



**HAL**  
open science

# Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants aux Tuamotu: Contrôle des terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*. 1. Etude avant traitement et traitement

Frederic Lardeux, Yves Séchan, Marc Faaruaia, Stéphane Duchon

## ► To cite this version:

Frederic Lardeux, Yves Séchan, Marc Faaruaia, Stéphane Duchon. Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants aux Tuamotu: Contrôle des terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*. 1. Etude avant traitement et traitement. Document Doc / LIN / IRD / 32 / 99, Laboratoire des Insectes Nuisibles - IRD. 1999, pp.1-22. hal-04763105

**HAL Id: hal-04763105**

**<https://hal.science/hal-04763105v1>**

Submitted on 1 Nov 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.

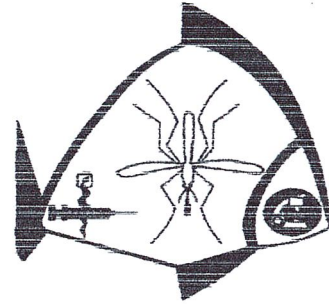


Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



**Institut de recherche  
pour le développement**

**Laboratoire de Lutte contre  
Les Insectes Nuisibles**



**Institut Maïardé**

**Lutte contre les moustiques vecteurs et  
nuisants aux Tuamotu :**

**Contrôle des terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex***

**1. Etude avant traitement et traitement**

**Lardeux, F., Séchan, Y., Faaruaia, M., et S. Duchon**

**Novembre 1999**

Introduction .....	3
1. Protocole proposé en juin 1998 .....	3
2. Zone d'étude.....	8
3. Méthodes.....	10
4. Etude comportementale du crabe <i>C. carnifex</i> .....	10
5. Appâts : support du larvicide.....	14
5.1. Fabrication .....	14
5.2. Contrôle de qualité.....	15
6. Insecticide (Fipronil) .....	15
6.2. Caractéristiques du produit .....	15
6.2. Activité du produit : .....	16
6.2.1. tests de sensibilité du Fipronil.....	16
6.2.2. contrôle de l'activité larvicide des appâts.....	16
7. Test de la technique de lutte .....	17
7.1. Etude des zones « traitée » et « témoin » .....	17
7.2. Traitement.....	19
8. Discussion et conclusion.....	19
Remerciements .....	20
Références bibliographiques.....	21

## Introduction

Cette étude est le deuxième volet de l'étude « Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants aux Tuamotu ». Le premier volet concernait l'étude des possibilités de contrôle des moustiques se développant dans les gîtes péri-domestiques au niveau des villages d'atolls. Les expériences et résultats sont décrits dans Loncke, 1997a, b, 1998 a, b; 1998, Lardeux et al. 1999 et Lardeux, 1999.

Le deuxième et présent volet constitue la suite logique du premier, en s'intéressant aux possibilités de contrôle des moustiques se développant dans les terriers du crabe terrestre *Cardisoma carnifex*, gîtes essentiels et abondants dans les cocoteraies d'atoll. Le moustique principal se développant dans ces terriers est *Aedes polynesiensis*, vecteur polynésien de la filariose de Bancroft, et dans une moindre mesure, *Culex quinquefasciatus*.

Le contrôle des populations de larves de moustique se développant dans les terriers de crabe a déjà fait l'objet de recherches, aussi bien en Polynésie Française que dans d'autres îles du Pacifique, avec peu de succès.

L'expérience que nous proposons ici consiste à tester le crabe comme vecteur d'un élément insecticide dans son propre terrier. C'est une approche novatrice. En effet, jusqu'à présent, les différents essais de contrôle se heurtaient non seulement à l'agent insecticide (le meilleur restant encore à déterminer), mais surtout à la technique d'inoculation des terriers. Ces terriers sont creusés souvent selon des tunnels peu rectilignes mesurant parfois plus d'un mètre de long et dont l'accès à la chambre en eau n'est jamais facile et immédiate. Le comportement du crabe peut permettre de remédier à ce problème : *C. carnifex* emporte dans son terrier les aliments qu'il désire consommer. Un appât appétant pour le crabe, et imprégné d'insecticide pourrait donc être un moyen de contrôle efficace des populations de larves de moustique se développant dans les terriers.

La présente étude se propose de mettre en place les actions 1, 3 et 4 du protocole proposé en juin 1998 (voir paragraphe 1 ci dessous). Ces actions sont : (1) l'étude du comportement du crabe, afin de voir si une population de crabes peut efficacement "traiter" l'ensemble des terriers d'une zone donnée, (2). recherche et mise au point d'un support de stockage (appât) pour l'agent larvicide et (3) test de terrain de la méthode de lutte.

La recherche de l'agent « insecticide » (= le meilleur rapport coût/ efficacité/ rémanence et adapté à la méthode), qui constitue « l'action n°2 » du protocole de juin 1998, se fera ultérieurement. Pour le test « de terrain », puisqu'il s'agit de tester le procédé de lutte (et non l'insecticide), des appâts ont été fabriqués dans lesquels ont été inclus des granules de Fipronil (Rhône-Poulenc), insecticide à bonne rémanence d'action, de manière à pouvoir contrôler, 1 mois et demi après « traitement » (en décembre 1999), l'efficacité réelle du procédé en tant que méthode de lutte.

## 1. Protocole proposé en juin 1998

Un protocole d'étude a été proposé en juin 1998, dont est extrait le texte ci-après :

*Les terriers des crabes terrestres sont connus comme étant des gîtes de développement larvaire de nombreuses espèces de moustiques: Bright & Hogue (1972) ont*

recensé de par le monde, plus de 141 espèces écologiquement liées à ces terriers, dont 10 sont connues pour être des vecteurs maladies humaines.

En Polynésie Française, le crabe incriminé est le "Tupa", *Cardisoma carnifex*, dont les terriers hébergent, quelques populations de *Culex* (*C. sitiens*, *C. quinquefasciatus*, *C. annulirostris*...), et surtout d'importantes populations d'*Aedes polynesiensis*, vecteurs de la filariose de Bancroft.

*A. polynesiensis* et *C. carnifex* sont des espèces que l'on rencontre dans tout le Pacifique Sud. Laird (1988) considère que les gîtes que constituent les terriers de *C. carnifex* sont de toute première importance dans les îles basses (atolls) du Pacifique et sur de nombreuses zones des plaines côtières des îles hautes, engendrant de fortes densités d'*A. polynesiensis*. Dans toute la zone inter-tropicale, des problèmes de même type existent avec d'autres associations crabes / moustiques identiques à celle de *C. carnifex* / *A. polynesiensis*.

La lutte contre ces moustiques se développant à l'intérieur de ces gîtes particuliers a donc une portée géographique "mondiale".

