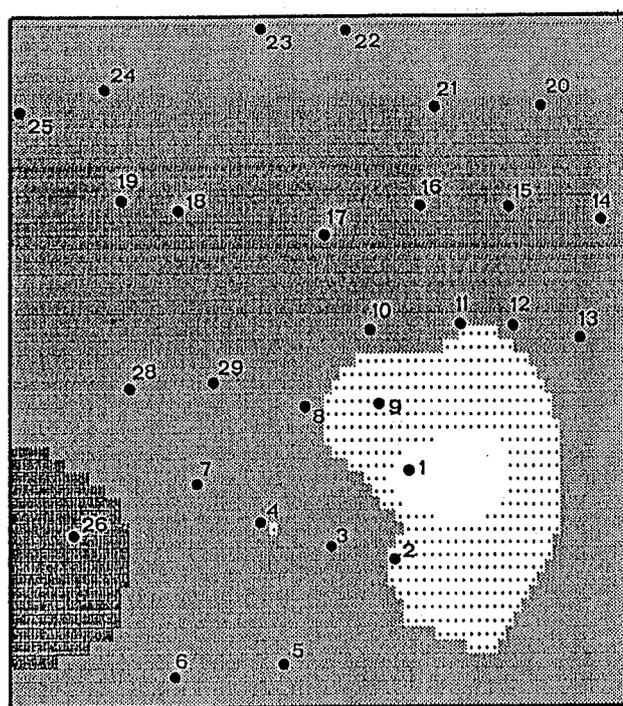
Jour 5



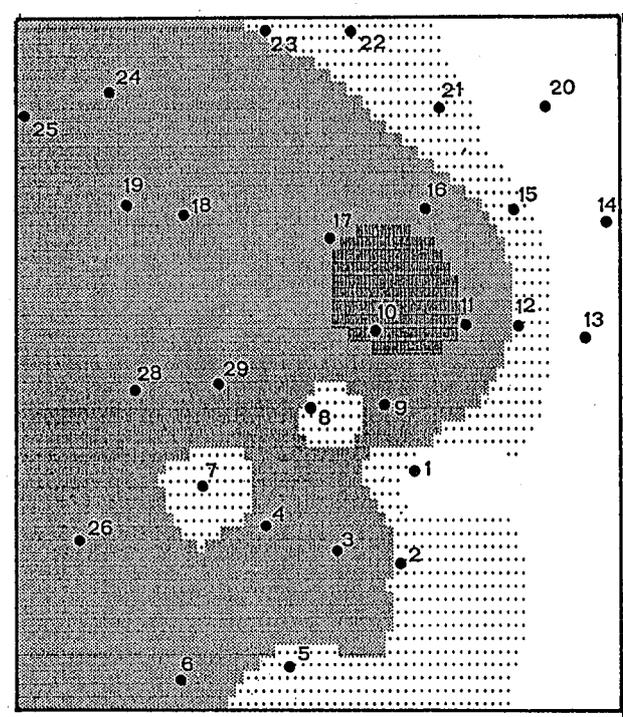
Jour 6



Jour 7



Jour 8



Jour 9

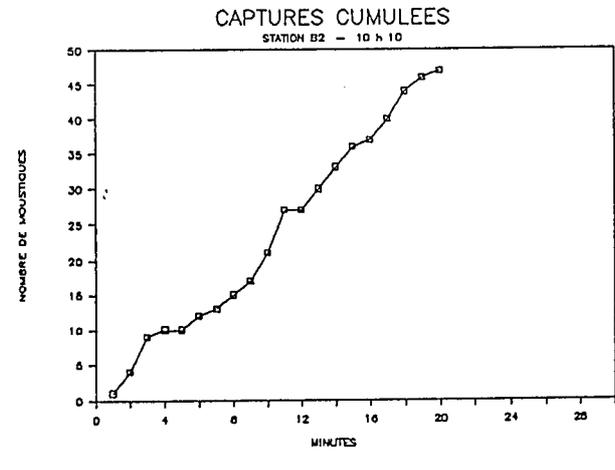
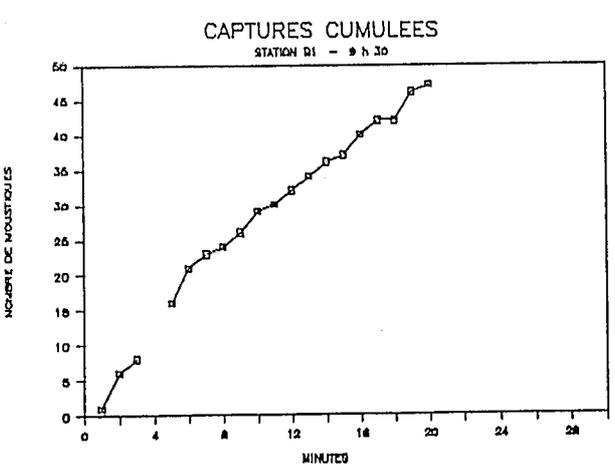
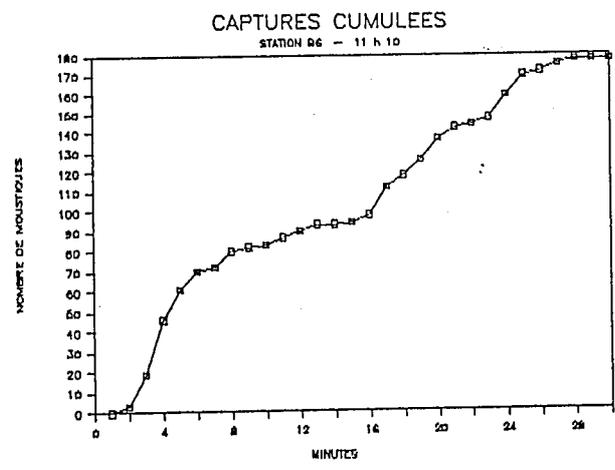
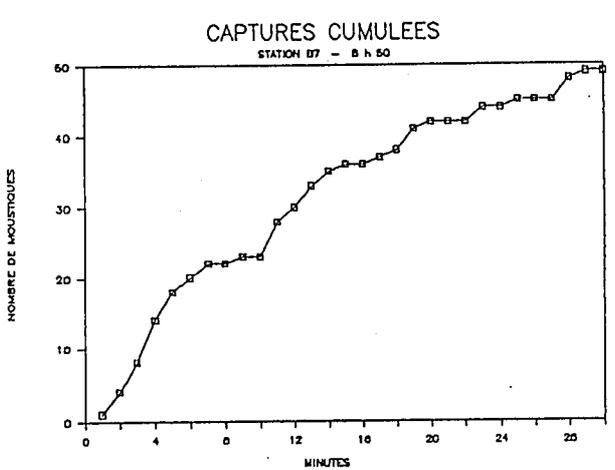
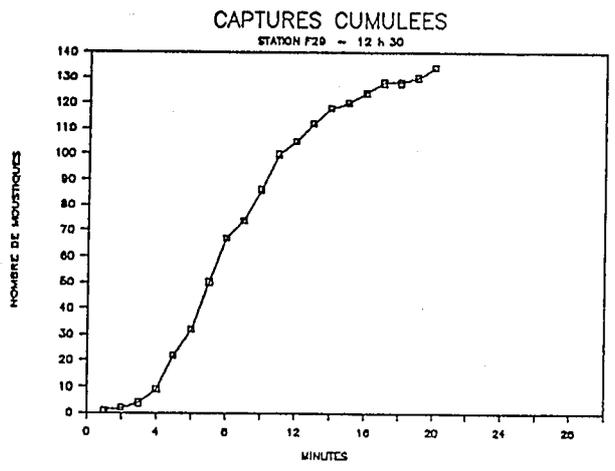
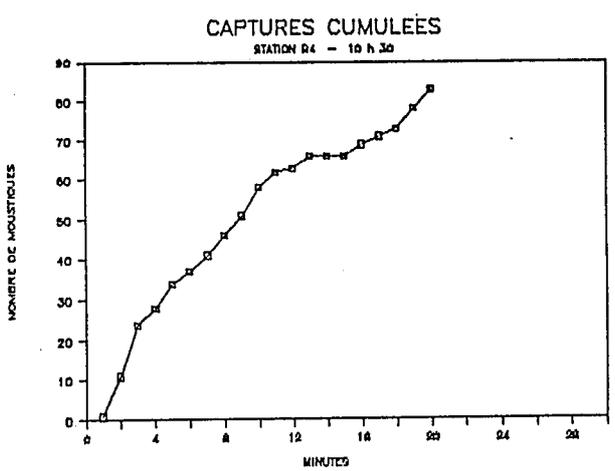
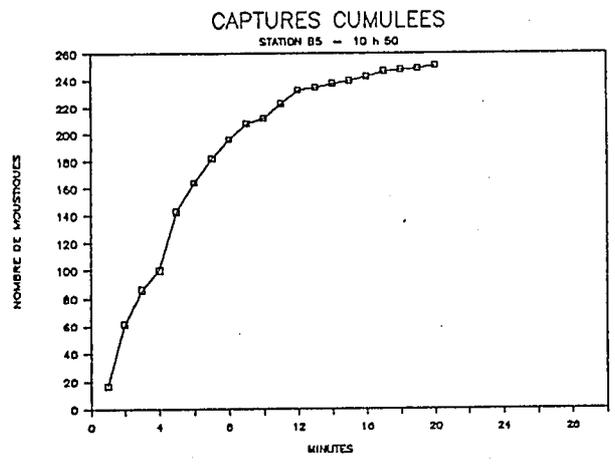
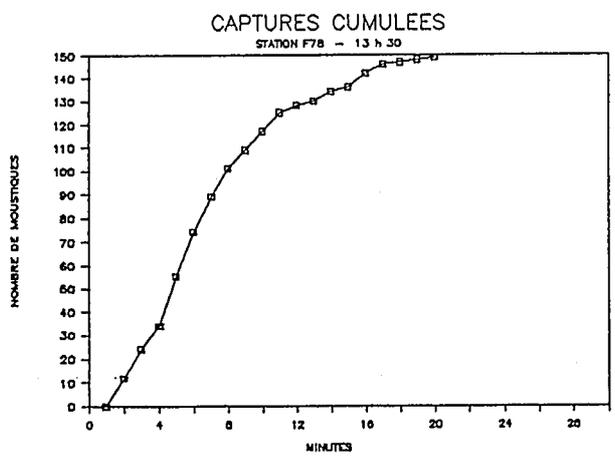


Figure 4 : évolution au cours du temps (en minutes), du nombre total de moustiques capturés sur appât humain.

signifiante de la zone totale échantillonnée. Ce problème se rattache à la micro-distribution de l'abondance des moustiques : la stratification géographique de la zone est difficile à effectuer, même si, comme on l'a vu, Tereia est globalement plus "peuplé" à l'ouest qu'à l'est. En effet, au sein même d'une zone où la densité moyenne semble élevée, certaines stations sont très pauvres : la variance de l'indice d'agressivité est donc très élevée. Ceci amène à penser qu'il faut un grand nombre de stations pour obtenir un indice significatif. De plus, le rayon d'attraction de l'appât est un facteur important pour résoudre ce problème.

A titre d'exemple, si on considère, pour le troisième mois que la variance moyenne des données transformées est de l'ordre de 1.5 et qu'on désire approcher la vraie valeur de l'indice d'agressivité journalier (c'est à dire la moyenne des stations échantillonnées ce jour là) d'une valeur de 0.5 avec une probabilité de 95 %, il faut échantillonner 23 stations. En fait, sur Tereia, le nombre moyen des stations échantillonnées a été de 15 (minimum 9, maximum 25), ce qui donne une différence absolue entre la moyenne estimée et la moyenne vraie d'au plus 0.6, avec une probabilité de 95 %. Sur l'îlot témoin, où le nombre de stations a varié entre 8 et 16 (en moyenne 10), la valeur tombe à 0.75. Compte tenu des valeurs moyennes calculées (entre 2.8 et 4.5), cette précision reste acceptable. Aussi, le nombre de stations échantillonnées est suffisant pour cette étude.

2.2.2.3 - Transformation des données

La transformation des données brutes de capture est 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, que se soit avant traitement (fig.5a et 6a) ou trois mois après (fig.7a et 8a), sur l'îlot témoin (fig.5a et 7a) comme sur l'îlot traité (fig. 6a et 8a).

La transformation des données consiste à changer l'échelle des mesures pour se ramener à un cadre approximativement gaussien présentant les propriétés liées suivantes (BARTLETT, 1947) :

- variance finie indépendante de la moyenne (stabilisation de la variance).
- distribution gaussienne de la variable transformée.
- espérance mathématique estimée efficacement par la moyenne arithmétique.
- linéarité et additivité des effets.

Souvent, les quatre points ne sont pas satisfaits de la même façon par la même transformation. En général, le choix de la transformation est guidé par la relation moyenne-variance (TAYLOR, 1961). Toutefois, dans un souci de simplicité, on peut être amené à proposer une transformation moins rigoureuse, qui satisfait globalement les points précédents. Dans le cadre de cette étude, c'est la transformation logarithmique qui a été retenue.

On a transformé chaque valeur x (= nombre des femelles capturées en 10 mn à chaque station) par la fonction $\text{Log}(x+1)$.

