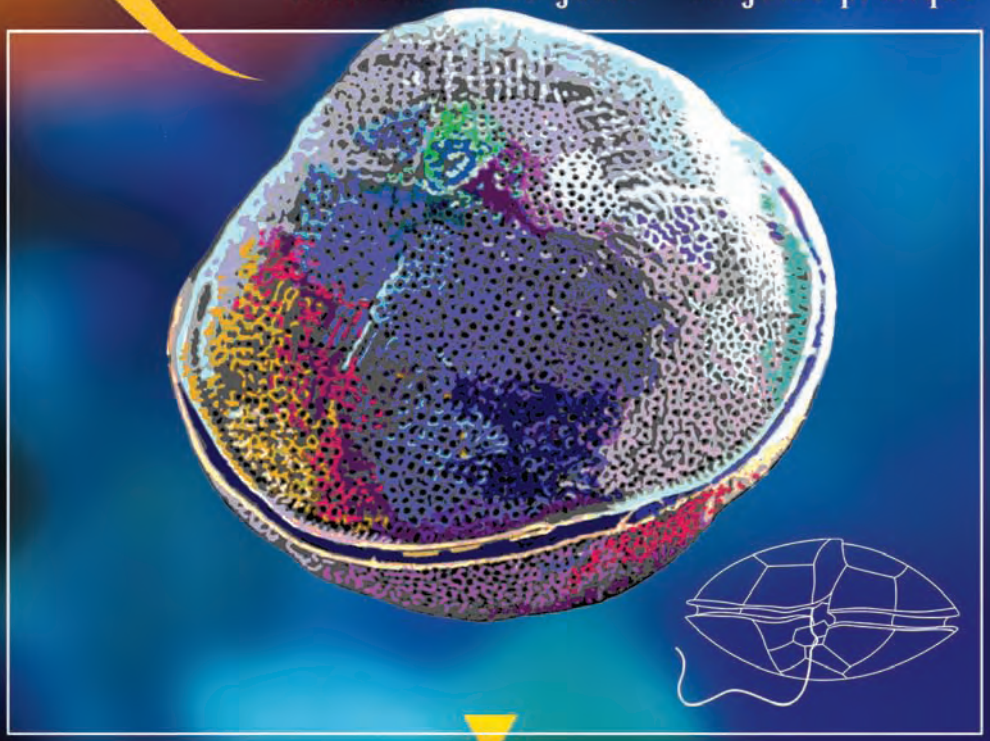
CIGUATERA

field reference guide un guide pratique

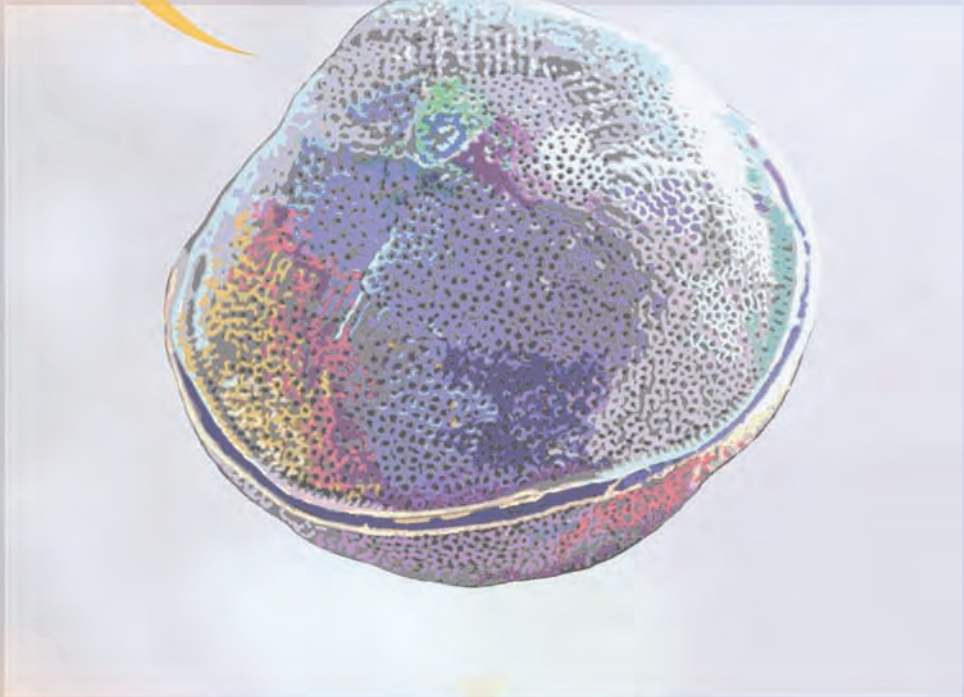


Dominique LAURENT, Being YEETING, Pierre LABROSSE, Jean-Paul GAUDECHOUX

IRD
Institut de recherche pour le développement

TIGUATERA

field reference guide un guide pratique



Dominique LAURENT, Reiny VEETING, Pierre LABROSSE, Jean-Paul GAUDECHOUX

IRD
Institut de recherche pour le développement

© Secretariat of the Pacific Community 2005

All rights for commercial / for profit reproduction or translation, in any form, reserved. SPC authorizes the partial reproduction or translation of this material for scientific, educational or research purposes, provided that SPC and the source document are properly acknowledged. Permission to reproduce the document and/or translate in whole, in any form, whether for commercial / for profit or non-profit purposes, must be requested in writing. Original SPC artwork may not be altered or separately published without permission.

Original text: French

Secretariat of the Pacific Community Cataloguing-in-publication data

Laurent, Dominique et al.

Ciguatera: a field reference guide. Ciguatera : un guide pratique / by - par Dominique Laurent, Being Yeeting, Pierre Labrosse, and Jean-Paul Gaudechoux

1. Poisonous fishes –Toxicology – Oceania
I. Title II. Secretariat of the Pacific Community

615.945 AACR2

Agdex Pacific Islands 493/096

FDC 147

ISBN 982-00-0116-1 (SPC)
ISBN 2-7099-1556-1 (IRD)

Sommaire

Avant-propos	5
Remerciements	7
Chapitre 1 : Qu'est-ce que la ciguatera ?	**8**
Une compréhension récente	9
Les intoxications par le poisson	10
Un phénomène mondial	12
... séculaire...	13
... de grande incidence...	14
... et d'importance variable	16
La législation	22
Les toxines	24
Le mode d'action des toxines	27
Les symptômes de la ciguatera	29
Existe-t-il un traitement efficace ?	33
Peut-on déceler un poisson toxique ?	37
Les difficultés d'élaboration d'un test	38
Qu'est ce qu'un test immunologique ?	40
De nouveaux tests au stade de la validation	42
Tests immunologiques	42
Tests sur cultures de cellules	43
Tests par analyse chimique	43
Conditions favorisant une flambée de ciguatera	44
Les dinoflagellés, un problème de santé publique	45
Conclusion	47
Précautions essentielles	48
Chapitre 2 : Gestion de la ciguatera	**50**
La ciguatera : évaluation des risques	51
Questionnaire sanitaire	55
Collecte du savoir local et des données historiques	59
Surveillance des zones récifales	62
De l'évaluation du risque aux mesures de gestion	68
Bibliographie	75
Formulaire de déclaration d'une intoxication due à la consommation de produits de la mer	80
Savoir local et données historiques, questionnaire d'enquête	82
Collecte et traitement des échantillons d'algues	84

Contents

Foreword	5
Acknowledgements	7
Chapter 1: What is ciguatera?	**8**
Recent understanding	9
Fish poisoning	10
Widespread phenomenon	12
. . . A long history. . .	13
High incidence in the Pacific	14
Distribution	16
Legislation	22
The toxins	24
How the toxins work	27
Symptoms of ciguatera	29
Is there an effective treatment?	33
Can toxic fish be detected?	37
The difficulty of developing a test	38
What is an immunoassay?	40
New tests	42
Immunological tests	42
Cell culture tests	42
Chemical analysis tests	43
What factors favour a ciguatera outbreak?	43
Dinoflagellates, a public health problem	45
Conclusion	47
Essential precautions	48
Chapter 2: Management of ciguatera	**50**
Assessing the risk of ciguatera	51
Health questionnaire	55
Collecting traditional knowledge and historical information	59
Monitoring of reef areas	62
From risk assessment to management measures	68
References	75
Seafood poisoning report form	81
Local knowledge and background data survey questionnaire	83
The collection and processing of algae samples	84

Avant-propos

La ciguatera est une intoxication alimentaire liée à la consommation de poissons contaminés par des toxines appelées ciguatoxines, provenant de micro-algues vivant sur les récifs coralliens. Cette maladie est un problème non négligeable de santé publique dans l'océan Pacifique et plus généralement dans tous les endroits de la planète où se trouvent des zones de récifs coralliens. Au cours des vingt dernières années, plusieurs milliers de cas d'intoxication ont été signalés mais ce nombre est très certainement largement sous-estimé. La publicité négative qui est faite autour de ce type d'intoxication entraîne souvent une réduction des échanges commerciaux intéressant les poissons de récif au sein des communautés insulaires ; elle nuit également aux exportations de ces poissons (retombée qui a aussi ses aspects positifs puisque plusieurs espèces menacées le sont par la difficulté à maintenir les exportations à des niveaux acceptables sur le plan écologique).

Reconnaissant l'importance de ce problème pour les populations océaniennes, le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) ont décidé de collaborer à la publication d'un ouvrage de référence qui serait une sorte de guide de terrain faisant le point de toutes les connaissances actuelles en la matière.

Le premier chapitre de ce livre s'inspire largement d'un document produit par l'ORSTOM (IRD) en 1993 et qui faisait le point sur les aspects théoriques de la ciguatera et leurs conséquences, en insistant plus particulièrement sur l'utilisation de remèdes traditionnels dans le Pacifique Sud. Cette première partie a été actualisée pour tenir compte des nouvelles connaissances en matière d'intoxication ciguatérique.

Foreword

Ciguatera is a form of food poisoning caused by eating fish containing toxins called ciguatoxins which come from micro-algae living on coral reefs. Ciguatera is a significant public health issue in the Pacific and in all parts of the world where coral reefs are found. Over the past 20 years, several thousand cases of poisoning have been reported, but this number is certainly greatly underestimated. The negative publicity around these events often leads to a reduction of commerce in reef fish in island communities and also jeopardises reef fish exports (although this is probably not an entirely negative outcome given that several locally threatened reef fish species are endangered by the difficulty of controlling the export trade to ecologically sustainable levels).

Acknowledging the importance of this issue for Pacific Island communities, the Secretariat of the Pacific Community (SPC) and the Institute of Research for Development (IRD) have decided to jointly produce a field guide reviewing current knowledge on the matter.

Chapter 1 of this book is mainly drawn from a document produced by ORSTOM, now IRD, in 1993, which addressed the theoretical aspects of ciguatera and its consequences, highlighting the use of traditional remedies in the South Pacific. This first part has been updated to include new findings.

Chapter 2 explains how to assess and reduce the risk of ciguatera poisoning. It provides a practical guide to methods and logical steps for assessing and trying to manage the risk by introducing monitoring measures amongst other things.

Le deuxième chapitre du guide de terrain s'attache tout particulièrement à expliquer comment aborder et réduire le risque d'empoisonnement ciguatérique pour les consommateurs de poisson. Cette deuxième partie se veut un guide pratique présentant les méthodes et les étapes logiques pour évaluer et tenter de gérer le risque en mettant en place, entre autres, des mesures de suivi.

J'espère que cet effort conjoint entre nos deux organismes permettra à tous les gestionnaires des services des pêches de la région de mieux appréhender les cas d'intoxication ciguatérique et de gérer au mieux le phénomène en apprenant à vivre avec ce risque tout en le réduisant au strict minimum.

Dr Tim Adams

Directeur de la division Ressources marines
CPS

I do hope that this joint effort between the two organisations will enable fisheries managers in the region to better understand the causes of ciguatera fish poisoning and manage the problem, learning to live with the risk while reducing it to the absolute minimum.

Dr Tim Adams

Director, Marine Resources Division
SPC

Remerciements à :

Mary Power et Franck Magron pour leurs conseils et leurs commentaires.

Photographies et illustrations :

Jipé Le-Bars

Les Hata

Rachel O'Shea

Marika Tortelier et l'IRD

Lida Pet-Soude

Thanks to:

Mary Power and Franck Magron for their advice and comments.

Photos and drawings:

Jipé Le-Bars

Les Hata

Rachel O'Shea

Marika Tortelier and IRD

Lida Pet-Soude

Comment contacter les auteurs ? ***How to contact the authors?***

Dominique Laurent (dominique.laurent@noumea.ird.nc)
Laboratoire de Pharmacochimie des Substances Naturelles et Pharmacophores Redox,
UMR152 IRD – Université Paul Sabatier Toulouse III, Centre de Nouméa
BP A5, 98848 Nouméa Cedex
New Caledonia/Nouvelle-Calédonie

Being Yeeting (beingy@spc.int)
Senior Fisheries Scientist (Live Reef Fish)/Chargé de recherche principal (poissons de récif vivants)
Secretariat of the Pacific Community/Secrétariat général de la Communauté du Pacifique
BP D5 - 98848 Nouméa Cedex
New Caledonia/Nouvelle-Calédonie

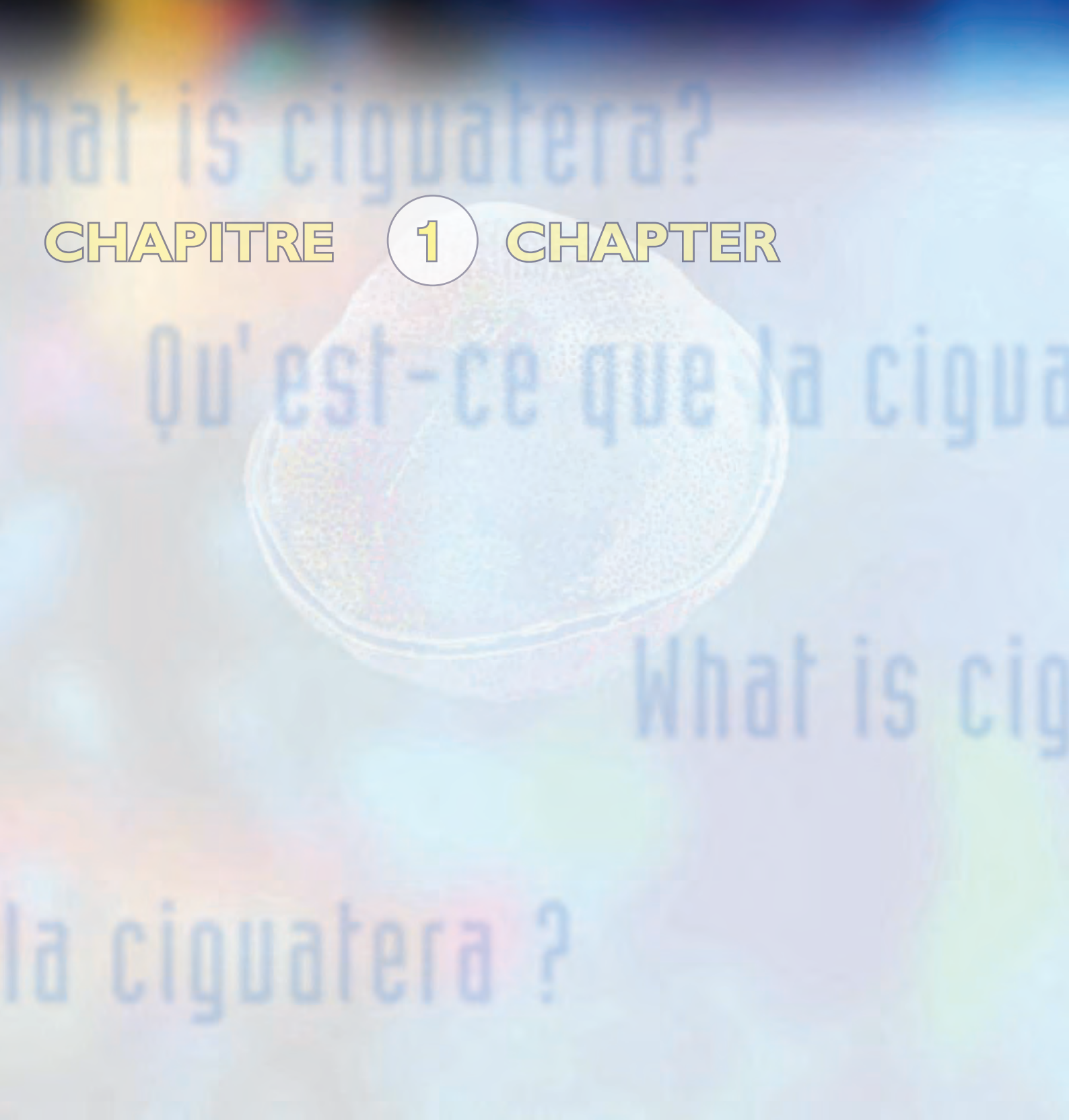
Pierre Labrosse (labrossep@imrop.mr)
Conseiller du Directeur
Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches (IMROP)
BP 22-Nouadhibou
République Islamique de Mauritanie/Islamic Republic of Mauritania

Jean-Paul Gaudechoux (jeanpaulg@spc.int)
Fisheries Information Adviser/Conseiller en information halieutique
Secretariat of the Pacific Community/Secrétariat général de la Communauté du Pacifique
BP D5 - 98848 Nouméa Cedex
New Caledonia/Nouvelle-Calédonie

For more information on IRD and SPC in New Caledonia, please visit the following web sites:
www.ird.nc and **www.spc.int/coastfish**

Pour plus d'informations sur l'IRD et la CPS en Nouvelle-Calédonie, veuillez consulter les sites suivants :
www.ird.nc et **www.spc.int/coastfish**

CHAPITRE 1 CHAPTER



Qu'est-ce que la ciguatera ?

La ciguatera est un type particulier d'intoxication lié à l'ingestion de poissons tropicaux associés aux récifs coralliens et habituellement consommables (voir encadré "Les intoxications par le poisson").

Le nom de ciguatera a été attribué par l'ichtyologue Poey en 1866 à une intoxication neurodigestive fréquente à Cuba et provoquée par l'ingestion d'un petit mollusque gastéropode *Livona picta,* dont le nom vernaculaire est "cigua". Par la suite, il a été étendu au syndrome clinique dû à l'ingestion de poissons coralliens toxiques et au phénomène biologique qui en est à l'origine.