Le contrôle de ces populations de moustiques a déjà été tenté:

- Rivière et Thirel (1981), Lardeux et al. (1990) ont montré que le microcrustacé copépode *Mesocyclops aspericornis*, prédateur de larves de moustiques pouvait être utilisé à cette fin. Lardeux et al. (1992) ont appliqué la méthode en grandeur réelle sur un îlot d'atoll des Tuamotu. Le contrôle des populations larvaires de moustiques n'a pas été parfait, d'une part en raison de la plus faible tolérance à la salinité du copépode que des larves d'*A. polynesiensis* et d'autre part en raison de la non tolérance du copépode à la dessiccation laissant ainsi les populations de moustiques se réinstaller dans les terriers s'asséchant momentanément.
- Gardner et al. (1986) ont introduit un champignon parasite des larves de moustiques (*Tolypocladium cylindrosporum*) dans des terriers d'atoll (à Fiji). Là encore, l'action à grande échelle n'a pas été un franc succès. L'efficacité du champignon est imparfaite et ce traitement montre une faible rémanence d'action.
- Les résultats les plus prometteurs, bien que toujours imparfaits, sont ceux utilisant des insecticides, notamment les régulateurs de croissance (Laird et al. 1985) ou les insecticides biologiques de type *Bacillus* (Rivière et al. 1987).

L'utilisation des régulateurs de croissance (Methoprène, dans l'étude de Laird) reste délicate en raison de leur éventuelle action sur les crabes eux mêmes. Aussi, en dépit de leurs avantages (faible probabilité d'apparition de résistance, efficacité, rémanence d'action etc...), ces produits devront être réservés aux traitements de faibles surfaces, comme les alentours des villages d'atoll, par exemple. Leur généralisation (géographique) ne pourra se faire que si leur innocuité vis-à-vis des crabes est attestée, aux doses utilisées pour la lutte anti-moustiques.

Dans son étude, Rivière avait utilisé comme bacille *B. thuringiensis*, dont l'efficacité dans l'eau des terriers (riche en matière organique, saumâtre etc...) est très diminuée. Ses bons résultats pourraient être améliorés si l'efficacité du bacille (et sa rémanence d'action) l'était.

Par ailleurs, la technique d'inoculation manuelle des terriers, soit avec l'insecticide, soit avec les "parasites" a souvent été critiquée, étant parfois à l'origine "d'oublis" de terriers, ou de

traitements n'atteignant pas le fond de la chambre du terrier (c'est à dire la "cuvette" d'eau saumâtre où se développent aussi les larves de moustique).

En résumé, on peut dire qu'il y a deux points à améliorer pour espérer mettre au point une technique de lutte efficace:

1. Le choix du "produit" de traitement
2. La technique d'inoculation des terriers

L'Unité d'Entomologie de l'Institut Malardé a une bonne expérience du problème (cf. les travaux de Rivière et al., Lardeux et al. notamment) et, forte de son expérience, se propose d'envisager une nouvelle approche de ce type de lutte, tenant compte des deux points faibles précédemment cités.

Le principe de base est de faire traiter les terriers de crabe par les crabes eux-mêmes. En effet, *C. carnifex* entraîne les débris végétaux dont ils se nourrit au fond de son terrier pour les y dilacérer. Il suffit alors d'utiliser ce comportement pour que le crabe entraîne lui même l'agent de lutte insecticide dans son terrier.

La mise au point de la méthode de lutte repose donc sur les recherches suivantes:

- Tester si le comportement du crabe peut réellement être utilisé comme technique d'inoculation des terriers à des fins de traitement
- Rechercher un agent de lutte insecticide adapté à l'eau du terrier, efficace, spécifique des larves de moustique, et le plus rémanent possible.
- Rechercher un support dans lequel on puisse introduire le larvicide. Ce support devra être facilement transportable sur les lieux de traitement, de préférence sous forme solide ou semi solide afin de pouvoir le répandre tel un semeur, appétant pour le crabe, et se délitant facilement une fois dans l'eau du terrier.
- Tester le produit ainsi mis au point en conditions de grandeur réelles. Le test devra chiffrer l'efficacité du traitement et sa rémanence.

Ces 4 actions peuvent se détailler de la manière suivante:

### **Action 1: Etude comportementale de *C. carnifex***

Si on part du principe que le crabe emporte lui-même le produit larvicide au fond de son terrier, il faut vérifier les points suivants:

1. Quelle est la proportion de terriers habités (ou visités) sur une zone donnée?
2. Quelle peut être la proportion de terriers correctement traités?
3. A quelle vitesse (en jours) l'ensemble des terriers est-il traité?

Le premier point (= % de terriers fréquentés) peut facilement être contrôlé en sélectionnant plusieurs zones "à terriers", et en barrant l'entrée des terriers (un peu en profondeur) avec une petite baguette, par exemple. Il suffit alors de vérifier si les baguettes ont été cassées ou non. On peut aussi estimer la fréquence de fréquentation quotidienne des terriers en vérifiant chaque jour les baguettes et en changeant celles cassées. Il faudra alors s'assurer que tous les terriers en eau (donc des gîtes à moustique potentiels) sont fréquentés régulièrement par les crabes et auront donc une chance d'être correctement "traités"

Le deuxième point (= % de terriers correctement traités) pourra être vérifié une fois obtenu le "support appétant" pour le larvicide. Ce support pourra donc être testé en grandeur réelle et permettra de vérifier si le crabe l'entraîne au fond de son terrier. Pour savoir si le crabe entraîne effectivement l'appât au fond de son terrier, il faut, sur chaque zone "à terriers", identifier tout d'abord les terriers en eau et habités. Puis, vérifier l'action du crabe en incluant dans l'appât un colorant (au lieu du larvicide) et en vérifiant (par pompage), le lendemain la couleur de l'eau des terriers.

Le troisième point (= vitesse de traitement) se calcule en vérifiant chaque jour l'ensemble des terriers en eau et en notant ceux qui sont effectivement colorés. (Les points d'étude 2 et 3 sont à faire en même temps).

L'ensemble de ces résultats permettra aussi de connaître la densité d'appâts à épandre par m<sup>2</sup> à traiter, sachant que certains terriers sont plus souvent visités que d'autres et qu'ils recevront, à priori, plus de "traitement" que leurs voisins.

### **Action 2: Recherche et mise au point d'un agent larvicide**

Le but est de trouver un agent larvicide ayant les caractéristiques suivantes:

- Efficacité sur les larves de moustique
- Sélectivité (= ne tue que les larves de moustique)
- Rémanence d'action la plus grande possible (pour diminuer la fréquence des traitements)
- Efficacité dans des eaux saumâtres, souvent chargées en matière organique (Ce sont les caractéristiques des eaux de terrier de crabe)
- Pouvant être incorporé à un support solide (afin que le crabe puisse l'emporter dans son terrier)

Il existe 3 types de possibilités

- Les larvicides chimiques
- Les régulateurs de croissance (IGR)
- Les bacilles

1. Les larvicides chimiques : ils ne sont pas à rejeter d'emblée. L'abate pourrait être envisagée car peu polluante. Ce produit est malheureusement peu adapté aux eaux saumâtres et riches en matière organique. Des insecticides de nouvelle génération sont en cours de test (fipronyl etc...) et il serait peut être intéressant de les confronter aux critères énumérés précédemment.