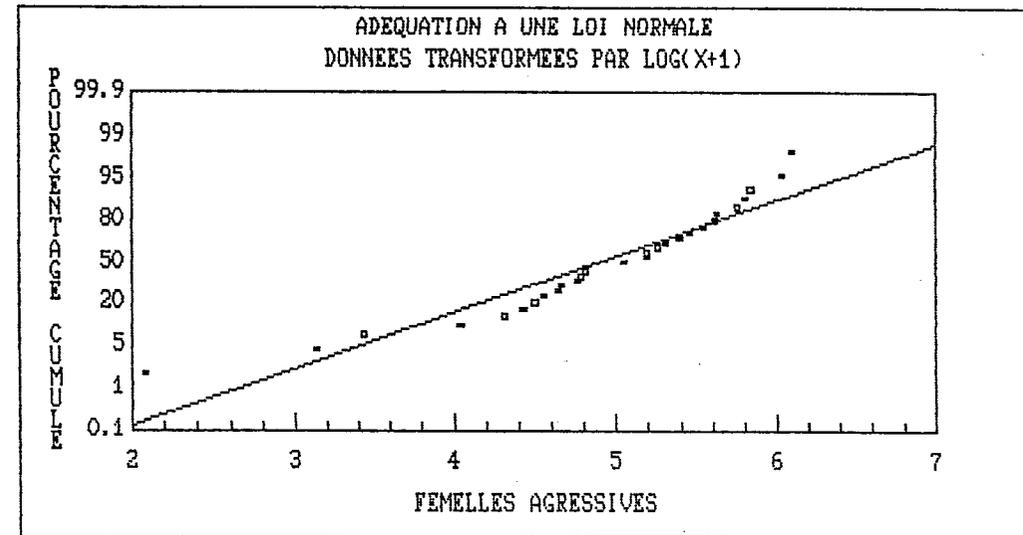
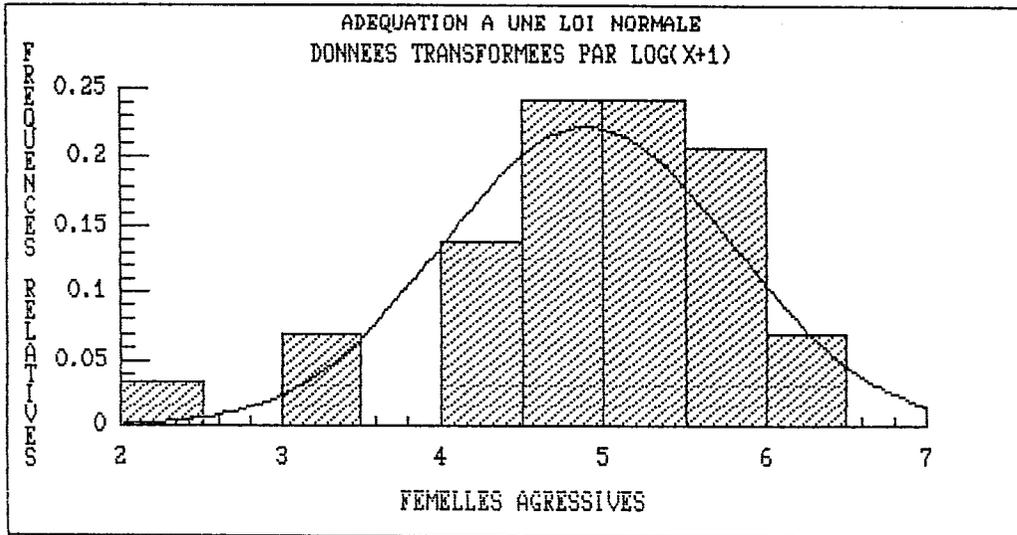
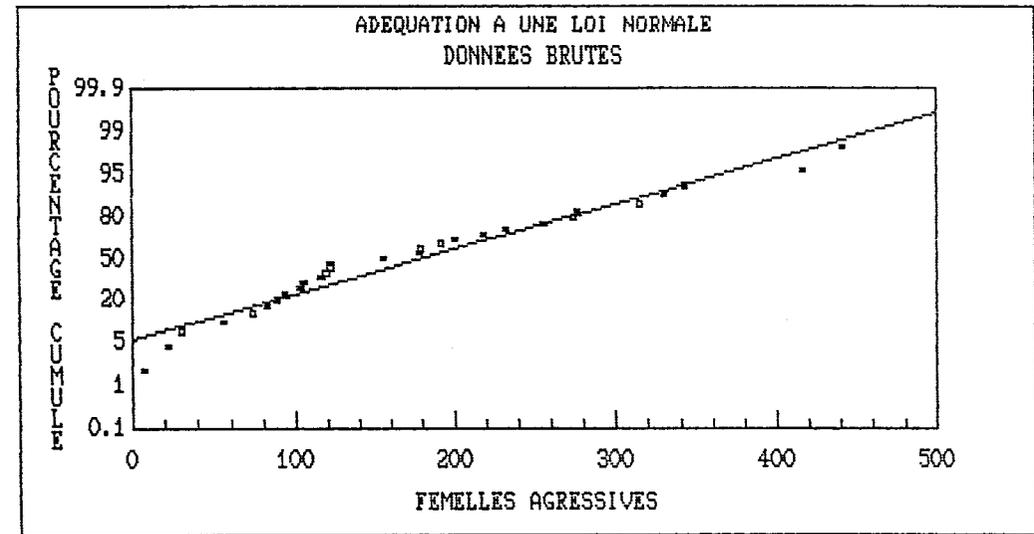
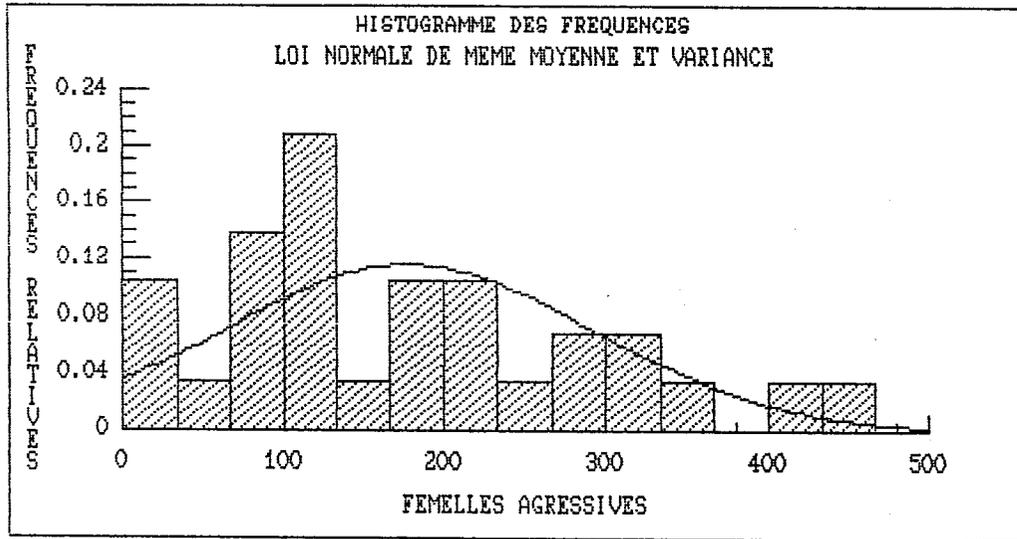


Figure 5 : distribution du nombre de moustiques capturés en 10 mn sur l'îlot témoin avant traitement.

- a - sans transformation
- b - avec transformation par $\text{Log}(x+1)$

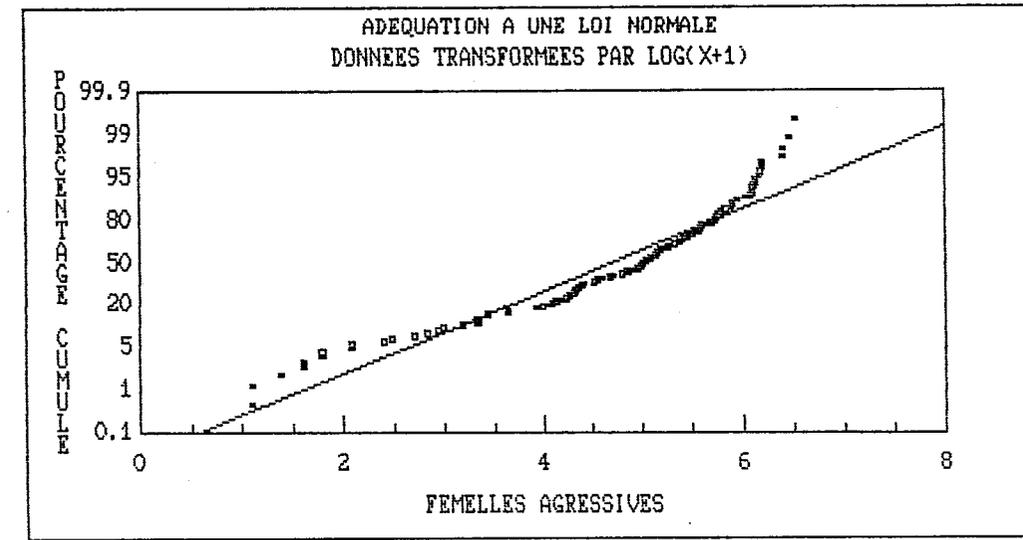
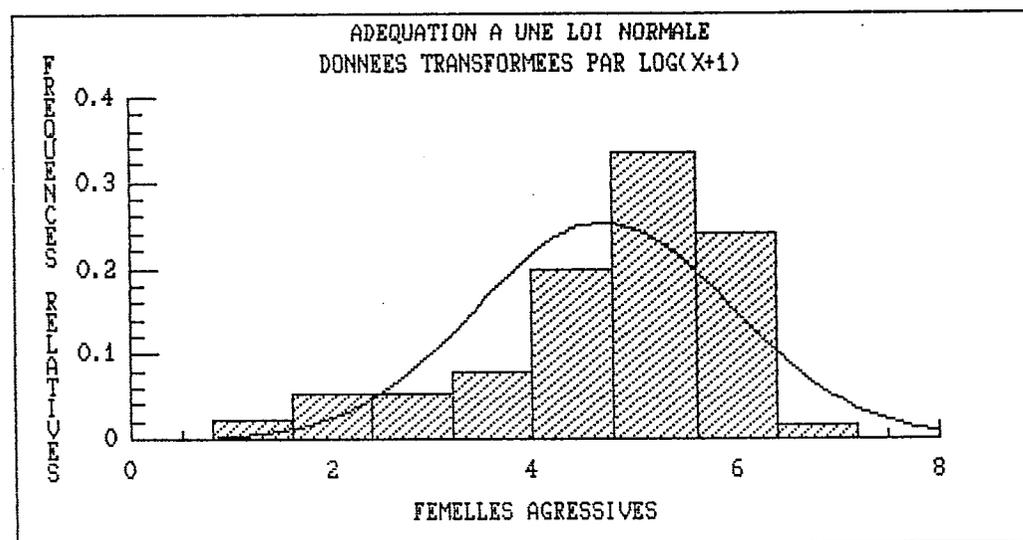
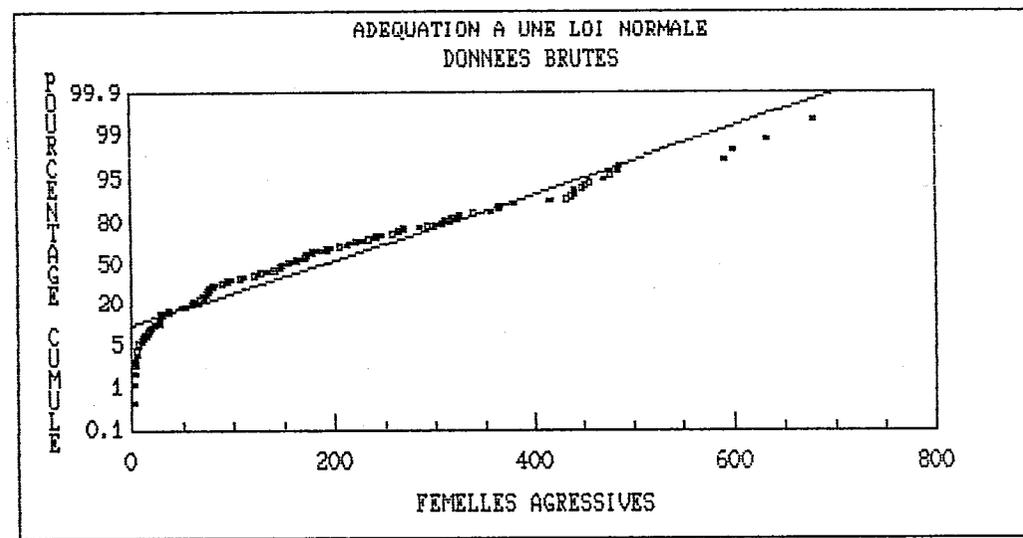
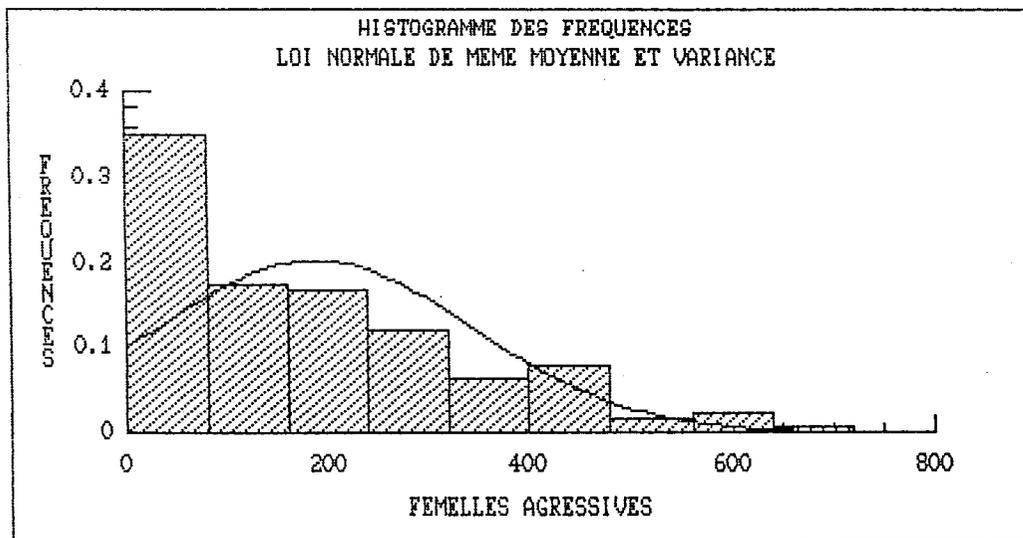


Figure 6 : distribution du nombre de moustiques capturés en 10 mn sur *Tereia* avant traitement.

