

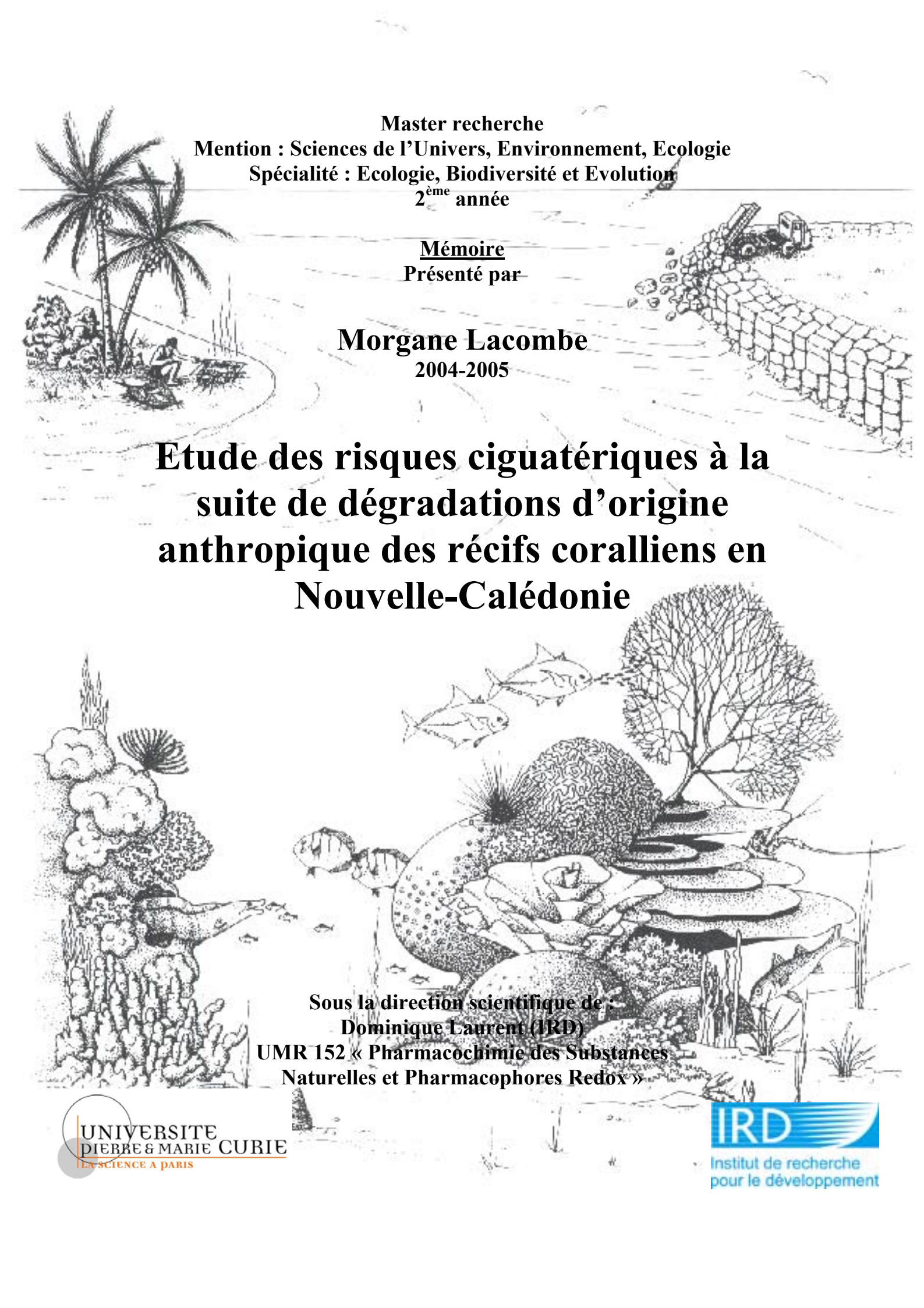
Master recherche  
Mention : Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie  
Spécialité : Ecologie, Biodiversité et Evolution  
2<sup>ème</sup> année

Mémoire  
Présenté par

**Morgane Lacombe**  
2004-2005

# Etude des risques ciguatériques à la suite de dégradations d'origine anthropique des récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie

Sous la direction scientifique de :  
Dominique Laurent (IRD)  
UMR 152 « Pharmacochimie des Substances  
Naturelles et Pharmacophores Redox »



Master recherche  
Mention : Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie  
Spécialité : Ecologie, Biodiversité et Evolution  
2<sup>ème</sup> année

Mémoire  
Présenté par

**Morgane Lacombe**  
2004-2005

# Etude des risques ciguatériques à la suite de dégradations d'origine anthropique des récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie

Sous la direction scientifique de :  
Dominique Laurent (IRD)  
UMR 152 « Pharmacochimie des Substances  
Naturelles et Pharmacophores Redox »

UNIVERSITE  
PIERRE & MARIE CURIE  
LA SCIENCE A PARIS

IRD  
Institut de recherche  
pour le développement



## Remerciements

Je remercie, en premier lieu, Fabrice Colin, directeur de l'IRD, pour m'avoir accueillie au centre IRD de Nouméa.

Merci également à François Sarrazin, pour m'avoir permis de participer au Master Ecologie, Biodiversité, Evolution de Paris 6.

Je remercie tout particulièrement Dominique Laurent pour son encadrement, sa sympathie et la confiance qu'il a bien voulu m'accorder tout au long de la réalisation de ce rapport, ainsi que l'unité de recherche UMR 152, Alain Videault, Antoine Holué et Nicolas Lebouvier pour leur soutien technique et leurs conseils.

J'adresse aussi mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont participé à la réalisation de mon projet en Nouvelle-Calédonie, ainsi qu'à la tribu de Hunëtë et à tous les oiseaux de passage de l'IRD.

Je pense en particulier à Vanessa Tassas, Nicolas Lebouvier et Daouda Traore qui, par leur bonne humeur, ont participé au bon déroulement de ce stage.

# Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Distribution de la ciguatera</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Historique</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Les débuts</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Découverte de <i>Gambierdiscus toxicus</i></b>	<b>2</b>
<b>1.5. Toxicité des <i>Gambierdiscus</i></b>	<b>3</b>
<b>1.6. Abondance des <i>Gambierdiscus</i></b>	<b>3</b>
<b>1.7. Ciguatera et récifs</b>	<b>4</b>
<b>1.8. Symtômes de la ciguatera</b>	<b>4</b>
<b>1.9. Poissons impliqués dans la ciguatera</b>	<b>5</b>
<b>1.10. Implication d'autres microorganismes</b>	<b>5</b>
<b>2. Le cas de Hunëë</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Méthodologie</b>	<b>6</b>
2.1.1. Choix des sites	6
2.1.2. Recensement des intoxications	7
2.1.3. Prélèvements des <i>Gambierdiscus</i> sp.	7
2.1.3.1. Dénombrement	7
2.1.3.2. Analyse de la toxicité	8
2.1.4. Prélèvements des cyanobactéries	9
2.1.4.1. Dénombrement	9
2.1.4.2. Analyse de la toxicité	9
2.1.5. Analyse de la toxicité de la chair et du foie de poisson perroquet, <i>Scarus</i> sp.	10
2.1.6. Analyse de la toxicité des bënëitiers, <i>Tridacna</i> sp.	10
2.1.7. Prélèvement d'eau de mer pour l'analyse du C/N/P	11
<b>2.2. Résultats</b>	<b>12</b>
2.2.1. Observations du milieu	12
2.2.2. Epidémiologie	13
2.2.3. Prélèvements des <i>Gambierdiscus</i> sp.	14
2.2.3.1. Dénombrement	14
2.2.3.2. Analyse de toxicité	14
2.2.4. Prélèvements des cyanobactéries	15
2.2.4.1. Observations	15
2.2.4.2. Analyse de toxicité	16
2.2.5. Prélèvement des poissons perroquets ( <i>Scarus</i> sp.)	17
2.2.6. Prélèvement de bënëitiers ( <i>Tridacna</i> sp.)	18
<b>2.3. Discussion</b>	<b>18</b>
<b>3. Le cas de Prony</b>	<b>23</b>
<b>3.1. Introduction</b>	<b>23</b>
3.1.1. Contexte	23
3.1.2. Cadre de l'étude	24
<b>3.2. Méthodologie</b>	<b>24</b>
3.2.1. Choix des sites de prélèvement	24
3.2.2. Prélèvements de microorganismes	25
3.2.3. Prélèvements d'eau de mer pour l'analyse du C/N/P	25
<b>3.3. Résultats</b>	<b>25</b>
<b>3.4. Discussions-Perspectives</b>	<b>25</b>
<b>4. Conclusion</b>	<b>26</b>
<b>5. Bibliographie</b>	<b>27</b>

## 1. Introduction

La ciguatéra (ou « gratte », terme populaire employé uniquement en Nouvelle-Calédonie, une carte est donnée en annexe 1) est un type particulier d'intoxication due à la consommation de poissons tropicaux associés aux récifs coralliens et habituellement comestibles (Laurent et Amade, 1992).

### 1.1. Distribution de la ciguatéra

La ciguatéra est une intoxication largement répandue dans les zones intertropicales caractérisées par la présence de récifs coralliens. On la trouve en mer des Caraïbes, océan Atlantique, océan Pacifique sud et central et dans l'océan Indien (Fig. 1). L'incidence annuelle de la ciguatéra est estimée à 25 000 cas voir 50 000 cas mondiaux avec 500 cas pour 100 000 habitants pour la région Pacifique Sud. Il s'agit de l'intoxication alimentaire d'origine marine la plus commune à l'échelle mondiale (Boydron-Le Garrec, 2005).

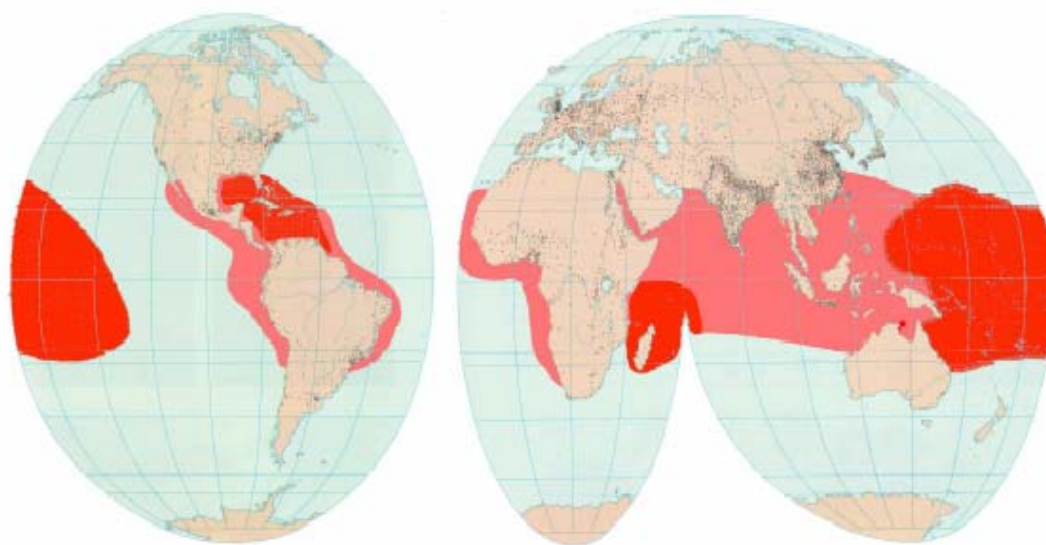


Figure 1 : Zones ciguatériques (rouge foncé : risque élevé à modéré ; rouge clair : risque faible ou incertain). Source : Lewis, 2000.

### 1.2. Historique

Cette affection est connue depuis l'Antiquité. On en retrouve la trace, tant dans l'ancienne Egypte, plus de 2000 ans avant JC, qu'en Chine au début de l'ère chrétienne. Les anecdotes rapportées par les navigateurs Vasco de Gama, Fernandez de Quieros et Cook, entre le 16<sup>ème</sup> et le 18<sup>ème</sup> siècle, dans lesquelles ils relatent des cas d'intoxication à bord suite à

l'ingestion de poissons des récifs, ne font que confirmer un phénomène très ancien (Bagnis, 1969). Le terme ciguatéra aurait été employé la première fois par Poey en 1866 au sujet d'une maladie résultant de l'ingestion d'un mollusque, *Livona pica*, appelé cigua à Cuba (Randall, 1958). Le terme a ensuite été étendu à toutes intoxications présentant des symptômes gastro-intestinaux et neurologiques résultant de l'ingestion de poissons.

### **1.3. Les débuts**

Randall (1958) propose, l'hypothèse d'un transfert le long de la chaîne alimentaire, avec une bioaccumulation de la toxine responsable de la ciguatéra, et suggère qu'un petit organisme benthique serait à l'origine de la production de la toxine.