Une compréhension récente

C'est en 1977 que l'équipe de R. Bagnis de l'Institut Louis Malardé de Papeete découvrit l'agent responsable de la ciguatera, dans les îles Gambier, alors atteintes d'une formidable flambée de toxicité. Il s'agit d'une algue unicellulaire benthique, *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo (Yasumoto *et al.,* 1977a ; Adachi et Fukuyo, 1979 ; Bagnis *et al.,* 1980), initialement dénommée *Diplopsalis* sp. nov. (Bagnis *et al.*, 1977), qui est ingérée par les poissons herbivores lorsqu'ils broutent les algues macrophytes qui lui servent de support (Figure 1). 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 et les plus gros des taux susceptibles d'intoxiquer les consommateurs (Figure 2).

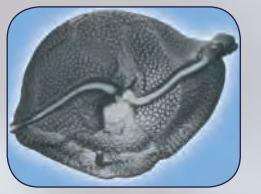


Figure 1: *Gambierdiscus toxicus*

En règle générale, tous les grands poissons des récifs coralliens sont potentiellement toxiques. Halstead en 1978 suggère que plus de 400 espèces de poissons associés aux récifs coralliens peuvent être à risque. Les poissons carnivores en bout de chaîne alimentaire sont susceptibles d'avoir emmagasiné le plus de toxine et sont parmi les plus dangereux : barracudas (Sphyreanidae), loches (Serranidae), gueules rouges (Lethrinidae), anglais (Lutjanidae), murènes (Muraenidae), requins, etc.

What is ciguatera?

Ciguatera is a particular type of seafood poisoning caused by eating tropical coral reef fish that are carriers of the ciguatera toxin (see box on fish poisoning).

In 1866, the Cuban ichtyologist Poey gave the name ciguatera to a neurodigestive form of food poisoning caused by eating a small gastropod mollusc, *Livona picta*, locally known as "cigua". Today, this name is used to denote both a specific kind of poisoning that results from eating toxic coral seafood and to describe the group of toxins responsible.

Recent understanding

The organism responsible for ciguatera was first identified in the Gambier Islands in 1977 by a team led by R. Bagnis of the Louis Malardé Institute, Papeete, during a severe outbreak of fish poisoning in that island group. Ciguatera is caused by a benthic unicellular microphytic algae, *Gambierdiscus toxicus* Adachi & Fukuyo, which was originally identified as *Diplopsalis* sp. *nov.* by Bagnis et al. (1977). The algae is eaten by herbivorous fish when they graze on macrophytic algae (Yasumoto et al. 1977a; Adachi and Fukuyo 1979; Bagnis et al. 1980) (Figure 1). By bioaccumulation through the food chain, the toxins initially produced by the microalgae build up in fish, particularly in older and larger fish, and reach a level that causes food poisoning in people eating them (Figure 2).

Generally speaking, all large reef fish are potentially poisonous. In 1978, Halstead suggested that over 400 fish species associated with coral reefs posed risks. Carnivorous fish, at the top of the food chain, are likely to accumulate the most toxin and are among the most dangerous. These fish include barracuda (Sphyreanidae), grouper (Serranidae), sweetlip emperor (Lethrinidae), sea perch (Lutjanidae), moray eel (Muraenidae), and sharks.

Les intoxications par le poisson

Toutes les intoxications par le poisson ou ichtyosarcotoxismes (*ichtyos* = poisson, *sarcos* = viande, *toxicon* = poison) dans le Pacifique tropical ne sont pas dues à la ciguatera. Il en existe plusieurs autres types :

- Une intoxication très connue au Japon est provoquée par la consommation de "fugu" ou poisson ballon (*Diodon*). Le fugu est un mets très prisé par les Japonais mais il nécessite une préparation si soignée que seuls des cuisiniers spécialisés ont le droit de le préparer. La toxine (tetrodotoxine) existe dans les viscères et la peau et non pas dans les chairs du poisson. Le jeu consiste à éviter la contamination des filets au risque d'empoisonner tous les convives. Les symptômes sont des paralysies, des troubles cardio-respiratoires, des troubles de la sensibilité profonde avec sensation d'apesanteur, la mort survenant dans la moitié des cas.

- La consommation de mulets (*Mugil* sp.) et de poissons apparentés peut provoquer des hallucinations et des vertiges, ou même des cauchemars.

- Un autre type de toxicité (de type histaminique) est celui que l'on trouve chez les Scombridés (thons, maquereaux, bonites, tazards...). Il serait dû à un début de décomposition provoqué par la bactérie *Proteus morganii*, avant même que le poisson ne pourrisse réellement. Cette bactérie transforme l'histidine de la chair en histamine. La symptomatologie comporte du prurit diffus, une rougeur et un œdème de la face, une tendance syncopale et de la fièvre. Le traitement est à base de corticoïdes et d'antihistaminiques.

- Les Clupéidés (harengs, sardines, anchois) peuvent entraîner une forme d'ichtyosarcotoxisme souvent gravissime, d'évolution ultrarapide, avec altération importante de l'état général et mort possible par paralysie respiratoire en quelques minutes. Cette intoxication peut même provoquer des ictères francs.

- Enfin, les intoxications qui sont dues, tout simplement, à une mauvaise conservation du poisson : laisser par exemple au fond d'un bateau au soleil ou par fortes chaleurs les poissons non nettoyés.

Fish Poisoning

Not all cases of fish poisoning or ichtyosarcotoxism (*ichtyos* = fish, *sarcos* = meat, *toxicon* = poison) in the tropical Pacific are due to ciguatera. There are also a number of other types:

- A well-known form of fish poisoning in Japan is caused by eating the 'fugu' or puffer fish (*Diodon*). The fugu is regarded as a great delicacy by the Japanese but requires such careful preparation that only specially trained cooks are allowed to prepare it. The toxin (tetrodotoxin) is located in the viscera and skin and not the flesh of the fish; the secret to making the fish safe to eat is to avoid contaminating the fillets with the poison. Symptoms of poisoning include disturbances of the sensory system with a sensation of weightlessness, paralysis, and cardiac and respiratory difficulties; 50% of victims die.

- Eating mullet (*Mugil* sp.) and related fish can lead to hallucinations, dizziness, or even nightmares.

- Another type of toxicity (histaminic) is caused by the Scombridae (tuna, mackerel, skipjack, Spanish mackerel). It is thought to occur when decomposition due to the bacteria *Proteus morganii* starts before the fish flesh is really rotten; this bacteria converts the histidine in the flesh into histamine. Symptoms include irritation of the skin, rashes and oedema (swelling) of the face, a tendency to faint, and fever. Treatment involves the use of corticoids and antihistamines.

- Clupeids (herrings, sardines, anchovies) can be the source of an often severe form of fish poisoning that progresses extremely rapidly, seriously affecting the general state of health and possibly leading to death through respiratory paralysis in a matter of minutes. This type of poisoning sometimes causes pronounced jaundice.

- Other cases of fish poisoning may be due to unhygienic storage, e.g. leaving ungutted fish in the sun in the bottom of a boat. Very hot weather can also lead to cases of fish poisoning.

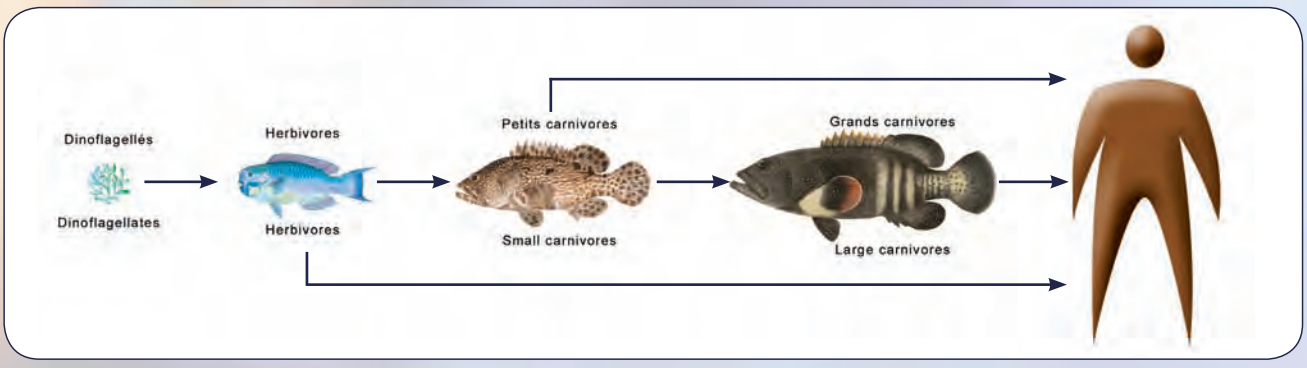


Figure 2: Transfert de toxines à travers la chaîne alimentaire. Toxin transfer through the food chain.

Dans les régions hautement toxiques, les perroquets (Scaridae) ou chirurgiens (Acanthuridae), poissons du bas de la chaîne alimentaire, sont à consommer avec méfiance. Les poissons du large (thons, tazards du large...) et ceux de profondeur (vivaneaux...) sont très rarement ciguatériques.

Des cas d'empoisonnement ciguatérique à la suite de la consommation d'oursins *Tripneustes gratilla* ainsi que de mollusques, *Turbo picta* et trocas blancs, ont été rapportés (Angibaud *et al.*, 2000). On peut aussi se poser la question de la toxicité éventuelle d'autres organismes qui interviennent dans la chaîne alimentaire, comme les échinodermes (holothuries) ou les crustacés (langoustes, crabes) et pourquoi pas certains mammifères ou oiseaux de mer, voire des animaux (volaille ou porcs) nourris avec des tourteaux de poisson.

In highly toxic regions, people should be cautious before eating parrotfish (Scaridae) or surgeonfish (Acanthuridae), which are at the bottom end of the food chain. Offshore fish (e.g. tuna, wahoo) and deep-water fish (e.g. deep-water snapper) very rarely contain ciguatera toxin.

Cases of ciguatera fish poisoning due to eating the sea urchin *Tripneustes gratilla*, shellfish such as *Turbo picta*, and white trochus have also been reported (Angibaud et al. 2000). It is equally possible that other organisms in the food chain, such as echinoderms (holothurians), crustaceans (lobster, crab), marine mammals and sea birds, as well as animals such as poultry or pigs fed with fishcake, might also be toxic.

Qu'est-ce que la ciguatera ? What is ciguatera?

Un phénomène mondial

La ciguatera est largement répandue dans l'ensemble des régions intertropicales où l'on trouve du corail ; elle est présente dans tout le Pacifique Sud (Polynésie française, Nouvelle-Calédonie, Australie, Vanuatu, Micronésie, Tokelau, Tuvalu, Mariannes du Nord, Îles Marshall, Îles Cook, Kiribati, Fidji, Tonga et Samoa), dans le Pacifique nord (Hawaï, Japon...), dans l'océan Indien (Île Maurice, Seychelles...), dans les Caraïbes, en Floride, etc. (Figure 3).

Widespread phenomenon

Ciguatera is widespread in intertropical regions where coral is found and occurs throughout the Pacific (French Polynesia, New Caledonia, Australia, Vanuatu, Federated States of Micronesia, Tokelau, Tuvalu, Northern Marianas, Marshall Islands, Cook Islands, Kiribati, Fiji Islands, Tonga, Samoa, Hawaii, and Japan), in the Indian Ocean (Mauritius, Seychelles), in the Caribbean, and in Florida (Figure 3).

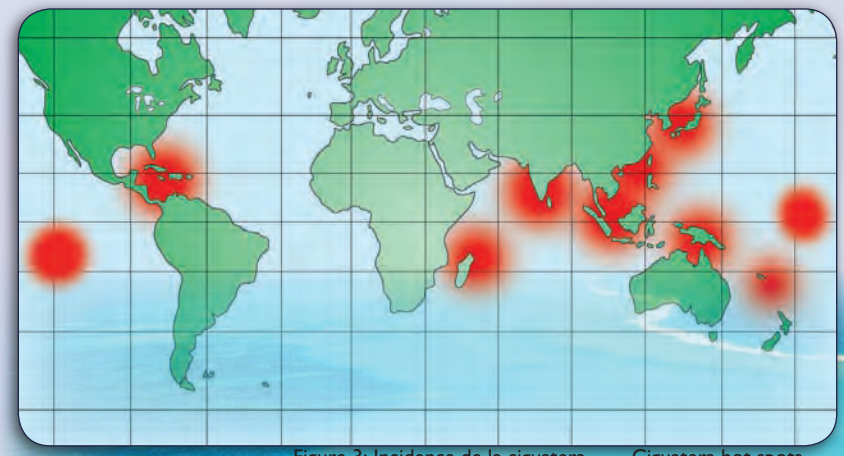


Figure 3: Incidence de la ciguatera. Ciguatera hot spots.

Récif corallien Coral reef

James Cook

... séculaire...

La présence de poissons toxiques a été rapportée par de grands navigateurs, comme Fernandez da Queiros en 1606 et James Cook en 1776, durant leurs expéditions dans l'archipel de Vanuatu. Cook relate, dans le journal de son second voyage dans le Pacifique, comment deux poissons de couleur rouge (peut-être des *Lutjanus bohar*) empoisonnèrent tous les officiers qui en goûtèrent, ainsi d'ailleurs que les cochons qui mangèrent les restes ; selon sa description, ces poissons pourraient être de la même espèce que ceux qui intoxiquèrent l'équipage de da Queiros.

. . . A long history. . .

Toxic fish were reported by explorers such as Fernandez da Queiros in 1606 and James Cook in 1776 during their exploration of the Vanuatu archipelago (formerly the New Hebrides). In the journal of his second voyage to the Pacific, Cook relates how two red fish (possibly *Lutjanus bohar*) poisoned all the officers who ate them as well as the pigs that ate the leftovers. According to Cook's description, these fish could well have been of the same species as those that poisoned Queiros' crew.

Une des premières mentions de la ciguatera dans cet extrait du journal de James Morrison, second maître à bord de *HMS Bounty* (1792), traduit de l'anglais par Bertrand Jaunez (1966). Publications de la Société des Océanistes, N° 16, Musée de l'Homme, Paris.

Parmi les poissons il existe une espèce de congre de couleur brune avec une bande verte autour des nageoires de la tête à la queue. Elle a de 30 cm à 2 m de long et on la prend sur les récifs. Ces poissons sont empoisonnés pour certaines personnes chez lesquelles ils provoquent des douleurs intolérables alors que sur d'autres ils n'ont aucun effet. Les indigènes ignorent d'ailleurs quels sont ceux qui en seront affectés tant qu'ils n'en ont pas mangé. Ils possèdent un remède pour cet empoisonnement et n'hésitent pas à en courir le risque. Je mangeai un de ces poissons sans en sentir aucun effet, alors qu'un autre devint à peu près fou de douleur, son corps et ses membres enflant considérablement et se couvrant de taches rouges. Il souffrait de démangeaisons intolérables accompagnées d'une sensation de brûlure intense ; ses yeux injectés de sang étaient gonflés et donnaient l'impression d'être prêts à sortir de leurs orbites. Cela dura huit jours avec quelques accalmies mais, la semaine suivante grâce aux prêtres qui lui administrèrent des médicaments, il se rétablit complètement, gardant toutefois des démangeaisons dans la paume des mains et la plante des pieds. Ces poissons sont appelés puhi piriauti ; dans l'impossibilité où ils se trouvent de différencier les bons des mauvais ils hésitent à les jeter et se risquent à les manger.

An early mention of ciguatera in this extract from the journal of James Morrison, boatswain's mate on the HMS Bounty, who referred to toxic fish in the Society Islands in 1792.

Among the Fish there Is a kind of Conger Eel of a Brownish Colour with a Green border round the Fins from Head to tail. They are Caught about the reefs and are of different sizes from one to Six feet long; these Fish are of a Poisonus Nature to some and if eaten gives the most excruciating pain while others who eat of it feel no effects nor do the Natives know who will be affected be it, till they have eaten it. As they have a remedy for it they take no account of the matter and eat them at a venture. I partook of one of these Fish without feeling the smallest effects from its poison, while another who eat of the same Fish was almost raving mad, His Body and limbs swelld to a very extraordinary degree and Covered with red blotches and at the same time the Hands & feet itching in Such a Manner as to be unsufferable and burning as if on fire, the Eyes swelld and fierce and to appearance fit to start from the Sockets, this Continued with short intermissions for Eight Days but in the Course of a Week more by the assistance of some of the Priests who procured Medicines he got quite well, but often found a great itching in the Palm of the Hands & hollow of the feet—These Fish are Called by the Natives Puhee Pirerewtee and as they dont know the Good from the Bad they are loth to throw them away and therefore eat them to make sure of them— they have also a small red Crab, not bigger than a small horse bean, wich (they) say will kill a man Instantly if he eats it. These are the only poisonous thing we ever heard of except the Hoolowe or Hootnut before-mentioned, but this tho it Stupifies the Fish will not effect a man.

Il semblerait que les intoxications provoquées par la consommation de poisson aient été, dans le Pacifique, bien antérieures aux rapports.

Pour la Polynésie française, c'est en 1792 que Morrison, second maître à bord de la *Bounty*, mentionne des poissons toxiques aux îles de la Société. Par la suite, Jacques-Antoine Moerenhout en signale aux îles Tuamotu en 1829 (Moerenhout, 1837), le père Laval aux îles Gambier en 1834 et le père Pierre aux îles Marquises en 1848.

... de grande incidence...

Le Pacifique Sud est la région du monde la plus touchée par la ciguatera.

Le manque de déclaration correcte des cas d'ichtyosarcotoxisme est une situation qui a prévalu pendant longtemps dans le Pacifique et qui règne peut-être encore actuellement dans la majorité des États et Territoires. À la fin des années 1990, la CPS a établi une base de données régionale sur les intoxications imputables aux produits de la mer. Il a été demandé, tant aux agents des services des pêches qu'aux agents de santé, de signaler les cas d'ichtyosarcotoxisme. Bien qu'elle soit encore très éloignée de la perfection, cette base de données est probablement la seule source d'informations sur l'incidence de la ciguatera dans les États et Territoires océaniens. Il conviendrait de noter que tous les cas d'ichtyosarcotoxisme ne sont pas tous causés par la ciguatera, et que seuls les cas notifiés dans les hôpitaux sont pris en compte.