- a - sans transformation
- b - avec transformation par $\text{Log}(x+1)$

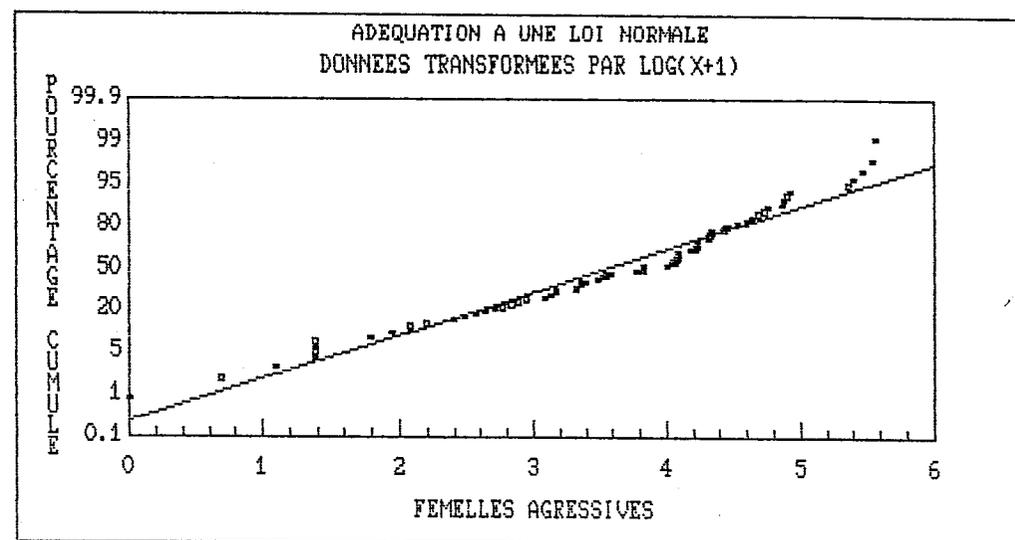
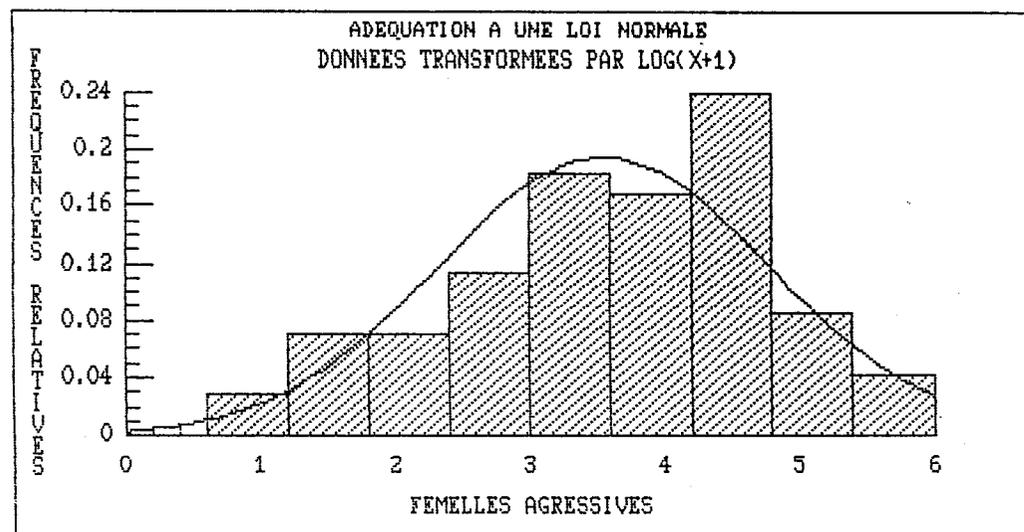
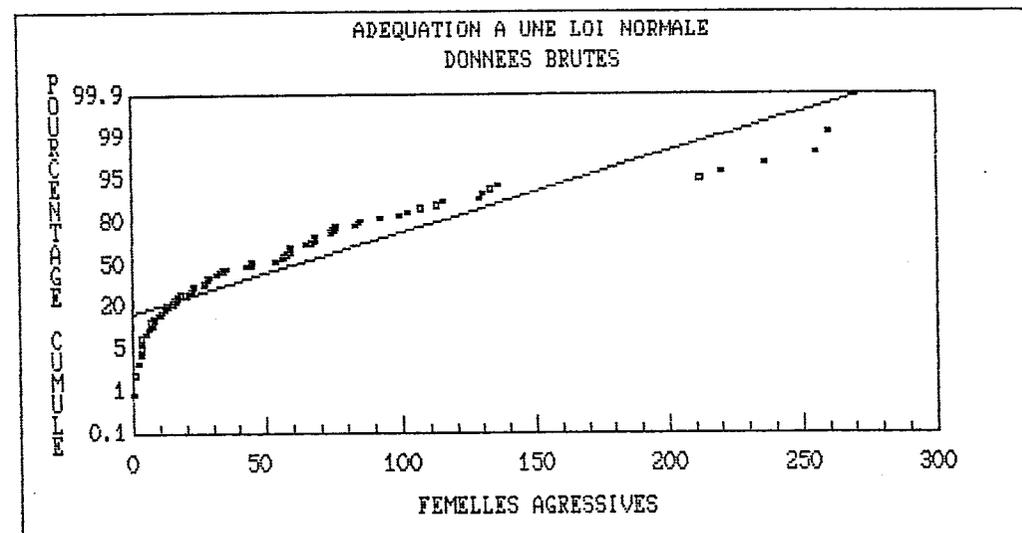
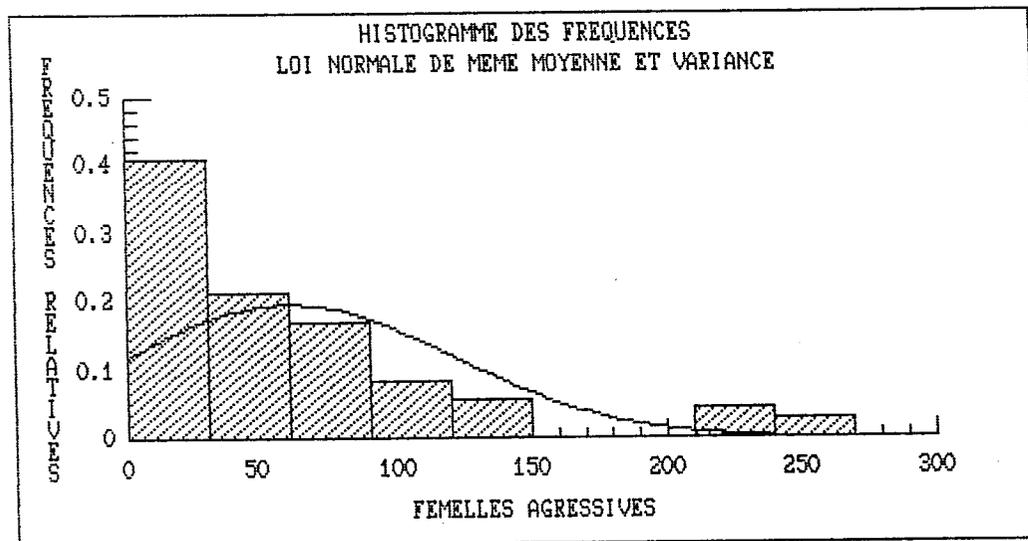


Figure 7 : distribution du nombre de moustiques capturés en 10 mn sur l'îlot témoin 3 mois après traitement.

- a - sans transformation
- b - avec transformation par $\text{Log}(x+1)$

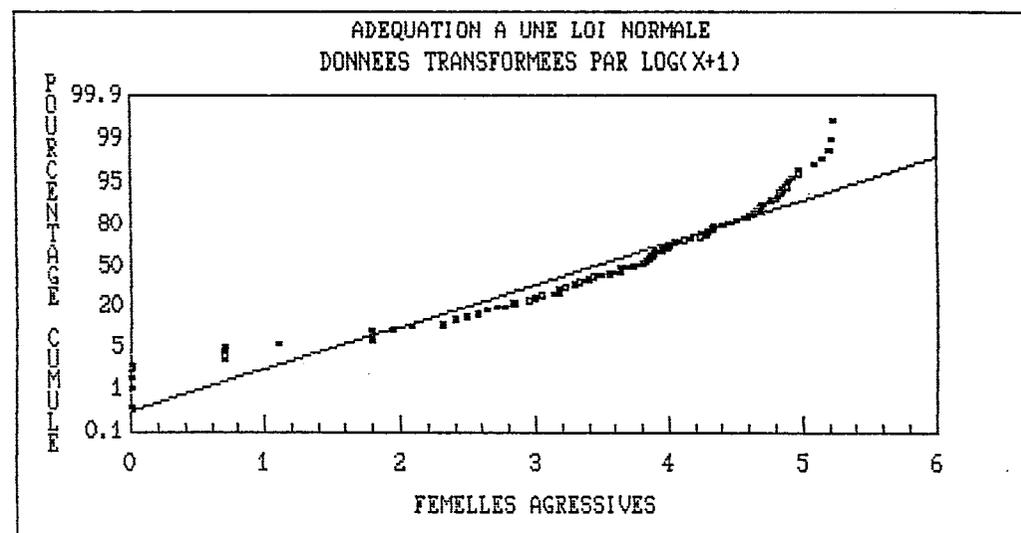
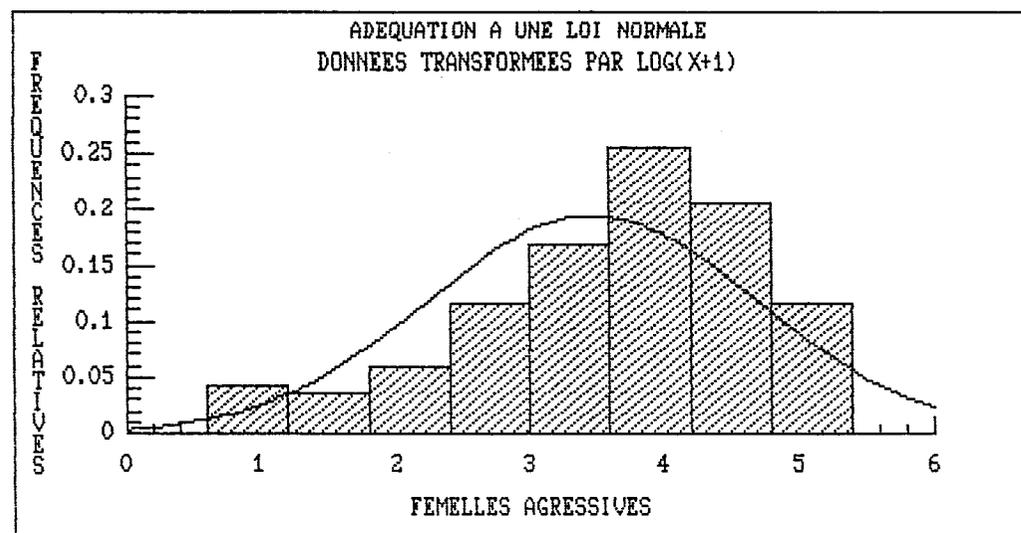
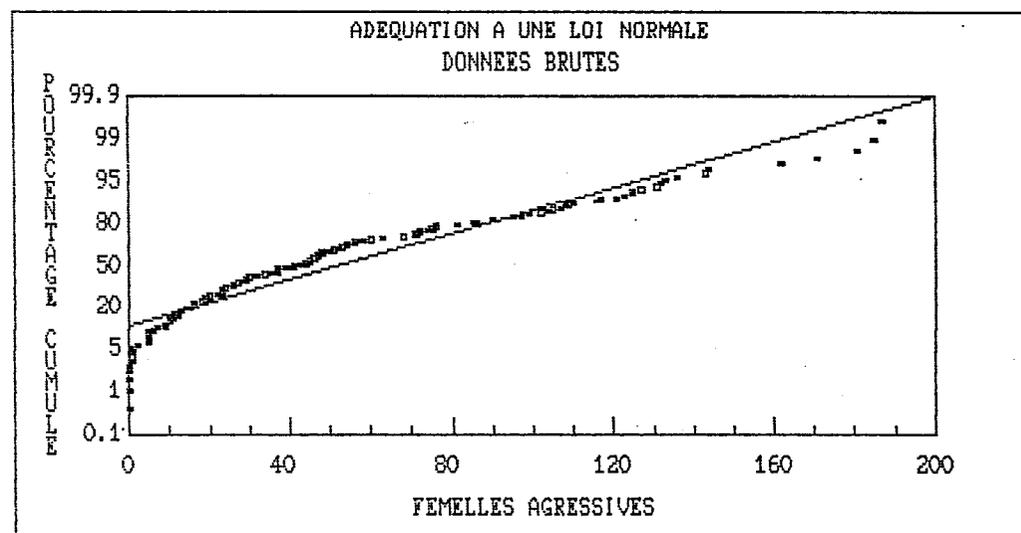
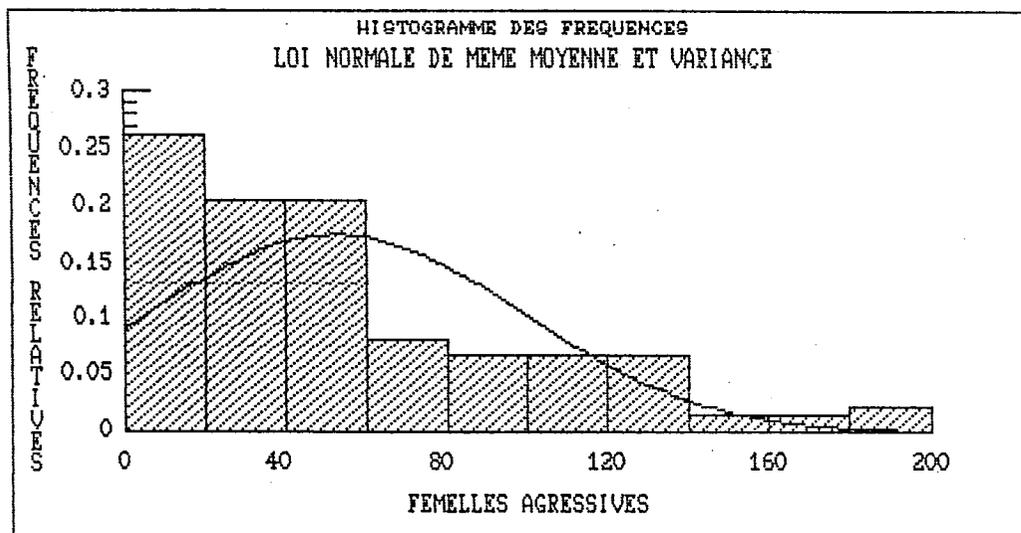


Figure 8 : distribution du nombre de moustiques capturés en 10 mn sur *Tereia* 3 mois après traitement.