Randall présente l'existence d'une relation forte entre les perturbations du milieu corallien et les flambées ciguatériques et se propose de tester l'impact de l'apport de surfaces vierges artificielles sur la toxicité du milieu (Randall, 1958). L'hypothèse de la transmission de la toxine le long de la chaîne alimentaire, à partir d'organismes benthiques apparaissant sur des surfaces néoformées, est confirmée par Bagnis (1969) à l'aide d'observations réalisées sur de nombreux atolls de Polynésie française. Bagnis compare les flambées ciguatériques à des réponses de l'écosystème corallien face aux agressions extérieures naturelles ou anthropiques (Bagnis *et al.*, 1973).

### **1.4. Découverte de *Gambierdiscus toxicus***

Une collaboration franco-japonaise (Yatsumoto *et al.*, 1977), découvre, dans les îles Gambiers (Polynésie française), que l'organisme responsable de la ciguatéra est une algue unicellulaire benthique ingérée par les poissons herbivores lorsqu'ils broutent les macroalgues qui lui servent de substrat. Ce dinoflagellé benthique épiphyte est appelé *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo, 1979 (Fig. 2). Par bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire, les toxines initialement produites par la microalgue vont se concentrer dans les poissons pour atteindre chez les plus âgés des taux susceptibles d'intoxiquer les consommateurs. *Gambierdiscus toxicus* est aujourd'hui bien connu comme étant le principal organisme responsable de la production de ciguatoxines dans le Pacifique (Chinain *et al.*, 1999 a).

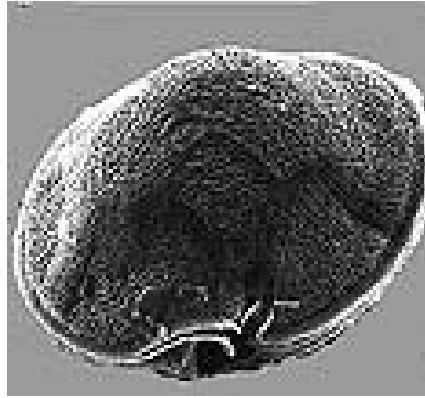


Figure 2 : Microscopie à balayage d'une cellule de *Gambierdiscus toxicus* (taille : 40  $\mu\text{m}$ ).  
Source : <http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/algae/Rabst-12.htm>

### 1.5. Toxicité des *Gambierdiscus*

Il existe trois sortes de ciguatoxines de structures différentes, qui provoquent des symptômes différents selon l'origine bio-géographique des microalgues : les ciguatoxines du Pacifique (P-CTXs) (Fig. 3), celles des Caraïbes (C-CTXs) et celles de l'océan Indien (I-CTXs). Ces ciguatoxines (CTXs) sont de puissants activateurs du canal  $\text{Na}^+$  sensible au potentiel de membrane (CSSP) via leur interaction avec le site-récepteur 5 de la protéine-canal. Les conséquences cellulaires des interactions entre les CTXs et les CSSP consistent principalement en une dépolarisation membranaire, accompagnée de l'apparition de potentiel d'action spontanés et/ou répétitifs, et en une augmentation du volume cellulaire (Boydron-Le Garrec *et al.*, *sous presse*).

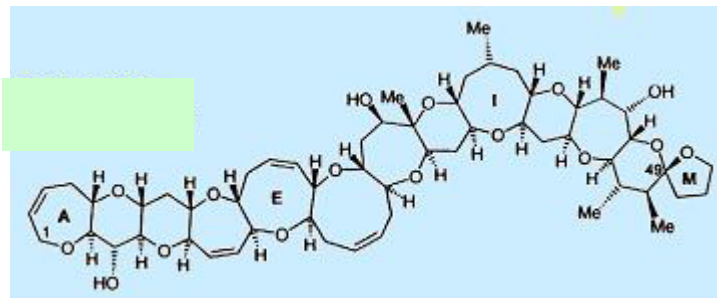


Figure 3 : Exemple de P-CTX. Source : Satake *et al.*, 1993.

Toutes les espèces de *Gambierdiscus* ne sont pas toxiques, et parmi celles qui le sont (*G. toxicus*, *G. yasumotoi* et *G. polynesiensis*), il existe une grande variabilité intraspécifique dans la production de toxines. Il existe différentes souches d'une même espèce qui présentent des niveaux de toxicité différents sans que cela semble être fonction des facteurs du milieu (Chinain *et al.*, 1999b).

### **1.6. Abondance des *Gambierdiscus***

Les facteurs environnementaux responsables des efflorescences de *Gambierdiscus* n'ont pas encore été clarifiés. Chinain *et al.* (1999a), ont montré une corrélation positive avec la température, mais une absence de corrélation avec la salinité ou la concentration en nutriments. A Tahiti, en effet, les efflorescences de *Gambierdiscus* surviennent de manière cyclique suivant un schéma saisonnier, les plus fortes densités étant enregistrées préférentiellement pendant la saison chaude (septembre à mars).

Cependant, l'enrichissement en sels nutritifs du lagon peut être responsable de la progression des peuplements de macroalgues comme les *Turbinaria* et les *Sargassum* (Boyer *et al.*, 2004), support privilégiés des *Gambierdiscus*.

### **1.7. Ciguatera et Récifs**

Malgré le manque d'information concernant le rôle des facteurs environnementaux sur le développement des efflorescences, de nombreuses études en Polynésie (Bagnis 1969, 1973, 1994, Tebano et Lewis 1991) ont montré la relation de cause à effet entre les perturbations exercées sur les récifs et les flambées ciguatières. Ces perturbations peuvent être naturelles (tsunamis, cyclones, séismes, volcanisme sous-marin, blanchissement des coraux, ...), mais aussi artificielles (agressions de l'homme, ancrage, aménagement du territoire, construction de digues, creusement de chenal, ...). La prolifération des microalgues peut, en effet, être largement favorisée par la création de « nouvelles surfaces » colonisables par des macroalgues opportunistes, substrats-hôtes de ces dinoflagellés (Bagnis, 1994, Chinain *et al.*, 1999a) (Fig. 4).

En général, dans un environnement riche en coraux vivants, la densité des *Gambierdiscus* est réduite (Bagnis, 1994). La faible masse de microalgues ingérée par les poissons herbivores ne porte pas à conséquence et n'influe pas sur la toxicité des poissons carnivores.



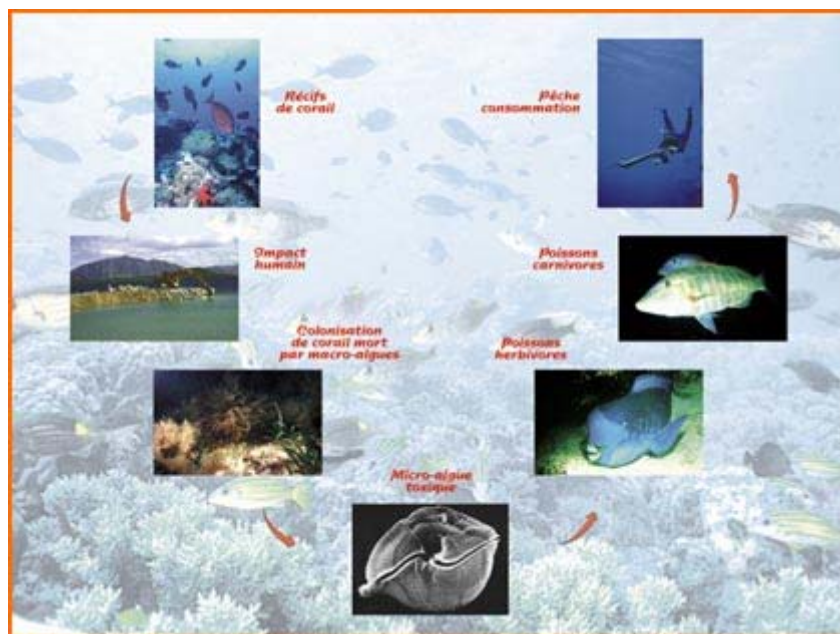


Figure 4 : schéma du cycle de l'intoxication ciguatérique. Source : Ifreco.

### 1.8. Symptômes de la ciguatéra

Quelques heures après la consommation de poisson toxique, apparaissent des signes généraux (asthénie, céphalées, douleurs articulaires et musculaires), des signes digestifs (nausées, douleurs abdominales, vomissements, diarrhée), des signes neurologiques (fourmillements, picotements, inversion des sensations chaud / froid, engourdissement des extrémités, asthénie musculaire, ataxie), des signes cardio-vasculaires (bradycardie, hypotension) et du prurit (d'où le nom commun de la maladie en Nouvelle-Calédonie, « la gratte »). On note une persistance des signes cliniques pendant 1 à 7 mois, ainsi que des récurrences des paresthésies lors de la prise d'alcool, de fruits de mer ou de poissons.

Outre son importance sur la santé humaine, la ciguatéra a un impact économique considérable par le manque à gagner qu'elle occasionne en contrariant la mise sur le marché de poissons à risque de ciguatéra et par les arrêts de maladie qu'elle entraîne. En effet, il n'existe pas de test fiable permettant la détection de poissons toxiques sur le terrain ni de traitement spécifique de l'intoxication.

### 1.9. Poissons impliqués dans la ciguatéra

Plus de 110 espèces de poissons, réparties à travers le monde, ont été scientifiquement rapportés comme ayant une fois été ciguatérique (Boydron-Le Garrec *et al.*, *sous presse*). Ce sont les espèces récifales de haut niveau trophiques qui sont, en très grande majorité, les plus incriminées. Dans l'océan Pacifique, il s'agit surtout de familles de carnivores telles que les Lutjanidae (lutjan, anglais), les Muranidae (murènes), les Serranidae (loches), les Sphyranidae

(barracudas), les Carangidae (carangues) et les Scombridae (tazard). Bagnis (1973), cite, en Polynésie Française, des cas d'intoxication provoqués par d'autres familles telles que les Acanthuridae (chirurgiens), les Scaridés (perroquets), les Mullidae (barbillons), les Haemulidae (grosses lèvres), les Mugilidae (mulets), les Lethrinidae (becs de canne), les Labridae (napoléons) et les Balistidae (balistes). Les gros spécimens de certaines de ces espèces sont aussi potentiellement toxiques en Nouvelle-Calédonie (Boydron-Le Garrec *et al.*, *sous presse*).

### **1.10. Implications d'autres micro-organismes dans la ciguatéra**

D'après les données bibliographiques, les cyanobactéries sont suspectées d'être une source de toxines, dans la chaîne alimentaire pisciaire, pouvant conduire à des empoisonnements chez l'homme de type ciguatérique (Endean *et al.*, 1993). Un composé léthal aux souris, en injection intrapéritonéale, a été extrait d'échantillons de *Trichodesmium (Oscillatoria) erythraeum* et de quatre espèces de mollusques. Les études chromatographiques et les symptômes enregistrés chez la souris sont en faveur de substances proches des ciguatoxines (Hahn et Capra, 1992).

Cependant, parmi les cyanotoxines connues, il existe d'autres neurotoxines telle que la saxitoxine (toxines à PSP pour « Paralytic Shellfish Poisoning ») qui provoque des effets neurologiques aigus chez les mammifères (Endean *et al.*, 1993). La saxitoxine est une cyanotoxine hydrosoluble et thermostable dont les effets sont connus chez l'homme. Ils peuvent aller d'une sensation de picotement, de vertige et de nausée jusqu'à une paralysie et des troubles respiratoires. Les intoxications humaines sont généralement dues à la consommation de mollusques filtreurs (coquille St-Jacques, moules) contaminés. Les symptômes provoqués par ces neurotoxines peuvent être difficile à distinguer de ceux provoqués par les ciguatoxines, étant donné la très forte variabilité individuelle que présentent les intoxications ciguatériques. Alors que l'implication des dinoflagellés dans le phénomène ciguatérique est établie, celle des cyanobactéries reste encore à prouver.

## **2. Cas de Hunëtë**

Répondant à l'alerte sanitaire de la Province des îles concernant de nombreux cas d'intoxications de type ciguatérique dans l'île de Lifou (Iles Loyautés, Nouvelle-Calédonie), nous nous sommes rendus dans la tribu de Hunëtë concernée pour tenter d'apporter une réponse aux populations quant à l'apparition de ces intoxications.

Les habitants nous ont montré la délimitation de deux zones de pêches les qualifiant de zone toxique et de zone non toxique. La présence remarquable d'une route éboulée et d'une rampe de mise à l'eau effondrée au milieu de la zone réputée toxique a attiré notre attention.

## 2.1. Méthodologie

### 2.1.1. Choix des sites de prélèvements

Pour la définition des sites de prélèvement, nous avons observé l'ensemble des deux zones définies comme toxique et non toxique par les habitants d'Hunētē (Fig. 6). Suite à cette observation nous avons choisis :

- 2 sites au sein de la zone réputée toxique, un site à proximité du wharf (rampe de mise à l'eau) et de la zone d'effondrement de la route et un site au large en face du wharf (Fig. 6, points bleus).
- 3 sites au sein de la zone réputée non toxique, un site près de la côte, proche de la zone réputée toxique (site « pirogue »), un autre près de la côte de l'autre côté (site « champs de *Turbinaria* ») et le dernier site au large au niveau du bleu (Fig. 6, points verts).
- Les coordonnées des sites de prélèvements sont données en annexe 2.