2. Les IGR : compte tenu des réserves faites précédemment, ils ont de bonnes qualités, notamment une bonne rémanence et une action dans les eaux chargées en matière organique. A priori, l'IGR de choix serait le Pyriproxifen, relativement stable dans l'eau (donc rémanent pour les terriers de crabe), et non le Méthoprène, comme dans l'étude de Laird, car sa stabilité est très faible dans l'eau. Ces deux produits sont des "juvenoides" (ils interfèrent avec 'l'hormone juvénile' lors de la croissance d'un stade à un autre) et il serait intéressant de tester certains inhibiteurs de chitine (le produit "type" est le diflubenzuron), dont le mode d'action est différent des juvenoides (Ceci, dans une optique de moindre effet sur les populations de crabe, si effet il y a aux doses "moustiques").

3. Les bacilles: Compte tenu de la perte d'activité de *B. thuringiensis* dans les eaux saumâtres et riches en matière organique, il faut se tourner vers un autre bacille. Actuellement, *B. sphaericus* est un bon candidat: il est actif dans les eaux chargées en matière organique et à ce titre, a été utilisé efficacement pour lutter contre les *Culex* (dans les fosses septique notamment). Il peut se mettre sous forme de poudre, de granulés ou de briquettes (donc stockage facile, à sec, et peut être incorporé à de nombreux supports). La seule limitation (de taille), est que ce bacille n'est pas habituellement actif sur les moustiques du genre *Aedes*. Les diverses souches testées ont montré cette faiblesse (voir par exemple, l'article de Mercer et al. (1995) sur *A. polynesiensis*). Bien qu'il existe des espèces d'*Aedes* sensibles, il ne semble pas que *A. polynesiensis* le soit!

Il y a au moins deux groupes de toxines connu pour *B. sphaericus*. La toxine binaire, que l'on trouve dans les préparations commerciales de produit, est active sur la grande majorité des *Culex*, *Mansonia*, *Anopheles* et quelques espèces d'*Aedes*. Quelques souches de *sphaericus* ont une autre toxine, dont le spectre d'activité est grand, mais qui est peu toxique (100 fois moins que la toxine binaire). Aussi, elle n'est pas produite en quantité "utilisable" pour la lutte contre les moustiques. De même, certaines souche de bacille produisent des toxines durant leur phase végétative mais ces toxines disparaissent avant la sporulation. Aussi, elles ne sont pas utilisées commercialement.

Il semblerait qu'il soit néanmoins possible de sélectionner une souche de *B. sphaericus* qui soit toxique pour *A. polynesiensis*. La technique consiste à faire "passer" plusieurs fois le bacille sur une même souche d'*A. polynesiensis*, pour obtenir, finalement, une souche de bacille très virulente pour l'espèce. Ce procédé est décrit en partie dans Renaudet et al. (1993).

Il faut donc tester cette voie de recherche, car le résultat obtenu par Renaudet et al. peut être entaché d'erreur, suite à une contamination de la culture du bacille (Skovmand, comm. pers.).

### **Action 3: Recherche et mise au point d'un support de stockage pour l'agent larvicide**

Il s'agit de trouver un support appétant pour le crabe. La recherche d'un tel support ne devrait pas poser de problème particulier. Les caractéristiques du support devront être les suivantes:

- Appétance pour le crabe
- Pouvant contenir le produit larvicide
- Se délitant facilement dans l'eau du terrier, ou se brisant facilement sous l'action mécanique du crabe, afin que le produit soit facilement libéré

A priori, le support devrait être une sorte de granulé (type "granulé souris).



*Le test du produit devra se faire "en plein champ", selon un protocole identique à ce qui a été présenté précédemment (cf. Action 1, point 2)*

#### **Action 4 : Test de terrain de la méthode de lutte**

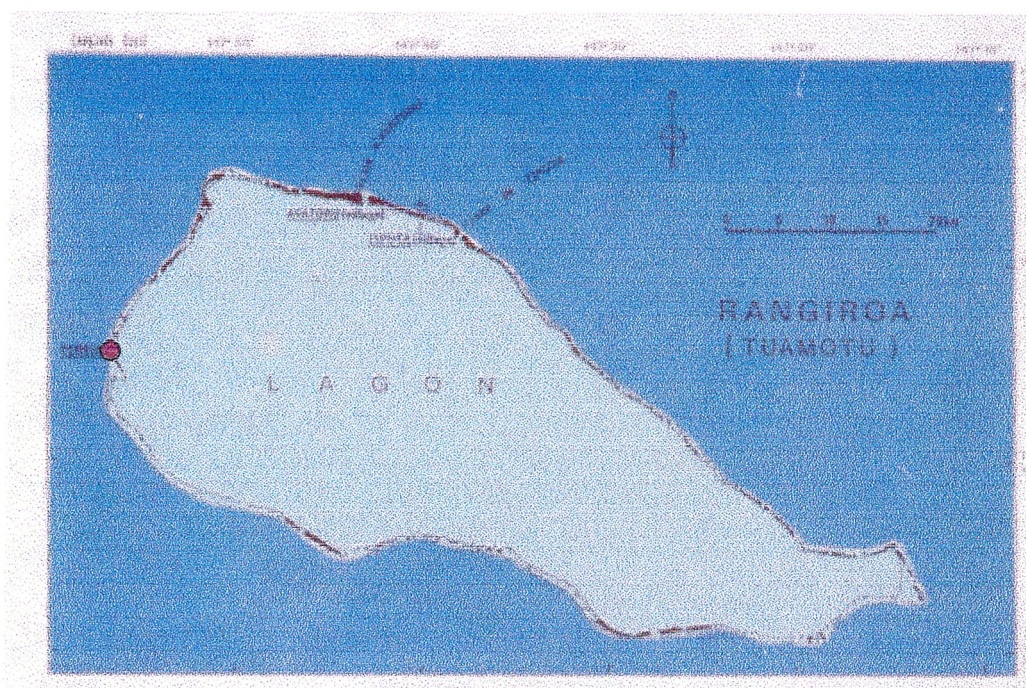
*A ce stade, on aura montré que les crabes peuvent effectivement "auto-traiter" leurs terriers. On possèdera aussi une sorte de "granulé insecticide" et on connaîtra la quantité de granuler à épandre par m<sup>2</sup>. Les test de terrain consiste alors à :*

- Choisir un site "à traiter" (du type de celui de l'étude de Lardeux et al. 1990)
- Choisir un site "identique " témoin "non traité". L'identité des sites se mesure par: (1) densité des terriers, (2) densités des formes larvaires, (3) densité des moustiques adultes
- Faire au moins une observation "avant traitement" pour s'assurer de "l'identité" au niveau des larves et des moustiques adultes
- Traiter (épandre les granulés à la densité voulue) et repérer les terriers positifs en larves
- Observation après traitement au niveau des terriers positifs en larves précédemment identifiés (mortalité larvaire constatée?)
- Observation juste avant la "date" de perte de rémanence puis...
- Observation un mois après la date de perte de rémanence (à quelle vitesse les gîtes sont-ils re-colonisés lorsque le traitement est interrompu ?)