- a - sans transformation
- b - avec transformation par $\text{Log}(x+1)$

Cette transformation, même si elle n'est pas optimale, a l'avantage d'être simple, et de "normaliser" relativement correctement les données de capture de chaque échantillonnage (fig.5 b à 8 b).

2.2.3 - Analyse des résultats

L'analyse des résultats porte sur trois types d'indices :

- un indice global calculé comme étant la moyenne des valeurs transformées de chaque station sur l'ensemble de la période considérée.
- un indice "vectoriel" représenté par les valeurs des moyennes des indices transformés de chaque station, calculées pour l'ensemble des jours échantillonnés. La dimension de ce vecteur est donc égale au nombre de stations échantillonnées.
- un indice "vectoriel" représenté par la moyenne des valeurs transformées pour un jour donné. La dimension de ce vecteur est donc égale au nombre de jours d'échantillonnage.

Chaque indice a été calculé pour chaque période donnée (avant et après traitement) et pour chacune des îles considérées (îlot témoin et îlot traité). On comparera donc, entre eux, quatre indices.

La manière de calculer ces différents indices est représentée à la figure 9. Leur justification est donnée dans le paragraphe suivant.

2.2.3.1 - Hypothèses et conditions de départ

Selon l'indice d'agressivité considéré (global ou vectoriel), les comparaisons ne peuvent pas se faire de la même manière.

Ainsi, un indice global peut être calculé pour chacune des deux zones (témoin et traitée) et pour chaque période (avant et 3 mois après traitement). Ces indices, qui sont en fait des moyennes ne peuvent être comparés que par des tests classiques de comparaison de moyennes puisqu'on ne dispose pas de suffisamment d'indices pour effectuer une analyse de variance.

Par contre, les indices vectoriels se prêtent à ce genre d'analyse. En effet, on dispose alors pour chaque zone et à chaque période d'une série d'indices. Des transformations adéquates ayant été effectuées, ces valeurs peuvent être soumises à l'analyse de variance. Par ailleurs, les conditions d'échantillonnage, bien que difficiles sur le terrain, ont été menées de sorte que les différents faciès biomorphologiques aient été échantillonnés tant sur la zone témoin que sur la zone traitée. On pourrait toutefois regretter que cela n'ait pas pu se faire de façon à apparier les stations entre la zone témoin et la zone traitée.

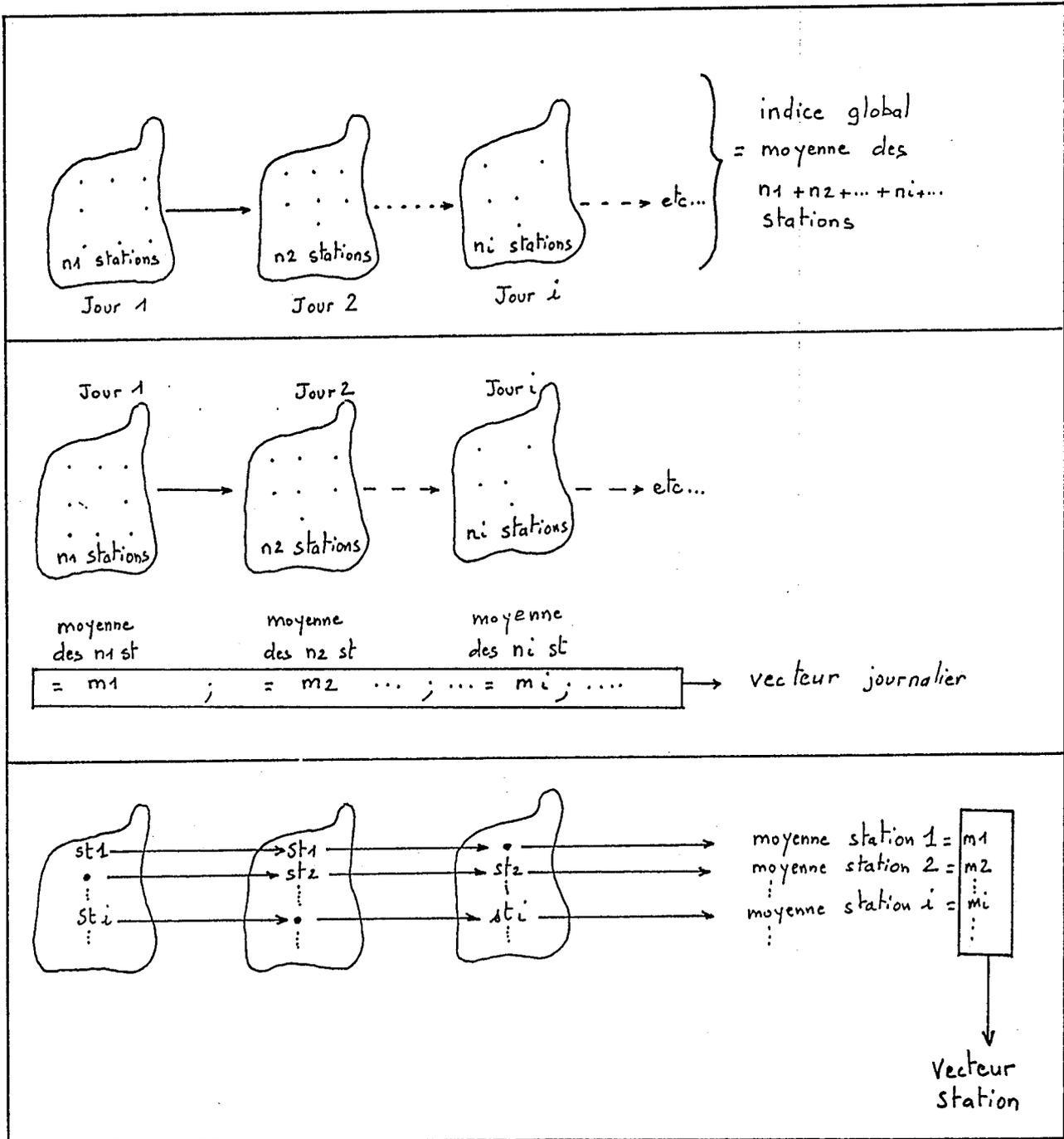


Figure 9 : modes de calcul des différents indices d'agressivité proposés

2.2.3.2 - Effets du traitement

- comparaison entre la zone témoin et Tereia avant traitement

Indices globaux

Pour Tereia, l'indice a été calculé en moyennant les données transformées des observations des différents jours (au total 126 observations). Pour la zone témoin, 29 observations ont été effectuées.

La figure 10 montre le niveau de ces indices et l'intervalle de confiance à 95 %. On constate qu'avant traitement, même si l'estimation ponctuelle de l'indice est légèrement supérieure sur le témoin (4.90 contre 4.70 à Tereia), les intervalles de confiance ne permettent pas de décider d'une différence significative : avant traitement, Tereia et la zone témoin ont deux indices équivalents.

Indice vectoriel journalier

Cet indice est en fait constitué, pour chaque zone, de la série des indices calculés pour un jour donné. En effet, on peut considérer que chaque jour d'échantillonnage donne une réalisation possible de l'indice d'agressivité.

A Tereia, on a pu disposer de 8 séries et sur la zone témoin de trois séries. Ces 11 séries ont été soumises à une analyse de variance à une voie. Les résultats apparaissent à la figure 11. La encore on ne peut pas différencier la zone témoin de Tereia.

- Comparaison entre la zone témoin et Tereia 3 mois après traitement

Ici seul les indices vectoriels ont été utilisés puisqu'eux seuls permettent l'analyse de variance. L'intérêt, entre autres, de cette analyse est qu'elle permet de constater l'existence (ou non) d'un effet du traitement, sans tenir compte d'un effet "période" qui peut apparaître en raison des fluctuations naturelles des populations.

Indice vectoriel "journalier"

Il s'agit du même indice que celui traité précédemment. La figure 12 montre le résultat de l'analyse. On constate qu'il existe une différence significative entre les groupes : les observations avant traitement et 3 mois après sont différentes mais, on ne remarque pas de différence significative entre Tereia et la zone témoin trois mois après traitement. L'effet "période" est marqué mais l'effet "traitement" n'existe pas.

Indice vectoriel "station"

Cet indice est calculé en faisant la moyenne des observations journalières sur une station donnée. Ceci permet de lisser les biais qui pourraient apparaître dans le cas où certaines stations seraient plus souvent échantillonnées que d'autres et déséquilibreraient la valeur de l'indice. On dispose alors de quatre séries d'indices : Tereia avant traitement, Tereia 3 mois

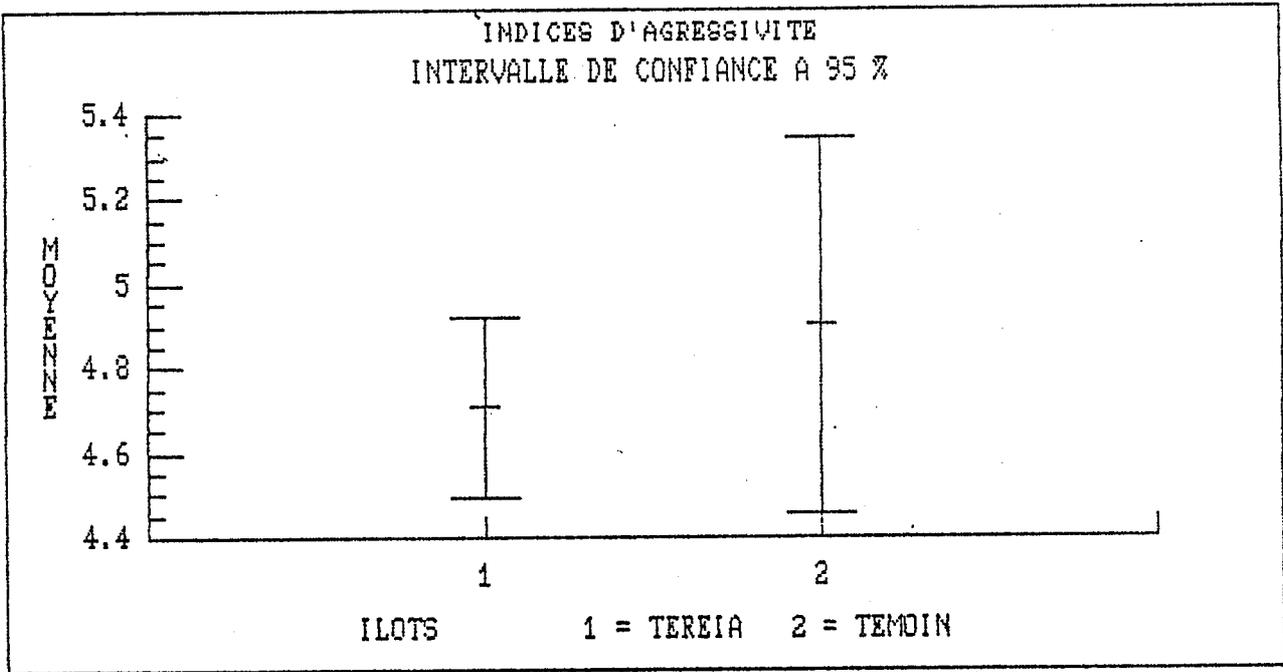


Figure 10 : comparaison de l'indice d'agressivité général entre l'ilot témoin (n° 2) et Tereia (n° 1) avant traitement.