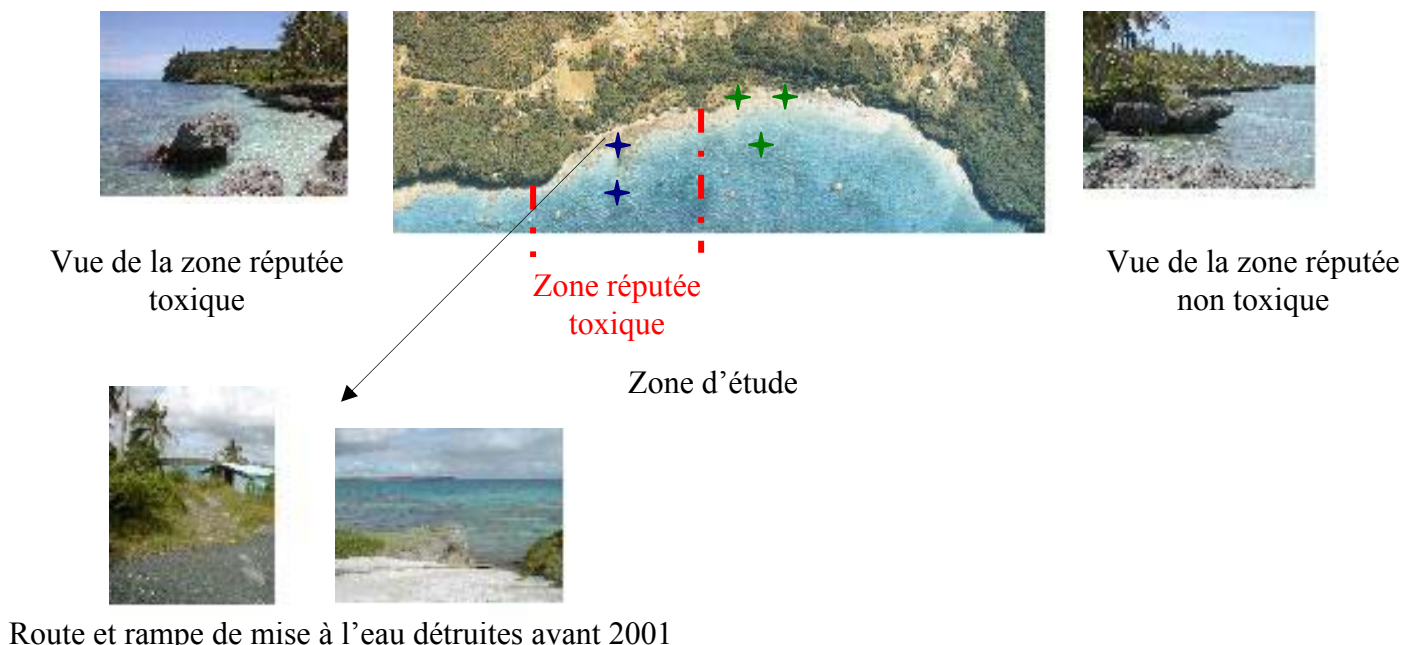


Figure 6 : Observation de la zone d'étude. Source : DITTT (Direction des Infrastructures, de la Topographie et des Transports Terrestres) pour la vue aérienne et IRD pour les photographies.

### 2.1.2. Recensement des intoxications

Sur notre demande, des formulaires de déclaration d'intoxication (annexe 3) ont été donnés à l'un des deux médecins de Hunētē pour qu'il les fasse remplir par les personnes ayant été intoxiquées.

### 2.1.3. Prélèvements des *Gambierdiscus* sp.

#### 2.1.3.1. Dénombrement

Sur chaque site, on prélève trois échantillons de 150 grammes de *Turbinaria* sp. (Fig. 7-a). Les algues sont mises dans un sac plastique avec de l'eau de mer, elles sont frottées et agitées vigoureusement pour déloger les microalgues. Le contenu du sac (suspension) est filtré successivement sur une batterie de tamis de 700, 200 et 35 micromètres. Le filtrat recueilli est conservé dans 30ml de formol à 5% et de l'eau de mer (Chinain *et al*, 1999a). La densité des cellules de *Gambierdiscus* sp. pour tous les sites est déterminée par comptage au microscope à l'aide d'une cellule de Malassez, les valeurs sont exprimées en cellule par gramme d'algue humide (Fig. 7-b). En présence d'une efflorescence (densité supérieure à 1000 cellules par gramme d'algue humide), on retourne le lendemain sur le site prélever 500 grammes de macroalgue qui sont traitées comme précédemment. Après la filtration de la suspension, les cellules sauvages sont concentrées par centrifugation à 2000g pendant 20 minutes et le culot est conservé à -20°C jusqu'à l'extraction pour l'analyse de toxicité (Chinain *et al*, 1999a). Les prélèvements ont été réalisés du 15 au 17 mars 2005 et le 28 avril 2005.

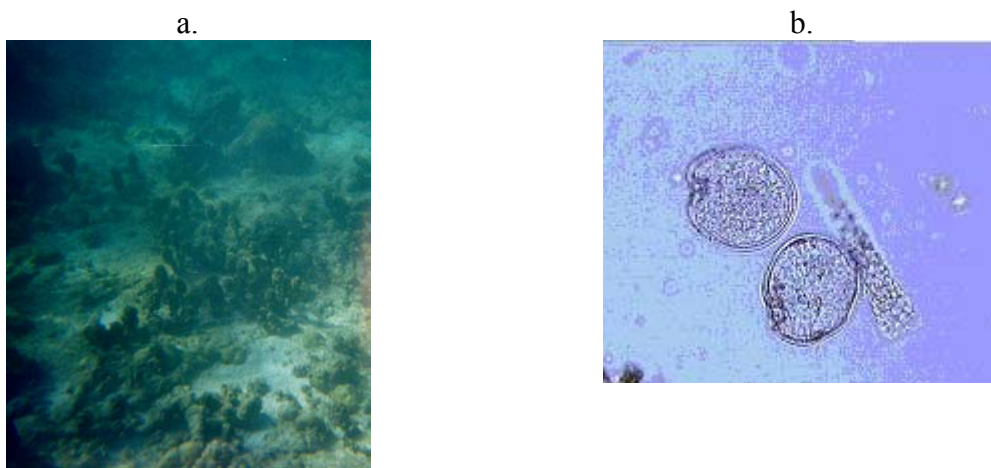


Figure 7 : a- Champs de *Turbinaria* sp.  
b- Vue au microscope binoculaire (1 cm = 40 µm) de *Gambierdiscus* sp.  
Source : photographies IRD.

### 2.1.3.2. Analyse de la toxicité

La fraction à tester pour la toxicité est obtenue par une extraction du culot de *Gambierdiscus* sp. issu des prélèvements du 15 au 17 mars 2005. Le protocole suivi, d'après Chinain *et al* (1999a), est décrit figure 8. La fraction obtenue est ensuite testée sur des souris par injection intrapéritonéale (Vernoux, 1994). Les souris sont sacrifiées si elles survivent plus de trois jours après avoir été injectées, il en est de même pour tous les types d'injections suivants. De même, lors de chaque analyse, une souris injectée avec du tampon nous sert de témoin comparatif pour la mise en évidence des symptômes.

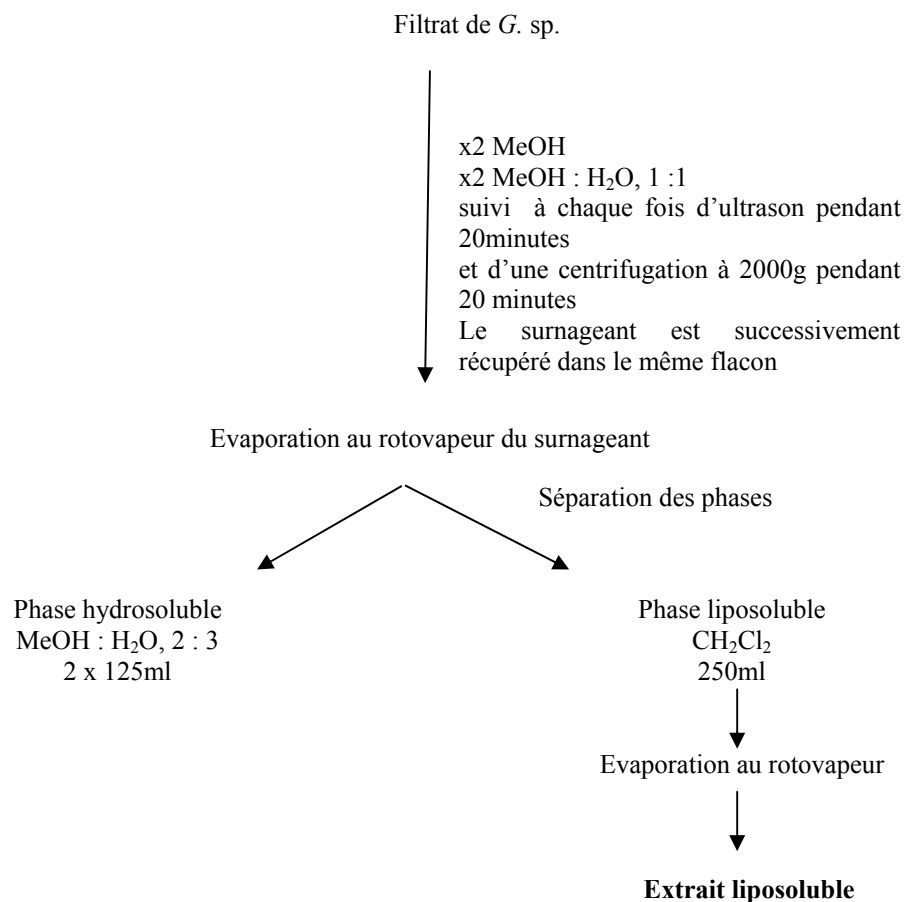


Figure 8 : Protocole d'extraction des *Gambierdiscus* sp.

### 2.1.4. Prélèvement des cyanobactéries

#### 2.1.4.1. Dénombrement

Les cyanobactéries récoltées sont constituées de filaments de plusieurs millimètres de long (Fig. 9-b) qui s'agglutinent pour former des faisceaux ou des "touffes". Le tout formant un gazon noir recouvrant le sable et les coraux morts (Fig. 9-a). Les cyanobactéries sont récoltées dans la zone toxique du 15 au 17 mars et le 28 avril 2005. Suivant la même méthodologie que pour les *Gambierdiscus* sp., elles sont isolées et observées au microscope.



Les cyanobactéries étant extrêmement nombreuses, d'autres prélèvements sont passés au tamis de 500 et 200 microns puis conservées dans de l'eau de mer pour l'analyse de la toxicité. Etant donné leur nature gluante, il n'a pas été possible de quantifier le poids récolté pour l'analyse. Pour chaque prélèvement, un échantillon est conservé dans une solution de formol à 5% pour une détermination ultérieure précise.

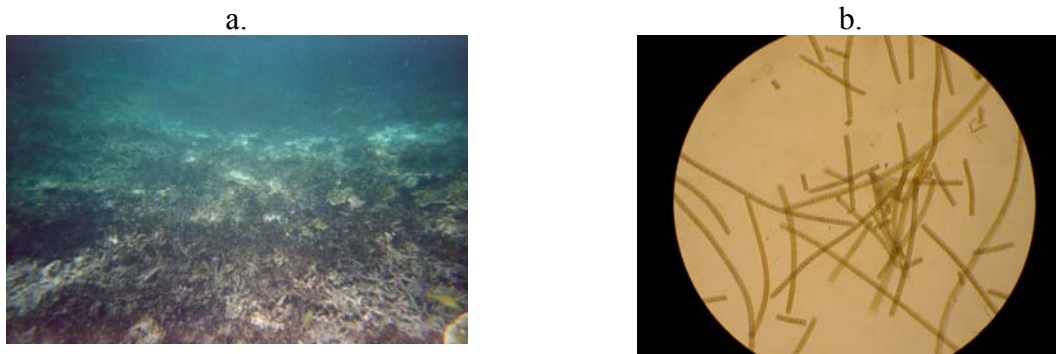


Figure 9 : a- Tapis de cyanobactéries b- Vue au microscope binoculaire (1 cm = 40 µm) des cyanobactéries prélevées. Source : photographies IRD.

#### 2.1.4.2. Analyse de la toxicité

Les fractions à tester pour la toxicité sont obtenues par une extraction du culot de cyanobactéries issues des prélèvements du 15 au 17 mars et du 28 avril 2005. Le protocole suivi, d'après Endean *et al* (1993), est décrit figure 10. Les fractions obtenues sont ensuite testées sur des souris par injection intrapéritonéale (Vernoux, 1994).