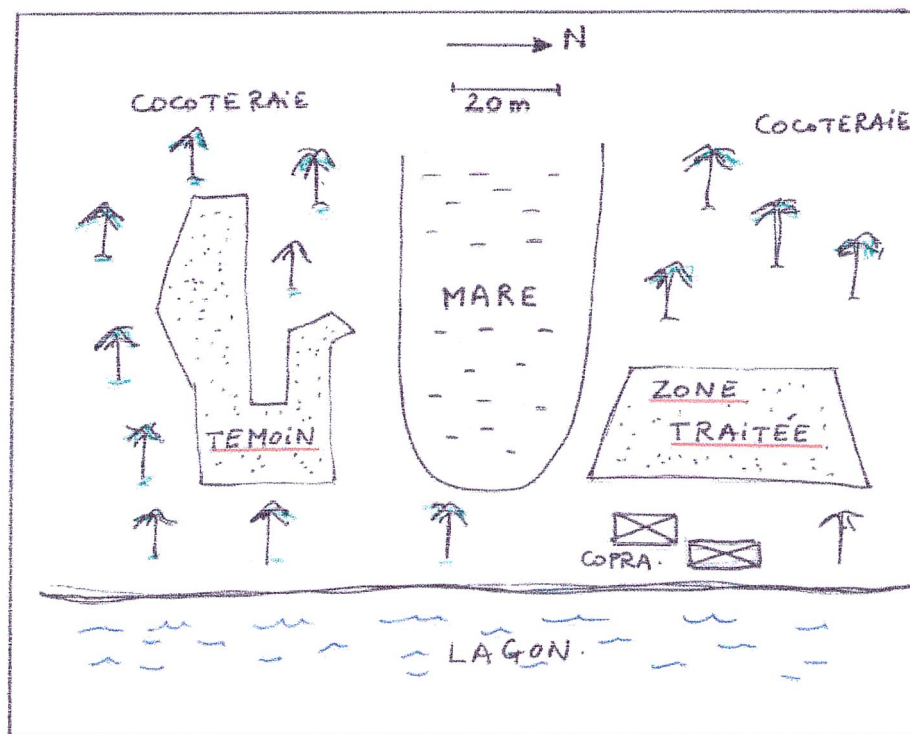
*En cas de succès, les résultats devront faire apparaître la diminution sensible du nombre de terriers "positifs", la diminution du nombre de larves par terrier "positif" et une chute sensible du nombre de moustiques adultes sur la zone traitée.*

## **2. Zone d'étude**

La zone d'étude a été choisie en fonction de critères de taille, d'accessibilité des terriers de crabe et de leur densité. Cette zone se situe sur l'îlot voisin de Tereia, sur l'atoll de Rangiroa (Fig. 1). Une partie de cet îlot est actuellement exploitée pour le copra et possède donc une grande cocoteraie entretenue. Les terriers de crabe sont abondants dans la partie proche du lagon, juste au delà du « cordon » littoral. La zone étudiée est séparée en deux zones géographiques par une mare d'eau saumâtre. Une de ces zones a été choisie comme « zone traitée », l'autre comme « zone témoin » non traitée. La zone « traitée » a une forme pseudo-rectangulaire d'environ 60 x 30 m. 654 terriers y ont été sondés (298 terriers de « petit » diamètre n'ont pas été échantillonnés). La zone témoin a été choisie de surface équivalente : 792 terriers y ont été sondés (800 « petits terriers » n'ont pas été échantillonnés) (Fig. 2).



*Fig. 1.* Atoll de rangiroa à à 360 km au Nord de Tahiti. Le point rouge indique l'emplacement de l'ilot Tereia où ont eu lieu les expériences. Tereia est situé à près de 40 km des villages d'Avatoru et Tiputa (au nord est).



*Fig. 2.* Le site d'étude, sur l'ilot proche de Tereia : les 2 zones « traitée » et « témoin » sont en bordure du lagon, séparées d'environ 70m

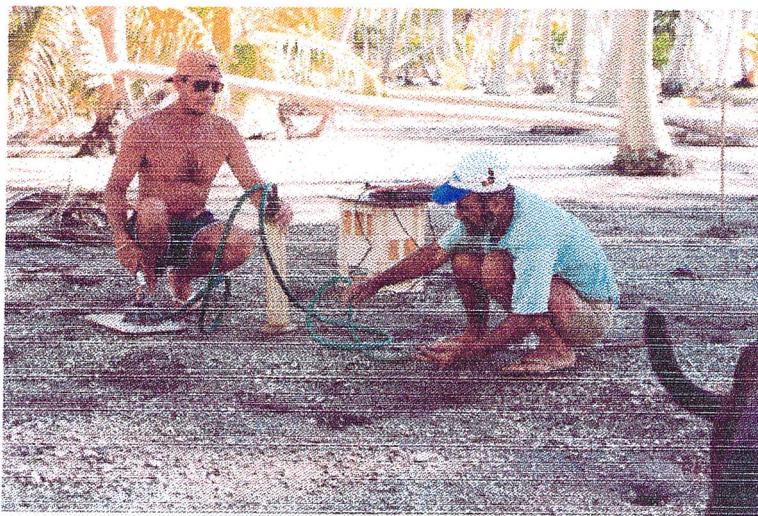
### 3. Méthodes

Les expérimentations se sont déroulées en 2 phases :

- la première a consisté à étudier le comportement du crabe, en particulier la fréquentation des terriers (quelle est la proportion de terriers habités (ou visités) sur une zone donnée? quelle peut être la proportion de terriers correctement traités? à quelle vitesse (en jours) l'ensemble des terriers est-il traité?),
- la seconde à tester la méthode de lutte (et donc à obtenir des données et échantillonner les 2 zones « traitée » et « non traitée »).

Le paramètre d'intérêt qui a été mesuré est la présence ou non de larves dans les terriers, afin de calculer, sur chaque zone, la proportion de terriers « productifs » avant traitement. Corrélativement, le diamètre et la longueur des terriers ont été mesurés, le volume en eau, ainsi que quelques mesures physico-chimiques (salinité (% de NaCl), résistivité, teneur en oxygène dissous).

La méthode de sondage des terriers consiste en un pompage de l'eau à l'aide d'une pompe à main sur laquelle est branché un tuyau d'arrosage qui est introduit dans le terrier (Fig. 3)



*Fig. 3. Pompe à main pour l'échantillonnage des terriers de crabe*

### 4. Etude comportementale du crabe *C. carnifex*

Trois questions devaient être examinées :

1. Quelle est la proportion de terriers habités (ou visités) sur une zone donnée?
2. Quelle peut être la proportion de terriers correctement traités?