Néanmoins, le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) a comptabilisé de 3 400 à 4 700 cas par an et signale qu'ils ne représentent que 10 à 20 % de l'incidence exacte de cet empoisonnement.

En Polynésie française, une évaluation de l'incidence sociale de la ciguatera a été tentée à

Presumably, fish poisoning was present in the Pacific long before these records.

In French Polynesia, James Morrison, boatswain's mate on the HMS *Bounty*, referred to toxic fish in the Society Islands in 1792. Jacques-Antoine Moerenhout later reported toxic fish in the Tuamotu Islands in 1829 (Moerenhout 1837), as did Father Laval in the Gambier Islands in 1834 and Father Pierre in the Marquesas Islands in 1848.

High incidence in the Pacific

The South Pacific region has the highest incidence of ciguatera in the world.

Over the years, the incidence of fish poisoning has been poorly reported in the Pacific and this is still the case in most countries. In the late 1990s, the Secretariat of the Pacific Community (SPC) established a regional seafood poisoning database. Fisheries and health workers were asked to report cases of fish poisoning. This database, while far from perfect, is the only reliable source of information on the incidence of ciguatera in Pacific Island countries and territories. It should be noted that not all fish poisoning cases are due to ciguatera, and that only cases reported to hospitals are included in the database. Nevertheless, SPC recorded between 3400 and 4700 cases per year and considers that these account for only 10 to 20% of the actual number of cases.

In French Polynesia, attempts were made to assess the social impact of ciguatera through a survey of patients at the Louis Malardé Institute clinic in Papeete between 1987 and 1989. The results showed that one-third of ciguatera sufferers were bedridden or at least unable to work for two to seven days and even as long as three to four weeks. In French Polynesia, the annual cost of this loss of productive days has been estimated at approximately US$1 million (Bagnis 1992).

travers une étude des patients de la clinique de l'Institut Louis Malardé de Papeete de 1987 à 1989. Les résultats ont montré qu'un tiers des malades empoisonnés par la ciguatera restaient alités, ou tout au moins en arrêt de travail, de deux à sept jours, voire trois à quatre semaines. Pour le Territoire de Polynésie, le coût annuel dû aux jours non productifs a pu être estimé à environ un million de dollars US (Bagnis, 1992).

Le phénomène de la ciguatera a aussi un impact sur l'alimentation des îliens. Dans certains atolls, le poisson est l'apport protéique principal et dans les régions touchées par la ciguatera, les personnes ayant contracté une forte intoxication ciguatérique en sont privées pendant quelques mois ; leur régime devient alors dépendant de nourritures importées.

De même, dans la plupart des États et Territoires du Pacifique, la pêche est l'une des rares activités rémunératrices et source de recettes en devises (Dalzell, 1992). Un excellent exemple nous est donné par le commerce des poissons de récif vivants destinés à la restauration, à Kiribati. Ce commerce a été florissant pendant plusieurs années, assurant aux pêcheurs locaux des revenus très convenables. Selon les estimations, la valeur annuelle nette de cette activité pour les pêcheurs locaux avoisinait un quart de million de dollars australiens, pour un total d'une trentaine de pêcheurs actifs, soit un revenu annuel, par pêcheur, légèrement supérieur à 8 000 dollars australiens, somme considérable au regard de la norme en vigueur dans les îles. En 1999, un grand nombre de consommateurs de Hong Kong ont contracté la ciguatera en consommant du poisson qui aurait, paraît-il, été exporté par Kiribati. Cette affaire a été à l'origine de l'interdiction de l'importation à Hong Kong de poissons de récif vivants destinés à la restauration en provenance de Kiribati, ce qui a entraîné la disparition totale de cette filière à Kiribati et la perte de revenus pour les pêcheurs locaux qui se consacraient à cette activité.

Ciguatera also has an impact on islanders' eating habits. On some atolls, fish is the main protein source and in regions where ciguatera occurs, people who have suffered severe attacks of ciguatera fish poisoning avoid eating fish for several months, thus becoming dependent on imported foodstuffs.

Similarly, in most Pacific countries, fishing provides one of the few income earning opportunities and sources of foreign exchange (Dalzell 1992). A good example of this is the live reef food fish trade (LRFFT) in Kiribati. The trade had operated for a number of years, providing a very good source of income for local fishermen. The annual net value of the trade for local fishermen was estimated to be close to a AU$250,000 per year (for about 30 active fishermen), giving an annual income of just over AU$8000, which was a considerable amount by local standards. However, in 1999, a large number of people in Hong Kong contracted ciguatera fish poisoning from fish that allegedly came from Kiribati. This resulted in a ban on fish from Kiribati on the Hong Kong LRFFT market, which in turn resulted in the total closure of the trade in Kiribati, and the loss of an income-earning opportunity for local fishermen involved in the operation.

In French Polynesia, consumer protection regulations mean that local fishers are unable to market some 3000 tonnes of reef fish annually, representing a financial loss of US$1 million (Bagnis 1992).

En Polynésie française, la réglementation protégeant le consommateur entraîne, pour les pêcheurs locaux, une perte d'environ 3 000 tonnes de poissons coralliens interdits de commercialisation chaque année, ce qui équivaudrait à une perte de gain estimée à un million de dollars US (Bagnis, 1992).

... et d'importance variable

L'incidence de la ciguatera dans le Pacifique Sud est variable selon les régions ; les poissons potentiellement dangereux diffèrent aussi.

Pour avoir une répartition précise des espèces ciguatériques, il faut se reporter aux données épidémiologiques recueillies par les organismes de recherche ou de santé de chaque pays ou région. De l'est à l'ouest du Pacifique, de nombreuses données, reportées ci-après, en particulier les taux d'incidence, proviennent de la CPS.

Distribution

The incidence of ciguatera varies from region to region, and the types of fish that are potentially poisonous also vary.

Precise information about the distribution of ciguatera-carrying species can be obtained from epidemiological data collected by research and health organisations in each country or region. The following information on the incidence of ciguatera poisoining in various Pacific countries was provided by SPC.

Papouasie-Nouvelle-Guinée

La ciguatera est très rare : quelques barracudas et loches saumonées ont été impliqués dans le passé.

Australie

Les empoisonnements ciguatériques sont très sporadiques et imprévisibles. Le tazard rayé du lagon *Scomberomorus commerson* est responsable de nombreux empoisonnements dans la région du Sud Queensland. D'autres poissons comme *Lutjanus bohar*, *L. gibbus,* ainsi que *Symphorus nematophorus* ont été impliqués. Dans le Nord Queensland, ce sont les loches du genre *Epinephelus* et les saumonées du genre *Plectropomus* qui sont incriminées (Gillespie *et al*., 1986).

Scomberomorus commerson

Îles Salomon

Quelques cas très rares sont dus à la consommation du pouatte *Lutjanus sebae* et de l'anglais *L. bohar.*

Lutjanus sebae

Nouvelle-Calédonie

En 1992, une enquête statistique a été menée par l'ORSTOM (actuellement l'IRD, Institut de recherche pour le développement), l'Aquarium de Nouméa et l'ITSEE (Institut territorial de la statistique et des études économiques) pour évaluer la connaissance du phénomène de la ciguatera ou gratte auprès de la population calédonienne (Laurent *et al*., 1992). Les résultats de cette enquête ont permis d'estimer que 25 % de la population du "grand" Nouméa – soit près de 20 000 personnes – ont été intoxiquées au moins une fois par la ciguatera. Cette méthode d'estimation de l'impact de la maladie donne des résultats par excès, certaines personnes empoisonnées pouvant ne pas faire la différence entre une intoxication ciguatérique et une simple intoxication due à la consommation de poissons mal conservés.

Papua New Guinea

Ciguatera is uncommon. Barracuda and blue-spotted grouper are thought to have been responsible for some cases in the past.

Australia

Ciguatera fish poisoning occurs only on a very irregular and unpredictable basis. The narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) has caused many cases of fish poisoning in southern Queensland, while other fish, such as *Lutjanus bohar*, *L. gibbus* and *Symphorus nematophorus* have also been implicated. In northern Queensland, grouper or cod of the genus *Epinephelus* and coral trout of the genus *Plectropomus* are considered suspect (Gillespie et al. 1986).

Solomon Islands

The very few recorded cases were caused by eating red emperor *Lutjanus sebae* or red bass *L. bohar*.

New Caledonia

In 1992, a statistical survey was carried out by ORSTOM (since renamed IRD: Institute of Research for Development), the Noumea Aquarium and ITSEE (Territorial Institute of Statistics and Economic Research) to assess how well ciguatera was understood by the community in New Caledonia (Laurent et al. 1992). The results indicated that 25% of the population of "Greater" Noumea, some 20,000 people, had suffered ciguatera fish poisoning at least once. It should be noted that this survey method overestimates the impact of the disease as some victims are unable to distinguish between ciguatera poisoning and fish poisoning due to eating spoiled fish. Conversely, methods based on medical reports provide a default estimation because many cases of mild or repeat poisoning are not reported to doctors and even less so to specialised epidemiological services.

Poisson en cause Fish responsible	DTASS		ORSTOM	
	Fréquence Frequency	Pourcentage Percentage	Fréquence Frequency	Pourcentage Percentage
Loche (Grouper, cod)	98	17.9	23	18
Loche saumonée (Blue-spotted grouper)	81	14.8	9	7,3
Poisson non précisé (Unidentified fish)	63	11.5	33	27
Bossu (Emperor)	38	6.9	4	3.3
Bec de cane (Long-nosed emperor)	36	6.6	5	4
Tazard (Spanish mackerel)	35	6.4	10	8.1
Carangue (Trevally)	30	5.5	3	2.4
Rouget (Bream, goatfish)	27	4.9	2	1.6
Napoléon (Hump-headed Maori wrasse)	23	4.2		
Perroquet (Parrotfish)	22	4.0	5	4
Dorade (Black-spot sea perch)	9	1.6	1	0.8
Poisson ballon (Puffer fish)	9	1.6		
Grosse lèvre (Sweetlips)	9	1.6	2	1.6
Anglais (Red bass)	7	1.3	5	4
Barbillon (Chinaman fish)	5	0.9	1	0.8
Saumonée rouge ('Red' cod)	5	0.9	3	2.4
Picot (Rabbitfish)	4	0.7		
Loche crasseuse (Marbled grouper)	4	0.7		
Autre produit (Other fish)	4	0.7		
Poite/Pouatte (Red emperor)	3	0.5		
Loche grise ('Grey' grouper)	3	0.5		
Bécune (Pinkhandle barracuda)	3	0.5		
Loche bleue (Blue grouper)	3	0.5	1	0.8
Mère loche (Malabar cod)	3	0.5		
Loche rouge (Speckle-finned cod)	3	0.5		
Loche noire (Brownbarrred grouper)	2	0.4		
Saumonée gros points ('Large-spotted' cod)	2	0.4		
Murène (Moray eel)	2	0.4	1	0.8
Gueule rouge (Sweetlip emperor)	1	0.2	2	1.6
Thon (Tuna)	1	0.2	1	0.8
Dawa (Long-nosed unicorn fish)	1	0.2		
Wiwa/ui-ua (Topsail drummer, low-finned drummer)	1	0.2		
Loche truite (Barramundi cod)	1	0.2		
Sardine (Sardine)	1	0.2		
Papillon (Butterflyfish)	1	0.2		
Barracuda (Barracuda)	1	0.2		
Vivaneau (Snapper)	1	0.2		
Mékoua (Jobfish)	1	0.2		
Vieille (Mangrove jack)	1	0.2		
Mulet (Mullet)	1	0.2		
Commissaire (Spiny squirrel fish)	1	0.2		
Truite saumonée (Coral trout)	1	0.2		
Loche saumonée léopard (Leopard cod)			1	0.8
Saumonée point bleu ('Blue-spotted' cod)			1	0.8
Saumonée hirondelle (Lyre-tailed grouper)			1	0.8
Tazard du large (Wahoo)			1	0.8
Casteix (Painted sweetlips)			1	0.8
Jaunet (Rufous seaperch)			1	0.8
Communard (Thread-fin emperor)			1	0.8
Crabe (Crab)			2	1.6
Langouste (Spiny lobster)			1	0.8
Troca (Trochus)			1	0.8

Tableau 1:
Espèces de poissons responsables de la ciguatera en Nouvelle-Calédonie.
(Source: fiches DTASS de 1984 à 1989 ; enquête ORSTOM, mars 1992)

Table 1:
Species of fish responsible for ciguatera fish poisoning in New Caledonia.
(Source: DTASS records, 1984-1989; ORSTOM survey, March 1992)

À l'inverse, la méthode qui s'appuie sur les fiches médicales donne une estimation par défaut, car un grand nombre de faibles intoxications ou de récidives ne sont pas signalées aux médecins et encore moins aux services spécialisés dans les études épidémiologiques. En Nouvelle-Calédonie, d'après la CPS, le taux d'incidence annuelle avoisine 1/1 000 habitants. En Nouvelle-Calédonie, la ciguatera est plus connue sous le terme de "gratte", dénomination qui lui a été attribuée suite à l'un de ses symptômes.

Plectropomus laevis

Les poissons les plus incriminés sont les Serranidae (loches ou loches saumonées), les Lethrinidae (becs de cane, bossus, gueules rouges) et les Scombridae (tazards du lagon, voire du large), les Lutjanidae (anglais et rougets) et, à un degré moindre, les Carangidae, les Labridae (napoléons) et les Scaridae (perroquets).

Vanuatu

Le taux d'incidence est relativement élevé : 3/1 000 habitants en 1990. Les poissons les plus dangereux semblent être les Lutjanidae *Lutjanus argentimaculatus*, *L. gibbus* et *Symphorus nematophorus*, les Scombridae *Scomberomorus commerson*, les Serranidae *Epinephelus malabaricus*, *E. polyphekadion* et *Plectropomus laevis*, les Sphyraenidae *Sphyraena barracuda*.

Lutjanus argentimaculatus

Îles Marshall et Niue

Récemment, un nombre croissant de cas de ciguatera contractée dans certains atolls des Îles Marshall et à Niue auraient été signalés mais non par le biais de la base de données régionale de la CPS. Aux Îles Marshall, une poussée de ciguatera a été déclarée dans les atolls de Lae et d'Ujae (Yeeting et James, 2001), qui sont des îles éloignées et où les cas ne sont pas souvent signalés dans les dispensaires. À Niue, lors de la récente flambée (Yeeting, 2002), il n'existait aucun mécanisme officiel de déclaration des cas.

According to SPC, the annual incidence rate in New Caledonia is approximately 1/1000. Here, ciguatera is commonly known as la gratte or 'the itch', after one of its symptoms.

The fish most often reported as ciguatoxic are the Serranidae (grouper, cod), Lethrinidae (emperor, sea bream), Scombridae (Spanish mackerel, wahoo), Lutjanidae (sea perch) and, to a lesser degree, Carangidae, Labridae (wrasse) and Scaridae (parrotfish).

Vanuatu

The incidence is relatively high, e.g. 3/1000 in 1990. The most potentially poisonous fish appear to be the Lutjanidae (*Lutjanus argentimaculatus*, *L. gibbus* and *Symphorus nematophorus*), Scombridae (*Scomberomorus commerson*), Serranidae (*Epinephelus malabaricus*, *E. polyphekadion* and *Plectropomus laevis*) and Sphyraenidae (*Sphyraena barracuda*).

Marshall Islands and Niue

Recently, an increasing number of ciguatera cases have been reported in some atolls in the Marshall Islands and Niue, but not through the SPC regional database. In the Marshall Islands, a ciguatera outbreak was reported in 2000 in Lae and Ujae (Yeeting and James 2001), which are remote atolls where cases are often not reported to local hospitals. In the recent outbreak in Niue (Yeeting 2002), no formal case reporting mechanism was in place. These incidences are likely to change the ranking of these countries with regard to the regional incidence of ciguatera.

Kiribati

Many cases are recorded each year; the incidence rate recorded in 1990 was 20/1000 (WorldBank, 2000). The species involved are Lutjanidae, *Lutjanus bohar* and to a lesser extent *L. monostigma* and *L. fulvus* (tinaemea/bawe); Acanthuridae, *Ctenochaetus striatus* (riba roro) and *Acanthurus lineatus* (riba tanin);

Cette notification insuffisante risque d'avoir une incidence sur la position de ces pays dans la classification régionale.

Kiribati

De nombreux cas sont recensés chaque année : une incidence de 20/1 000 a été enregistrée en 1990. Les espèces impliquées sont les Lutjanidae *Lutjanus bohar* et, à un degré moindre, *L. monostigma* et *L. fulvus* (tinaemea/bawe), les Acanthuridae *Ctenochaetus striatus* (riba roro) et *Acanthurus lineatus* (riba tanin), les Serranidae *Epinephelus lanceolatus* (bakati), *E. fuscoguttatus* (maneku) et *Cephalopholis argus* (nimanang), les barracudas *Sphyraena* sp. nunua, les poissons perroquets *Scarus oviceps* (ika maawa), et les balistes (balistidae).

Tuvalu

C'est une des régions du Pacifique où le taux d'incidence est le plus élevé : 204 cas recensés en 1991, soit un taux de 24/1000. Le poisson chirurgien zébré *Acanthurus lineatus* est responsable de près de la moitié des cas. Pour le reste, d'autres Acanthuridae (*Ctenochaetus striatus*, *Naso lituratus*), des Scaridae et l'anglais *Lutjanus bohar* sont impliqués (Kaly *et al*., 1991).

Îles Fidji

Le taux d'incidence est de l'ordre de 1/1 000. Les cas les plus fréquents sont dus aux Carangidae *Caranx ignobilis* (saqa), aux Lutjanidae *Lutjanus argentimaculatus*, *L. bohar* (damu), *L. gibbus, L. rivulatus* et *L. monostigma*, aux Lethrinidae *Lethrinus miniatus* (dokanivudi) et *L. ramak* (kawago), aux Muraenidae *Gymnoythorax flavimarginatus*, *G. javanicus* et *G. undulatus*, aux Serranidae *Plectropomus laevis*, *P. leopardus*, *Epinephelus fuscoguttatus* (kawakawa) et *Variola louti*, aux Sphyraenidae *Sphyraena barracuda* (oqo) et *S. forsteri*, aux Scombridae *Scomberomorus commerson* (walu), enfin aux requins de la famille des Carcharhinidae (Sorokin, 1975).