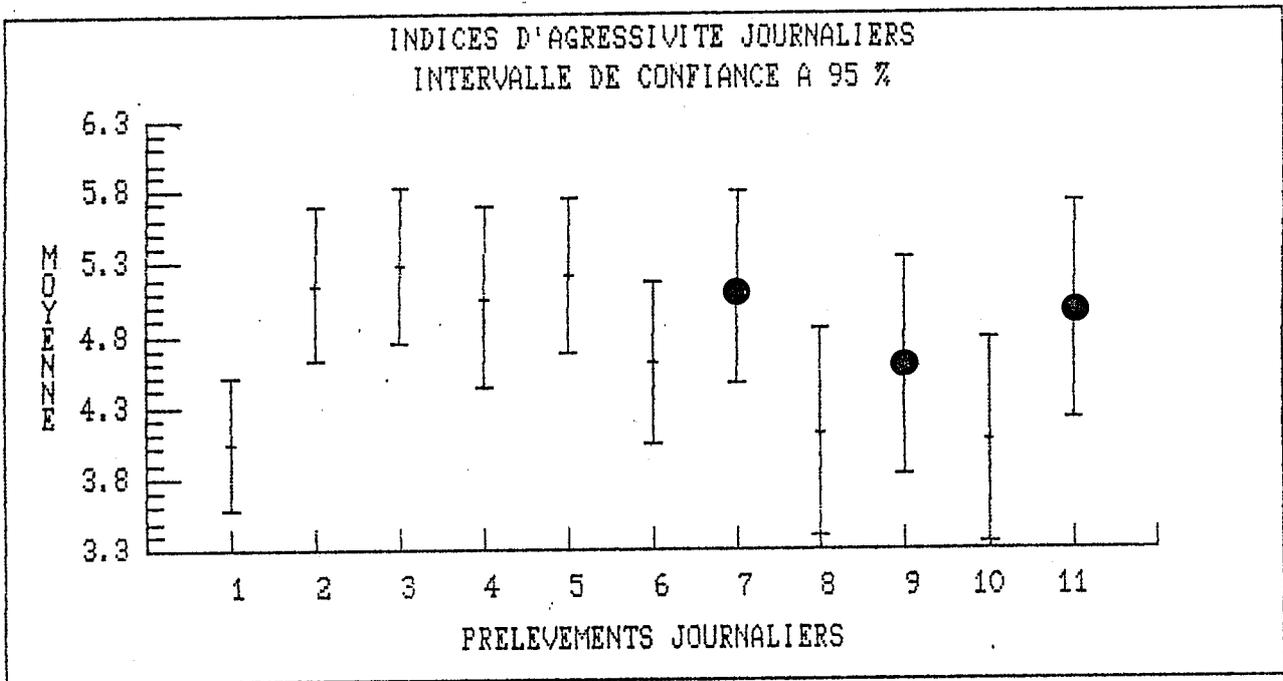


Figure 11 : comparaison des indices journaliers calculés sur Tereia (+) et sur l'ilot témoin (●) avant traitement.

après, témoin avant traitement et témoin 3 mois après. Les résultats sont représentés à la figure 13. Là encore, on constate un effet "période" marqué mais pas d'effet "traitement".

Analyse de variance sur les blocs non équilibrés

Ce type d'analyse permet, dans le cas de figure étudié ici (où le nombre de réalisations n'est pas constant d'une île à l'autre, voire d'une période à l'autre), de pouvoir tester les effets séparés de la période et du traitement. Les blocs sont ici constitués par chaque île, avant et 3 mois après traitement (donc 4 blocs au total). Les réalisations dans chaque bloc sont les moyennes, par station, des données transformées. On a donc le tableau suivant (nombre de stations) :

période	îlot	témoin	Tereia
avant		9	29
3 mois		8	29

Le tableau d'analyse de variance est le suivant :

source	somme des carrés	ddl	carré moyen	F
total	113.02	74	1.527	
cellule	33.98	3	11.327	
période + traitement	33.92	2		
interaction	0.56	1	0.056	0.05
période	33.69	1	33.69	30.26
traitement	0.11	1	0.11	0.10
résiduelle	79.03	71	1.11	

On constate là encore que, une fois l'effet "période" retranché, l'effet du traitement n'existe pas.

2.3 - Echantillonnage des terriers de crabe

On trouvera dans LARDEUX (1987) la description de la méthode d'échantillonnage et des sources de biais.

Au troisième mois, le plan d'échantillonnage choisi n'est plus de type "systématique" comme il avait été fait avant traitement. Les prélèvements sont toujours effectués par quadrat d'environ 5 m de côté. Chaque quadrat est localisé sur le terrain, dans chacun des faciès caractéristiques des grandes strates biogéographiques des îlots. 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

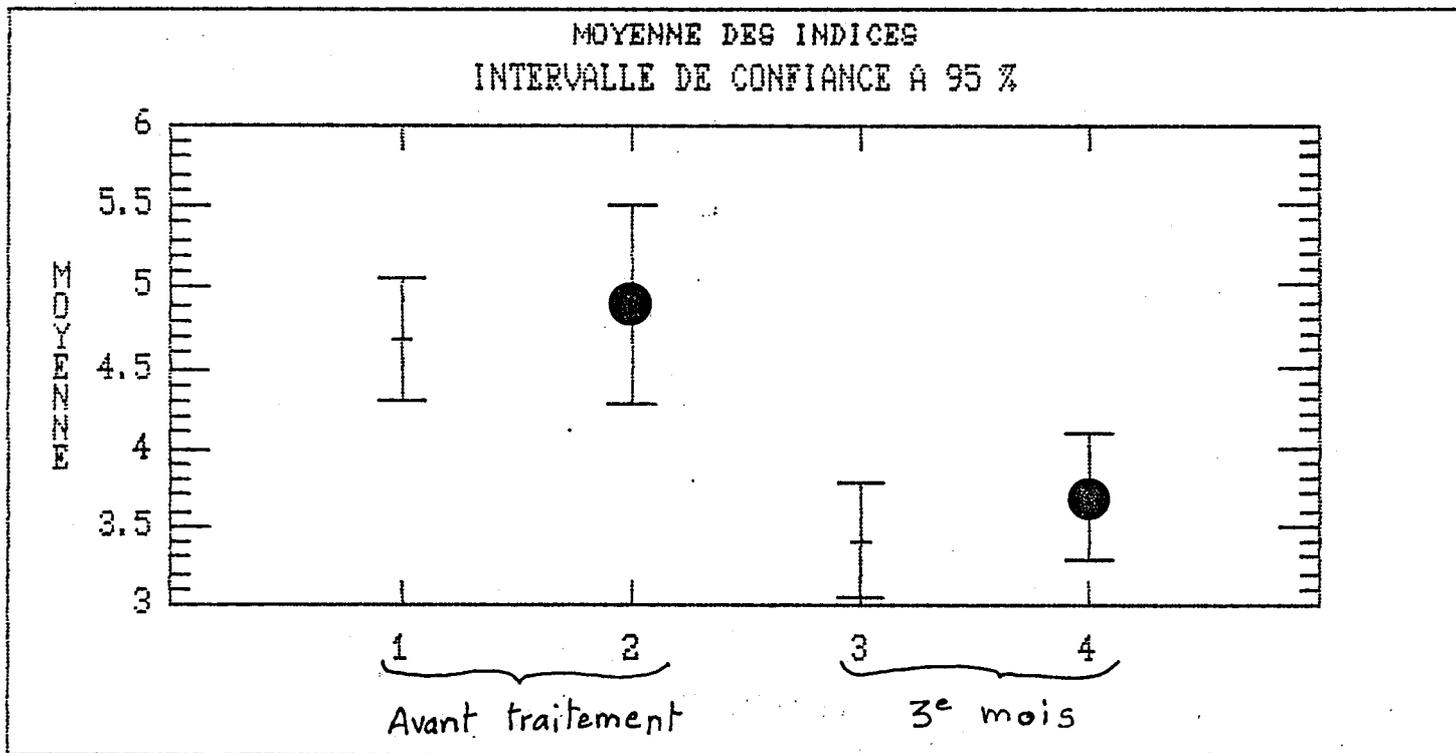


Figure 12 : comparaison des indices vectoriels journaliers moyens avant traitement et 3 mois après.
(+ = Tereia ; ● = témoins)

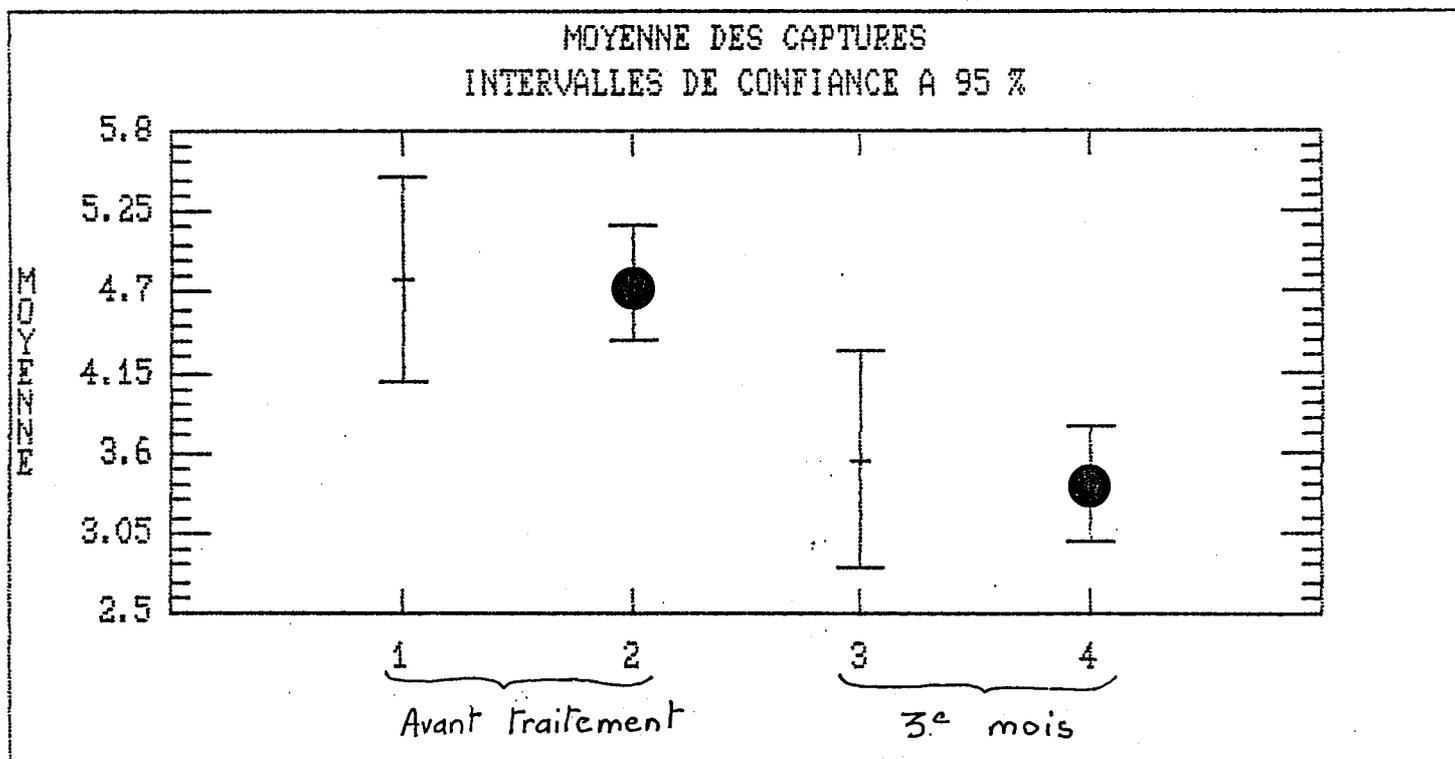


Figure 13 : comparaison des indices vectoriels des stations moyens avant traitement et 3 mois après.
(+ = Tereia ; ● = témoins)

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.

L'emplacement des quadrats apparaît sur la carte 6.

Les données brutes recueillies au 3^{ème} mois et ayant servi aux calculs sont consignées dans l'annexe 4 et l'annexe 5.

2.3.1 - Méthode d'analyse des données

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 évoluent au cours du temps (avant traitement, 3 mois après, 6 mois après etc...). La mise en évidence d'un effet du traitement se fera donc par des tests statistiques ad hoc sur ces proportions, qui seront comparées non seulement dans le temps, mais encore entre zone témoin et zone traitée.