### 3. A quelle vitesse (en jours) l'ensemble des terriers est-il traité?

Pour répondre à ces questions, l'ensemble des terriers d'une zone a été « obstrué » par des petites baguettes en bois (Fig. 4). Le lendemain, les terriers où les baguettes ont été déplacées ont été dénombrés. La proportion de terriers ainsi visités en 24 h a été calculée. Les terriers ont été identifiés selon qu'ils étaient ou non « en eau ». L'expérience a été renouvelée 3 fois, et les résultats sont les suivants :

#### Exp 1 : 65 terriers sur 400 m<sup>2</sup>

	Terriers en eau	Terriers secs
Terriers visités en 24 h	33	31
Terriers non visités	0	1

#### Exp 2 : 50 terriers sur 350 m<sup>2</sup>

	Terriers en eau	Terriers secs
Terriers visités en 24 h	26	24
Terriers non visités	0	0

#### Exp. 3 : 70 terriers sur 500 m<sup>2</sup>

	Terriers en eau	Terriers secs
Terriers visités en 24 h	36	34
Terriers non visités	0	0

Ces expériences montrent qu'en 24 heures, l'ensemble des terriers d'une zone est visité par les crabes, que ces terriers soient « en eau » ou non.

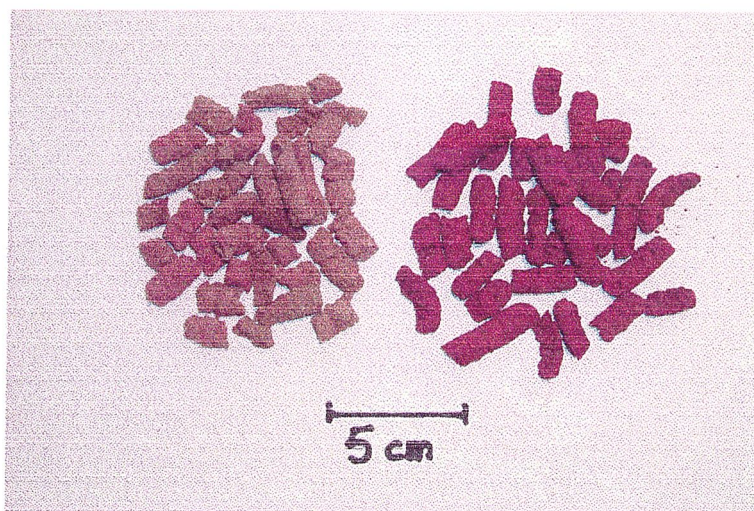


*Fig. 4. Exemple de terrier « obstrué » par des baguettes de bois pour estimer leur fréquentation par les crabes (au premier plan, 3 appâts imprégnés de Rhodamine)*

Une autre série d'expérience a été faite, consistant à présenter aux crabes un appât de même composition que celui pressenti pour y inclure un insecticide, mais dans lequel a été incorporé un colorant de l'eau (Rhodamine). L'appât a été au préalable testé pour son appétence et a donné entière satisfaction. La Fig. 5 montre un crabe en train d'emporter un appât dans son terrier. La composition de l'appât, à base de farines (poisson, blé, gluten...) et fabriqué à la demande par le Laboratoire de Nutrition de l'IFREMER de Tahiti (responsable, Mr. Cuzon) semble donc performant. L'appât se présente comme un aliment pour rongeur deshydraté (Fig. 6).



*Fig. 5. Crabe C. carnifex emportant un appât dans son terrier*



*Fig. 6. Les appâts, fabriqués à base de farines. Ce sont des sortes de granulés secs, qui se délitent dans l'eau. A gauche : appâts avec insecticide, à droite : appâts imprégnés de Rhodamine*

Les mêmes zones que précédemment ont donc été « traitées » avec cet appât colorant, en simulation d'un traitement « normal » : Le traitement se fait simplement en « semant » à la main les appâts sur la zone que l'on désire traiter. Le lendemain, l'eau des terriers repérés « en eau » a été re pompée afin de vérifier que le crabe emportait bien l'appât jusque dans la chambre en eau. Les résultats sont les suivants :

Exp 1 : (sur le site de l'exp n°1 précédente) 33 terriers en eau ont été contrôlés. Nombre d'appâts épanchés en surface : environ 2 à 3 par terriers.

Terriers en eau avec Rhodamine	Terriers en eau sans Rhodamine	Terriers non examinés
22	1	10

Exp 2 : (sur le site des exp. 2 et 3 précédentes) : 68 terriers en eau au total.

Terriers en eau Avec Rhodamine	Terriers en eau Sans Rhodamine	Terriers non examinés
57	8	3

Dans les deux expériences, l'ensemble des appâts avait disparu de la surface du sol, les crabes les ayant vraisemblablement entraînés dans les terriers.

Dans la deuxième expérience, le nombre de granules épanchés n'a peut être pas été suffisant par rapport au nombre de terriers pour permettre une coloration de l'ensemble. Un

autre problème peut aussi se poser : la quantité de Rhodamine n'est peut être pas suffisante pour colorer fortement l'eau des terriers, dans le cas où un petit appât est entraîné dans une chambre à grand volume d'eau. Dans le cas d'une quantité importante de granules est entraînée dans un terrier où le volume d'eau est faible, la coloration rouge de la Rhodamine est intense.(Fig. 7)



*Fig. 7 : eau fortement colorée par la Rhodamine, pompée d'un terrier repéré « en eau » la veille du « traitement »*

Quoiqu'il en soit, il semble bien que les crabes puissent entraîner facilement les appâts dans tous les terriers (ou au moins dans une grande proportion de ceux ci, puisque le pourcentage de « couverture » est au minimum de 95% et 88% respectivement). La technique de traitement consistant à utiliser le crabe comme vecteur de l'insecticide dans son terrier est donc bonne. Reste bien sur, à déterminer les quantités d'appât à épandre pour avoir une couverture complète des terriers d'une zone.

## 5. Appâts : support du larvicide

### 5.1. Fabrication

L'appât est composé d'un mélange de farines (poisson, froment et gluten). Ces farines sont mélangées dans un pétrin, puis humidifiées légèrement de manière à obtenir une pâte. Celle ci est ensuite passée à travers un crible calibré de manière à pouvoir obtenir des morceaux d'environ 6 mm de diamètre sur 20 à 30 cm de longueur. Les morceaux ainsi obtenus sont ensuite deshydratés en étuve à 40°C.

Les caractéristiques recherchées étaient d'obtenir un produit

- appétant pour le crabe,
- de stockage et de transport facile,

- se délitant facilement dans l'eau, afin de libérer au mieux l'insecticide qui pourrait y être incorporé.