Serranidae, *Epinephelus lanceolatus* (bakati), *E. fuscoguttatus* (maneku) and *Cephalopholis argus* (nimanang), barracuda, *Sphyraena* sp. nunua; parrotfish, *Scarus oviceps* (ika maawa); and triggerfish, Balistidae.

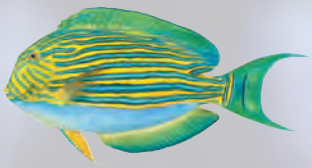
Tuvalu

The incidence in Tuvalu is one of the highest in the Pacific (204 cases recorded in 1991, a rate of 24/1000). The blue-lined surgeonfish *Acanthurus lineatus* is responsible for almost half the cases. Other occurrences are attributed to other Acanthuridae (*Ctenochaetus striatus*, *Naso lituratus*), Scaridae, and the red bass *Lutjanus bohar* (Kaly et al. 1991).

Lutjanus bohar

Fiji Islands

The incidence rate is about 1/1000. According to Sorokin (1975), ciguatera outbreaks are most frequently due to Carangidae, *Caranx ignobilis* (saqa); Lutjanidae, *Lutjanus argentimaculatus*, *L. bohar* (damu), *L. gibbus*, *L. rivulatus* and *L. monostigma*; Lethrinidae, *Lethrinus miniatus* (dokanivudi), and *L. ramak* (kawago); Muraenidae, *Gymnothorax flavimarginatus*, *G. javanicus* and *G. undulatus*; Serranidae, *Plectropomus laevis*, *P. leopardus*, *Epinephelus fuscoguttatus* (kawakawa) and *Variola louti;* Sphyraenidae, *Sphyraena barracuda* (oqo) and *S. forsteri*; Scombridae, *Scomberomorus commerson* (walu); and sharks of the family Carcharhinidae.



Acanthurus lineatus

Tonga

Very few cases of ciguatera have been recorded. The ciguatoxic species are virtually the same as in Fiji, although *Plectropomus laevis*, *P. leopardus* and *Lutjanus gibbus* are not reported as being ciguatoxic, whereas *Epinephelus polyphekadion*, *L. rivulatus* and the triggerfish *Pseudobalistes flavomarginatus* are considered toxic.

Caranx ignobilis

Samoa

Ciguatoxicity is a persistent problem in the Samoas, but does not show a high incidence (from

Variola louti

Epinephelus polyphekadion

Epinephelus fuscoguttattus

Naso lituratus

Îles Tonga

L'incidence ciguatérique est très faible dans cet archipel. Cependant, les espèces ciguatériques sont à peu près les mêmes qu'aux îles Fidji. Les deux espèces de Serranidae du genre *Plectropomus* et le Lutjanidae *L. gibbus* ne sont pas citées ; par contre *Epinephelus polyphekadion*, *Lutjanus rivulatus* et le baliste *Pseudobalistes flavimarginatus* sont réputés toxiques.

Îles Samoa

La toxicité ciguatérique est persistante mais n'a pas une grande incidence (de 0,1 à 0,8/1 000). Outre les lutjans *Lutjanus argentimaculatus*, *L. bohar* (mu), *L. gibbus* (malai), *L. monostigmus* (taiva), *L. kasmira* (savani), les Serranidae *Cephalopholis argus*, *Epinephelus polyphekadion*, *E. merra* (ata ata) et *Variola louti* (pa'pa), les barracudas *Sphyraena obtusata* (sapatu) et *S. barracuda* (saosao), la carangue *Caranx ignobilis* (ulua) et les requins de la famille des *Carcharhinidae* (malie) sont impliqués. Deux espèces d'Holocentridae (malau) peuvent aussi être toxiques : *Sargocentrum spiniferum* et *Myripristis melanosticta* (Dawson, 1977).

Tokelau

Quelques cas annuels de ciguatera sont rapportés, mais comme la population de ces atolls est très faible (1 600 habitants), le taux d'incidence est important (de 5 à 14/1 000). Ils sont dus principalement à *Hipposcarus longiceps*, *Pseudobalistes flavimarginatus*, *Lutjanus bohar*, *Epinephelus fuscoguttatus*, *Sphyraena* sp. et *Balistes* sp.

Îles Cook

Le taux d'incidence varie de 5 à 8/1 000. La plupart des cas fait suite à la consommation de poissons chirurgiens *Ctenochaetus striatus* (maïto), de dawas *Naso unicornis* (ume), de barracuda *Prometichthys prometheus* (manga), de murènes *Gymnothorax javanicus* (a'a pata), d'anglais *Lutjanus bohar* (anga-mea) et de différentes loches comme *Cephalopholis argus* (roi).

0.1 to 0.8/1000). In addition to snapper and perch, *Lutjanus argentimaculatus*, *L. bohar* (mu), *L. gibbus* (malai), *L. monostigmus* (taiva) and *L. kasmira* (savani), the following fish are responsible for ciguatera poisoning: the Serranidae, *Cephalopholis argus*, *Epinephelus polyphekadion*, *E. merra* (ata ata) and *Variola louti* (pa'pa); the barracudas, *Sphyraena obtusata* (sapatu) and *S. barracuda* (saosao); the trevally, *Caranx ignobilis* (ulua); and sharks of the family *Carcharhinidae* (malie). Two species of Holocentridae (malau) can also be toxic: *Sargocentrum spiniferum* and *Myripristis melanosticta* (Dawson 1977).

Tokelau

Only a few cases of ciguatera are reported annually, but because the population of these atolls is very small (1600 people), the incidence rate is high (from 5 to 14/1000). These cases are mainly due to *Hipposcarus longiceps*, *Pseudobalistes flavimarginatus*, *Lutjanus bohar*, *Epinephelus fuscoguttatus*, *Sphyraena* sp. and *Balistes* sp.

Cook Islands

The incidence varies from 5 to 8/1000. Most cases are due to eating surgeonfish *Ctenocheatus striatus* (maïto), long-snouted unicorn fish *Naso unicornis* (ume), Bermuda catfish *Prometichthys prometheus* (manga), moray eel *Gymnothorax javanicus* (a'a pata), red bass *Lutjanus bohar* (anga-mea) and various cod and grouper such as *Cephalopholis argus* (roi).

French Polynesia

The ciguatera incidence in recent years is thought to be approximately 5/1000. Almost 30,000 cases were officially recorded from 1960 to 1990 (Bagnis 1992). The most poisonous fish in the island groups of French Polynesia are surgeonfish (Acanthuridae), grouper and cod (Serranidae), trevally (Carangidae), sea perch (Lutjanidae), emperor fish (Lethrinidae), parrotfish (Scaridae), wrass (Labridae) and, to a lesser extent, mullet, triggerfish, moray eel and barracuda.

La législation

En **Polynésie française**, il existe une réglementation interdisant la commercialisation des espèces suivantes :

Serranidae :
- *Plectropomus leopardus* (tonu)
- *Epinephelus polyphekadion* (loche crasseuse, hapuu)

Lutjanidae :
- *Lutjanus bohar* (anglais, lutjan rouge, haamea)
- *L. monostigmus* (taivaiva)
- *L. rivulatus* (haputu)

Labridae :
- *Cheilinus undulatus* (mara)

Sphyraenidae :
- *Sphyraena barracuda* (barracuda, ono)

Acanthuridae :
- *Ctenochaetus striatus* (poisson chirurgien, maïto)

Muraenidae :
- toutes les espèces de murènes

Balistidae :
- toutes les espèces de balistes

En **Australie**, certaines espèces sont interdites à la vente comme *Lutjanus bohar*, *L. gibbus* et *Symphorus nematophorus*. Certaines régions, comme la baie Platypus sur l'île Fraser, sont interdites à la pêche des tazards (*Scomberomorus commerson*) et des barracudas.

Dans **l'île de la Réunion**, certaines espèces comme les carangues *Caranx* sp. et les bécunes *Sphyraena* sp. sont interdites à l'importation et à la commercialisation depuis 1985.

À **l'île Maurice**, une réglementation existant depuis 1976 interdit la vente de dix-sept espèces (sept Serranidae : *Variola louti*, *Cephalopholis argus*, *Plectropomus maculatus*, *Anyperodon leucogrammicus*, *Epinephelus areolatus*, *E. fuscoguttatus*, *E. tauvina* ; trois Lutjanidae : *Lutjanus bohar*, *L. monostigmus*, *L. gibbus* ; un Lethrinidae : *Lethrinus harak*; deux Acanthuridae : *Ctenochaetus striatus* et *Naso unicornis* ; deux Mullidae : *Parapeneus porphyreus* et *Upeneus arge* ; une carangue : *Caranx* sp. et une murène : *Gymnothorax javanicus* (Quod, 1989).

Il n'existe pas actuellement de réglementation sur la pêche de poissons à risque ciguatérique en **Nouvelle-Calédonie**.

Legislation

Regulations in **French Polynesia** make it illegal to offer the following species for sale:

Serranidae:
- *Plectropomus leopardus* (tonu),
- *Epinephelus polyphekadion* (ex microdon) (marbled grouper, hapuu)

Lutjanidae:
- *Lutjanus bohar* (red bass, haamea)
- *Lutjanus monostigmus* (taivaiva)
- *Lutjanus rivulatus* (haputu)

Labridae:
- *Cheilinus undulatus* (mara)

Sphyraenidae:
- *Sphyraena barracuda* (barracuda, ono)

Acanthuridae:
- *Ctenochaetus striatus* (surgeonfish, maïto)

Muraenidae:
- all species of moray eel

Balistidae:
- all species of triggerfish

Sphyraena barracuda

In **Australia**, it is illegal to offer certain species such as *Lutjanus bohar*, *L. gibbus* and *Sumphorus nematophorus* for sale; there is a ban on fishing Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) and barracuda in some areas such as Platypus Bay on Fraser Island.

On **Reunion Island**, a ban on importing and marketing some species such as trevally, *Caranx* sp. and barracuda *Sphyraena* sp. has been in force since 1985.

In **Mauritius**, regulations introduced in 1976 ban the sale of 17 species (seven Serranidae: *Variola louti*, *Cephalopholis argus*, *Plectropomus maculatus*, *Anyperodon leucogrammicus*, *Epinephelus areolatus*, *E. fuscoguttatus*, *E. tauvina*; three Lutjanidae: *Lutjanus bohar*, *L. monostigmus*, *L. gibbus*; one Lethrinidae: *Lethrinus harak*; two Acanthuridae: *Ctenochaetus striatus* and *Naso unicornis*; two Mullidae: *Parapeneus porphyreus* and *Upeneus arge*; one trevally: *Caranx* sp.; and one moray eel: *Gymnothorax javanicus* (Quod 1989).

At present **New Caledonia** has no legislation in relating to potentially ciguatoxic fish.

Cephalopholis argus

Epinephelus tauvina

Polynésie française

Le taux d'incidence serait d'environ 5/1 000 habitants. Près de 30 000 cas ont été enregistrés officiellement au cours des années 1960 à 1990 (Bagnis, 1992). Les poissons les plus dangereux pour l'ensemble des archipels polynésiens sont les poissons chirurgiens (Acanthuridae), les loches ou mérous (Derranidae), les carangues (Carangidae) et perches marines (Lutjanidae), les becs de cane (Lethrinidae), les perroquets (Scaridae), les napoléons (Labridae) et, à un degré moindre, les mulets, balistes, murènes et barracudas.

Si l'on considère séparément les poissons pêchés à Tahiti même, la distribution est différente et les poissons incriminés sont, pour plus de la moitié des cas, des herbivores, en particulier les poissons chirurgiens ou maïto (*Ctenochaetus striatus*) et les mulets ou tehu (*Crenimugil crenilabis*) ; les principaux carnivores toxiques sont les carangues (paihere, *Caranx melampygus*), les loches et les mérous (roi, *Cephalopholis argus* et faroa, *Epinephelus tauvina*) (Bagnis *et al.*, 1991).

Cette importante variabilité des espèces toxiques peut avoir un caractère régional et aussi local, à tel point qu'elle rend impossible l'établissement d'une liste exhaustive de poissons à interdire dans le Pacifique, dans une région comme la Polynésie française ou même dans un pays comme la Nouvelle-Calédonie.

Mais les poissons toxiques du Pacifique sud ne touchent pas que les populations de cette région. Comme nous l'avons vu précédemment, ces poissons peuvent être exportés. Le tourisme est aussi touché par ce phénomène et de nombreux cas apparaissent en Europe. À tel point que le gouvernement français vient de décréter que la ciguatera devait rentrer dans la législation des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), c'est-à-dire qu'elle est tenue à déclaration obligatoire, ceci compte tenu de sa fréquence exponentielle liée aux changements d'habitudes alimentaires, de nouveaux circuits de distribution et du fait que le phénomène est mal connu en métropole.

If the fish caught in Tahiti are considered separately, the breakdown is different. In more than half the occurrences, the fish responsible are the herbivores, especially surgeonfish or maïto (*Ctenochaetus striatus*) and mullet or tehu (*Crenimugil crenilabis*). The principal toxic carnivores are trevally (paihere, *Caranx melampygus*) as well as grouper and cod (roi, *Cephalopholis argus* and faroa, *Epinephelus tauvina*) (Bagnis et al. 1991).

This significant variability in poisonous species may be both regional and local. Hence, it is impossible to prepare a comprehensive list of fish that should be banned for consumption in the Pacific, or even in a single area such as French Polynesia, or country such as New Caledonia.

The toxic fish of the Pacific have an impact that extends beyond the communities of this region. As stated above, some of these fish are exported. Tourism is also affected by ciguatera. Many cases are now appearing in Europe, so much so that the French Government has ruled that ciguatera fish poisoning should be included under legislation on collective food poisoning (i.e. it should be notifiable), in view of its exponential occurrence as a result of dietary changes, new distribution routes, and a lack of familiarity with it in France.

Les toxines

Plusieurs toxines sont impliquées dans l'étiologie de la ciguatera.

Les toxines type ciguatoxine (CTX)

Une vingtaine de ces toxines ont été isolées de différents poissons, de loches (*Plectropomus leopardus* et *Epinephelus polyphekadion*) (Pompon et Bagnis, 1984 ; Chanteau *et al.*, 1976), de poissons perroquets (*Scarus gibus*) (Yasumoto *et al.*, 1977b), de barracudas (*Sphyraena jello*) (Lewis et Endean, 1984), de murènes (*Gymnothorax javanicus*) (Scheuer *et al.*, 1967 ; Lewis *et al.*, 1991) et d'autres.

Les premières structures chimiques ont été découvertes à la fin des années 1980 (Murata *et al.*, 1989 ; Lewis *et al.*, 1991). Les ciguatoxines sont des composés polyéthérés liposolubles (solubles dans les solvants organiques), stables à la température (qui résistent donc à la cuisson et à la congélation) et aux faibles conditions acides ou basiques. La ciguatoxine codée P-CTX-1 (P pour Pacifique) a un poids moléculaire de 1111,6 pour une formule moléculaire $C_{60}H_{86}NO_{19}$ (Yasumoto et Murata, 1990) (Figure 4).

Elle fait partie des plus puissantes toxines marines (sa DL_{50} - dose provoquant 50 % de mortalité - est de 0,45 µg/kg en injection intrapéritonéale ou par voie orale chez la souris (Tachibana *et al.*, 1980). Chez l'homme, la dose moyenne, par voie orale, pour avoir 50 % de consommateurs malades est estimée à 2 ng/kg et la dose létale à 20 ng/kg (soit 1 millième de mg pour une personne de 50 kg).

The toxins

A number of toxins are involved in the etiology of ciguatera.

Ciguatoxin-type toxins (CTX)

About 20 ciguatera-related toxins have been isolated from various fish such as coral trout (*Plectropomus leopardus* and *Epinephelus polyphekadion*) (Pompon and Bagnis 1984; Chanteau et al. 1976), parrotfish (*Scarus gibbus*) (Yasumoto et al. 1977b), barracuda (*Sphyraena jello*) (Lewis and Endean 1984), moray eel (*Gymnothorax javanicus*) (Scheuer et al. 1967; Lewis et al. 1991) and others.

Gymnothorax javanicus

The chemical structure of these toxins was first described in the late 1980s (Murata et al. 1989; Lewis et al. 1991). Ciguatoxins are liposoluble (i.e. soluble in organic solvents) polyether compounds which are temperature stable (resistant to cooking and freezing) and resistant to acid or basic conditions. The ciguatoxin coded P-CTX-1 (P for Pacific) has a molecular weight of 1111.6 for a molecular formula of $C_{60}H_{86}NO_{19}$ (Yasumoto and Murata 1990) (Figure 4).

It is one of the most powerful marine toxins. Its LD_{50} – dose causing 50% mortality – is 0.45 µg/kg by intraperitoneal injection (IP) or orally when given to a mouse (Tachibana et al. 1980). The average dose at which 50% of humans fall ill is estimated to be 2 ng/kg and the lethal dose 20 ng/kg (i.e. 1/1000 mg for a person weighing 50 kg).

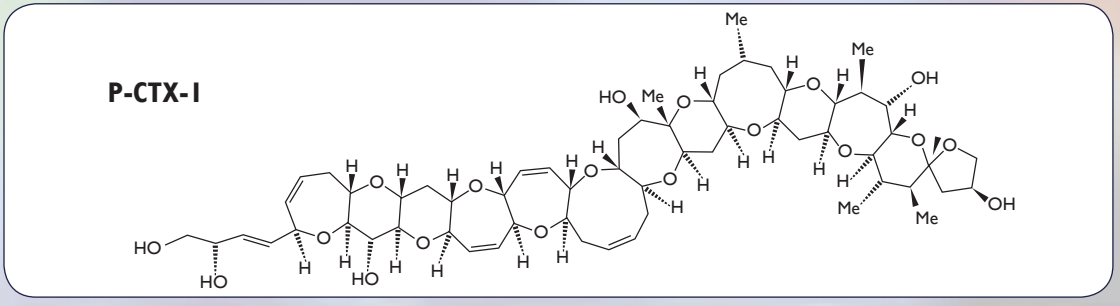


Figure 4:
Structure de la P-CTX-1 du Pacifique.
Structure of Pacific P-CTX-1.

Nous verrons plus loin que cette estimation peut varier largement du fait de la sensibilité des individus et de leur propre accumulation de toxine.