2.3.2 - Résultats du troisième mois

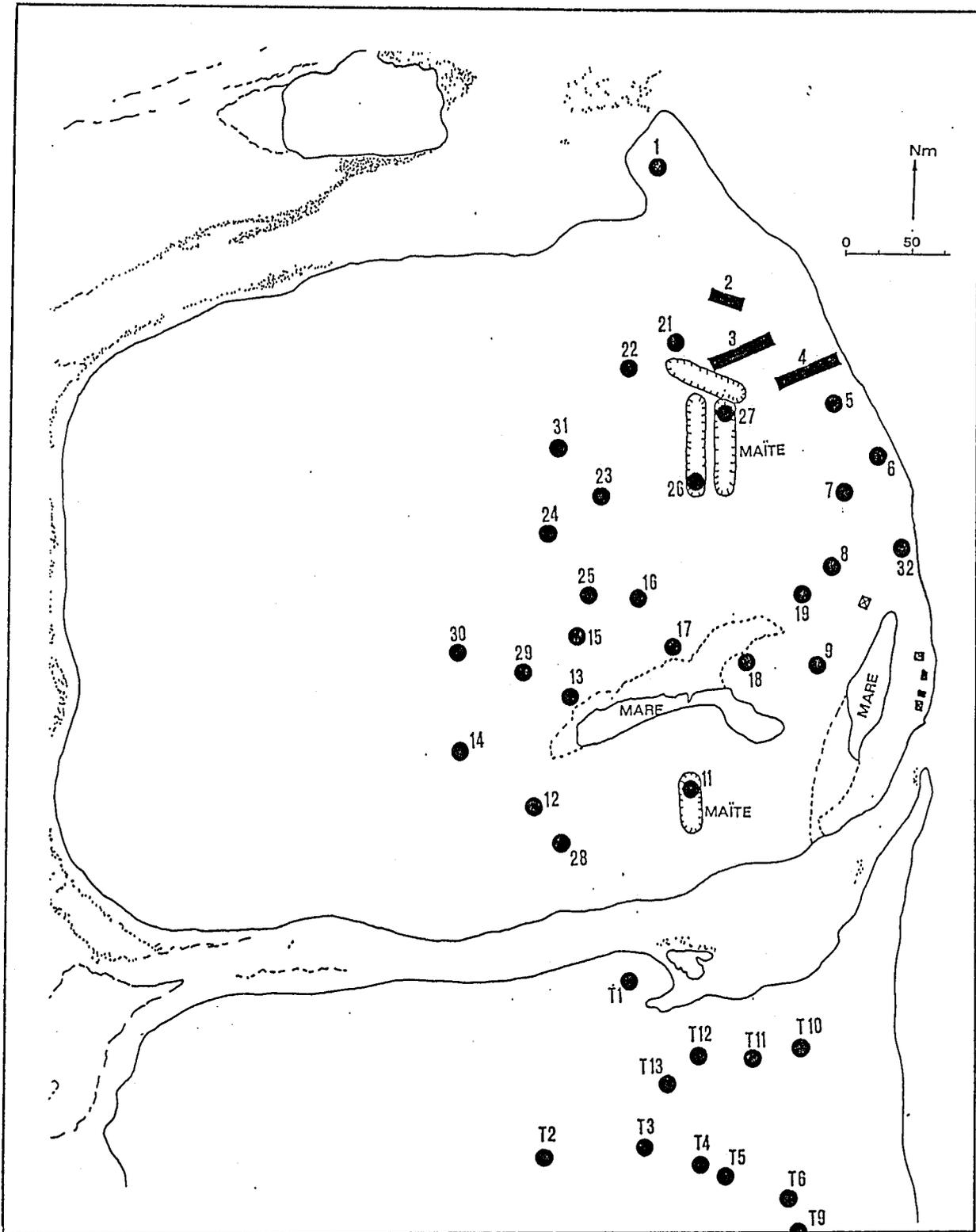
Les résultats globaux de l'échantillonnage au troisième mois apparaissent à la figure 14. Cette figure montre que près de 80 % des terriers en eau sur Tereia hébergent Mesocyclops aspericornis. Ceci montre que le traitement a été relativement bien effectué.

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). Ce phénomène d'assèchement temporaire, lié aux fluctuations du niveau de la nappe phréatique est actuellement le principal obstacle (avec les terriers à salinité > 10 ‰) à une bonne généralisation de la méthode de lutte. La découverte d'une souche de M. aspericornis résistante à la dessiccation (et tolérant des salinités plus élevées) serait une solution à ce problème.

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". Il semble, au vu des résultats obtenus sur les captures, que cette faible proportion de gîtes productifs suffit à générer des populations de moustiques adultes suffisamment denses pour constituer une gêne épidémiologique.

En ce qui concerne l'implantation des colonies de copépodes, la figure 15 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).



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

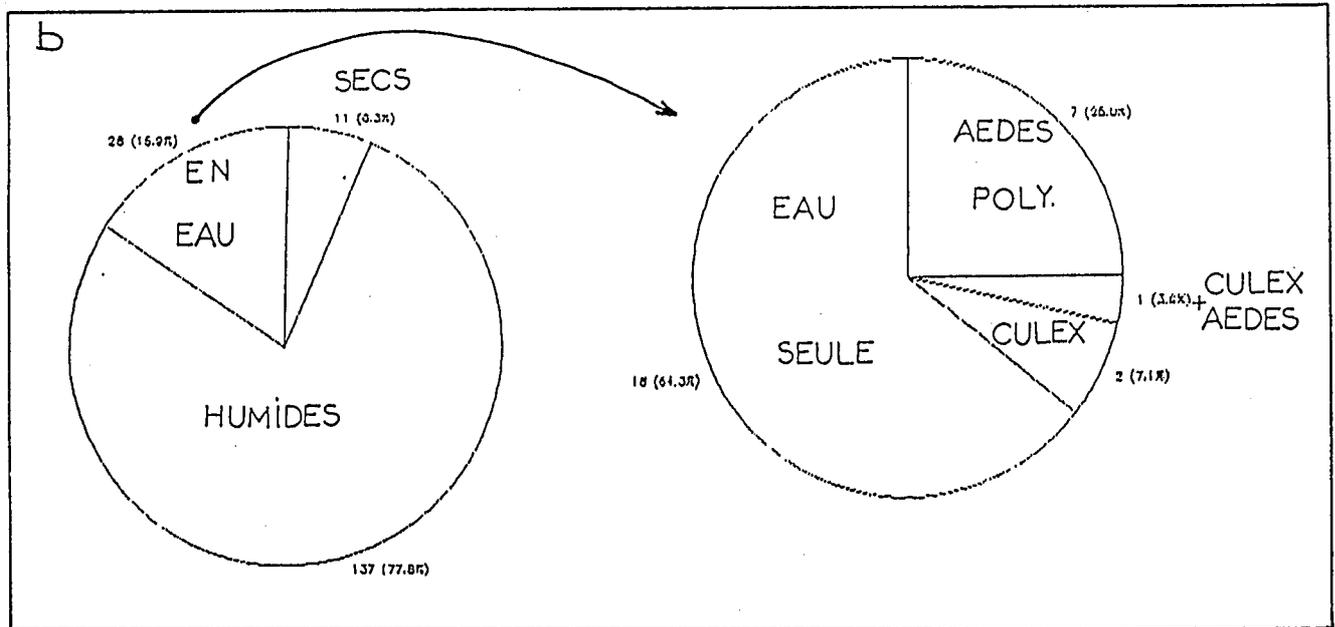
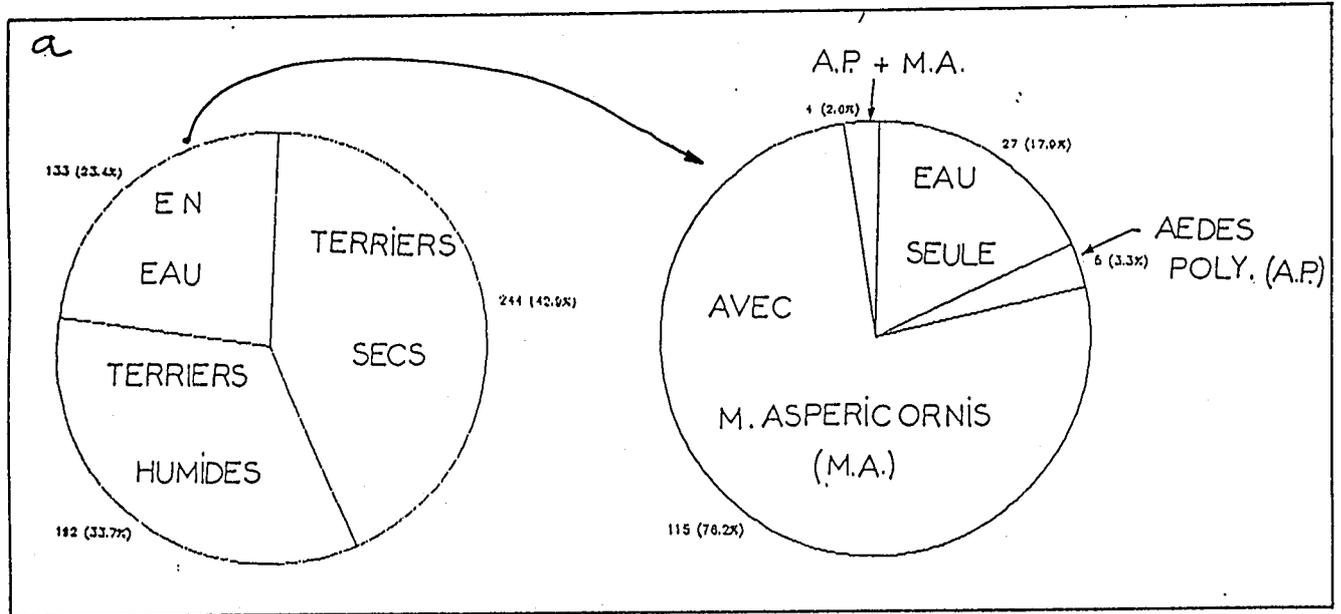
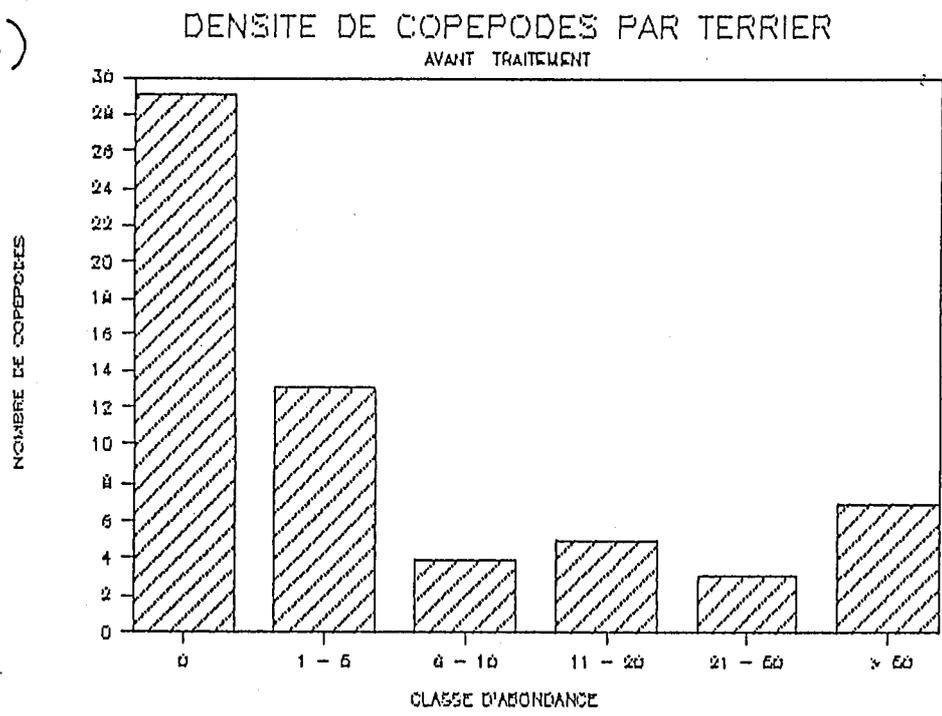


Figure 14 : pourcentage des terriers en eau et occupation des terriers en eau.

a - sur Tereia

b - sur l'îlot témoin

a)



b)

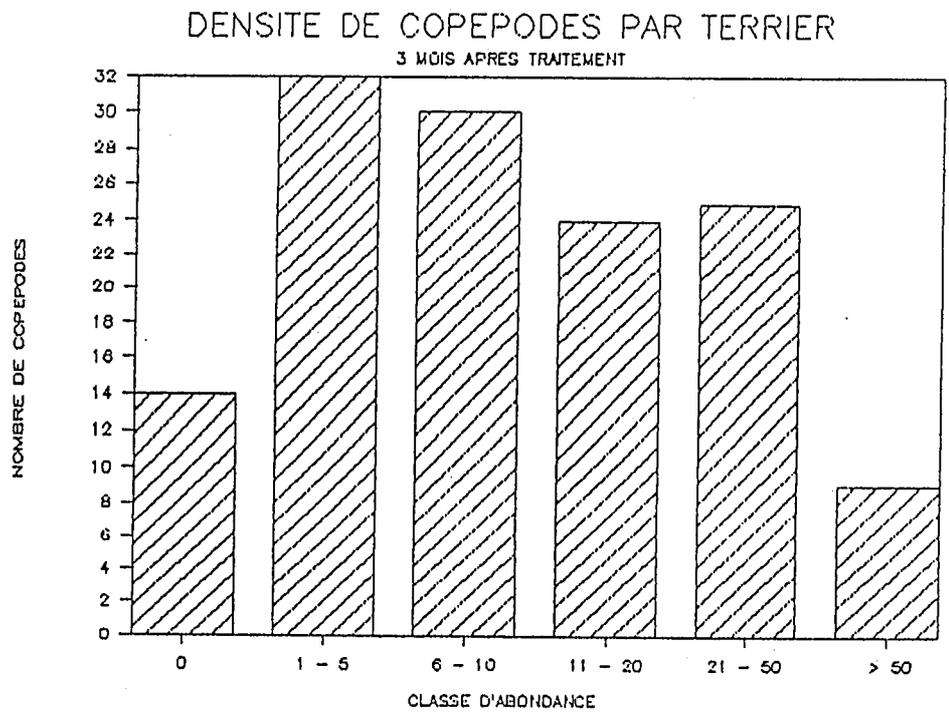


figure 15 : structure des populations de copépode dans les terriers de crabe.
a) avant traitement
b) 3 mois après

2.3.3 - Comparaison avant traitement - 3 ème mois.

L'évolution temporelle de quelques paramètres permet d'apprécier la qualité du traitement. Ces données sont illustrées dans le tableau 3 et la figure 16 .

On constate qu'il existe une différence significative entre le nombre de terriers hébergeant M. aspericornis avant et 3 mois après le traitement puisqu'on passe, sur Tereia de 50 % à 90 %.

Le corrolaire est que la proportion de terriers hébergeant A. polynesiensis baisse significativement sur Tereia. De même, 3 mois après traitement, cette proportion de terriers est significativement plus faible sur Tereia que sur la zone témoin : l'action du copépode, au niveau des terriers est donc sensible.