Ces trois caractéristiques majeures ont été obtenues avec notre formulation.

Au moment du mélange des farines, des granules de Fipronil ont été introduites de manière à ce que le nombre minimal de granules par appât soit de 2. En effet, le Fipronil fourni se présente sous forme de petits granules cubiques d'environ 1mm de côté, à la concentration de 1% (poids/poids). Compte tenu de cette concentration, du poids des granules, de la concentration préconisée par Rhône- Poulenc et du volume d'eau moyen (*a priori*) des terriers de crabe (estimé à 5 litres), la dose minimale pour contrôler les moustiques a été estimée à 2 granules par terrier.

## 5.2. Contrôle de qualité

Des appâts choisis au hasard ont été disséqués afin de contrôler la quantité de granules incluses. 17 appâts ont été analysés : le poids moyen était d'environ 2g (min = 1.1g ; max = 2.7g), pour une longueur moyenne d'environ 35 mm (min = 20 mm ; max = 62 mm). Le nombre moyen de granules de Fipronil était de 5-6 (min = 2, max = 10).

Ainsi, chaque appât contient au moins le nombre minimum de granules requis pour une efficacité correcte dans les terriers de crabe.

## 6. Insecticide (Fipronil)

### 6.2. Caractéristiques du produit

Dans l'expérience qui nous intéresse, ce n'est pas l'insecticide qui est testé, mais plutôt le technique de lutte. Compte tenu des impératifs de temps, il n'a pas été possible de tester différents insecticides et formulations. Un test de plein champ devant toutefois être réalisé pour tester la philosophie de la méthode, un insecticide efficace et rémanent a été choisi, celui ci devant tuer la totalité des larves de la zone traitée et ayant une rémanence suffisante pour permettre un contrôle 2 mois après traitement. Le Fipronil, gracieusement fourni par Rhone – Poulenc (Mr. Van Maannen) a donc été utilisé. La formulation testée se présente sous forme de granules Biodac (à base de papier (cellulose)). Ce sont de petits granules de forme cubique d'environ 1mm d'arête. Le Fipronil est en imprégnation dans ce support. Le Fipronil est un insecticide de la même famille que la Dieldrine (cyclodiène). Son point de fusion est de 195-203°C. Il reste actif dans l'eau saumâtre, même si celle ci est chargée en matière organique. Dans ce cas, la partie solubilisée du produit est adsorbé sur la matière organique puis relarguée au fur et à mesure, jusqu'à un équilibre. Le produit est stable jusqu'à un pH de 9, après quoi il se métabolise lentement. La solubilité du produit dans l'eau est faible : 2mg/l. Ainsi, il ne faut pas attendre que l'action du produit dans les terriers soit immédiate.

Les granules utilisées sont à la concentration de 0.1% (poids/poids) d'insecticide.



## 6.2. Activité du produit :

### 6.2.1. tests de sensibilité du Fipronil

L'activité du produit pour les principales espèces de moustiques trouvées sur l'îlot est la suivante (exprimée en DL50 et DL95 en mg/l, avec intervalle de confiance à 95%). Les deux espèces de moustiques trouvées sur le site d'étude ont été testées au laboratoire (LIN – Montpellier) : la première est *Culex quinquefasciatus* (souche de laboratoire sensible S-LAB), la seconde est *Aedes polynesiensis*, pour laquelle une souche en provenance de Rangiroa a été utilisée (souche collectée à Tiputa, Rangiroa).

	DL 50 (mg/l)	DL 95 (mg/l)
<i>Culex quinquefasciatus</i>	0.00155 (0.00125 – 0.00191)	0.00439 (0.00296 – 0.00653)
<i>Aedes polynesiensis</i> (souche Tiputa – Rangiroa)	0.0045 (0.0042 – 0.0048)	0.0077 (0.0069 – 0.009)

Le produit agit à des doses très faibles. D'autres résultats obtenus au LIN montrent que cet insecticide est extrêmement efficace, et a une durée d'activité de plusieurs mois. Cependant, il semble que son action soit lente à se manifester. Par ailleurs, ont été constaté un retard dans la durée du développement larvaire, ainsi qu'une mauvaise viabilité des adultes émergents.

### 6.2.2. contrôle de l'activité larvicide des appâts

Les granulés de Fipronil ont été incorporés dans les appâts au moment de leur fabrication. Le processus de fabrication, avec notamment la phase d'humidification puis de déshydratation peut être source d'altération de l'efficacité de l'insecticide.

Afin de contrôler l'efficacité des appâts, 2 séries d'expériences ont été menées. La première, à Tahiti où a été contrôlé l'efficacité des granules extraits d'appâts, ainsi que l'efficacité des appâts dans des récipients de 1 litre ; la seconde au LIN de Montpellier où les appâts ont été testés dans des récipients de 5 litres.

Expériences à Tahiti : des granules de Fipronil ont été retirées d'appâts et ont été utilisées dans des tests sur des larves de *Culex quinquefasciatus* et *Aedes polynesiensis*, à raison de 20 larves par gobelet de 200 ml d'eau distillée. Des granules neuves de Fipronil ont été utilisées comme témoin positif et des gobelets d'eau distillée comme témoins négatifs. Des séries de tests similaires ont été effectués avec de l'eau provenant des terriers de crabe (salinité de 0.3 à 0.9 %), sur des larves de *C. quinquefasciatus*.

L'ensemble de ces tests n'a pas montré de différence entre les granules neuves et les granules provenant des appâts. Le Fipronil inclus dans les appâts garde donc toute son efficacité.

En complément, une série de 10 récipients d'1 litre ont été mis en batterie, dans lesquels 1 appât a été incorporé. Au bout d'une semaine, aucune activité insecticide n'a été constatée par rapport à des récipients témoins sur *Aedes polynesiensis*. De même les témoins « positifs » (eau distillée + appât sans Fipronil + ajout de 1 ou 2 granules neuves de Fipronil) n'ont pas montré de mortalité.

2 semaines après, une autre série de 20 larves d'*Aedes polynesiensis* a été mise en contact avec l'eau de ces récipients, afin d'observer le relargage de l'insecticide. L'activité de l'insecticide a commencé à se manifester, avec des mortalités allant de 10 à 50%. Dans les récipients témoins, aucune mortalité n'a été observée, et le cycle des moustiques s'effectuait complètement et plus rapidement que dans les récipients « traités ». Dans les « témoins positifs », la mortalité est légèrement plus importante que dans les récipients « traités », indiquant vraisemblablement un relargage plus « difficile » avec les appâts.

L'expérience est encore en cours.