Un autre type de ciguatoxine a été isolé de *Caranx latus*, un poisson pélagique souvent impliqué dans des intoxications ciguatériques aux Caraïbes (Vernoux et Lewis, 1997). Ces ciguatoxines (C-CTX) sont moins polaires que celles du Pacifique (P-CTX) et ont une toxicité légèrement plus faible. Leurs structures ont été récemment déterminées (Lewis *et al*., 1998). (Figure 5)

Dernièrement, de nouvelles ciguatoxines ont été isolées de *Lutjanus sebae* de l'océan Indien (Hamilton *et al*., 2002a et 2002b). Il est fort probable que de nombreuses autres ciguatoxines soient identifiées dans les prochaines années.

Ces toxines peuvent être accumulées dans la chair des poissons et transportées le long de la chaîne alimentaire. Elles existent aussi dans le foie et les viscères à une concentration estimée à dix fois ce qu'elle est dans la chair. La répartition de ces toxines lipidiques est différente selon les espèces de poissons.

La ciguatoxine P-CTX-1B est par exemple majoritaire chez les carnivores alors que la P-CTX-3B (moins polaire) semble être majoritaire chez les herbivores. Les toxines produites par les souches sauvages de la microalgue *Gambierdiscus toxicus*, appelées gambiertoxines (GTX), diffèrent aussi et sont les moins polaires (Legrand *et al*.,

This estimate may vary, largely because of individual sensitivity and accumulation of the toxin.

Another type of ciguatoxin has been isolated from *Caranx latus*, a pelagic fish often involved in ciguatera poisoning in the Caribbean (Vernoux and Lewis 1997). These ciguatoxins (C-CTX) are less polar than the Pacific ones (P-CTX) and have a slightly lower toxicity. Their structure was recently described by Lewis et al. (1998) (Figure 5).

Recently, new ciguatoxins have been isolated from *Lutjanus sebae* in the Indian Ocean (Hamilton et al. 2002a, 2002b). It is highly likely that many other ciguatoxins will be identified in future.

Ciguatoxins accumulate in the flesh of fish and are carried up through the food chain. They also occur in the liver and viscera at concentrations estimated to be 10 times higher than in the flesh. The distribution of these lipidic toxins varies from fish species to fish species.

Ciguatoxin P-CTX-1B, for example, is the main toxin found in carnivorous fish, while P-CTX-3B (less polar) appears to be the main toxin found in herbivorous fish. The toxins produced by wild strains of the microalgae *Gambierdiscus toxicus*, called gambiertoxins (GTX), also differ and are less polar (Legrand et al. 1990, 1991). This suggests that GTX are precursor of CTX; they may be transformed into CTX as a result of oxidation in the liver of the fish (Legrand et al. 1992). The P-CTX-3B found in herbivores could thus be an

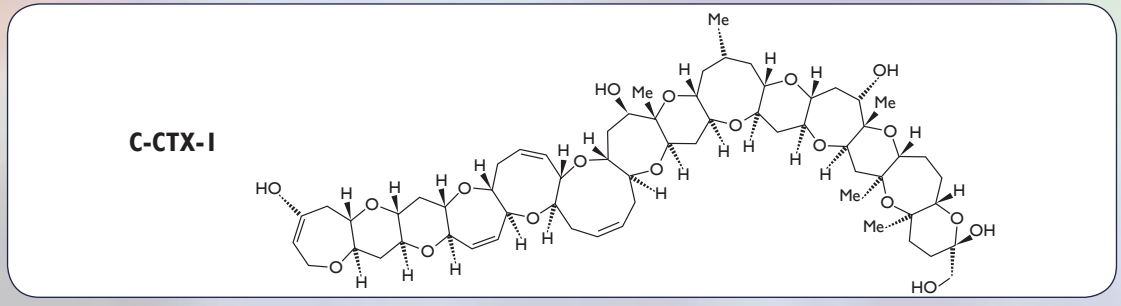


Figure 5:
Structure de la C-CTX-1 des Caraïbes.
Structure of Caribbean C-CTX-1.

1990 et 1991). Ceci suggère que les GTX sont les précurseurs des CTX ; elles se transformeraient en CTX par oxydation dans le foie des poissons (Legrand *et al.*, 1992). La P-CTX-3B des herbivores serait ainsi un intermédiaire entre les GTX des microalgues et la P-CTX-1B des poissons carnivores.

Les toxines type maïtotoxine (MTX)

Les maïtotoxines tiennent leur nom du poisson chirurgien *Ctenochaetus striatus* dont le nom vernaculaire est *maïto* en Polynésie française et à partir duquel le premier type a été isolé (Yasumoto *et al.*, 1987). Les MTX sont hydrosolubles. Ce sont aussi des polyéthers cycliques (32 cycles avec un poids moléculaire avoisinant les 3000) (Figure 6) mais elles n'ont pas de morceaux communs avec les CTX (Murata *et al.*, 1993). Plusieurs types ont été isolés de cultures de différentes souches de *Gambierdiscus toxicus*.

Les MTX sont plus toxiques que les CTX par voie intrapéritonéale chez la souris (DL_{50} de 0,13 µg/kg) mais 100 fois moins toxiques par voie orale (Yokohama et al., 1988).

Le rôle direct des MTX dans l'étiologie de la ciguatera n'est pas certain ; chez les poissons, elles sont limitées aux herbivores et aux brouteurs.

La scaritoxine (STX)

La scaritoxine est un polyéther (moins polaire que la CTX) que l'on trouve principalement dans la chair de poissons perroquets (*Scarus* sp.) en même temps que la CTX.

Il a tout d'abord été montré que le foie et les intestins de ces poissons ne contenaient pas de scaritoxine, ce qui laissait envisager une transformation de la CTX en scaritoxine par ces espèces

intermediary between the GTX of the microalgae and the P-CTX-1B of carnivorous fish.

Maïtotoxin-type toxins (MTX)

Maïtotoxins are named after the local French Polynesian word (*maïto*) for the surgeonfish *Ctenochaetus striatus*, from which the first sample was isolated (Yasumoto et al. 1987). MTX are water-soluble. They are also cyclic polyethers (32 cycles with a molecular weight of some 3000)(Figure 6), but have no common parts with CTX (Murata et al. 1993). A number of types have been isolated from cultures of various strains of *Gambierdiscus toxicus*.

MTX are more toxic than CTX in intraperitoneal administration in mice (LD_{50} of 0.13 µg/kg) but 100 times less toxic when taken orally (Yokohama et al. 1988). The direct role of MTX in the etiology of ciguatera is uncertain; in fish, they occur only in herbivores and grazers.

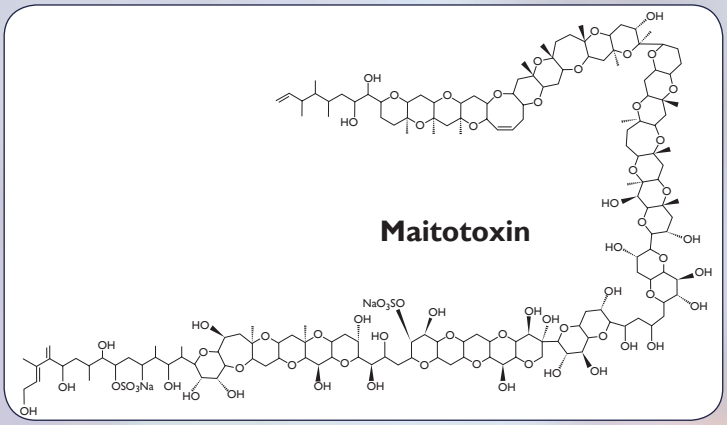


Figure 6: Structure de la maïtotoxine
Structure of maitotoxin

Scaritoxin (STX)

Scaritoxin, a less polar polyether than CTX, is mainly found in the flesh of parrotfish (*Scarus* sp.) together with CTX.

It was first shown that the liver and intestines of these fish contained no scaritoxin, which implied

(Yasumoto *et al.*, 1977b), mais son isolement, par la suite, des viscères suggère plutôt que la scaritoxine est l'entité la moins polaire de deux formes interconvertibles de CTX (Joh et Scheuer, 1986).

L'acide okadaïque

L'acide okadaïque (figure 7) pourrait aussi jouer un rôle dans la ciguatera. Cette toxine polyéthérée, qui a été préalablement isolée d'éponges *Halichondria okadaï* (Tachibana *et al.*, 1981), est biosynthétisée par un dinoflagellé *Prorocentrum lima*, que l'on trouve dans les mêmes biotopes coralliens que *G. toxicus*.

that CTX was converted into scaritoxin by parrotfish (Yasumoto et al. 1997b), but its subsequent isolation from the viscera suggests that scaritoxin is the less polar entity of two interconvertible forms of CTX (Joh and Scheuer 1986).

Okadaic acid

Okadaic acid (Figure 7) could also play a role in ciguatera poisoning. This polyether toxin, which has previously been isolated from the sponge *Halichondria okadai* (Tachibana et al. 1981), is biologically synthesised by the dinoflagellate *Prorocentrum lima* found in the same coral biotopes as *G. toxicus*.

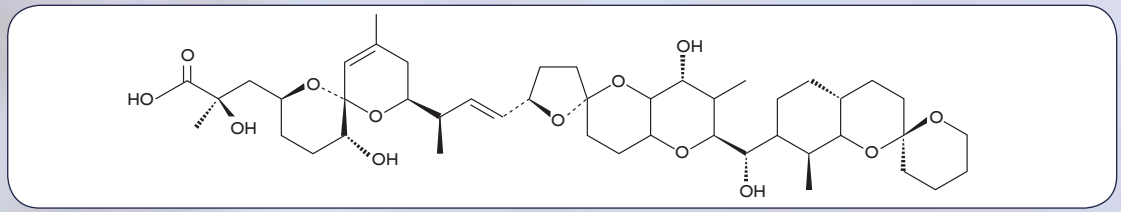


Figure 7:
Structure de l'acide okadaïque
Structure of okadaic acid

Le mode d'action des toxines

La ciguatoxine agit en modifiant la perméabilité de la membrane cellulaire aux ions sodium. Elle ouvre les canaux sodium dans les neurones des mammifères, ce qui entraîne un afflux de sodium intracellulaire et une dépolarisation de la fibre nerveuse (Capra *et al.*, 1985). Les canaux sodium jouent un rôle clé dans la propagation des potentiels d'action et donc dans le transfert de l'information dans les nerfs et les muscles. La très large distribution des canaux sodium dans les tissus nerveux et musculaires peut expliquer la variété des effets provoqués par les ciguatoxines chez l'homme.

Les travaux de Bidard *et al.*, (1984) et Lombet *et al.* (1987) ont permis de mieux préciser le mode d'action des CTX. Ces toxines agissent sur un site protéique des canaux sodiques voltage-dépendants, sensibles à l'action de la tétrodotoxine (site 5) : l'activation de ce site conduit à l'ouverture des canaux rapides à sodium. Ce site d'action est

How the toxins work

The ciguatoxin acts by changing the permeability of the cell membrane to sodium ions. It opens the sodium channels in the nerve cells of mammals, which causes an influx of intracellular sodium and depolarisation of the nerve fibre (Capra et al. 1985). Sodium channels play a key role in the propagation of action potential and therefore in information transfer through nerves and muscles. The very wide distribution of sodium channels in nerve and muscle tissues explains the variety of effects caused by ciguatoxin in humans.

Research by Bidard et al. (1984) and Lombet et al. (1987) has improved our understanding of how CTX works. CTX acts at a protein site in the voltage-dependent tetrodotoxine-sensitive sodium channels (site 5); the activation of this site causes the opening of fast sodium channels. This is also the site of action of brevetoxins (other toxins metab-

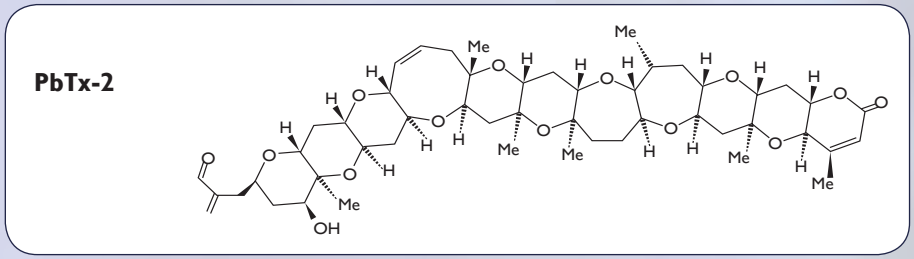
commun à celui des brévétoxines (autres toxines métabolisées par des microalgues)(Figure 8). Il a été reconnu différent de celui des autres toxines agissant sur les canaux sodiques rapides (tétrodotoxine, saxitoxine, vératridine, batrachotoxine, aconitine, grayanotoxine, toxines extraites de scorpions et d'anémones de mer, pyréthroïdes et DDT).

La conséquence physiologique de la liaison des CTX avec ce site 5 est un accroissement initial de l'excitabilité de la cellule, qui provoque des décharges répétitives et spontanées de potentiel d'action, suivi par un décroissement dans l'excitabilité lorsque la membrane se dépolarise (Lewis *et al.*, 2000).

olized by microalgae)(Figure 8). CTX has been recognised as being different from other toxins acting on fast sodium channels (e.g. tetradotoxin, saxitoxin, veratridine, batrachotoxin, aconitine, grayanotoxin, scorpion and sea anemone toxins, pyrethroids and DDT).

The physiological consequence of CTX linking with site 5 is an initial increase in the excitability of the cell, which sets off repeated and spontaneous discharges of action potential, followed by a reduction in excitability when the cell is depolarised (Lewis et al. 2000).

Ciguatoxin may span the lipid membrane and the protein phase of the sodium channel (Gillespie et al. 1986) (see Figure 9), and may



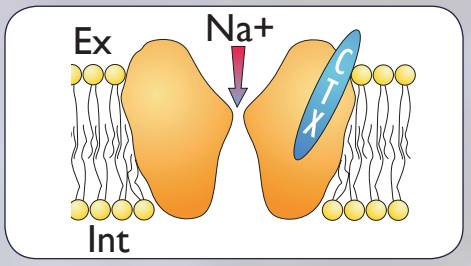


Figure 8: (left, gauche) Structure de la brévétoxine PbTx-2.
Structure of brevetoxin PbTx-2.

Figure 9: (right, droite) Action de la ciguatoxine sur le canal sodium.
Effect of ciguatoxin on the sodium channel.

La ciguatoxine pourrait se positionner entre la membrane lipidique et la partie protéique du canal sodium (Gillespie *et al.*, 1986) (figure 9). Elle traverserait cet ensemble lipide-protéine en acquérant un haut degré de stabilité.

La dépolarisation de la membrane qui résulte de l'influx de sodium entraîne également l'ouverture des canaux calciques et donc un influx de calcium qui active la libération de neuromédiateurs sympathiques (noradrénaline) et parasympathiques (acétylcholine).

Les effets cardiovasculaires pourraient être le résultat d'un effet inotrope positif des CTX sur le myocardium (Lewis, 1988).

Les études pharmacologiques *in vivo* ont montré que les CTX provoquaient la mort en bloquant la

acquire a high degree of stability in spanning these lipid-protein phases.

The cell depolarisation caused by the influx of sodium also leads to the opening of the calcium channels and therefore to an influx of calcium, which activates the release of sympathetic (noradrenaline) and parasympathetic (acetylcholine) neurotransmitters.

The cardiovascular effects of ciguatoxin may result from a positive inotropic effect of CTX on the myocardium (Lewis 1988).

An *in vivo* pharmacological study has revealed that CTX can cause death by blocking phrenic nerve conduction, thus leading to respiratory arrest.

conduction nerveuse phrénique, causant ainsi un arrêt respiratoire.

L'administration de CTX chez l'animal peut aussi induire des symptômes cardiovasculaires plus ou moins marqués, résultant dans un premier temps d'effets cholinergiques (bradycardie, hypotension) et ensuite d'effets adrénergiques (tachycardie, hypertension).

La scaritoxine possède les mêmes propriétés pharmacologiques que la CTX, avec toutefois une absence de sensibilité élective à la tétrodotoxine et aux fortes concentrations de calcium.

Les maïtotoxines MTX agissent aussi comme des neurotoxines, mais leurs effets sont centrés sur les canaux calcium (Lewis *et al.*, 2000). Les études neurophysiologiques montrent que les MTX causent un effet inotrope positif sur le muscle lisse, suggérant que ce type de toxine provoque un accroissement de la perméabilité aux ions calcium, probablement à travers les canaux calcium (Ohizumi, 1987). Cette action n'est pas affectée par le traitement avec de la tétrodotoxine ou par un excès de sodium

Les symptômes de la ciguatera

Les symptômes de l'intoxication se manifestent de 2 à 30 heures après l'ingestion du poisson toxique par un engourdissement accompagné de picotements des lèvres, de la langue et de la gorge, d'une sensation de malaise généralisé et de nausées accompagnées ou non de vomissements. Le tableau clinique est ensuite rapidement dominé par plusieurs catégories de symptômes :

digestifs : crampes et douleurs abdominales, vomissements et diarrhée profuse,

neurologiques : prurit (démangeaisons) et disesthésie (inversion des sensations chaud-froid, sensations de brûlures ou de décharges électriques

The administration of CTX to animals can also induce more or less severe cardiovascular symptoms, resulting initially from cholinergic effects (bradycardia, hypotension) and subsequent adrenergic effects (tachycardia, hypertension).

Scaritoxin possesses the same pharmacological properties as CTX, but without the same selective sensitivity to tetrodotoxin and high calcium concentrations.

Maïtotoxins (MTX) also act as neurotoxins, but their effects are more probably centered on the calcium channel (Lewis et al. 2000). Neurophysiological studies show that MTX cause a positive inotropic effect on the smooth muscle, suggesting that the toxin causes an increase in the permeability of calcium ions, probably through the calcium channels (Ohizumi 1987). This action is not affected by treatment with tetrodotoxin or by excess sodium.

Symptoms of ciguatera

Symptoms of ciguatera poisoning begin 2 to 30 hours after eating a toxic fish. They include numbness accompanied by tingling of the lips, tongue and throat, and a general feeling of discomfort and nausea, sometimes leading to vomiting. Clinical symptoms include:

digestive: abdominal pain, vomiting and severe diarrhoea;

neurological: severe pruritus (itchy skin) dysesthaesia (reversal of hot and cold sensations, feeling of burning or electric shock when in contact with cold water or objects), numbness and tingling in the extremities;

cardiovascular: irregular pulse, decreased blood pressure, bradycardia;

general: persistent general weakness, joint and

au contact du froid), engourdissement et picotements aux extrémités,

cardiovasculaires : pouls irrégulier, baisse de la tension artérielle et bradycardie,

généraux : faiblesse généralisée persistante, douleurs articulaires et musculaires, maux de tête, étourdissements, frissons et transpiration abondante.