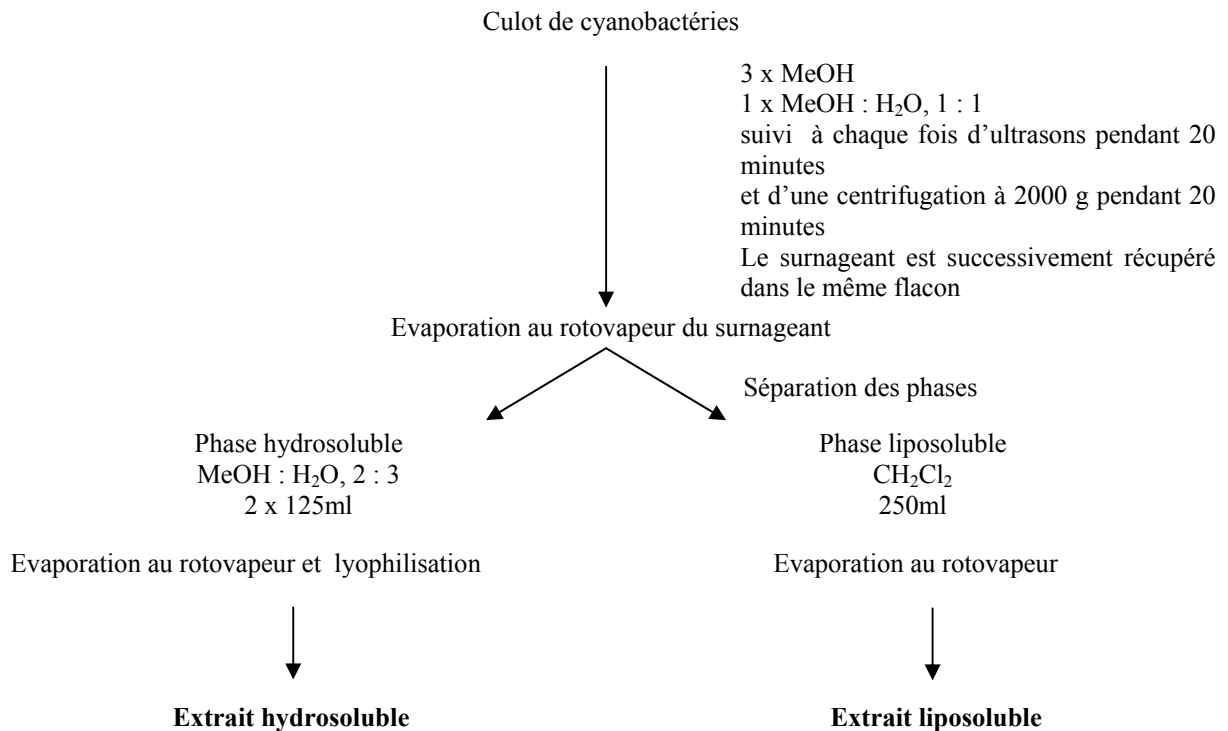


Figure 10 : Protocole d'extraction des cyanobactéries

### 2.1.5. Analyse de la toxicité de la chair et du foie de poisson perroquet, *Scarus* sp.

Les fractions à tester sont obtenues par extraction de la chair (filet) et du foie des poissons perroquets (*Scarus* sp.) pêchés le 28 avril 2005 dans les zones réputées toxique et non toxique. Le protocole suivi, d'après Endean *et al* (1993), est décrit figure 11. Les fractions obtenues sont ensuite testées sur des souris par injection intrapéritonéale (Vernoux, 1994).

### 2.1.6. Analyse de la toxicité des bécards, *Tridacna* sp.

Les fractions à tester sont obtenues par extraction des bécards (*Tridacna* sp.) en entier (chair et viscères) récoltés le 28 avril 2005 dans la zones réputée toxique. Le protocole suivi, d'après Endean *et al.* (1993), est décrit figure 11. Les fractions obtenues sont ensuite testées sur des souris par injection intrapéritonéale (Vernoux, 1994).

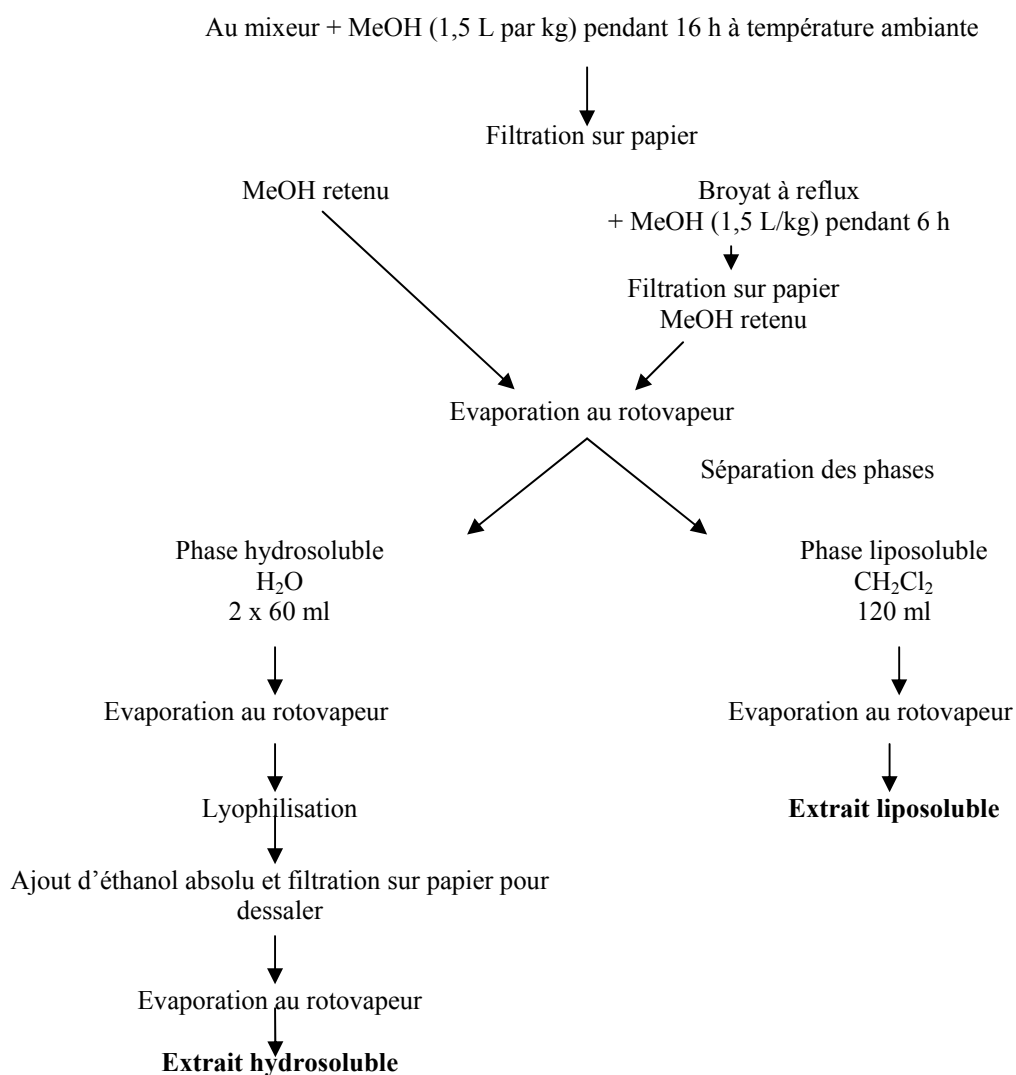


Figure 11 : Protocole d'extraction de la chair et des foies des poissons et des bécards.

### 2.1.7. Prélèvement d'eau de mer pour l'analyse du C/N/P

Pour l'azote et le phosphate organiques dissouts (NOD et POD), on prélève dans chacune des deux zones, deux répliquats de 125 ml d'eau de mer de la colonne d'eau que l'on congèle. Pour le phosphate organique particulaire (POP) et le carbone et l'azote particulaires (CHN), on prélève un litre d'eau de mer dans la colonne d'eau et un litre de filtrat de la suspension de macroalgues filtrée à 35 micromètre pour chaque site. L'eau de mer prélevée pour l'analyse du CHN et du POP est filtrée au laboratoire sur un filtre de 0,45 micromètre, les filtres sont congelés et donnés pour analyse à l'unité des moyens analytiques du centre IRD de Nouméa.

Les analyses concernant l'ensemble de ces prélèvements sont en cours, les résultats, que nous obtiendrons qu'en juillet 2005, nous permettrons de mettre en lumière la présence ou l'absence de corrélation entre les concentrations en sels nutritifs (dans la colonne d'eau et sur les substrats-hôtes) et l'abondance des microorganismes étudiés.

## 2.2. Résultats

### 2.2.1. Observations du milieu

Une observation d'ensemble de la zone d'étude nous a permis de mettre en évidence une dégradation concentrique décroissante du milieu corallien, au niveau de l'effondrement de la route et du wharf. En effet sur le lieu de l'effondrement, on observe une zone d'une vingtaine de mètres de diamètre où sont présents des coraux branchus cassés recouverts de gazon algal brun. Au milieu de cette zone dégradée, on a relevé la présence de tapis de cyanobactéries lors de notre première mission du 15 au 17 mars 2005 (Fig. 12). Cette zone se caractérise par une faible diversité corallienne, en revanche la diversité en poissons semble la même qu'alentour. Lorsque l'on s'éloigne sur une centaine de mètres autour de cette zone détruite, on observe un retour progressif de la diversité corallienne et macroalgale. Enfin, encore deux cents mètres plus loin le milieu ne semble plus du tout dégradé (Fig. 13). L'ensemble de la zone d'étude se caractérise par une faible profondeur (environ 3 mètres) de la colonne d'eau, particulièrement au niveau du wharf où la zone est enclavée.



Figure 12 : Zone dégradée. Source : photographie IRD.



Figure 13 : Zone corallienne saine. Source : photographie IRD.

### 2.2.2. Epidémiologie

Sur les 300 habitants de Hunētē, nous avons relevé 27 formulaires correspondant à un ou plusieurs cas d'intoxication par personne depuis 2001, ce qui représente 9 % de la population. Il est certain que plusieurs personnes intoxiquées n'ont pas rempli de formulaire. Un résumé des informations recueillies sur les formulaires distribués est donné en annexe 4.

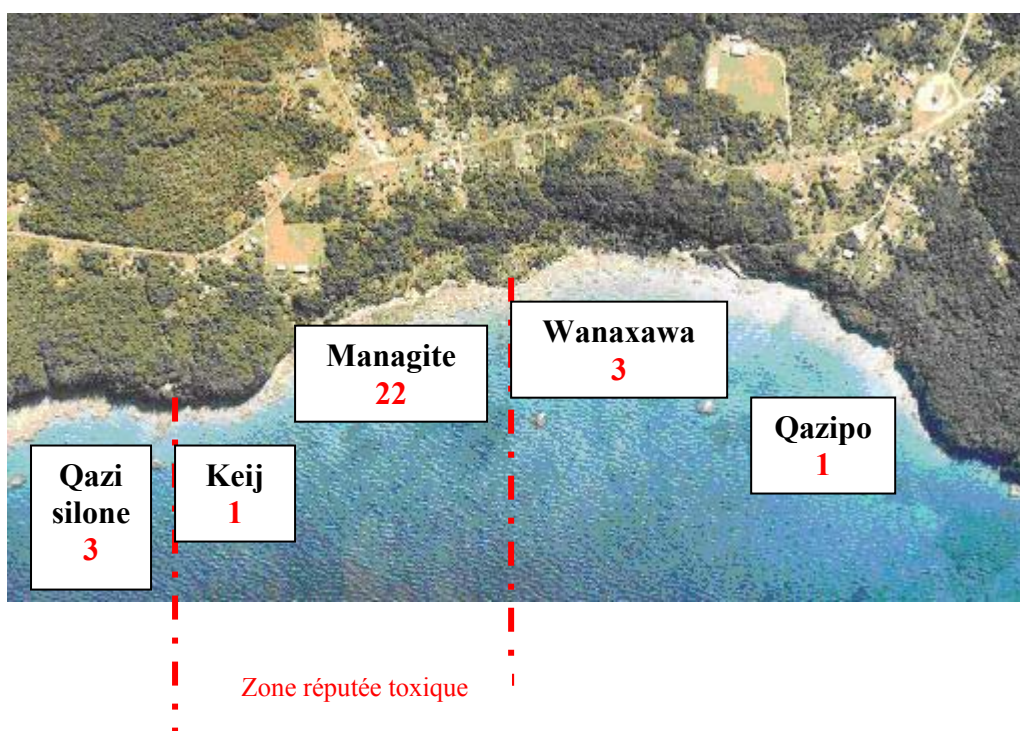


Figure 14 : Nombre de cas et lieu de pêche des organismes responsables des intoxications (n=30). Source : DITTT.