3 - EFFICACITE DU TRAITEMENT

3.1 - Rémanence des effets

Au niveau d'un terrier de crabe isolé, et à condition que les caractéristiques physico-chimiques soient bonnes (notamment la permanence de la nappe d'eau, une salinité faible ...), l'action prédatrice du copépode est excellente 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 périclitement 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 cours 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 4 % en moyenne étaient productifs en Aedes polynesiensis, soit au total, 200 terriers. Or, un terrier peut produire de 40 à 70 moustiques adultes par jour (RIVIERE, comm. pers.), soit pour Tereia, un total de 8 000 à 14 000 (d'où, environ 4 000 à 7 000 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
EN EAU	80	133	28
EAU SEULE	26	27	18
AVEC AEDES POLYNESEIENSIS (AP)	11	5	8
AVEC MESOCYCLOPS ASPERICORNIS (MA)	42	115	0
AVEC AP + MA	1	4	0
TERRIERS SECS	204	244	11
NBRE TOTAL EXAMINE	284	569	176

tableau 3 : Evolution temporelle des paramètres mesurés pour les terriers de crabe terrestre (en nombre de terriers)

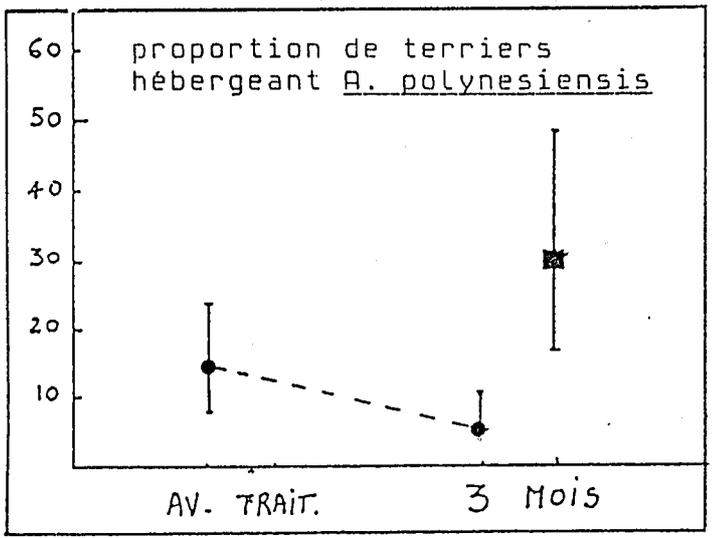
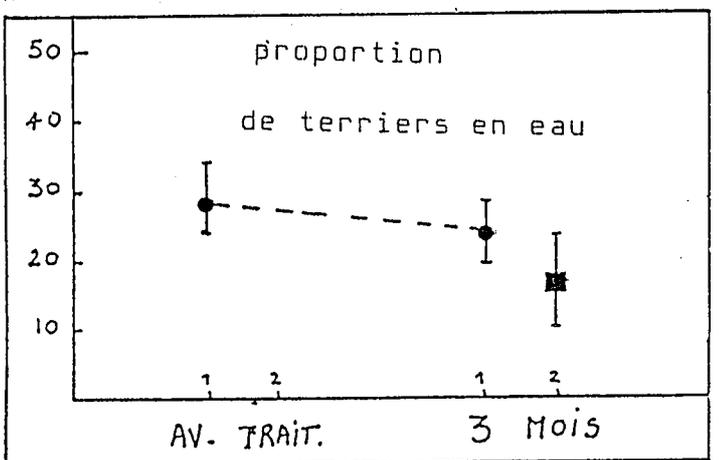
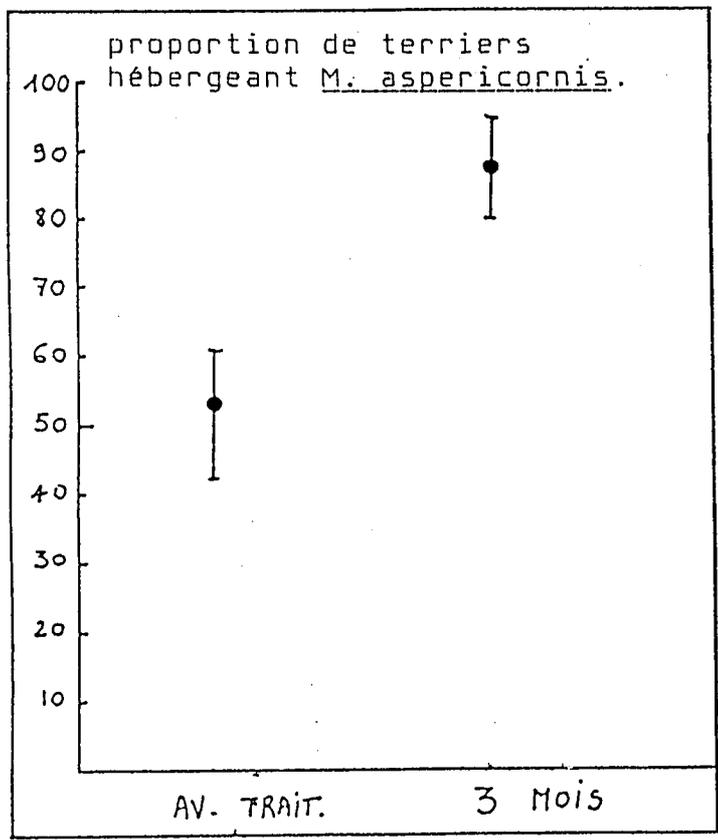


figure 16 : Evolution temporelle de quelques paramètres mesurés sur les terriers de crabe.

3.2 - Faisabilité à grande échelle

Compte tenu de ce qui précède, il paraît peu souhaitable d'envisager un contrôle à grande échelle des cocoteraies des atolls avec cette méthode de lutte.

Toutefois, le faciès d'application est très particulier et il existe, en Polynésie, des biotopes autres que les cocoteraies à Cardisoma carnifex où le copépode devrait être testé : villages, îles hautes etc... qui sont des domaines très différents et où parfois, les possibilités d'intervention sont plus faciles. Cette facilité d'intervention est aussi un facteur clé : en effet, à Tereia, la mise en oeuvre de la méthode a nécessité la collaboration de nombreuses personnes et a duré plusieurs semaines (3 équipes de 4 personnes pendant 120 heures). On conçoit donc que la seule manière de minimiser les coûts d'application est de disposer d'une méthode dont l'action soit réellement efficace et de grande rémanence.

Il ne semble donc pas qu'à présent, ces conditions soient remplies au niveau des îlots des atolls.

CONCLUSION

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

La méthode n'est cependant pas à rejeter car elle mérite d'être testée dans d'autres conditions où elle peut s'avérer être un complément efficace à d'autres méthodes.

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.
- BARTLETT M. - 1949 - The use of transformations. Biometrics 3 (1) : 39 - 52.
- BONNET D.D., CHAPMAN H. - 1958 - The larval habitat of Aedes polynesiensis Marks in Tahiti and methods of control. Amer. J. Trop. Med. Hyg., 7 (5) : 512-518.
- DAVAUD E. - 1975 - Le traçage automatique de cartes d'isovaleurs : un algorithme simple en FORTRAN IV. Can. J. Earth Sci. 12 : 1069 - 1077.
- FRONTIER S. - 1983 - Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson.
- LARDEUX F. - 1987 - Lutte biologique contre Aedes polynesiensis avec le copépode Mesocyclops aspericornis. Expérimentation à Rangiroa. I - Etude avant traitement - traitement. Rapport ITRMLM 13 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 69 p.
- LARDEUX F., 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., KAY B., COLOMBANI L. - 1987 - Lutte biologique contre Aedes polynesiensis avec le copépode Mesocyclops aspericornis. Expérimentation à Tikehau. I - Prospection et recherche de sites d'étude. Proposition de lutte intégrée. Rapport ITRMLM n°12 / 87 / ITRM / Doc-Ent : 15 p.
- 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., 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 15ème congrès de Pacific Science Association, University of Otago (Dunedin-New Zealand), Fev 1-11, 1983. 17p.
- 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.
- 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.

TAYLOR L.R. - 1961 - Agregation, variance and the mean. Nature, Lond. 189 : 732 - 735.

ANNEXE 1

CALENDRIER DES CAPTURES

du lundi 21 au mercredi 30 mars 1988

stations F = Tereia

stations B = témoin

RANGIROA - TEREIA

CAPTURES DE MOUSTIQUES

MARS 1988

Stations	Jours									TOTAL
	L 21	M 22	M 23	J 24	V 25	S 26	L 28	M 29	M 30	
F1	1		1			1		1	1	5
F2	1		1			1	1	1	1	6
F3	1		1			1	1	1	1	6
F4	1		1			1	1	1	1	6
F5	1		1	1		1	1	1	1	7
F6	1		1	1		1	1	1	1	7
F7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
F8	1	1		1	1			1	1	6
F9	1	1		1	1			1	1	6
F10	1	1		1	1			1	1	6
F11	1	1		1	1				1	4
F12	1	1			1					3
F13	1	1			1					3
F14	1		1		1					3
F15	1		1		1					3
F16	1		1	1	1					4
F17	1	1	1	1	1					5
F18	1	1	1	1	1					5
F19	1	1	1	1	1					5
F20	1			1		1				4
F21		1		1		1				3
F21 b	1	1		1		1				4
F22	1	1		1		1				4
F23	1	1		1		1				4
F24		1		1		1				3
F25		1		1		1				3
F26			1		1		1	1	1	5
F27										0
F28	1		1		1	1	1		1	6
F29	1			1	1	1	1	1	1	7
B1		1	1	1	1		1	2	2	9
B2		1	1	1	1		1	2	2	9
B3		1	1	1	1		1	2	2	9
B4		1	1	1	1		1	2	2	9
B5		1	1	1	1		1	2	2	9
B6		1	1	1	1		1	2	2	9
B7		1	1	1	1		1	2	2	9
B8		1	1	1	1		1	2	2	9
TOTAL	25	25	23	27	24	16	17	28	29	

ANNEXE 2

DONNEES BRUTES DES CAPTURES - MARS 1988

stations F = TEREIA

stations B = TEMDIN

ST = numéro de la station (cf les cartes)
Jour = Jour de la capture (entre le 21 et le 30 mars)
H = heure de la capture (début de la capture)
V = vent (0 = pas de vent 3 = vent fort)
Neb = nébulosité (0 = ciel clair ... 1 = ciel couvert)

Les chiffres de 1 à 10 indiquent les minutes de capture. Le symbole ND dans le tableau signifie que la donnée est non disponible

ST	Jour	H	TEMP	V	Neb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F1	21	8.18	29.6	2	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5
F2	21	8.32	29.5	2	0	2	3	9	16	24	37	42	48	51	54
F3	21	8.51	30	2	0	5	15	21	27	37	40	45	51	53	56
F4	21	9.06	32.4	1	0	7	13	17	21	22	23	24	26	26	26
F5	21	9.21	30.2	1	0	6	10	13	16	18	19	20	21	24	12
F6	21	9.37	35	0	0	1	2	2	2	3	3	6	6	6	6
F7	21	9.53	32	0	0	1	6	14	25	36	44	57	64	73	85
F8	21	10.11	ND	1	0	3	3	7	9	11	9	9	23	27	32
F9	21	10.27	33.8	1	0	4	6	8	9	11	14	14	17	20	23
F10	21	10.43	31	1	0	9	23	57	76	90	117	128	135	140	162
F11	21	11.01	33.1	1	0	ND	15	ND	26	ND	26	ND	28	ND	37
F12	21	11.15	30.9	2	0	0	3	4	10	12	13	14	15	16	16
F13	21	12.13	31.4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F14	21	12.26	31.4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
F15	21	12.39	32.2	3	0	1	4	7	9	16	16	19	21	27	29
F16	21	12.55	32.7	0	0	2	16	31	43	55	63	68	68	71	75
F17	21	13.09	32.6	0	0	8	18	30	36	37	40	43	49	53	54
F29	21	13.29	32	1	0	3	12	38	ND	79	ND	135	151	164	185
F28	21	13.45	32.4	1	0	10	29	57	66	74	89	98	106	114	125
F19	21	14.03	33	0	0	12	28	41	49	67	82	100	111	119	132
F18	21	14.25	ND	0	0	ND	72	104	123	133	148	155	168	178	187
F23	21	14.42	33.1	0	0	11	21	26	38	48	53	ND	58	59	63
F22	21	14.59	ND	1	0	16	25	41	50	63	70	83	85	87	95
F21B	21	15.22	31.3	1	0	30	71	94	ND	129	137	148	162	168	171
F20	21	15.38	30.2	3	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	47
B7	22	8.15	27.5	1	0	0	17	41	52	63	67	76	82	87	99
B1	22	8.32	29.7	0	0	11	16	29	41	48	55	61	65	67	68
B2	22	8.48	27.7	2	0	6	15	24	29	38	41	47	51	57	67
B3	22	9.02	30.6	0	0	6	11	20	25	32	41	45	53	58	65
B4	22	9.17	30.1	1	0	1	12	22	35	53	ND	82	82	ND	107
B5	22	9.32	31.9	0	0	6	13	27	43	86	110	144	168	192	220
B6	22	9.47	32	0	0	10	14	17	24	42	ND	63	64	75	92
B8	22	10.04	31.7	2	0	8	9	9	9	10	10	10	11	13	15
F20	22	10.51	30.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5
F21	22	11.07	32.3	0	0	3	10	30	55	78	82	89	93	93	97
F21B	22	11.21	31.5	0	0	7	18	32	45	49	58	62	66	68	76
F22	22	11.36	32.7	1	0	3	6	15	24	38	45	54	60	63	71
F23	22	11.51	33.5	1	0	7	ND	24	30	37	45	ND	55	63	68
F24	22	12.11	33.4	1	0	1	8	19	31	40	58	71	81	90	102
F25	22	12.25	33.4	1	0	16	53	86	103	120	123	131	135	136	143
F18	22	12.48	32.6	1	0	30	65	78	86	99	104	111	116	119	125
F19	22	13.03	34.2	1	0	15	36	54	74	90	104	ND	122	126	136
F17	22	13.25	33.3	0	0	18	31	50	65	86	ND	117	123	129	133
F13	22	14.15	ND	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F12	22	14.27	31.2	3	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	37
F11	22	14.42	32.6	1	0	12	23	26	31	32	37	39	41	44	48
F10	22	14.57	32.3	0	0	0	2	9	14	18	21	ND	33	39	41
F9	22	15.11	32.6	0	0	3	11	ND	30	41	53	65	70	73	81
F8	22	15.25	30.8	0	0	4	8	ND	14	21	28	33	33	40	47
F7	22	15.39	32.2	1	0	7	17	20	26	39	51	63	74	93	105
F14	23	8.27	29.9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F15	23	8.38	29.9	3	0	1	2	2	2	7	9	11	14	19	24
F16	23	8.53	30.8	1	0	8	12	22	40	58	75	90	101	113	116