Le symptôme spécifique de la ciguatera et qui permettra vraiment de différencier une intoxication de ce type d'une intoxication par du poisson mal conservé, par exemple, est l'inversion des sensations chaud-froid.

L'affection est le plus souvent d'un pronostic bénin, mais les fortes intoxications, exceptionnelles, peuvent provoquer des paralysies, le coma et parfois la mort.

Celle-ci peut survenir à la suite de la consommation de prédateurs de fin de chaîne alimentaire, comme la murène.

Certains symptômes, en particulier ceux à caractère neurologique, peuvent durer plusieurs semaines, voire plusieurs mois.

L'exposition utérine d'un fœtus à la ciguatoxine durant le dernier mois de la grossesse a entraîné la naissance d'un enfant souffrant de paralysie faciale et de myotonie des mains. À l'inverse, un sévère cas d'empoisonnement ciguatérique chez une mère pendant le deuxième trimestre de sa grossesse n'a provoqué chez le nouveau-né à terme aucun problème respiratoire ou neurologique bien que les mouvements du fœtus se soient nettement accrus dans l'heure suivant le repas (Senecal et Osterloh, 1991). La dose et le stade de la gestation au moment de l'intoxication peut expliquer ces différences. Ces observations de fœtus affecté indiquent que la ciguatoxine traverse probablement la barrière placentaire. Une transmission par le lait de la mère à l'enfant a été observée.

muscle pain, headaches, dizziness, tremors and severe perspiration.

The classic symptom of ciguatera, and the one that makes it possible to distinguish it from an upset caused by spoiled fish, for example, is the reversal of hot and cold sensations.

The prognosis for ciguatera is usually benign, but severe cases of poisoning, which are the exception, can lead to paralysis, coma and even death. This may occur after eating predators from the top of the food chain, such as moray eel.

Some symptoms (particularly neurological ones) can last for several weeks or even several months.

After foetal exposure to ciguatoxin during the last month of pregnancy, a baby was born suffering from facial paralysis and myotonia of the hands. Conversely, a severe case of ciguatera poisoning in a mother during the second trimester of pregnancy did not cause any respiratory or neurological problem in the infant at birth, although the movement of the foetus increased significantly during the hour following the meal (Senecal and Osterloh 1991). The dose and gestational stage at the time of poisoning may explain these differences. These observations of foetal effects indicate that the ciguatoxin probably crosses the placenta. Transmission through breastfeeding has also been observed.

Sexual transmission is also possible. Two cases have been reported of men who experienced painful ejaculation, which in turn caused pain (dyspareunia) in their female partners (Lange et al. 1989).

During the weeks following a case of poisoning, victims are advised to avoid fish or seafood as well as alcoholic drinks, nuts and seeds, which are liable to worsen the severity of the illness or increase its duration by triggering new symptoms.

La transmission pourrait aussi se faire par voie sexuelle. Deux cas ont été rapportés de douleur chez le partenaire mâle affecté, au moment de l'éjaculation, suivie de douleurs (dyspareunie) chez la femme non affectée par la ciguatera (Lange *et al.*, 1989).

Durant les semaines qui suivent l'intoxication, il est recommandé d'éviter la consommation de poissons ou produits de la mer ainsi que de boissons alcoolisées, de noix ou de graines qui risquent d'accentuer la sévérité de la maladie et sa durée en déclenchant de nouveau symptômes.

L'ensemble des symptômes n'est pas nécessairement présent lors d'une intoxication ciguatérique ; ils apparaissent en fonction de la gravité de l'intoxication (qui dépend de la qualité et de la quantité de toxine ingérée, et donc de l'espèce, de la taille et de la partie du poisson consommé) et des réactions propres à chaque individu.

Cette susceptibilité, ou sensibilité individuelle, est fonction de l'état physiologique de la personne mais aussi de la quantité de toxine ayant pu être ingérée et emmagasinée lors d'un repas antérieur.

À l'inverse d'un phénomène d'immunisation, il semble qu'il y ait un phénomène de sensibilisation qui pourrait être expliqué :

- soit par un processus immunologique s'observant notamment au cours des récidives ; une allergie à la chair de poisson pourrait ainsi s'installer,
- soit par l'existence d'un seuil symptomatologique. L'organisme humain éliminant difficilement les toxines ciguatériques et se détoxifiant lentement, celles-ci s'accumuleraient et, passé un certain seuil, les symptômes apparaîtraient.

La notion de dose-dépendance a été bien mise en évidence lors de l'intoxication de 30 vacanciers français par un même barracuda au Mexique.

Not all these symptoms necessarily occur in a single case of ciguatera fish poisoning; they are dependent on the severity of the poisoning — which is governed by the kind and quantity of the toxin ingested, and therefore by the species, size and part of the fish eaten — and the reaction of each sufferer.

This individual susceptibility or sensitivity is connected with the physiological condition of the person concerned, but also with the quantity of toxin that may have been consumed at a previous meal and stored up in the body.

Contrary to the immunity-acquisition phenomenon, there appears to be a phenomenon of increased susceptibility that could be explained either by:

- an immunological process that may occur during second and subsequent cases of poisoning (an allergy to fish flesh could begin this way), or
- the existence of a 'symptom-producing dose'. The human body has difficulty in ridding itself of ciguatera toxins and can only do so slowly. The toxins could therefore accumulate, with symptoms of fish poisoning appearing if toxins reach a certain level.

The idea of dose-dependency was emphasised by the poisoning of 30 French holidaymakers by the same barracuda in Mexico. Everyone who ate the fish showed symptoms, which increased in severity with the amount of fish consumed. In the case of this homogeneous group, there was no past accumulation of toxin (De Haro et al. 1997).

Symptoms can also vary from region to region (Bagnis et al. 1991) and from ethnic group to ethnic group (Bagnis et al. 1979).

Gastrointestinal symptoms are more common and neurological ones less severe in the Caribbean than in the Pacific (Lewis et al. 1998).

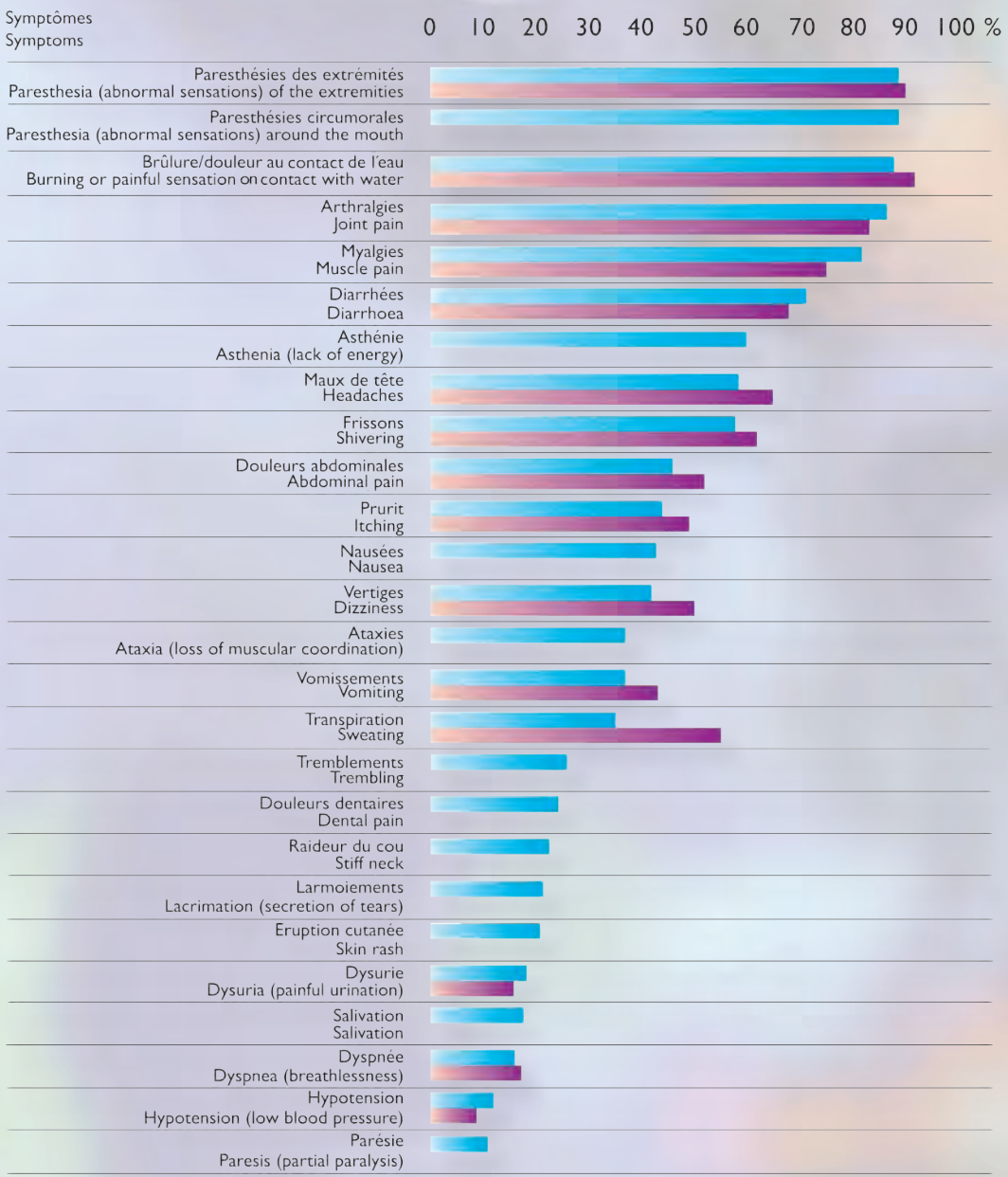


Figure 10:
Fréquence des symptômes (en %) par rapport au nombre de cas déclarés.
Frequency of symptoms (%) in relation to the number of cases reported.

Tous les consommateurs ont présenté des symptômes mais avec une sévérité d'autant plus marquée que les quantités de poisson ingérées ont été importantes. Dans le cas de ce groupe homogène, la notion d'accumulation de toxine par le passé n'existait pas (De Haro *et al.*, 1997).

Ces symptômes peuvent varier selon les régions (Bagnis *et al.*, 1991) et selon les ethnies (Bagnis *et al.*, 1979).

Les symptômes gastro-intestinaux sont plus prépondérants et les symptômes neurologiques moins importants dans les Caraïbes que dans le Pacifique (Lewis *et al.*, 1998). Une troisième sorte de symptômes de type hallucinogène serait rencontrée dans l'océan Indien.

Ce polymorphisme des symptômes (Figure 10, page 32) est en rapport avec la complexité du système toxique impliqué dans l'empoisonnement ciguatérique.

Existe-t-il un traitement efficace ?

Dans la médecine occidentale

Le traitement de la ciguatera reste actuellement symptomatique.

Dans les premières heures, certains médecins préconisent le lavage d'estomac et l'administration d'apomorphine. Par la suite, selon la gravité de l'intoxication, les signes digestifs sont soignés avec des antispasmodiques, des antiémétiques et les signes neurologiques avec un complexe vitaminique (B1, B6, B12), de la colchicine, de l'acide acétylsalicylique et du gluconate de calcium en injection. Le prurit est atténué par des antihistaminiques de synthèse. Enfin, dans les cas graves, des analeptiques cardiovasculaires sont administrés en cas de choc ou de collapsus.

Parallèlement à ce type de traitement, la connaissance du mode d'action des ciguatoxines a conduit à essayer de lui opposer divers antagonistes.

A third, hallucinogenic type of symptom is reported from the Indian Ocean.

This variability in symptoms (Figure 10 on page 32) is connected with the complexity of the toxic system involved in ciguatera poisoning.

Is there an effective treatment?

Western medicine

Current treatment for ciguatera involves treating the symptoms.

In the first hours after poisoning, some doctors recommend stomach pumping and the administration of apomorphine. Then, depending on how severe the poisoning is, the digestive symptoms are treated with anti-spasmodics and anti-emetics, and neurological signs with a vitamin complex (B1, B6, B12), colchine, acetylsalicylic acid, and calcium gluconate by injection. Pruritus (itchiness) is relieved by synthetic antihistamines. In severe cases, cardiovascular analeptics are administered in the event of shock or collapse.

Advances in understanding ciguatoxin's mode of action have spurred attempts to find a variety of antagonists. The most promising appear to be atropine-type substances that counteract the effects caused by the secretion of acetylcholine. These substances include lidocaine and tocainide (contact anaesthetics with a membrane-stabilising action which act as competitive antagonists with the sodium ion), phentolamine (an alpha-blocking substance) and calcium gluconate (Legrand et al. 1985; Lange et al. 1988).

Promising clinical trials have also been carried out since 1988 with mannitol (monosaccharide or simple sugar) administered intravenously at a dose of 1 g/kg of bodyweight in a 20% solution for 30 minutes (Palafox et al. 1988; Ruff and Lewis 1994).

Les plus intéressants semblent être les substances du type atropinique qui s'opposent aux effets liés à la sécrétion d'acétylcholine : la lidocaïne et la tocaïnide (anesthésiques de contact à action stabilisatrice de membrane et qui se comportent en antagonistes compétitifs de l'ion sodium), la phentolamine (substance alpha-bloquante) et le calcium sous forme de gluconate (Legrand *et al.*, 1985 ; Lange *et al.*, 1988).

Depuis 1988, de nombreux essais cliniques ont été effectués avec le mannitol (monosaccharide ou sucre simple) par voie intraveineuse à la dose de 1 g/kg de poids de corps dans une solution à 20% et pendant 30 minutes (Palafox *et al.*, 1988 ; Ruff et Lewis, 1994). Le mannitol est un diurétique osmotique obligatoire et c'est cette action osmotique qui semble être à l'origine de son efficacité. En effet, Benoit *et al.* (1996), en utilisant un microscope laser confocal, ont montré que la CTX-1B, en modifiant le courant sodium, augmentait la concentration intracellulaire en ions sodium, ce qui provoquait un influx d'eau et un gonflement des nœuds de Ranvier. Le mannitol, à travers son action osmotique, inverse cet effet en réduisant l'entrée de sodium et en accroissant le rejet de l'eau (voir figure 11). Il a aussi été mis en évidence que la ciguatoxine induisait des décharges de potentiel d'action spontanées et répétitives de haute fréquence, décharges qui sont éliminées en présence de mannitol. Mais l'efficacité du mannitol est encore controversée (il n'agit pas, par exemple, sur la souris intoxiquée). Dans le cas cité précédemment des touristes français intoxiqués au Mexique, le traitement par le mannitol n'a entraîné qu'une amélioration transitoire portant essentiellement sur les douleurs et les signes digestifs (De Haro *et al.*, 1997). Un traitement précoce semble indispensable pour prévenir le développement ultérieur des symptômes neurologiques chroniques (Blythe *et al.*, 1992).

Mannitol is an obligatory osmotic diuretic and it is this osmotic action that appears to give it its efficacy. Indeed, Benoît et al. (1996), using a confocal laser microscope, showed that, by modifying the sodium channel, CTX-1B increased the intracellular sodium ion concentration, causing an influx of water and swelling of the nodes of Ranvier. Through its osmotic action, mannitol reverses this effect by reducing the amount of incoming sodium and increasing the amount of water rejected (see Figure 11). It has also been shown that the ciguatoxin induces high-frequency, spontaneous and repetitive action potential discharges, which are eliminated by the presence of mannitol. But the efficacy of mannitol is still controversial

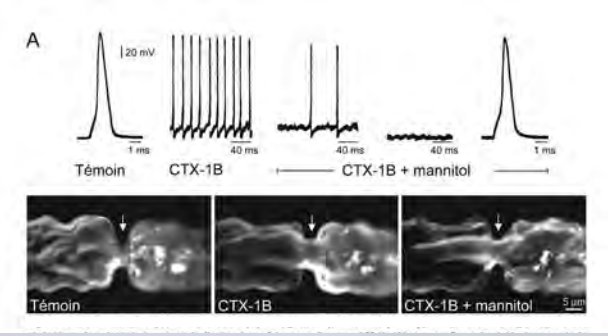


Figure 11: Sur des axones myélinisés de nerf sciatique de grenouille, la CTX-1B (10 nM) provoque des décharges spontanées et répétives de potentiels d'action à une fréquence d'environ 100 Hz (A) et un gonflement notable des nœuds de Ranvier (B), dus à l'activation des canaux Na^+ dépendants du potentiel. Ces deux effets sont contrebalancés par l'application de mannitol (Benoit *et al.*, 1996).

On single myelinated axons isolated from the frog sciatic nerve, CTX-1B (10 nM) induces spontaneous and repetitive action potential discharges at a frequency of about 100 Hz (A) and a marked swelling of the nodes of Ranvier (B) by activating voltage-dependent Na^+ channels. These two effects are countered by application of mannitol (Benoit et al., 1996).

(for example, it did not act on a poisoned mouse). In the case of French tourists poisoned in Mexico, treatment with mannitol produced only temporary relief of pain and digestive signs (De Haro et al. 1997). Early treatment seems essential to prevent the subsequent development of chronic neurological symptoms (Blythe et al. 1992).

Dans la médecine traditionnelle

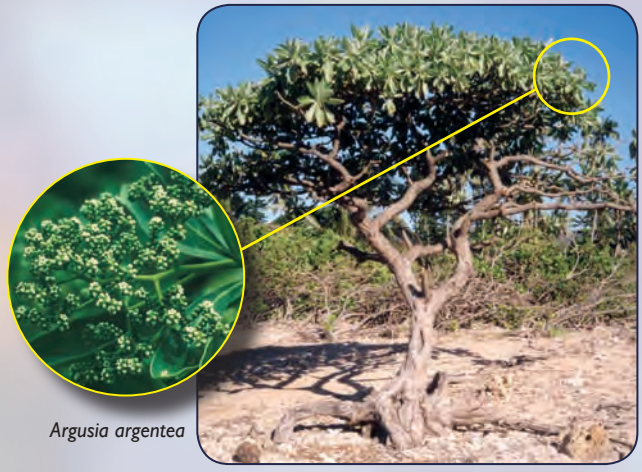
Dans le Pacifique Sud, de nombreuses personnes ont recours aux guérisseurs et à la médecine traditionnelle dont certaines préparations semblent dotées de propriétés thérapeutiques réelles.