Sur la figure 14, on voit que sur les 30 intoxications recensées, 23 ont pour cause un organisme pêchés dans la zone réputée toxique et 7 dans la zone réputée non toxique.

Tableau 1: Identification des organismes responsables des intoxications (n=30)

Groupe	Nom vernaculaire	Nombre d'intoxication	Zone toxique	Zone non toxique
Vertébrés, "Poissons"	Perroquet	15	11	4
Vertébrés, "Poissons"	Bec de canne	7	5	2
Vertébrés, "Poissons"	Petit Napoléon	2	2	0
Vertébrés, "Poissons"	Dawa	2	2	0
Vertébrés, "Poissons"	Rouget	1	1	0
Vertébrés, "Poissons"	Loche saumonée	1	0	1
Invertébrés, Mollusques	Bénitier	2	2	0

Le tableau 1 montre qu'il y a 28 intoxications dues à l'ingestion de poissons qui sont tous des organismes mobiles et non inféodés à une zone en particulier et 2 intoxications dues à l'ingestion d'un même bénitier. Cet organisme benthique fixé se trouvait près du wharf dans la zone réputée toxique (Tableau 2).

Tableau 2 : Sévérité des symptômes en fonction de la zone de pêche et de l'organisme ingéré (n=30).

Zone	Perroquet	Bec de canne	Dawa	Petit Napoléon	Rouget	Loche saumonée	Bénitier
réputée toxique	1 cas d'hospitalisation sur 11	1 cas de perfusion et 2 cas d'hospitalisation sur 5	1 cas d'hospitalisation sur 2	1 cas d'hospitalisation sur 2	1 cas peu sévère sur 1	-	1 cas d'hospitalisation grave sur 2
réputée non toxique	1 cas d'hospitalisation sur 4	2 cas peu sévères sur 2	-	-	-	1 cas peu sévère sur 1	-

D'après le tableau 2, les organismes pêchés dans la zone réputée toxique ont déclenché des symptômes plus sévères que ceux pêchés dans la zone réputée non toxique. L'ensemble des intoxications semble particulièrement sévère par rapport à des cas classiques de ciguatera (ce qui est confirmé par les médecins et les habitants de Hunëtë). L'intoxication par le bénitier est spécialement sévère. Les résultats ne permettent pas de mettre en évidence une différence de toxicité entre les espèces de poissons.



### 2.2.3. Prélèvements des *Gambierdiscus* sp.

#### 2.2.3.1. Dénombrement

Tableau 3 : Dénombrement des *Gambierdiscus* sp. (moy±σ, n=10), lors de la mission du 15 au 17 mars 2005.

Site	ZONE REPUTEE NON TOXIQUE				ZONE REPUTEE TOXIQUE					
	Pirogue1	Pirogue2	Champs <i>Turbinaria</i>	Large	Wharf1	Wharf2	Wharf3	Wharf4	Large1	Large2
Moyenne du nombre de cellules comptées	2,8±2,6	2,2±1,7	5,8±1,7	3,9±2,0	0	0	0	0	0,1±0,3	0,2±0,4
Volume (ml)	34	25	37	30	25	29	28	22,5	27	20
Poids d'algues (g)	150	100	150	160	50	120	100	80	90	90
Nombre de cellules par gramme d'algue fraîche	635	550	1431	713	0	0	0	0	30	44

Les résultats du tableau 3 mettent en évidence l'absence de *Gambierdiscus* sp. dans la zone réputée toxique et leur présence en quantité assez élevée (plus de 1000 cellules par gramme d'algues fraîches sur le site « Champs de *Turbinaria*) dans la zone réputée non toxique. La densité de *Gambierdiscus* sp. dans la zone réputée non toxique est suffisante pour engendrer des intoxications ciguatériques à conditions qu'il s'agisse de souches toxiques. C'est pourquoi nous avons testé leur toxicité chez des souris.

En revanche, lors de la deuxième mission du 28 avril 2005, nous n'avons relevé la présence de *Gambierdiscus* sp. dans aucune des deux zones.

#### 2.2.3.2. Analyse de toxicité

Tableau 4 : Injections avec *Gambierdiscus* sp.

Type d'extrait	Quantité de départ (g)	Quantité de la phase liposoluble (mg)	Injections (mg par g de souris)	Symptômes	Temps de survie
<i>Gambierdiscus</i> sp.	inconnue	93	2	Train arrière pseudo paralysé, Tremblements, Inaction, Paralysie flasque des membres, Poils non hérissés	30 min
			0,4		8h
			0,3		9h
			0,26		9h45

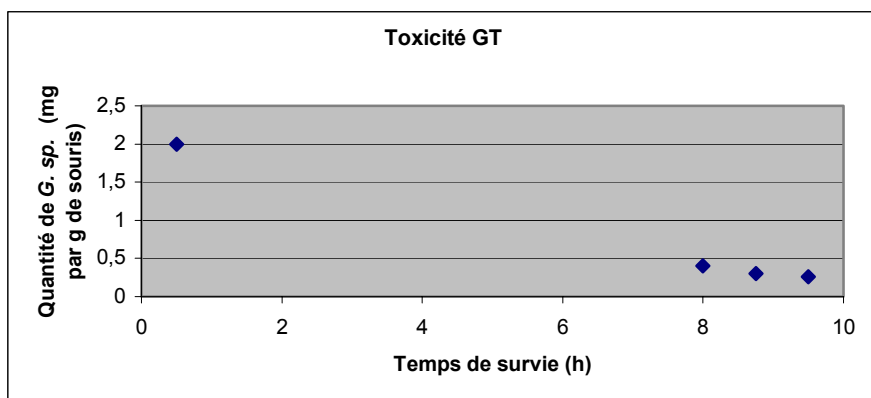


Figure 15 : Courbe dose-réponse d'extrait liposoluble de *Gambierdiscus sp.*.

On observe une toxicité des *Gambierdiscus sp.* (Tableau 4) assez élevée sur les 4 souris injectées. Les symptômes observés sont des symptômes classiquement provoqués par les ciguatoxines. La réponse de toxicité est proportionnelle à la dose injectée (Fig. 16).

## 2.2.4. Prélèvements des cyanobactéries

### 2.2.4.1. Observations

Lors de la première mission du 15 au 17 mars 2005, on a observé un tapis de cyanobactéries au centre de la zone réputée toxique. Ce tapis sans doute composé de plusieurs espèces de cyanobactéries benthiques, s'est révélé contenir en grande partie des cyanobactéries du genre *Hydrocoleum*, genre proche des *Trichodesmium* mais benthique. La détermination a été réalisée par le docteur Golubic de l'université de Boston.

Lors de la deuxième mission du 28 avril 2005, le tapis de cyanobactérie n'était plus au même endroit, en revanche les cyanobactéries formaient plusieurs taches plus petites et plus au large.

### 2.2.4.2. Analyse de toxicité

Tableau 5 : Injection avec la phase liposoluble de l'extrait de cyanobactéries

Type d'extrait	quantité de départ (g)	quantité de la phase liposoluble (mg)	injections (mg par g de souris)	Symptômes	Temps de survie
Cyanobactéries 15 au 17 mars 2005	inconnue	119	4	Train arrière pseudo paralysé, Tremblements, Poils hérissés, Vasodilatation de l'artère caudale, Transpiration, Prostration	12h
			2		>36h
Cyanobactéries 28 avril 2005	inconnue	142	3	Aucun	sacrifiée
			3	Train arrière pseudo paralysé, Tremblements, Poils hérissés, Prostration	entre 9h et 14h

Tableau 6 : Injection avec la phase hydrosoluble de l'extrait de cyanobactéries

Type d'extrait	quantité de départ (g)	quantité de la phase hydrosoluble (mg)	injections (mg par g de souris)	Symptômes	Temps de survie
Cyanobactéries 28 avril 2005	inconnue	335	5	Aucun	sacrifiée
			5	Saut, Spasmes	2 min
			4		5 min

On observe une toxicité des cyanobactéries aussi bien dans la phase liposoluble, chez 3 souris sur 4 (Tableau 5), que dans la phase hydrosoluble, chez 2 souris sur 3 (Tableau 6). L'extrait hydrosoluble du premier prélèvement n'a malheureusement pas pu être testé car la quantité récupérée n'était pas suffisante. On remarquera aussi que les premières injections des extraits liposolubles et hydrosolubles des cyanobactéries du 28 avril 2005 montrent une absence de toxicité contrairement aux suivantes. Les injections étant réalisées dans les mêmes conditions expérimentales, il semble que cette différence de toxicité soit due à une mauvaise solubilisation des extraits. La toxicité de la phase hydrosoluble est très élevée et les symptômes sont caractéristiques d'une puissante neurotoxine.

#### 2.2.5. Prélèvement des poissons perroquets (*Scarus* sp.)

Tableau 7 : Injection des extraits liposolubles de chair et foie de poissons

Type d'extrait	Quantité de départ (g)	Quantité de la phase liposoluble (mg)	Injections (mg par g de souris)	Symptômes	Temps de survie
Chair de poissons pêchés dans la zone réputée non toxique	400	1670	5	Affaissement de l'arrière train	Sacrifiée
			9		
Chair de poissons pêchés dans la zone réputée toxique	800	3120	5	Affaissement de l'arrière train	Sacrifiée
			9		
Foie de poissons pêchés dans la zone réputée non toxique	11	1420	5	Affaissement de l'arrière train, paralysie flasque	Sacrifiée
			9		7h30
Foie de poissons pêchés dans la zone réputée toxique	28	7290	3	Affaissement de l'arrière train, paralysie flasque	45h
			5		7h

Tableau 8 : Injection des extraits hydrosolubles de chair et foie de poissons

Type d'extrait	Quantité de départ (g)	Quantité de la phase hydrosoluble (mg)	Injections (mg par g de souris)	Symptômes	Temps de survie
Chair de poissons pêchés dans la zone réputée non toxique	400	1282	5	Difficultés à se déplacer, Tremblement, Prostration	Sacrifiée
			13		2h
Chair de poissons pêchés dans la zone réputée toxique	800	2816	5	Difficultés à se déplacer	Sacrifiée
			13		
Foie de poissons pêchés dans la zone réputée non toxique	11	85	5	Difficultés à se déplacer	Sacrifiée
Foie de poissons pêchés dans la zone réputée toxique	28	688	3	Difficultés à se déplacer, affaissement, tremblements, prostration	Sacrifiée
			12		36h

Les résultats montrent qu'on ne peut pas mettre en évidence une différence de toxicité, sur les souris, des poissons en fonction de la zone de pêche, que les foies semblent plus toxiques que les chairs et que la phase liposoluble paraît plus toxique que la phase hydrosoluble (Tableaux 7 et 8).

### 2.3.6. Prélèvement de bénitiers (*Tridacna* sp.)

Tableau 9 : Injection de l'extrait liposoluble de bénitier

Type d'extrait	Quantité de départ (g)	Quantité de la phase liposoluble (mg)	Injections (mg par g de souris)	Symptômes	Temps de survie
Bénitiers	850	1590	2,5	Affaissement, cambrement	Sacrifiée
			6	Affaissement, prostration	5h

Tableau 10 : Injection de l'extrait hydrosoluble de bénitier

Type d'extrait	Quantité de départ (g)	Quantité de la phase hydrosoluble (mg)	Injections (mg par g de souris)	Symptômes	Temps de survie
Bénitiers	850	727	5	Sauts, spasmes	2 min
			4	Sauts, spasmes	5 min
			2,5	Affaissement du train arrière	Sacrifiée
			1	Affaissement du train arrière	Sacrifiée

Les extraits de bénitiers montrent une forte toxicité sur les souris (Tableaux 9 et 10) en particulier l'extrait hydrosoluble. Les symptômes observés, surtout les sauts et les spasmes, ressemblent aux symptômes observés lors de l'injection des extraits de cyanobactéries (Tableaux 5 et 6).

### **2.3. Discussion**

En ce qui concerne les résultats de l'étude épidémiologique, l'analyse des formulaires nous a permis de mettre en évidence le lieu de pêche des organismes responsables des intoxications, d'identifier ces organismes et de révéler, ou non, des différences de symptômes en fonction du lieu de pêche et/ou de l'organisme pêché.

Il y a plus d'intoxications, et celles-ci sont plus sévères, dans la zone réputée toxique que dans la zone réputée non toxique (Tableau 2). Les poissons n'ont pas montré de différence de toxicité en fonction de leur lieu de pêche. Les symptômes provoqués par l'ingestion du bénitier pêché dans la zone réputée toxique se sont révélés particulièrement sévères.