ST	Jour	H	TEMP	V	Neb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F17	23	9.08	31.6	0	0	3	5	8	10	14	19	22	23	25	27
F18	23	9.24	31.8	0	0	22	41	64	74	91	107	112	ND	125	131
F19	23	9.38	30.5	0	1	10	30	ND	60	72	83	85	91	93	109
F28	23	9.53	29.8	1	1	3	8	30	51	75	89	98	114	126	144
F26	23	10.09	28.2	0	1	11	37	49	ND	64	77	88	98	105	110
F7	23	10.24	27.7	0	1	2	ND	15	22	27	32	35	41	59	75
F1	23	11.27	30.1	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	7
F2	23	11.41	30.3	2	0	1	5	6	8	9	9	9	9	12	15
F3	23	11.54	31.1	1	0	3	6	10	15	20	26	30	32	39	45
F4	23	12.08	31.3	0	0	2	3	6	6	7	8	9	9	9	9
F5	23	12.26	30.8	0	0	2	9	11	11	11	13	13	14	17	19
F6	23	12.41	32.7	0	0	0	4	4	4	5	5	6	7	9	9
B8	23	12.56	32.2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
B1	23	13.11	30.9	0	0	0	10	19	30	36	37	48	50	52	56
B7	23	13.32	31	1	0	9	14	22	30	37	45	52	56	59	68
B2	23	13.49	32.5	1	0	2	6	14	18	24	28	43	53	55	59
B3	23	14.03	31.9	0	0	6	35	47	63	80	87	94	104	107	113
B4	23	14.19	32.2	1	0	3	13	16	21	31	37	52	58	64	74
B5	23	14.34	ND	0	0	15	38	60	ND	115	156	172	197	220	236
B6	23	14.48	31.8	0	0	10	16	28	39	52	55	64	70	82	102
B8	24	8.05	30.2	0	0	3	3	5	5	5	6	7	9	9	11
B7	24	8.21	30.8	0	0	0	2	11	13	19	22	31	34	41	45
B1	24	8.37	30.6	0	0	2	10	20	26	37	46	54	62	75	85
B2	24	8.52	30.7	0	0	13	24	34	38	ND	55	62	64	69	74
B3	24	9.06	31.1	0	0	2	6	11	14	23	26	36	42	ND	57
B4	24	9.19	30.8	0	0	17	48	96	135	171	203	219	233	244	260
B5	24	9.35	31.6	0	1	15	45	ND	120	ND	147	187	210	232	255
B6	24	9.48	31.7	1	0	3	23	45	59	69	86	101	110	127	136
F5	24	10.07	31.7	2	0	9	14	21	27	31	39	46	49	53	58
F6	24	10.21	31.5	1	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	13
F7	24	10.35	30.9	0	0	0	0	7	8	12	19	23	32	35	44
F8	24	10.49	31.2	1	0	9	12	15	19	ND	30	37	40	43	46
F29	24	11.03	32.4	0	0	6	11	15	19	32	40	53	60	ND	72
F9	24	11.18	33.7	1	0	4	6	9	11	20	24	26	31	39	47
F10	24	11.31	32	0	0	11	21	33	58	72	76	87	92	96	107
F11	24	11.46	32.6	0	0	4	12	24	39	48	50	54	55	55	56
F20	24	12.42	ND	2	0	0	0	0	3	6	7	10	10	10	10
F21	24	13.01	32.9	0	0	7	18	23	34	37	44	46	47	51	54
F21B	24	13.15	32.9	2	0	6	32	59	73	86	102	105	118	120	123
F22	24	13.29	34.2	0	1	0	11	27	45	70	98	104	116	116	121
F23	24	13.43	34.4	0	0	1	8	15	18	22	24	26	26	29	31
F24	24	14.01	33.3	0	0	6	14	20	25	32	38	44	47	60	71
F25	24	14.16	34.4	0	0	2	10	17	24	26	35	41	46	48	52
F19	24	14.37	34.1	0	0	6	13	17	30	40	65	82	101	105	108
F18	24	14.51	32.3	1	0	12	32	47	69	80	94	99	110	ND	127
F17	24	15.05	32.6	0	0	4	13	55	85	113	136	145	158	171	181
F16	24	15.18	32.4	1	0	6	ND	29	38	62	73	82	ND	100	104
F14	25	8.26	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F15	25	8.37	29.4	3	1	0	0	0	0	1	ND	ND	ND	ND	11
F16	25	8.51	30.2	1	1	7	11	19	23	27	29	32	38	42	42
F17	25	9.05	30.6	0	1	3	6	12	20	25	27	32	36	38	40
F18	25	9.21	30.5	0	1	4	8	20	24	35	37	41	44	50	57
F19	25	9.33	30.2	0	1	2	13	21	38	44	59	64	69	71	72
F28	25	9.49	31.2	0	1	2	10	13	16	23	36	37	40	42	45
F26	25	10.06	31.3	0	0	0	3	7	7	17	23	33	41	44	51
F7	25	10.21	30.4	1	1	0	2	6	12	22	26	32	34	37	41

ANNEXE 3

CAPTURES CUMULEES SUR PLUS DE 10 MINUTES

LUNDI 28 MARS 1988

Station	B7	B1	B2	B4	B5	B6	F29	F28	F7
Heure	8.51	9.26	10.12	10.25	10.49	11.12	12.25	12.48	13.25
1	1	1	1	1	17	0	1	0	0
2	4	6	4	11	61	3	2	3	12
3	8	8	9	24	86	19	4	6	24
4	14	ND	10	28	100	46	9	11	34
5	18	16	10	34	143	61	22	20	55
6	20	21	12	37	164	70	32	24	74
7	22	23	13	41	182	72	50	26	89
8	22	24	15	46	196	80	67	31	101
9	23	26	17	51	208	82	74	33	109
10	23	29	21	58	212	83	86	36	117
11	28	30	27	62	223	87	100	36	125
12	30	32	27	63	233	90	105	39	128
13	33	34	30	66	235	93	112	43	130
14	35	36	33	66	238	93	118	45	134
15	36	37	36	66	240	94	120	47	136
16	36	40	37	69	243	98	124	48	142
17	37	42	40	71	247	112	128	56	146
18	38	42	44	73	248	118	128	57	147
19	41	46	46	78	249	126	130	58	148
20	42	47	47	83	251	136	134	62	149
21	42					142			
22	42					144			
23	44					147			
24	44					159			
25	45					169			
26	45					171			
27	45					175			
28	48					177			
29	49					177			
30	49					177			

ANNEXE 4

CARACTERISTIQUES GENERALES DES ECHANTILLONNAGES DES
TERRIERS

Zone = correspond au numéro donné sur la carte (cf texte)

Les valeurs sont des nombres de terriers

Zone	Surface échant-	Terriers secs	Terriers humides	Terriers en eau	Total terriers
1	5m * 13m	13	3	0	16
2	20m * 5m	15	8	3	26
3	10m * 50m	37	39	13	89
4	10m * 50m	9	13	9	31
5	5m * 8m	3	12	6	21
6	5m * 5m	5	2	6	13
7	10m * 5m	6	5	7	18
8	5m * 5m	14	0	0	14
9	10m * 5m	8	6	6	14
10	5m * 6m	6	2	3	11
11	5m * 3m	0	4	4	8
12	5m * 5m	0	0	6	6
13	5m * 5m	6	3	4	13
14	5m * 5m	8	2	7	17
15	5m * 5m	9	1	4	14
16	5m * 5m	8	5	6	19
17	5m * 5m	13	3	2	18
18	5m * 5m	13	6	3	22
19	5m * 5m	15	6	3	24
20	5m * 5m	7	0	5	12
21	5m * 5m	16	13	1	30
22	5m * 5m	3	0	0	3
23	5m * 5m	0	12	0	12
24	5m * 5m	2	5	4	11
25	5m * 5m	7	3	4	14
26	5m * 5m	0	4	8	12

Zone	Surface échant-	Terriers secs	Terriers humides	Terriers en eau	Total terriers
27	3m * 3m	2	3	7	12
28	5m * 5m	8	0	0	8
29	5m * 5m	0	19	3	22
30	5m * 5m	0	6	4	10
31	5m * 5m	0	7	5	12
32	5m * 5m	11	0	0	11
Témoin 1	5m * 5m	0	22	0	22
Témoin 2	5m * 5m	11	0	0	11
Témoin 3	5m * 5m	0	15	1	16
Témoin 4	5m * 5m	0	11	2	13
Témoin 5	5m * 5m	0	8	2	10
Témoin 6	5m * 5m	0	9	2	11
Témoin 7	5m * 5m	0	19	0	19
Témoin 8	5m * 5m	0	17	0	17
Témoin 9	5m * 5m	0	6	4	10
T 10	5m * 5m	0	5	10	15
T11	5m * 5m	0	12	2	14
T12	5m * 5m	0	7	3	10
T13	5m * 5m	0	6	2	8

ANNEXE 5

CARACTERISTIQUES DES TERRIERS EN EAU

Vol = volume pompé, en cm³
M.A. = Mesocyclops aspericornis
L1 = Larves de stade 1
L2 = Larves de stade 2 etc..
Ny = Nymphe

Zone	N°	Vol. cm ³	M.A	EN					EAU				
				L1	L2	L3	L4	Ny	L1	L2	L3	L4	Ny
8	45												
9	46	2000	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	600	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	48	500	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	49	500	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	51	600	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	52	2000	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	53	2000	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	54	1400	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	55	400	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	56	300	0	1	0	1	15	3	0	0	0	0	0
	57	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	58	200	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	59	400	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	300	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	61	1000	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	62	600	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	63	500	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	64	1800	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
13	65	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	66	2000	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	67	600	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	68	800	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	69	900	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	70	400	1	0	0	6	11	7	0	0	0	0	0
	71	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	72	1200	>20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	73	800	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	74	1600	>20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	75	400	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	76	800	0	0	2	31	105	19	0	0	0	0	0
	77	2000	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	78	400	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	79	600	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	80	4000	1	0	0	0	52	7	0	0	0	0	0
	81	300	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	82	300	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	83	1900	>20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	84	400	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	85	300	13	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

Zone	TERRIERS				EN					EAU				
	N°	Vol. cm3	M.A	L1	L2	L3	L4	Ny	L1	L2	L3	L4	Ny	
28														
29	123	1400	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	124	150	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	125	400	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	126	800	>20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	127	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	128	1000	>30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	129	250	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	130	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	131	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	132	200	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	133	1300	0	0	1	1	17	3	0	0	0	0	0	
	134	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32														
Témoin 1														
Témoin 2														
Témoin 3	135	1300	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Témoin 4	136	200	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
	137	1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Témoin 5	138	2000	0	0	0	0	11	15	0	0	0	0	0	
	139	1600	0	0	0	23	27	13	0	0	0	0	0	
Témoin 6	140	300	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	141	3900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Témoin 7														
Témoin 8														
Témoin 9	142	300	0	0	0	6	4	9	0	0	0	0	0	
	143	1200	0	0	0	7	18	13	0	0	0	0	0	
	144	1300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	145	1600	0	0	1	0	0	0	0	2	41	38	0	

Zone	N°	Vol. cm ³	M.A	TERRIERS					EN		EAU				
				L1	L2	L3	L4	Ny	L1	L2	L3	L4	Ny		
T10	146	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	147	1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	148	1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	149	1900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	150	1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	151	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	152	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	153	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	154	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	155	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T11	156	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	157	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T12	158	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	159	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	160	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T13	161	1600	0	0	0	4	20	0	12	1	15	26	4		
	162	1300	0	0	0	16	4	1	0	2	23	29	3		

ANNEXE 6

CALENDRIER ET COUT DE LA MISSION

	DATES (Jours)	TRANSPORT (à charge de)	FRAIS
F. LARDEUX	19/03/88 au 01/04/88 (14j)	25 210 (ORSTOM)	100 856 (ORSTOM)
M. FAARUIA	19/03/88 au 01/04/88 (14j)	25 210 (ITRMLM)	85 848 (ITRMLM)
L. COLOMBANI	19/03/88 au 01/04/88 (14j)	25 210 (ITRMLM)	64 344 (ITRMLM)
H. FROGIER	19/03/88 au 01/04/88 (14j)	25 210 (ITRMLM)	64 344 (ITRMLM)
Matériel par bateau (Aller et retour)		14 106 (ORSTOM)	
Essence Hors bord			18 000 (ORSTOM)
TOTAL		114 946	333 392
		448 338	