Au cours d'enquêtes ethnopharmacologiques menées à Vanuatu et en Nouvelle-Calédonie, une liste de près de 100 plantes utilisées dans la médecine traditionnelle pour lutter contre les symptômes de la ciguatera a été établie (Bourdy *et al.*, 1992 ; Laurent *et al.*, 1993). Pour vérifier l'efficacité réelle de ces remèdes, des tests sur souris préalablement intoxiquées par du foie de murène ont été menés. Certaines plantes comme le faux tabac (*Argusia argentea*) et le faux poivrier (*Schinus terebenthifolius*) ont montré une action bénéfique (Amade et Laurent, 1991a et b). Le faux tabac (*A. argentea*) et une petite fougère (*Davallia solida*) ont donné des effets identiques au mannitol sur axone isolé de grenouille traité par la ciguatoxine (Benoit *et al.*, 2000). Dans le but de rechercher le principe actif de ces deux plantes, un test simple, utilisant le phénomène d'hémolyse provoqué par la ciguatoxine, a été mis au point, dans un premier temps, sur les érythrocytes de grenouille (Boydron *et al.*, 2001), puis dans un deuxième temps, sur les érythrocytes humains (Boydron et al., 2002).

Traditional medicine

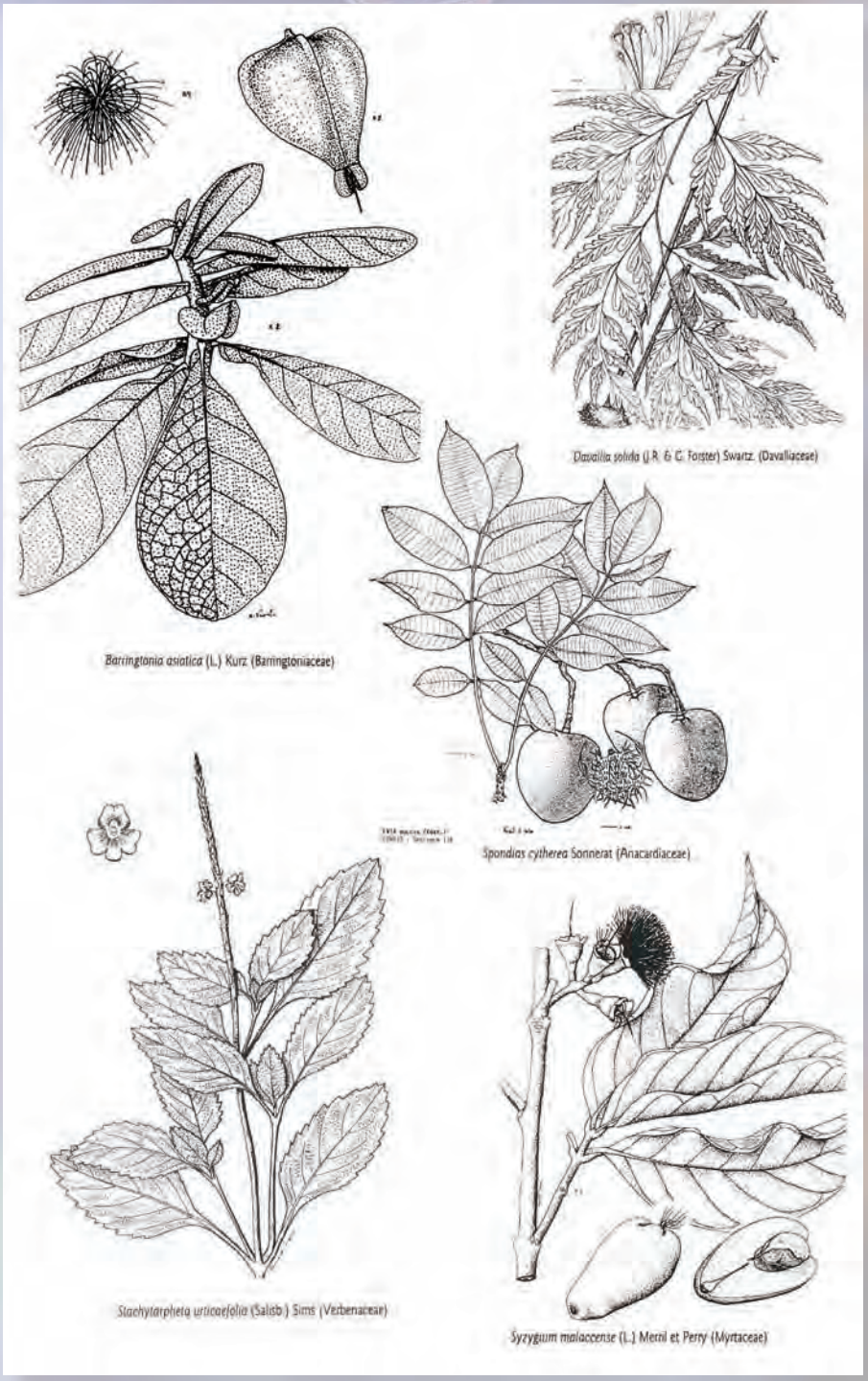
In the Pacific, many people rely on healers who practice traditional medicine. Some of the preparations used have been shown to have therapeutic properties.

During ethnopharmacological surveys in Vanuatu and New Caledonia, a list was made of some 100 plants used in traditional medicine to combat the symptoms of ciguatera (Bourdy et al. 1992; Laurent et al. 1993). The efficacy of these remedies was tested on mice pre-poisoned with moray eel liver. Some plants such as 'faux tabac' (*Argusia argentea*) and pink pepper (*Schinus terebenthifolius*) were shown to have a beneficial effect (Amade and Laurent 1991a, 1991b). 'Faux tabac' and a small fern (*Davallia solida*) showed identical effects to mannitol on axon isolated from a frog to which ciguatoxin had been administered (Benoît et al. 2000). For the purpose of identifying the active substance in these two plants, a simple test, using haemolysis caused by ciguatoxin, was first developed on frog erythrocytes (Boydron et al. 2001), then on human erythrocytes (Boydron et al. 2002).



Argusia argentea

Schinus terebenthifolius



Quelques exemples de plantes utilisées dans les remèdes traditionnels (source : La gratte ou ciguatera–Ses remèdes traditionnels dans le Pacifique Sud, Paris 1993).

Samples of plants used for traditional medicine (source: La gratte ou ciguatera–Ses remèdes traditionnels dans le Pacifique Sud, Paris 1993).

Peut-on déceler un poisson toxique ?

Les croyances et les habitudes

Beaucoup de croyances populaires existent dans le domaine de la détection.

On dit que les mouches et les fourmis ne sont pas attirées par le poisson toxique et qu'une pièce de monnaie en argent, plongée dans l'eau de cuisson, change de couleur. Les nombreux consommateurs qui en ont fait l'amère expérience affirmeront que ces croyances sont fausses : les mouches non seulement n'évitent pas la chair toxique mais peuvent fort bien se reproduire sur la chair putréfiée du poisson toxique.

Certaines personnes ont l'habitude de goûter le foie du poisson et de le rejeter s'il a un goût amer ou s'ils ressentent des picotements. Ce test est peut-être efficace, il est toutefois très difficile de le confirmer et surtout de l'étalonner.

Malheureusement pour lui, le chat est plus sensible que l'homme à la ciguatera et de nombreux Calédoniens donnent le foie des poissons douteux à leur animal avant de les consommer.

Un poisson toxique ne peut pas être discerné à l'œil nu d'un poisson non toxique. Ni leur aspect externe ou interne, ni leur couleur ne les différencie. Seules certaines atteintes dégénératives, au niveau du foie en particulier, peuvent être visualisées en microscopie. Les ciguatoxines sont en effet toxiques pour les poissons (Lewis, 1992). Comme chez l'homme, elles agissent au niveau des fibres nerveuses, en augmentant l'ouverture des canaux sodium (Capra, 1992). Les poissons accumulent les toxines jusqu'à un certain seuil au-delà duquel ils meurent. Ceci est une chance pour le consommateur de poissons, car cela évite les graves intoxications et limite l'incidence de la ciguatera. Néanmoins, l'excrétion de la ciguatoxine des poissons est relativement lente. Chez les murènes, la demi-durée de vie (c'est-à-dire le temps mis pour éliminer la moitié du taux de

Gymnothorax javanicus

Can toxic fish be detected?

Beliefs and practices

There are many popular beliefs about how to detect a poisonous fish.

For example, some people claim that flies and ants will avoid toxic fish or that a silver coin in the boiling water will change colour. Many consumers know the unfortunate consequences of these unfounded beliefs. Not only do flies not avoid fish that are toxic, but they are quite capable of breeding on the rotting flesh of such a fish.

Some people taste the fish's liver and reject it if they feel tingling in their tongue or lips or if it has a bitter taste. Such a test may be reliable, but it is very difficult to confirm and especially difficult to measure or quantify the findings.

Cats are more sensitive than humans to ciguatera, so some New Caledonians give the liver of suspicious fish to their cat before eating it themselves.

A toxic fish cannot be distinguished from a non-toxic one. The external and internal appearance of a poisonous fish is no different from that of a non-poisonous fish. Certain signs of degeneration, in the liver in particular, can be seen through a microscope, but these are not visible to the naked eye. Ciguatoxins are also toxic for fish (Lewis 1992). As in humans, they act on the nerve fibres and widen the sodium channel (Capra 1992). Fish, therefore, also accumulate toxins to a certain level, above which they die. This is fortunate for people who eat fish because it prevents serious cases of poisoning and restricts the incidence of ciguatera. However, the excretion of ciguatoxin in fish is relatively slow. In moray eels, the half-life (i.e. the time taken to eliminate half of the toxin in the system) has been estimated at 264 days. Some fish are thought to have a detoxification season, which could explain some of the seasonal characteristics of this kind of fish poisoning.

toxine) de la ciguatoxine a été estimée à 264 jours. Certains poissons auraient une saison de détoxification, ce qui d'ailleurs pourrait expliquer certains effets saisonniers du phénomène.

Les difficultés d'élaboration d'un test

Actuellement, les toxines localisées dans la chair de poisson ne peuvent être détectées en routine et dosées que par des tests biologiques sur des animaux sensibles (mangoustes, chats, poulets, souris ou moustiques). Ces tests ne peuvent être effectués qu'en laboratoire car ils nécessitent une extraction préliminaire des toxines du fait de leur très faible teneur dans les poissons (de l'ordre de quelques nanogrammes pour 100 grammes).

Le test validé le plus largement utilisé est encore le test souris (Banner *et al.*, 1960). Il est basé sur les signes cliniques observés après l'injection intrapéritonéale de 20 mg d'extrait à l'éther de chair de poisson. Malheureusement, ce test n'est pas suffisamment sensible pour déceler les poissons faiblement toxiques.

Il est indiscutable que l'espoir de toutes les personnes concernées par la ciguatera (pêcheurs, consommateurs, chercheurs, médecins) est de parvenir à détecter la toxine, à déceler facilement le poisson non consommable. Ce test de détection devrait être rapide, simple, fiable, sans faux positif pour ne pas léser le pêcheur (c'est-à-dire qu'un poisson sain ne donnera jamais un résultat positif) et sans faux négatif pour ne pas empoisonner le consommateur (un poisson toxique ne donnera jamais un résultat négatif). Ce test devrait pouvoir être utilisé directement par le pêcheur, professionnel ou amateur. La mise au point d'un tel test serait par ailleurs bénéfique pour le diagnostic clinique de la ciguatera et son traitement.

Il permettrait aussi aux chercheurs d'effectuer des recherches épidémiologiques, c'est-à-dire de

The difficulty of developing a test

At present, the toxins in fish flesh can only be routinely detected and their level of concentration determined through biological testing on susceptible animals (mongooses, cats, chickens, mice or mosquitoes). This work can only be carried out in a laboratory because it requires preliminary extraction of the toxins due to their very low content in fish (a few nanograms per 100 grams).

The most widely used validated test is still the mouse assay (Banner et al. 1960). It is based on the clinical signs observed after intraperitoneal injection of 20 mg of ether-extracted fish flesh. Unfortunately, this test is not sensitive enough to detect low-toxicity fish.

Fishermen, consumers, research scientists and doctors would all like a method of detecting the toxin and identifying inedible fish. The method or test developed should be rapid, simple and reliable, and should not give false positive results (i.e. a safe fish should never give a positive result). Similarly, the test should not give false negative results (i.e. a toxic fish should never give a negative result). This test should be readily usable by fishers themselves, whether commercial or subsistence. The development of such a test would be an advantage in the clinical diagnosis of ciguatera and its treatment.

A rapid test would also enable scientists to carry out epidemiological research to determine the species and regions at risk and to investigate fish detoxification behaviour.

The negative impact that an effective test could have on lagoon ecology should, however, be mentioned. At present, the only protection large fish enjoy is the fact they may be poisonous, and hence present a risk to a potential consumer. Once an effective test is available, fishers may target large specimens and simply discard them if they prove poisonous on testing.

déterminer les espèces et les régions à risque ou d'étudier les phénomènes de détoxification des poissons.

Il faut cependant signaler l'effet négatif que peut engendrer l'existence d'un tel test sur l'écologie du lagon. Actuellement, les gros poissons sont protégés par le risque d'intoxication ciguatérique qui leur est associé. Lorsqu'un test sera commercialisé, on peut craindre que les pêcheurs se mettent à chasser les grosses pièces pour les rejeter si elles s'avèrent positives au test.

Un problème de sélectivité

La très faible corrélation existant entre les différents tests sur animaux a mis en évidence la nécessité d'un dosage plus sélectif des toxines dans les échantillons.

La diversité des toxines rencontrées dans le phénomène ciguatera, le nombre croissant de dérivés des toxines types selon les espèces de poissons et selon les régions (ciguatoxines du Pacifique, ciguatoxines des Caraïbes et peut-être ciguatoxines de l'océan Indien), sont des facteurs qui contrarient la spécificité d'un test de détection. Sa mise au point et surtout sa validation passeront donc par des essais comparatifs avec les tests éprouvés sur des poissons d'espèces variées et provenant de différentes régions.

Un problème de sensibilité et de définition du seuil acceptable

Il est également nécessaire d'élaborer un test très sensible pouvant détecter d'infimes quantités qui existent à des doses variables dans le poisson.

La plupart des cas d'empoisonnement dans le Pacifique résulte de la consommation de poisson qui contenait au moins un équivalent de 0,1 à 5 nmol de P-CTX-1/kg (Lewis *et al.*, 1992a), ce qui correspond à environ 0,1 à 5 µg/kg. En d'autres termes, une personne pesant 50 kg et consommant 500 g de poisson contenant 0,1 µg/kg de P-CTX-1, aura ingéré 0,05 µg de toxine et risquera de déclarer une légère ciguatera.

Problem of selectivity

The very weak correlation between the various tests performed on animals reveals the need to evaluate the toxin levels in samples more selectively.

The diverse nature of the toxins involved in ciguatera, as well as the growing number of derivatives of these basic toxins in various species of fish, or in different regions (Pacific ciguatoxins, Caribbean ciguatoxins and possibly Indian Ocean ciguatoxins), make it difficult to achieve specificity in a detection test. Finalisation and validation of a test will therefore require comparative testing on fish of various species from different regions.

Problem of sensitivity and defining an acceptable level of toxicity

It is also necessary to develop a test that can detect infinitesimal quantities of toxin present in varying concentrations in the fish.

Most cases of fish poisoning in the Pacific result from eating fish that contain at least the equivalent of 0.1 to 5 nmol of P-CTX-1/kg (Lewis et al. 1992a), which corresponds to approximately 0.1 to 5 µg/kg. In other words, a person weighing 50 kg and consuming 500 g of fish containing 0.1 µg/kg of P-CTX-1 will have ingested 0.05 µg of toxin and may suffer from mild ciguatera poisoning. Viscera such as the liver, intestines and gonads are much more toxic than the related muscles and this should be borne in mind in dosages. The severity and duration of symptoms are dose-dependent, but the matter is complicated by the accumulation of ciguatoxins in the human body. Someone who has already had ciguatera could be poisoned by smaller doses. It is therefore very difficult to accurately set a threshold below which consumers can be sure that they will not be poisoned.

Qu'est ce qu'un test immunologique ?

La technique immunologique est basée sur un phénomène de compétition entre un antigène marqué par un radio-isotope (test radio-immunologique) ou par la fixation d'un enzyme (test immuno-enzymatique), et un antigène non marqué que l'on veut doser ; cette compétition s'exerce vis-à-vis d'un anticorps spécifique. La formation de cet anticorps est obtenue chez l'animal par une injection sous-cutanée de l'antigène (la toxine). Plus l'antigène sera pur, plus l'anticorps sera spécifique, d'où la nécessité de travailler avec de la toxine pure. Par ailleurs, l'immunisation (la fabrication d'anticorps) est plus difficile à obtenir avec les substances de faible poids moléculaire comme les ciguatoxines ; il est nécessaire de fixer la toxine à un support protéique par une méthode chimique, d'où l'intérêt de bien connaître sa structure.

L'équipe de Hokama à Hawaï a été la première à se spécialiser dans la recherche d'un test immunologique de dépistage direct en utilisant des anticorps élaborés chez le mouton et le lapin, immunisés au préalable avec des conjugués des toxines polyéthérées.

Après avoir décrit un test radio-immunologique (RIA), cette équipe a développé un test immuno-enzymatique (EIA) qu'elle a ensuite simplifié pour obtenir un test sur bâtonnet de bambou (S-EIA) (Hokama, 1985), qui peut être pratiqué chez soi ou sur le terrain.

Des bâtonnets de bambou, préalablement enduits d'une couche absorbante (correcteur pour machine à écrire), sont plantés à plusieurs reprises dans la chair des poissons à contrôler. Après séchage à l'air, le bambou est passé dans un fixateur puis dans une solution contenant du sérum de mouton avec des anticorps polyclonaux anti-CTX-HRP. Après lavage dans du tampon Tris B, on trempe le bâtonnet 10 minutes dans du substrat. En fonction de la coloration obtenue, la réaction est notée de 0 (incolore) à 5 (bleu violet vif). Les poissons sont considérés comme atoxiques pour des valeurs inférieures ou égales à 2, douteux pour des valeurs comprises entre 2,1 et 2,4 et toxiques au-delà.