Expérience au LIN de Montpellier : Une série de 10 récipients de 5 litres ont été mis en batterie, dans lesquels 1 appât a été inclus. Dans 5 des récipients, l'eau est agitée, dans les 5 autres, l'eau reste au repos. Les appâts ont été mis dans l'eau le 5/11/99. 20 larves L1 d'*Aedes* ont été ajoutées dans chaque récipient le 8/11. Les adultes émergents ont été récoltés le 22/11. Ce premier essai montre qu'au bout de plus de 10 jours, l'insecticide commence à avoir une action puisque la mortalité oscille entre 0 et 75% (moyenne : 68%), comparée aux 2 récipients témoins où la mortalité est de 0 et 5% respectivement.

Le Fipronil, comme on devait s'y attendre, ne commence à devenir actif qu'après un certain temps. Il est à espérer que dans les conditions de terrain, l'effet insecticide sera effectif lors du contrôle 2 mois après traitement.

## 7. Test de la technique de lutte

### 7.1. Etude des zones « traitée » et « témoin »

Les deux zones « traitées » et « témoin » ont été échantillonnées avec la même intensité (1 semaine chacune). Globalement, les résultats sont les suivants :

	Surface (m <sup>2</sup> )	Terriers non sondés (petits)	Terriers sondés	Terriers en eau	Terriers avec <i>Aedes</i> <i>polynesian-</i>	Terriers avec <i>Culex</i> <i>quinquefas-</i>
Zone « Traitée »	1800	298	654	283	60	22
Zone « Témoin »	1850	800	792	394	16	26
Total	3650	1098	1446	535	76	48

Les deux zones sont de surface équivalente. Toutefois, dans la zone « témoin », le nombre de « petits » terriers non échantillonnables (c'est à dire de diamètre < 3cm) est plus important.

La proportion de terriers en eau parmi les terriers sondés est de 43% pour la zone « traitée » et 50% pour la zone « témoin ». Bien que proches, ces proportions sont statistiquement différentes ( $P = 0.02$ ). En fait, la zone « témoin » a subi quelques jours avant, l'impact d'une forte houle qui l'a partiellement inondée. Le nombre de terriers en eau est donc plus importants (de même que la salinité moyenne trouvée dans l'eau de ces terriers (voir paragraphes suivants)). De même, cette zone est légèrement plus basse que la zone

« traitée », et dans ce cas, l'influence de la nappe phréatique y est vraisemblablement plus importante.

Au total, sur la zone « traitée », 82 terriers étaient « positifs » en larves de moustiques, soit 34% des terriers en eau. Sur la zone « témoin », ce nombre est de 42 terriers avec des larves, soit 14% des terriers en eau. Ces valeurs sont statistiquement différentes. La zone « traitée » est donc globalement plus favorable au développement larvaire des moustiques que la zone « témoin ». La zone témoin héberge plus de terriers avec des *Culex* que la zone « traitée » où les *Aedes* sont plus nombreux.

Quoiqu'il en soit, les deux zones sont des zones favorables à la prolifération des moustiques et dans le cadre d'un traitement, il faudra s'assurer que la zone « traitée » est devenue indemne de larves, par rapport à la zone témoin qui devra rester « productive », ainsi que par rapport à une situation avant traitement (c'est à dire, la situation observée dans cette étude).

Parmi les terriers non sondés se trouvent une majorité de « petits » terriers. Cependant, l'accessibilité à la chambre est souvent perturbée par la présence du crabe dans le conduit : 38 terriers ont été dans ce cas dans la zone « traitée » et 43 dans la zone « témoin ».

De même, parmi les terriers « en eau », se trouvent des terriers pour lesquels aucun volume d'eau n'a pu être apprécié : seulement de la boue humide à été observée. 46 terriers étaient dans ce cas sur la zone « traitée » et 96 sur la zone « témoin ».

Parmi les terriers en eau, le volume d'eau de certains a excédé les 20 litres et n'a pas été mesuré avec précision. 7 étaient dans ce cas sur la zone « traitée » et 5 sur la zone « témoin ».

L'échantillonnage des zones a permis une rapide caractérisation des terriers et de l'eau contenue. Les résultats sont les suivants :

	Zone « traitée »	Zone « témoin »	Les 2 zones
Diamètre moyen (cm) (écart type)	7.1 (4.9)	6.1 (3.6)	
Diamètre mini	2.0	3.0	
Diamètre maxi	25.0	25.0	
Longueur moyenne (cm) (écart type)	51.3 (24.4)	59.1 (23.6)	
Longueur mini	10.0	10.0	
Longueur maxi	130.0	160.0	
Volume d'eau moyen (litres) (écart type)	2.6 (2.7)	2.3 (2.7)	
Volume mini	0.05	0.1	
Volume maxi (sauf si >20l)	16.5	17.2	
Salinité moyenne (en %) (écart type)	0.95 (0.56)	1.63 (0.51)	
Salinité mini	0.2	0.1	
Salinité maxi	3.6	3.6	
Salinité avec <i>Culex</i>			1.35
Salinité avec <i>Aedes</i>			0.78

Les deux zones présentent des terriers aux caractéristiques physiques identiques. La zone « témoin » possède cependant des terriers contenant de l'eau légèrement plus salée, ce qui favorise une dominance des *Culex* au détriment des *Aedes*. Cependant, dans le cadre d'une expérimentation de contrôle des larves de moustiques, les différences observées entre les deux zones sont mineures. Le but est, en fait, d'éliminer la population des larves de la zone « traitée », alors que la zone « témoin » doit rester à un niveau similaire à ce qu'elle était.

## 7.2. Traitement

Le traitement a été fait le 9 octobre 1999. 20 kg d'appâts ont été déversés sur la zone « traitée », ce qui représente environ une quantité de 10 000 unités (soit environ 10 appâts par terrier). Le traitement a été volontairement « surdosé » afin de pouvoir conclure, en cas d'échec, à un échec du principe de la méthode, puisque la quantité d'insecticide est largement suffisante.

Le traitement s'est fait en « semant » manuellement les appâts sur la zone, comme le montre la fig. 8. Le traitement est extrêmement facile et rapide.



*Fig. 8. « Semis » d'appâts insecticides sur une zone à *Cardisoma carnifex**

Un contrôle succinct du traitement a été fait 5 jours après : des terriers repérés « positifs » ont été repompés pour vérification de la mortalité. Tous hébergeaient encore des larves vivantes, ce qui, compte tenu du mode d'action lent du Fipronil, est tout à fait logique.

## 8. Discussion et conclusion

Cette première expérience menée sur un flot de Rangiroa a montré qu'il était possible d'utiliser le crabe terrestre *C. carnifex* comme vecteur d'un agent insecticide dans son terrier, afin de contrôler les larves de moustiques se développant dans la chambre en contact avec la

nappe phréatique. Une population de crabes visite chaque jour l'ensemble des terriers d'une zone et les appâts colorants ont montré que les crabes les entraînaient effectivement au fond de leurs terriers. Tous les terriers d'une zone peuvent ainsi être facilement « traités » si le nombre d'appâts répandus est suffisant. Le principe de la méthode de lutte est donc tout à fait valable.