Cependant, les résultats sont difficiles à interpréter, en effet la manière dont les habitants de Hunëtë ont défini la zone réputée toxique est intuitive. Les explications que nous avons reçues, grâce au formulaire, ne sont pas forcément complètes. Nous n'avons pas accès aux données concernant le nombre de poissons pêchés qui se sont avérés non toxiques pour l'homme. Cependant, nous savons que la définition d'une zone de toxicité du poisson par la population n'influence pas forcément leurs habitudes de pêche, même s'ils savent que l'endroit est « gratteux », ils vont y pêcher quitte à être malade. Il aurait été pertinent de comparer les types d'organismes qui ont engendré une intoxication (Fig. 15) avec la proportion d'organismes pêchés habituellement mais, à priori, il n'y a pas de raisons que les habitants aient changé leurs habitudes pour pêcher préférentiellement un ou plusieurs organismes en particulier. Le nombre d'intoxication par organisme et lieu de pêche est donc, a priori, représentatif du type et de la quantité d'organismes pêchés habituellement à ces endroits.

Par contre, les symptômes observés pour chaque zone (Tableau 2) ne sont peut-être pas représentatifs de l'ensemble des organismes pouvant être pêchés à cet endroit. Le nombre de poissons toxiques recensés étant relativement faible, en particulier pour la zone réputée non toxique. De plus, il est difficilement imaginable que les poissons ne passent pas d'une zone à l'autre. Il aurait été très intéressant de savoir si les habitants de Hunëtë ont mangé du bénitier



pêché dans la zone réputée non toxique sans avoir été intoxiqués et si cela a pu influencer leur choix dans la définition des deux zones.

Quand à la sévérité des symptômes, il est certain qu'ils ne correspondent pas à un épisode ciguatérique classique. Cependant, étant donné la très forte variabilité individuelle concernant la sensibilité aux neurotoxines, il est très difficile de distinguer différents types d'intoxications sur la seule base de l'observation des symptômes chez l'homme.

En ce qui concerne le dénombrement et la toxicité des microorganismes susceptibles d'être toxiques, les résultats ont montré, contrairement à notre attente, l'absence de *Gambierdiscus* sp. dans la zone réputée toxique et la présence de souches toxiques de *Gambierdiscus* sp. dans la zone réputée non toxique pour les prélèvements réalisés du 15 au 17 mars 2005 (Tableau 3). Les prélèvements du 28 avril ont révélé l'absence de ces microorganismes sur l'ensemble des deux zones. La population de *Gambierdiscus* sp. de la zone d'étude montre donc, de grandes variations spatiales et temporelles. Ce genre d'observations est courant (Chinain *et al.*, 1999a) mais les facteurs régissant la dynamique des *Gambierdiscus* sp. ne sont pas encore connus. Notre estimation de la population de *Gambierdiscus* sp. montre cependant avec certitude que des souches sont présentes dans la zone d'étude et qu'il y en a suffisamment pour engendrer des efflorescences lorsque les conditions sont favorables.

La mise en évidence de la toxicité de ces *Gambierdiscus* sp. montre qu'il est fort probable que les habitants d'Hunëtë aient subi des intoxications de type ciguatérique suite à l'ingestion de poissons pêchés dans la zone d'étude. Cependant la sévérité de certains cas (Tableau 2) laisse suggérer l'existence d'une source supplémentaire d'intoxication qui serait provoquée par d'autres neurotoxines.

Les résultats concernant les prélèvements de cyanobactéries montrent que leur présence est caractéristique de la zone réputée toxique. Les cyanobactéries prélevées du 15 au 17 mars 2005 ainsi que celles prélevées le 28 avril se sont révélées encore plus toxiques chez les souris que les prélèvements de *Gambierdiscus* sp. (Tableau 5 et 6). La toxicité de la phase liposoluble reste cependant comparable, par rapport aux symptômes et aux temps de survie, à celle des *Gambierdiscus* sp.. La phase hydrosoluble des cyanobactéries est quant à elle beaucoup plus toxique chez les souris et provoque des symptômes très différents de ceux provoqués par l'injection des phases liposolubles. Nous n'avons pas pu tester la phase hydrosoluble des *Gambierdiscus* sp. pour comparaison, car nous n'avons pas réussi à extraire suffisamment de matériel pour injecter sur des souris.

La toxicité de la phase liposoluble des cyanobactéries chez les souris ressemblant à celle des *Gambierdiscus* sp., il paraît donc envisageable que certaines cyanobactéries puissent être à l'origine de symptômes similaires aux symptômes ciguatériques chez l'homme. Cependant, se pose entre autres, la question du mode de transmission de la toxine le long de la chaîne alimentaire. Les cyanobactéries ne sont, a priori, pas directement consommées par les poissons herbivores mais on peut envisager une contamination lorsqu'ils broutent le gazon d'algues environnant. L'observation du gazon au microscope a en effet révélé la présence d'un grand nombre de cyanobactéries. Il serait intéressant de tester la toxicité de l'extrait de cyanobactéries sur des poissons pour déterminer s'ils peuvent constituer un vecteur de transmission de la toxine pour l'homme.

Les symptômes très différents provoqués par l'injection de la phase hydrosoluble semblent indiquer qu'il y aurait plusieurs toxines différentes dans ces cyanobactéries, phénomène confirmé par les données bibliographiques (Endean *et al.*, 1993). Les tests de toxicité chez les souris (symptômes et caractéristiques de la toxine) montrent qu'il s'agit probablement d'une neurotoxine comme la saxitoxine. Un échantillon de l'extrait a été donné à analyser pour l'identification de la toxine. La présence de ce type de neurotoxine est connue chez les cyanobactéries mais encore une fois, une transmission éventuelle de la toxine à partir de cyanobactéries benthiques du genre *Hydrocoleum* le long de la chaîne alimentaire n'est pas connue.

En ce qui concerne la toxicité des extraits de poissons, les résultats montrent que leur toxicité sur les souris, bien que plus faible, ressemble, au niveau des symptômes, à celle des *Gambierdiscus* sp. et qu'il n'y a pas de différence dans leur toxicité chez les souris en fonction du lieu de pêche, ce qui est en accord avec les résultats épidémiologiques.

Les résultats des injections des extraits de poissons sont cependant difficiles à interpréter car trop peu de souris ont été testées (une seule souris par type d'injection) et pas assez de poissons ont été prélevés. En effet, une plus grande quantité nous aurait permis d'analyser les poissons individuellement afin de réaliser une analyse statistique des résultats obtenus avec les tests de toxicité chez les souris. Cependant, l'absence de relation entre la toxicité des poissons et le lieu de pêche paraît logique compte tenu de la mobilité des poissons perroquets. Il était somme toute important de tester des poissons sur l'ensemble de la zone d'étude pour comprendre le phénomène d'intoxication massive des adultes de Hunëtë. En revanche, il est notable que nous n'avons pas comparé la toxicité chez les souris des poissons pêchés à Hunëtë avec celle, éventuelle, de poissons que l'on sait non toxiques (comestibles pour

l'homme). Ce témoin négatif, aurait sans doute dû être fait mais ce type d'injection a déjà été réalisé de nombreuses fois et l'absence de symptômes chez les souris lors de l'injection d'extrait de poisson non toxiques est établie.

Les symptômes observés avec les injections d'extrait de poissons chez les souris sont compatibles avec des symptômes classiques de ciguatera. Par contre les résultats chez les souris ne semblent pas confirmer l'hypothèse d'une éventuelle transmission de cyanotoxines aux poissons. La sévérité de certains cas observés chez l'homme peut être expliquée en partie par la forte variation de la sensibilité individuelle aux ciguatoxines et par une éventuelle contamination des poissons par des cyanotoxines qui n'aurait pas été mise en évidence par notre analyse de toxicité. Cependant il est très probable, que les habitants de Hunëtë aient subi un épisode de ciguatera avec une transmission classique des ciguatoxines présentes dans les microalgues via la chaîne alimentaire pisciaire.

En ce qui concerne la toxicité des extraits de bénitiers, les résultats montrent que celle-ci est similaire à celle des cyanobactéries, aussi bien au niveau des temps de survie que des symptômes. La toxicité des bénitiers est, également, plus élevée que celle des poissons. On sait que les bénitiers *Tridacna sp.* sont des organismes sessiles filtreurs et que les cyanobactéries peuvent relarguer dans la colonne d'eau un exsudat, appelé « eau rouge » en quantité assez importante (Endean *et al.*, 1993). Cet exsudat est la plupart du temps dilué dans la colonne d'eau mais du fait de la configuration particulière de la zone dégradée (faible hauteur de la colonne d'eau, zone enclavée) et de la capacité de filtration très importante des bénitiers, on peut envisager que la toxicité observée avec les bénitiers aurait pour origine la présence des cyanobactéries et que la transmission des toxines se serait faite par filtration de l'exsudat. Cet exsudat a été observé lors des prélèvements de cyanobactéries sur place et lors des extractions au laboratoire, nous n'avons malheureusement pas testé la toxicité de celui-ci sur les souris mais il serait essentiel de le faire par la suite. On sait que Endean *et al.*, 1993, ont révélé la présence de toxicité dans des exsudats de cyanobactérie du genre *Trichodesmium*, et l'hypothèse selon laquelle certaines cyanotoxines pourrait être transmise aux bénitiers ne pourra être vérifiée que par l'analyse de cet exsudat. Un autre point important, aurait été d'analyser la toxicité de bénitiers prélevés dans la zone réputée non toxique où la présence de cyanobactéries n'a pas été relevée. Nous aurions aussi pu tester des bénitiers dont l'absence de toxicité pour l'homme aurait été établie afin de comparer leur toxicité chez les souris avec ceux récoltés dans la zone réputée toxique. Il n'existe en effet pas de données sur la toxicité des bénitiers. A priori, comme pour les poissons, il n'y a pas de

raisons que ces organismes soient toxiques pour les souris. Les symptômes mis en évidence dans notre étude sont assez caractéristiques des neurotoxines et nous permettent d'envisager les bénitiers comme un maillon possible dans l'accumulation des toxines le long de la chaîne alimentaire.

Il est évident que notre protocole d'analyse de la toxicité de la zone d'étude est incomplet, tant pour le nombre et la nature des prélèvements que pour le nombre des injections et des souris testées. Cependant, notre analyse révèle deux sources d'intoxication potentielles pour l'homme avec probablement deux voies différentes d'accumulation de la toxine le long de la chaîne alimentaire (Fig. 16).

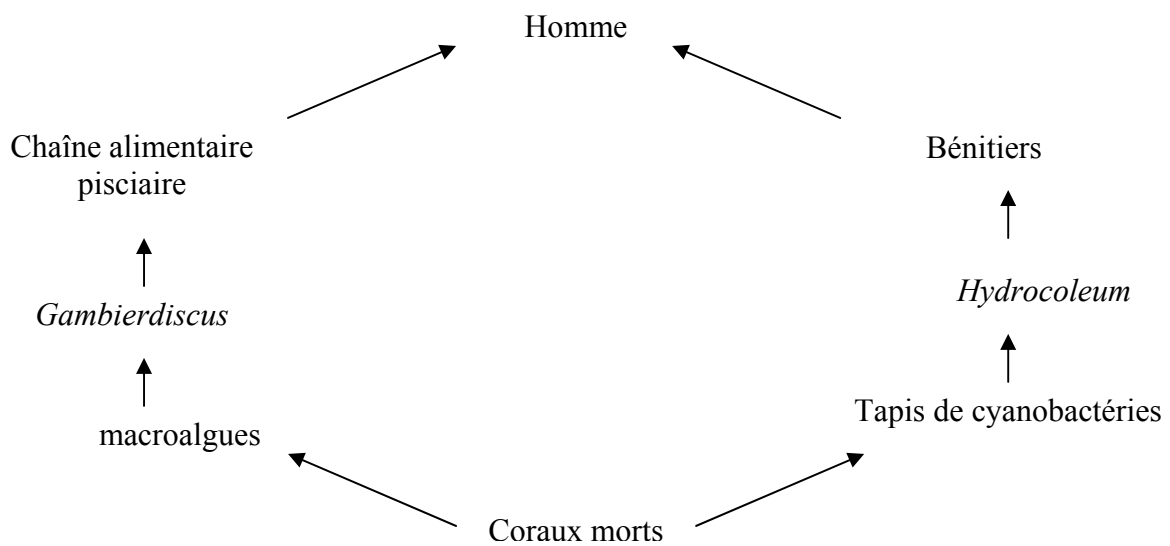


Figure 16 : Les deux voies potentielles d'intoxication à Hunētē

L'intoxication massive avec des symptômes graves des habitants de Hunētē a pour origine la correspondance spatiotemporelle de deux types de microorganismes toxiques complètement différents, les *Gambierdiscus* (Eucaryotes, Dinoflagellés) et des cyanobactéries benthiques (Procaryotes). Les conditions environnementales particulières (infrastructures éboulées, faible hauteur de la colonne d'eau) et la nature sporadique de la dynamique de ces deux types de microorganismes rendent difficile la prévision de l'évolution de la zone d'étude. On ne peut pas encore envisager d'anticiper les risques pour les habitants de Hunētē ni de savoir si ce genre d'intoxication peut se reproduire ailleurs. Cependant l'augmentation du risque d'intoxications de type ciguatérique avec la dégradation de l'environnement corallien est confirmée par notre étude.