La composition de l'appât, à base de farines (froment, poisson et gluten), est idéale pour cela : L'appât se présente sous une forme de croquette deshydratée, facilement transportable et stockable dans les conditions de terrain. De plus, l'appât en contact de l'eau se délite facilement sous l'action mécanique du crabe et libère ainsi l'insecticide inclus dans l'appât.

La quantité optimale d'appâts à épandre sur une surface donnée reste à déterminer plus finement, afin d'optimiser les traitements : un terrier peut êtreensemencé plusieurs fois si le crabe qui l'occupe est particulièrement actif, au détriments d'autres terriers. La fréquence des traitements reste aussi à déterminer. Elle dépendra de la rémanence d'action du produit utilisé comme larvicide, mais aussi de la dynamique de l'eau dans les terriers : certains s'assèchent, d'autres se remettent en eau etc..

Reste bien sur à déterminer l'insecticide « de choix ». Ceci est un autre problème. Le Fipronil utilisé ici semble convenir dans le type d'eau à traiter. Son action est cependant lente à se manifester, mais sa rémanence est de longue durée. C'est néanmoins un produit de type « cyclodiène », pour lequel des perspectives de résistance sont à craindre. Pour cette raison, ce produit, utilisé ici à seule fin expérimentale, doit d'abord être mieux connu pour prétendre faire partie d'une liste de composés « éligibles ». La qualité des eaux trouvées dans les terriers sera aussi déterminante : ce sont des eaux saumâtres, riches en matière organique, pauvres en oxygène dissous. De nombreux produits disponibles actuellement ne pourront pas être utilisés. Par ailleurs, l'eau des terriers étant celle de la nappe phréatique, il faut aussi que le produit retenu soit non polluant et inoffensif pour le crabe. Une recherche spécifique doit donc être entreprise.

---

## Remerciements

Nous tenons à remercier Mr. Ronald Estall, premier adjoint au Maire de Rangiroa, et les travailleurs de la commune, notamment Uri, sans qui cette étude n'aurait pu aboutir. Nous remercions aussi Tame et Zorro Fils pour nous avoir accueilli sur l'îlot et nous avoir permis de travailler dans de très bonnes conditions.

Nous n'oublions pas non plus le laboratoire de Nutrition de l'IFREMER de Tahiti (Responsable Mr. G. Cuzon), qui a fabriqué l'appât, ainsi que Mr. Van Maannen (Rhône Poulenc), qui nous a gracieusement fourni l'insecticide.

Cette étude est financée par le Contrat de Développement Etat/Territoire 1994-1998, secteur recherche et développement.

## Références bibliographiques

- Bright, D. B. and Hogue, C. L. 1972. A synopsis of the burrowing land crabs of the world and list of their arthropods symbionts and burrow associates. *Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County* 220 : 1-58.
- Gardner, J. M., Ram, R. C., Kumar, S., and Pillai, J. S. 1986. Field trials of *Tolypocladium cylindrosporum* against larvae of *Aedes polynesiensis* breeding in crab holes in Fiji. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2 (3): 292-295.
- Laird, M. 1988. *The Natural History of Larval Mosquito habitats*. Academic Press, London
- Lardeux, F., Loncke, S., Séchan, Y., Kay, B. H., and Rivière, F. 1990. Potentialities of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) for broad scale control of *Aedes aegypti* in French Polynesia. *Arbovirus Research in Australia* 5 : 154-159.
- Lardeux, F., Séchan, Y., Rivière, F., and Kay, B. H. 1992. Release of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) for control of larval *Aedes polynesiensis* (Diptera: Culicidae) in land crab burrows on an atoll of French Polynesia. *Journal of Medical Entomology* 29 (4) : 73-79.
- Lardeux, F. 1999. Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants des zones habitées des Tuamotu. Manuel de lutte à l'intention des agents communautaires. *Rapport de l'Institut de Recherches pour le Développement n° LIN/IRD/7/99*.
- Lardeux, F., Loncke, S., Séchan, Y., Cheffort, J., Ung, A., Faaruaia, M., Tetuanui, A. 1999. Etude « Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants des zones habitées des Tuamotu ». Contrôle 6 mois après traitement et rapport final sur la lutte dans le village de Tiputa. *Rapport de l'Institut de Recherches pour le Développement n°LIN/IRD/30/99*.
- Laird, M., Mokry, J. Semese, A., and Uili, R. 1985. In: *Integrated Mosquito Control Methodologies* (Laird, M. & Miles, J. W. Ed.) Vol 2, 395-428. Academic Press, London
- Loncke, S. 1997a. Etude "Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants dans les zones habitées des Tuamotu". Rapport concernant la première phase: analyse des données préalables au contrôle des moustiques. *SNC Pae Tai- Pae Uta, Papeete - Tahiti* :13p.
- Loncke, S. 1997b. Etude "Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants dans les zones habitées des Tuamotu". Rapport concernant la deuxième phase: Récolte et quantification. *SNC Pae tai- Pae Uta, Papeete - Tahiti* :30 p.
- Loncke, S. 1998a. Etude "Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants dans les zones habitées des Tuamotu". Rapport concernant la troisième phase: Traitement. [Etude d'Entomologie de l'Orstom / Institut Malardé]. *Rapport de la S. N. C. Pae Tai- Pae Uta, Papeete - Tahiti* :11 p.

- Loncke, S. 1998b.** Etude "Lutte contre les moustiques vecteurs et nuisants dans les zones habitées des Tuamotu". Rapport concernant la quatrième phase: Suivi du traitement - Observations 1 mois 1/2 après. [Etude d'Entomologie de l'Orstom / Institut Malardé]. *Rapport de la S. N. C. Pae Tai-Pae Uta, Papeete - Tahiti* :23 p.
- Mercer, R., Nicolas, L. and Thiery, I. 1995.** Evaluation of entomopathogenic bacteria against *Aedes polynesiensis* the vector of lymphatic filariasis in French Polynesia. *American Journal of Mosquito Control Association* **11**: 485-488.
- Renaudet, J., Oreal, H., Leroy, P., Roque, J. P., Chauchefoin, J. P. 1993.** Mise au point d'un procédé biologique de lutte contre les moustiques vecteurs de grandes endémies en Afrique Centrale. *Medecine Tropicale* **53** (1): 109-110
- Rivière, F., Kay, B. H., Klein, J. M., and Séchan, Y. 1987.** *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* for the biological control of *Aedes* and *Culex* vectors (Diptera: Culicidae) breeding in crab holes, tree holes and artificial containers. *Journal of Medical Entomology*. **24** (4) : 425-430.
- Rivière, F. and Thirel, R. 1981.** La prédation du copépode *Mesocyclops leuckarti pilosa* [Crustacea] sur les larves de *Aedes (Stegomyia) aegypti* et *Ae. (St.) polynesiensis* [Dip.: Culicidae] : essais préliminaires d'utilisation comme agent de lutte biologique. *Entomophaga* **26** (4) : 427-439.
-