### ***3. Cas de Prony***

#### **3.1. Introduction**

##### 3.1.1. Contexte

L'activité minière a fortement marqué l'histoire et le paysage de la Nouvelle-Calédonie et le secteur du nickel, clef de voûte de l'économie, dépasse le seul cadre économique et participe au développement social du pays. L'exploitation a commencé dès 1876 (soit un siècle après la découverte de la Nouvelle-Calédonie par James Cook en 1774) et l'histoire de la mine montre que plus de 500 sites miniers ont été jusqu'alors exploités (Ifreco).

L'impact des mines à ciel ouvert sur l'environnement a rapidement pris de l'ampleur avec la mécanisation survenue après la seconde guerre mondiale. Cependant, les mines datant d'avant 1976, c'est-à-dire la majorité des exploitations, n'ont fait l'objet d'aucun contrôle environnemental, tandis que depuis cette date les exploitations en activité doivent obligatoirement faire l'objet d'une remise en état à terme. L'activité minière contribuant aux problèmes d'érosion et de sédimentation, des tentatives de revégétalisation ont été mises en place pour réduire l'impact sur l'environnement. Cependant, la majorité des plantes nickellifères (qui poussent sur les sols riches en nickel) du maquis minier sont endémiques à la Nouvelle-Calédonie et leur mode de reproduction est encore mal connu.

La société Goro Nickel, filiale de la société canadienne INCO (deuxième producteur mondial de nickel) possède depuis fin 1999, dans la région de Goro dans la baie de Prony sur la côte Ouest de la Province Sud (Grande terre, Nouvelle-Calédonie), une usine pilote pour le traitement hydrométallurgique des minerais latéritiques issus des gisements situés à proximité. Courant 2001, la société a eu l'autorisation de développer l'usine commerciale dont le démarrage et la production étaient prévus pour 2004-2005 et qui sont finalement envisagés pour 2007-2008. Les effluents vont être rejetés dans le canal de la Havannah, à environ 5 kilomètres de la côte par un diffuseur de 900 mètres de long situé à environ 35 mètres de profondeur. Une base-vie a été construite pour le personnel à côté de l'usine pilote. Un wharf (installation portuaire) a été construit à proximité, pour le transport des travailleurs et du matériel, ainsi qu'un tuyau pour l'écoulement des égouts de la base-vie.

### 3.1.2. Cadre de l'étude

La mise en place de ce projet industriel de grande envergure entraîne forcément une série d'impact sur l'environnement. C'est pourquoi suite aux données bibliographiques (Bagnis 1969, 1973, 1994, Tebano et Lewis 1991) et aux résultats dont nous disposons de notre précédente étude à Lifou sur la relation entre les risques ciguatériques et les dégradations du milieu d'origine anthropique, il nous a paru extrêmement intéressant de mettre en place un suivi de la population des microorganismes susceptibles d'être toxiques dans la baie de Prony. Nous avons donc choisi différents sites au sein de la baie afin d'appliquer la même méthodologie qu'à Lifou (dénombrement des *Gambierdiscus* sp. et des cyanobactérie et analyse de la toxicité en cas d'efflorescence). Ceci nous permet d'établir un point zéro pour la mise en place ultérieure d'un suivi de ces populations.

## 3.2. Méthodologie

### 3.2.1. Choix des sites de prélèvement

La définition des sites de prélèvements prend en compte les différentes sources potentielles d'impact sur l'environnement. Nous avons choisis d'encadrer la zone de rejet des égouts de la base-vie (Fig. 17, sites 1, 2 et 3), la zone portuaire (Fig. 17, sites 3, 4 et 5) et l'ensemble de la baie de Prony (Fig. 17, sites 2, 6 et 7). Les coordonnées des sites de prélèvements sont données en annexe 5. L'encadrement de la zone de rejet des effluents (Fig.18, émissaire) est prévu pour la suite de la mise en place du suivi.

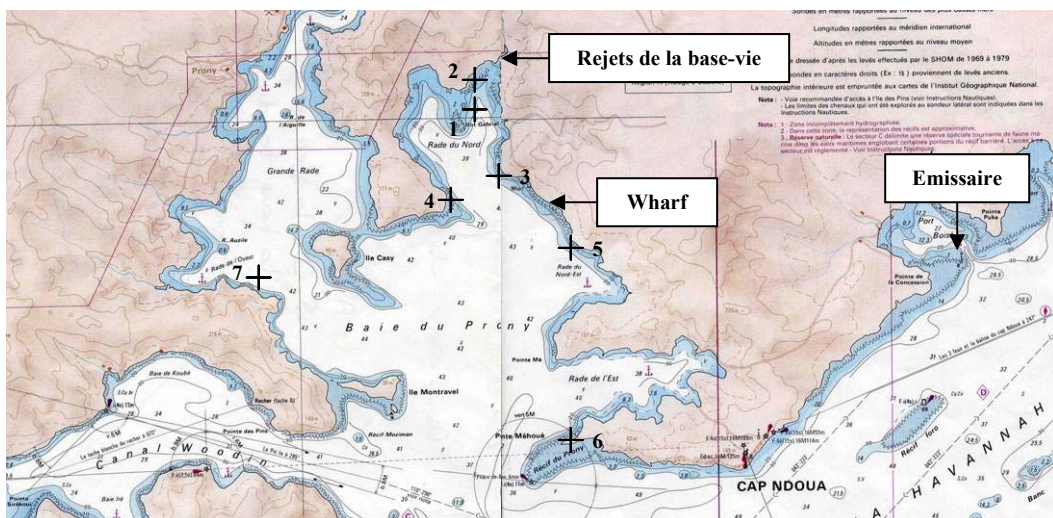


Figure 17 : Carte de la baie de Prony avec les sites de prélèvements. Source : DITTT.

### 3.2.2. Prélèvements de microorganismes

Les méthodes de prélèvement et de dénombrement des *Gambierdiscus* sp. et des cyanobactéries sont rigoureusement identiques à celles utilisées pour l'étude du cas de Hunëtë.

### 3.2.3. Prélèvements d'eau de mer pour l'analyse du C/N/P

Les méthodes de prélèvements sont identiques à celles réalisées pour l'étude du cas de Hunëtë. De même les échantillons sont en cours d'analyse.

## 3.3. Résultats

La présence de *Gambierdiscus* sp. et de cyanobactéries benthiques du genre *Hydrocoleum* n'a été relevée dans aucun des sites de prélèvement.

## 3.4. Discussion-Perspectives

La baie de Prony est un lieu réputé sans gratte, les résultats correspondent donc à notre attente. L'utilisation de la même méthodologie qu'à Hunëtë nous permet de valider la baie de Prony comme témoin négatif quant à la présence de ciguatéra et l'absence de microorganismes potentiellement toxiques dans la zone d'étude, en fait un point zéro privilégié pour la mise en place du suivi qui en découle.

Le projet d'implantation de cette usine métallurgique en Nouvelle-Calédonie, avec pour conséquence l'installation de nouvelles zones portuaires, des rejets minéraux et une augmentation des populations environnantes, constitue un facteur probable d'apparition du phénomène ciguatérique. Cette conjoncture nous permet de disposer d'un site exceptionnel pour une étude scientifique à long terme nous fournissant les moyens de mieux comprendre les relations entre une forte modification de l'environnement et le phénomène ciguatérique.



#### **4. Conclusion**

Cette étude originale en Nouvelle-Calédonie, porte sur deux sites : Hunëtë (Lifou) où l'impact anthropique pourtant relativement faible, a donné suite à de nombreux cas d'intoxications sévères, et Prony (Grande terre) qui est un site encore non toxique, mais où une forte anthropisation du milieu est inévitable.

La mission d'expertise que nous avons réalisé à Hunëtë, nous a permis de mettre en évidence plusieurs sources de toxicité potentielles suite à la dégradation du milieu corallien. La mise en place des suivis des populations de *Gambierdiscus* et de cyanobactéries du genre *Hydrocoleum*, est donc essentielle pour prévenir les risques d'intoxications de type ciguatérique.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de sujets d'actualité en Nouvelle-Calédonie : la ciguatéra et l'implantation d'usine de traitement du nickel. Or, la mise en place d'un suivi à Prony, simultanément avec l'augmentation de la pression anthropique, nous permettra d'aboutir à une meilleure compréhension des facteurs environnementaux susceptibles de favoriser ou non les flambées de type ciguatérique.

Cette étude permet donc d'orienter les recherches futures concernant l'implication des cyanobactéries dans les intoxications de type ciguatérique et de mettre en place une prévention adaptée en cas de risques élevés d'intoxications.

## 5. Bibliographie

- Adachi R. et Fukuyo Y. (1979) The tecal structure of a marine dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et sp. nov. Collected in a ciguatera-endemic area. Bull Jap Soc Sci Fish, 45 : 67-71.
- Bagnis R.A. (1969) Naissance et développement d'une flambée de ciguatera dans un atoll des Tuamotu. Revues des Corps de Santé des Armées, 10 : 115-127.
- Bagnis R.A., Thevenin S., Bennet J., Nanai F. (1973) Pollution marine et ciguatera dans l'atoll de Manihi (Tuamotu). Actes du Séminaire de la Commission Pacifique Sud sur la pollution des lagons. (Guam, 15 mai 1973).
- Bagnis R.A. (1994) Natural versus anthropogenic disturbances to coral reefs : comparison in epidemiological patterns of ciguatera. Memoirs of Queensland Museum, 34(3) : 455-460.
- Boydron-LeGarrec R. (2005) Evaluation du potentiel thérapeutique de plantes traditionnellement utilisées dans le Pacifique pour traiter l'intoxication ciguaterique. Thèse de doctorat, Université de Nouvelle-Calédonie, 246 p.
- Boydron-Le Garrec R., Benoit E., Sauviat M.-P., Frostin M., Laurent D. (*sous presse*) La ciguatera : de l'étiologie du phénomène au traitement des symptômes.
- Boyer K.E., Fong P., Armitage A.R., Cohen R.A. (2004) Elevated nutrient content of tropical macroalgae increases rates of herbivory in coral, seagrass, and mangrove habitats. Coral Reefs, 23 : 530-538.
- Chinain M., Germain M., Deparis X., Pauillac S., Legrand A.-M. (1999a) Seasonal abundance and toxicity of a dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae), the causative agent of ciguatera in Tahiti, French Polynesia. Marine Biology, 135 : 259-267.
- Chinain M., Faust M.A., Pauillac S. (1999b) Morphology and molecular analyses of three toxic species of *Gambierdiscus* (Dinophyceae) : *G. pacificus*, sp. nov., *G. austales*, sp. nov., and *G. polynesiensis*, sp. nov.. J Phycol, 35 : 1282-1296.
- Endean R., Griffith J.K., Robins J.J., Monks S.A. (1993) Multiple toxins specimen of the narrow-barred spanish mackerel, *Scomberomorus commersoni*. Toxicon, 31(2) : 195-204.
- Endean R., Griffith J.K., Robins J.J., Llewellyn L.E., Monks S.A. (1993) Variation in the toxins present in ciguateric narrow-barred spanish mackerel, *Scomberomorus commersoni*. Toxicon, 31(6) : 723-732.
- Endean R., Monks S.A., Griffith J.K., Robins J.J., Llewellyn L.E. (1993) Apparent relationships between toxins elaborated by the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* and those present in the flesh of the narrow-barred spanish mackerel, *Scomberomorus commersoni*. Toxicon, 31(9) : 1155-1165.

Hahn S.T. et Capra M.F. (1992) The cyanobacterium *Oscillatoria erythraea*, a potential source of toxin in the ciguatera food-chain. Food additives and contaminants, 9(4) : 351-355.

Ifreco (consulté le 10.06.05) : <http://www.ifreco.nc/c-pressions.htm>

Laurent D. et Amade P. (1992) La ciguatera : épidémiologie et étiologie, toxicologie et remèdes traditionnels. Conventions : Sciences de la Vie : Pharmacologie, 2, Editions ORSTOM, Nouméa, 86 p.

Lewis R. (2000) The changing face of ciguatera. Toxicon, 39 : 97-106.

Randall J.E. (1958) A review of ciguatera, tropical fish poisoning, with a tentative of explanation of its cause. Bull Mar Sci Gulf Caribb, 8 : 236-267.

Satake M., Murata M., Yasumoto T. (1993) The structure of CTX3C, a ciguatoxin congener isolated from cultured *Gambierdiscus toxicus*. Tetrahedon Lett, 34 : 1975-1978.

Tebano T. et Lewis R. (1991) Ciguatera fish poisoning and reef disturbance : Observations on ciguatoxin level in reef fishes at Nei Tebaa Chanel, Dai Nippon Causeway, South Tarawa, Kiribati. Marine studies programme, University of South Pacific, Technical report, 6.

Vernoux J.P. (1994) The mouse ciguatoxin bioassay : directions for use to control fish for consumption. Mem Qd Mus, 34 : 625-629.

Yatsumoto T., Nakajima I., Bagnis R., Adachi R. (1977) Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. Bull Jap Soc Sci Fish, 46 : 1021-1026.

Autre site Internet consulté le 17 juin 2005 :

<http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/algae/Rabst-12.htm>



2. Coordonnées des sites de prélèvement d' Hunētē

Wharf : 20°46.002'S 167°05.541'E

Limite droite de la zone toxique : 20°46.095'S 167°05.385'E

Limite gauche de la zone toxique : 20°45.943' S 167°05.829'E

Pirogue : 20°45.900'S 167°05.829'E

3. Formulaire de déclaration d'une intoxication due à la consommation de produits de la mer des la CPS (Secretariat of the Pacific Community). Source : Boydron-Le Garrec, 2005.

Identité de la personne intoxiquée	
Nom _____	Sexe (M/F) _____ Age _____ ans
Communauté d'appartenance :	
Adresse _____	

Renseignements sur le produit de la mer qui a provoqué cette intoxication <i>(Veuillez cocher les cases appropriées)</i>				
Type de produit	Lieu de capture	Mode de conservation	Morceau consommé	Méthode de préparation culinaire
Poisson _____ <input type="checkbox"/>	Rivière _____ <input type="checkbox"/>	Frais, sans glace <input type="checkbox"/>	Tête _____ <input type="checkbox"/>	Sans préparation (cru) <input type="checkbox"/>
Crabe _____ <input type="checkbox"/>	Mangrove _____ <input type="checkbox"/>	Frais, sur glace _____ <input type="checkbox"/>	Chair _____ <input type="checkbox"/>	Mariné _____ <input type="checkbox"/>
Langouste _____ <input type="checkbox"/>	Plage _____ <input type="checkbox"/>	Congelé _____ <input type="checkbox"/>	Peau _____ <input type="checkbox"/>	Cuit _____ <input type="checkbox"/>
Autres crustacés _____ <input type="checkbox"/>	Paté corallien _____ <input type="checkbox"/>	Salé _____ <input type="checkbox"/>	Foie _____ <input type="checkbox"/>	
Gastéropode* _____ <input type="checkbox"/>	Lagon _____ <input type="checkbox"/>	Séché _____ <input type="checkbox"/>	Oeufs _____ <input type="checkbox"/>	<b>Combien d'autres personnes _____</b> (précisez) ont mangé cet aliment? _____ ont été malades? _____ ont été admises _____ à l'hôpital? _____
Bivalve* _____ <input type="checkbox"/>	Récif-barrière _____ <input type="checkbox"/>	Fumé _____ <input type="checkbox"/>	Autres organes _____	
Autres mollusques _____ <input type="checkbox"/>	Pleine mer _____ <input type="checkbox"/>	Saumuré _____ <input type="checkbox"/>		
Autres (précisez) _____ <input type="checkbox"/>	Autres (précisez) _____ <input type="checkbox"/>	Autres (précisez) _____ <input type="checkbox"/>		
Inconnu _____ <input type="checkbox"/>	Inconnu _____ <input type="checkbox"/>	Inconnu _____ <input type="checkbox"/>	Inconnu _____ <input type="checkbox"/>	
Nom local de cet aliment? _____				
Nom français _____				
Nom du vendeur ou du restaurant (en cas d'achat) _____				
Nom du lieu de pêche (si possible) _____				
Aliment consommé le _____			à _____ heures	
Apparition des premiers symptômes (date) _____			à _____ heures	
*Les gastéropodes sont des fruits de mer coquille simple comme les escargots, les trocas, les strombes, etc. Les bivalves sont des fruits de mer à deux coquilles comme les palourdes, les moules, les coques, les huîtres, etc.				

**Symptômes** (Veuillez cocher les cases appropriées)

- |   |                          |                                    |                          |                             |                          |
|---|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Brûlure ou douleur au contact de l'eau froide _____ | <input type="checkbox"/> | Picotements au contact d'eau _____ | <input type="checkbox"/> |                             |                          |
| Fourmillements ou engourdissement _____             | <input type="checkbox"/> | Goût bizarre dans la bouche _____  | <input type="checkbox"/> |                             |                          |
| Miction difficile ou douloureuse _____              | <input type="checkbox"/> | Démangeaisons ou rougeurs _____    | <input type="checkbox"/> |                             |                          |
| Respiration difficile _____                         | <input type="checkbox"/> | Salivation excessive _____         | <input type="checkbox"/> | Fièvre ou frissons _____    | <input type="checkbox"/> |
| Marche difficile _____                              | <input type="checkbox"/> | Transpiration excessive _____      | <input type="checkbox"/> | Maux de tête _____          | <input type="checkbox"/> |
| Difficulté d'élocution _____                        | <input type="checkbox"/> | Diarrhées _____                    | <input type="checkbox"/> | Douleurs articulaires _____ | <input type="checkbox"/> |
| Irritation des yeux _____                           | <input type="checkbox"/> | Vomissements _____                 | <input type="checkbox"/> | Crampes _____               | <input type="checkbox"/> |

La personne a-t-elle déjà été victime d'une intoxication présentant les mêmes symptômes ? Oui

**Renseignements médicaux**

Pouls \_\_\_\_\_ Tension artérielle \_\_\_ / \_\_\_\_\_ Pupilles \_\_\_\_\_

**En cas de décès**

Date du décès \_\_\_\_\_ Conclusions de l'autopsie \_\_\_\_\_

Autres renseignements \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 4. Récapitulatif des fiches épidémiologiques

Nom	Sexe	Age	Date de l'intoxication	Aliment	Lieu de pêche	Zone	Symptômes			Récidive
							Neurologiques	Digestifs	Particuliers	
Acadro Héloïse	f	39	09/12/2001	Petit Napoléon	Manegite	toxique	non	oui	Hospitalisée, perfusée, grande fatigue	non
Acadro Joseph	m	47	09/12/2001	Petit Napoléon	Manegite	toxique	oui	oui	non	oui
Hapie Kyle	f	4	28/07/2004	Perroquet	Manegite	toxique	peu	oui	non	non
Hapié Marie-Anne	f	31	13/06/2002	Dawa	Manegite	toxique	oui	oui	Etourdissement, hospitalisation	oui
Hapie Vaha	f	26	28/07/2004	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	non	non
Holué Anne-Marie	f	36	mars-03	Dawa	Manegite	toxique	oui	oui	non	oui
Holué Anne-Marie	f	36	déc-04	Rouget	Manegite	toxique	oui	oui	non	oui
Holué Rémy	m	41	19/11/2004	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	Etourdissement	oui
Holué Rock	m	51	oct.2002	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	Grande fatigue	oui
Holué Rock	m	51	mars-03	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	Grande fatigue	oui
Holué Rock	m	51	mars-03	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	Grande fatigue	oui
Holué Rock	m	51	14/04/2005	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	Grande fatigue, hospitalisation	oui
Ijezie Basié	m	46	09/12/2001	Bec de canne	Manegite	toxique	oui	oui	Perfusion	non
Ijezie Marianna	f	39	09/12/2001	Bec de canne	Manegite	toxique	oui	oui	Perfusion, pas de réminiscence quand remange du poisson	non
Ita Marie	f	39	31/01/2004	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	Pas de réminiscence quand remange du poisson	non
Itone Claudio	m	20	01/04/2002	Bénitier	Manegite	toxique	oui	oui	non	oui
Itone Johannes	m	57	01/04/2002	Bénitier	Manegite	toxique	oui	oui	Hospitalisé, mal de gorge	oui
Qapitro Benjamin	m	31	29/04/2001	Bec de canne	Manegite	toxique	oui	oui	non	non
Qapitro Lizié	f	26	30/04/2001	Bec de canne	Manegite	toxique	oui	oui	Etourdissement	non
Utramada Denis	m	63	01/10/2003	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	Hospitalisé, Douleurs articulaires, sévère	oui
Utramada Jeanette	f	44	01/10/2003	Perroquet	Manegite	toxique	oui	oui	non	non
Waheoneme Damien	m	36	16/11/2004	Bec de canne	Manegite	toxique	oui	oui	non	oui
Ehnyimane Eugène	m	43	mai-02	Perroquet	Keij	toxique	oui	oui	non	oui
Qapitro Thomas	m	57	25/01/2001	?	?	non toxique	oui	oui	non	non
Waheoneme Marguerite	f	48	06/09/2004	Perroquet	Qazi silone	Non toxique	oui	oui	Grande fatigue	oui
Qapitro Ciane	f	49	06/02/2003	Loche saumonée	Qazi silone	non toxique	oui	oui	non	non
Wangi François	m	55	fev. 2005	Bec de canne	Qazipo	non toxique	oui	oui	non	non
Ita Christophe	m	40	23/12/2002	Perroquet	Wanaxawa	non toxique	oui	oui	Hospitalisé, Douleurs articulaires majeures	non
Ita Marie du Rosaire	f	41	23/12/2002	Perroquet	Wanaxawa	non toxique	oui	oui	non	non
Qapitro Eliane	f	67	30/03/2002	Bec de canne	Wanaxawa	non toxique	oui	oui	non	oui
Waheoneme Wanadrio	m	58	06/09/2004	Perroquet	Qazi silone	toxique	oui	peu	non	oui
Ita Christophe	m	40	19/02/2004	Perroquet	?	?	?	?	?	oui
Ita Christophe	m	40	28/07/2004	Perroquet	?	?	?	?	?	oui



5. Coordonnées des sites de prélèvement à Prony

Station 1 : 22°19.894'S 166°52.082'E

Station 2 : 22°19.384'S 166°52.596'E

Station 3 : 22°20.132'S 166°52.608'E

Station 4 : 22°20.600'S 166°51.837'E

Station 5 : 22°21.154'S 166°53.495'E

Station 6 : 22°23.471'S 166°53.331'E

Station 7 : 22°21.847'S 166°49.945'E

## Résumé

### **Etude des risques ciguatériques à la suite de dégradations d'origine anthropique des récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie**

La ciguatera est un type particulier d'intoxication alimentaire due à la consommation de poissons tropicaux associés aux récifs coralliens et habituellement comestibles. Les toxines responsables de la ciguatera sont produites par des microorganismes et transmises à l'homme via une biotransformation et une bioaccumulation des toxines le long de la chaîne alimentaire pisciaire. Cette étude sur les risques ciguatériques à la suite de dégradation d'origine anthropique des récifs coralliens porte sur deux sites : Hunêté (Lifou) où l'impact anthropique pourtant relativement faible, a donné suite à de nombreux cas d'intoxications sévères, et Prony (Grande terre) qui est un site encore non toxique, mais où une forte anthropisation du milieu est inévitable. Notre étude met en évidence deux types de microorganismes susceptibles d'être impliqués dans le phénomène ciguatérique, les Dinoflagellés du genre *Gambierdiscus* (Eucaryote), principal agent connu de la ciguatera, et pour la première fois, les cyanobactéries du genre *Hydrocoleum* (Procaryote). Profitant de l'implantation d'une usine métallurgique en Nouvelle-Calédonie, nous proposons une étude prospective du phénomène ciguatérique par une analyse simultanée des facteurs physicochimiques de l'eau et des populations de microorganismes.

Cette étude permet d'orienter les recherches futures concernant l'implication des cyanobactéries dans les intoxications de type ciguatérique et la mise en place d'une prévention adaptée en cas de risques élevés d'intoxications.

*Mots clés : Ciguatera, Gambierdiscus, cyanobactérie, impact anthropique, récifs coralliens*

## Abstract

### **Study of ciguateric risk following anthropic disturbance of coral reefs in New Caledonia**

Ciguatera is a particular type of food poisoning caused by the consumption of tropical coral reef fish, otherwise edible. Toxins responsible for ciguatera are produced by microorganisms and then transferred to humans by biotransformation and bioaccumulation through the marine food chain. This study dealing with the ciguateric risk following anthropic disturbance of coral reefs, concerns two areas : Hunêté (Lifou), where anthropic impact, although relatively low, induced numerous cases of severe intoxication and Prony (Grande terre), which is still a nonexposed area (ciguatoxin free) but where high anthropisation of environment would inevitably occur. Our study reveals two types of microorganisms potentially involved in ciguateric phenomena, the well-known causative agent *Gambierdiscus* (Eukaryote, Dinoflagellae) and the newly disclosed *Hydrocoleum* (Prokaryote, Cyanobacteria). Taking advantage of metallurgic factory implantation in New Caledonia, we suggest a prospective study dealing with ciguateric phenomena, which consists in simultaneous analyses of water physicochemical factors and microorganisms populations.

This study allows to carry out future research concerning cyanobacteria implication in ciguateric intoxications and to set up an adapted prevention of high risk intoxication.

Keys words: Ciguatera, *Gambierdiscus*, cyanobacteria, anthropic impact, coral reef