What is an immunoassay?

An immunoassay can be used to detect the presence of a specific substance, in this case, ciguatera toxin. The technique is based on competition between an antigen marked by a radio-isotope (radio immunoassay) — or by a labelled enzyme (enzyme immunoassay) — and an unmarked antigen of the substance to combine with a specific antibody. The antibodies are produced in an animal by injecting the antigen (toxin) subcutaneously; the purer the antigen, the more specific the antibody will be (hence the need to work with pure toxin). Immunisation (the production of antibodies) is more difficult with substances of low molecular weight such as ciguatoxins. Thus the toxin must be fixed to a protein support using a chemical method. A sound knowledge of the structure of the toxin is therefore an advantage.

The Hokama team in Hawaii was the first to attempt to develop a direct detection immunoassay using antibodies developed in sheep and rabbits previously immunised with related polyether toxins.

After describing a radio immunoassay (RIA), this team developed an enzyme immunoassay (EIA) which it then simplified to obtain a simple bamboo stick test (S-EIA) (Hokama 1985). The test can be carried out at home or in the field.

Bamboo sticks, coated with an absorbent layer (e.g. Liquid Paper correction fluid), are pushed into the flesh of the fish to be tested in several places. After air drying, the bamboo sticks are dipped in a fixative and then in a solution containing sheep serum with anti-CTX-HRP polyclonal antibodies. After being washed in Tris-buffer B, the sticks are left for 10 minutes in a substrate. Depending on the colouring obtained, the reaction is graded on a scale from 0 (no colour) to 5 (bright bluish-purple). Fish are considered non-poisonous when the value is equal to or less than 2, and suspicious for values between 2.1 and 2.4; above 2.4, fish is considered to be toxic.

Ces anticorps polyclonaux montrèrent une égale affinité pour la ciguatoxine, pour l'acide okadaïque et pour d'autres polyéthers, entraînant des réponses faussement positives.

Le test a ensuite été légèrement modifié (Hokama *et al.*, 1989), en particulier avec l'utilisation d'anticorps monoclonaux de ciguatoxine qui le rendait plus sensible et plus spécifique. Les résultats n'ont pas été à la hauteur des espérances des chercheurs.

Le test Ciguatect est un dérivé plus rapide du test Hokama. La présence ou l'absence de toxines ciguatériques est déterminée en liant les toxines par simple contact, avec la chair du poisson, d'une membrane attachée à un stick plastique (similaire à celui utilisé pour les tests d'urine) et en exposant cette membrane chargée de toxine à un complexe de grains de latex coloré et d'anticorps monoclonaux ; l'intensité de la coloration de la membrane dénote la présence de la toxine.

En 1998, l'équipe de Hokama propose un test amélioré, le MIA (Membrane Immunobead Assay). Il utilise un anticorps monoclonal de ciguatoxine P-CTX-1 purifié de foie de murène et permet de tester un morceau de poisson de la taille d'un grain de riz. Ce test sera commercialisé ensuite par la firme Oceanit Test Systems (Hawaï, USA) sous le nom de Cigua-check.

However these polyclonal antibodies show an equal affinity for ciguatoxin, okadaic acid and other polyethers, causing false positive results.

The test was slightly modified (Hokama et al. 1989), in particular with the use of monoclonal ciguatoxin antibodies, making it more sensitive and specific. However, the response to this test has not been as positive as its developers hoped.

The 'Ciguatect' test is a more rapid version of the Hokama test. The presence or absence of ciguatera toxins in a fish is determined by inserting a pre-prepared membrane attached to a plastic stick (similar to those used for urine testing) into the fish flesh and then exposing the membrane to a complex of coloured latex beads coated with monclonal antibodies specific to the toxin. If the toxin is present, the membrane changes colour. The intensity of the colour indicates the level of toxin that is present.

In 1998, the Hokama team presented an improved test, the MIA (membrane immunobead assay). It uses a purified eel liver P-CTX-1 ciguatoxin monoclonal antibody, enabling a rice-grain-size piece of fish to be tested. This test is marketed by Oceanit Test Systems (Hawaii, USA) under the name Cigua-check.

Les viscères tels que le foie, les intestins et les gonades sont considérablement plus toxiques que les muscles correspondants, il faudra donc en tenir compte dans le dosage. La sévérité et la durée des symptômes sont des facteurs dépendant de la dose, mais le phénomène est compliqué par l'accumulation des ciguatoxines dans le corps humain. Une personne ayant déjà connu la ciguatera pourra donc s'intoxiquer avec des doses plus faibles. Il est de ce fait très difficile de fixer précisément un seuil en dessous duquel le consommateur sera sûr de ne pas être intoxiqué.

De nouveaux tests au stade de la validation

Des études récentes se sont focalisées sur le développement de tests immunologiques, de tests de toxicité sur des cellules ou des méthodes chromatographiques. Toutes ces études ont été freinées par le manque de ciguatoxine pure. La découverte récente d'une méthode de synthèse de la ciguatoxine CTX-3C est très encourageante (Hirama *et al.*, 2001) et devrait permettre un renouveau dans la recherche d'un test de détection spécifique.

Tests immunologiques

Les tests immunologiques utilisent des anticorps de ciguatoxines (voir encadré page 40 "Qu'est ce qu'un test immunologique?"). Ces tests ont l'avantage d'avoir une réponse rapide (environ une heure).

Un premier kit de test S-EIA (Stick Enzyme ImmunoAssay) a été préparé par Hokama et son équipe ; il s'est révélé peu spécifique, de nombreux faux-positifs et faux-négatifs ont été enregistrés (Hokama, 1985). En 1990, un test simplifié a été présenté (Ciguatect™). Il avait l'avantage d'être plus sensible et plus utilisable sur le terrain (Park *et al.*, 1992). Perfectionné (Hokama *et al.*, 1998), il a abouti au Cigua-Check™ qui a été commercialisé par Oceanit Test System à Hawaï, en Polynésie

New tests

Recent research has focused on the development of immunological tests, cell toxicity tests and chromatographic techniques. All these efforts have been hindered by a shortage of pure ciguatoxin. The recent discovery of a method of synthesising CTX-3C ciguatoxin is very encouraging (Hirama et al. 2001) and should give fresh impetus to the work to develop a specific detection test.

Immunological tests

Immunological tests use ciguatoxin antibodies (see 'What is an immunoassay?' on page 40). The advantage of these tests is their rapid response (about one hour).

An S-EIA (stick enzyme immunoassay) test kit was developed by Hokama and his team; it proved rather unspecific, with many false positives and false negatives being recorded (Hokama 1985). In 1990, a simplified test was presented (Ciguatect™). It had the advantage of being more sensitive and easier to use in the field (Park et al. 1992). After improvements (Hokama et al. 1998), the Cigua-Check™ test was produced. It is marketed by Oceanit Test Systems in Hawaii, French Polynesia and New Caledonia, but has not yet been validated. This test is claimed to be capable of detecting doses of ciguatera at concentrations that would cause clinical symptoms in humans (< 0.08 µg/kg). However, fish identified as non-toxic by this test may contain small doses of ciguatoxin capable of contributing to cumulative effects in humans (Lehane and Lewis 2000).

Cell culture tests

These tests detect toxins on the basis of their activity, not their structure. They are performed by adding cultured mammal cells (neuroblastomas)

française et en Nouvelle-Calédonie mais qui n'a pas encore reçu sa validation. Ce test permettrait de détecter des doses de ciguatoxine à des concentrations qui provoqueraient des symptômes cliniques chez l'homme (> à 0,08 µg/kg). Néanmoins, les poissons qui sont considérés comme non toxiques par ce test peuvent contenir des petites doses de ciguatoxine qui sont susceptibles de contribuer à des effets cumulatifs chez l'homme (Lehane et Lewis, 2000).

Tests sur cultures de cellules

Ce sont des tests qui vont détecter les toxines par leur activité et non pas par leur structure. Il s'agit de mettre en présence des cultures de cellules de mammifères (des neuroblastomes) et les extraits de poissons (Manger *et al.*, 1995) et d'observer la viabilité des cellules après un certain temps d'incubation. Ce test, qui semble montrer une bonne corrélation avec le test souris, est en cours de validation.

Tests par analyse chimique

La détection par analyse chimique s'est heurtée au fait que les ciguatoxines ne possèdent pas des chromophores ultraviolets distinctifs, c'est-à-dire que les méthodes de détection, de visualisation ne permettaient pas de les différencier. Avec les nouvelles techniques de chromatographie liquide à haute pression liée à la masse (HPLC/MS/MS), une nouvelle méthode analytique très sensible a pu être élaborée (Lewis *et al.*, 1999). Elle permet de détecter des taux de ciguatoxines du Pacifique ou des Caraïbes inférieurs au microgramme par kilo dans la chair de poisson. C'est, en revanche, un test qui demande du temps et qui ne peut pas être utilisé en routine, mais qui permet de valider d'autres tests plus rapides.

to fish extracts (Manger et al, 1995) and observing the viability of the cells after a period of incubation. A test, which would appear to show good correlation with the mouse assay, is in the process of being validated.

Chemical analysis tests

Detection by chemical analysis has been hindered by the fact that ciguatoxins do not possess distinctive ultraviolet chromophores (i.e. they cannot be distinguished using detection and visualization methods). Using mass-linked high pressure liquid chromatography (HPLC/MS/MS) techniques, a new highly sensitive analytical method has been devised (Lewis et al. 1999). The method makes it possible to detect Pacific and Caribbean ciguatoxin rates of less than a microgram per kilo in fish flesh. On the other hand, this test takes time and cannot be used on a routine basis. However, it can be used to validate other quicker tests.

What factors favour a ciguatera outbreak?

Environment-related events

The environment is a major factor in ciguatera outbreaks. The dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* is a largely immobile species that is an endemic inhabitant of most reef ecosystems. In environments containing a high proportion of living coral, its density is generally low and the small amount of microalgae consumed by grazing and herbivorous fish is of no great consequence and has no influence on the toxicity of carnivorous fish. Conversely, when large areas of dead coral form, mixed macroalgae beds develop (filamentous and calcareous algae, unicellular algae and macroalgae) and these provide ver favourable breeding grounds for toxic microalgae.

Conditions favorisant une flambée de ciguatera

Un phénomène environnemental...

L'environnement a une importance considérable dans les flambées ciguatériques. Le dinoflagellé *Gambierdiscus toxicus* est une espèce peu mobile qui existe à l'état endémique dans la plupart des écosystèmes récifaux. En général, dans un environnement riche en coraux vivants, sa densité est réduite et la faible masse de microalgue ingérée par les poissons brouteurs et herbivores ne porte pas à conséquence et n'influe pas sur la toxicité des poissons carnivores. En revanche, en cas de formation de grandes surfaces de coraux morts, des gazons mixtes (algues filamenteuses et calcaires, algues unicellulaires, macroalgues) s'installeront, qui deviendront des supports privilégiés aux microalgues.

Toute perturbation entraînant la formation de substrats vierges risque d'amener une prolifération en masse des *G. toxicus*, et de provoquer une flambée ciguatérique. Ces perturbations peuvent être naturelles (tsunamis, cyclones, séismes, volcanisme sous-marin, blanchiment des coraux...), mais aussi artificielles (agressions de l'homme, ancrage, aménagement du territoire, construction de digues ou de wharfs, creusement de chenaux...).

La construction d'une marina à Rangiroa fut à l'origine d'une recrudescence de ciguatera, tandis que les dégâts sous-marins causés par les essais nucléaires à Mururoa ont été incriminés dans la toxicité des poissons de cet atoll.

Les zones à risque peuvent être très localisées : portion de récif, passe de lagon ou bateau échoué.

... évolutif...

La ciguatera est un phénomène évolutif dans le temps et dans l'espace : une zone saine peut devenir progressivement toxique et inversement. Cela rend impossible la cartographie des régions touchées.

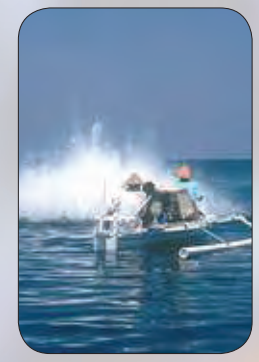
Any disturbances that lead to the creation of bare substrates are therefore likely to cause mass proliferation of *G. toxicus* and consequently an outbreak of ciguatera. These disturbances may be natural (tsunamis, cyclones, seismic activity, submarine volcanism, coral bleaching, etc.) or artificial (coastal development, construction of dykes or wharves, channel dredging, etc.).

The construction of a marina in Rangiroa caused a surge in the number of cases of fish poisoning, while some people believe that damage to the underwater environment caused by nuclear testing at Mururoa is responsible for the toxicity of fish around this atoll.

Ciguatera risk zones may therefore be very localised, occurring in only one section of reef, one passage, or around a stranded ship.

An evolving phenomenon

Ciguatera evolves in both time and space: a safe area can gradually become dangerous and vice-versa. This makes it impossible to map regions prone to fish poisoning. It is considered that a three-to-five-year period needs to elapse before an environmental disturbance has repercussions on the health of the local population and that an outbreak of ciguatera lasts on average for 10 to 15 years.



Les dinoflagellés, un problème de santé publique

Les dinoflagellés sont des algues unicellulaires, constituants habituels du phytoplancton, aliment pour les poissons et les coquillages. Certaines espèces sont capables, dans des conditions environnementales et climatiques particulières, de proliférer en masse (apparition des célèbres marées rouges) et de produire des toxines (ou phycotoxines) qui peuvent toucher des milliers de personnes chaque année.

Plusieurs syndromes sont connus :

- **Le syndrome diarrhéique** (ou DSP pour Diarrheic Shellfish Poison), provoqué par deux dérivés méthylés de l'acide okadaïque et trois pectenotoxines (PTX) synthétisées par les dinoflagellés du genre *Dinophysis* et *Prorocentrum*. Une nouvelle toxine de ce groupe, la yessotoxine (YTX) a été récemment identifiée chez les moules norvégiennes ;
- **Le syndrome paralysant** (ou PSP pour Paralytic Shellfish Poison), dû à une douzaine de dérivés de la saxitoxine (STX) et aux gonyautoxines (GTX) synthétisées par les dynoflagellés du genre *Protogonyaulax* ou *Gonyaulax* ainsi que *Pyrodinium* et *Alexandrium* ;
- **Le syndrome neurotoxique** provoqué par les brévétoxines (PbTX) de *Ptychodiscus brevis* (*Gymnodinium breve*). Elles sont à l'origine de la mort massive de poissons ainsi que d'intoxications humaines, qui peuvent directement être causées par l'inhalation des toxines apportées par le vent de mer soufflant lors des marées rouges que ces microalgues engendrent. *Chrysochromulina polylepis* est aussi à l'origine d'eaux colorées spectaculaires, mais produit des toxines hémolytiques ;
- Et bien sûr, **le syndrome ciguatérique**.

Il persiste un doute quant à la véritable responsabilité de certains dinoflagellés dans la production de toxines. Des travaux récents ont montré que ce sont des bactéries symbiotiques des microalgues du genre *Alexandrium* qui sont responsables de la toxicogénèse.

Dinoflagellates, a public health problem

Dinoflagellates are unicellular algae that often form part of the phytoplankton on which fish and shellfish feed. Under certain environmental and weather conditions, some species can proliferate in vast numbers (causing the well-known 'red tides') and produce toxins (or phycotoxins) that may affect thousands of people each year.

A number of syndromes are known:

- **Diarrhoea syndrome** (or DSP, diarrhoeic shellfish poisoning) which is caused by two methylated derivatives of okadaic acid and three pectenotoxins (PTX) synthesised by dinoglagellates of the genera *Dinophysis* and *Prorocentrum*. A new toxin of this group, yessotoxin (YTX) has recently been identified in some Norwegian mussels.
- **Paralysis syndrome** (or PSP, paralytic shellfish poisoning) is due to a dozen or so derivatives of saxitoxin (STX) and to the gonyautoxins (GTX) which are synthesised by dinoflagellates of the genera *Protogonyaulas* and *Gonyaulax* as well as by *Pyrodinium* and *Alexandrium.*
- **Neurotoxic syndrome**, which is caused by brevetoxins (PbTX) of *Ptychodiscus brevis* (*Gymnodinium breve*). These cause the death of vast numbers of fish. They also cause food poisoning in humans, which can be directly due to breathing in the toxins carried on sea breezes that coincide with the red tides produced by these microalgae. *Chrysochromulina polylepis* is also a cause of spectacularly coloured water, but produces haemolytic toxins.
- And, of course, **ciguatera syndrome**.

There is still doubt over the actual role of some dinoflagellates in the production of toxins. For example, recent research has shown that symbiotic bacteria of microalgae of the genus *Alexandrium* are responsible for producing the toxins.

On considère qu'il faut trois à cinq ans pour qu'une perturbation écologique ait des répercussions sur la santé des populations locales tandis qu'une flambée ciguatérique couvre en moyenne une période de dix à quinze ans.

... et génétique.

La présence de *Gambierdiscus toxicus* n'entraîne pas à coup sûr un phénomène ciguatérique. Il est démontré que seules certaines souches de ce dinoflagellé ont le pouvoir de produire des toxines. Des précurseurs des ciguatoxines (les gambiertoxines) ont été isolés de biodétritus contenant des souches sauvages de *G. toxicus* (Legrand *et al.*, 1990) ainsi que de cultures de quelques souches particulières de cette microalgue (Holmes *et al.*, 1991). Les raisons de cette différence dans leur potentiel toxinogène ne sont pas connues ; il peut s'agir d'un problème physiologique ou génétique chez l'algue.

Il est aussi possible que certaines conditions écologiques différentes de celles qui favorisent la prolifération des microalgues soient nécessaires pour initier la production des toxines. (Chinain *et al.*, 1999).

Il est à noter que d'autres dinoflagellés toxiques cohabitent avec *G. toxicus* dans les régions ciguatériques. Cinq espèces supplémentaires du genre *Gambierdiscus* ont été décrites : *G. belizeanus*, *G. yasumotoi*, *G. pacificus*, *G. australes* et *G. polynesiensis* ; ces microalgues peuvent produire des toxines de type ciguatoxine ou de type maïtotoxine. D'autres genres de dinoflagellés producteurs de toxines peuvent aussi coexister comme *Prorocentrum*, *Ostreopsis*, *Coolia* ou *Amphidinium* (voir encadré page 45).

Le phénomène de la ciguatera pourrait être lié à la prolifération de souches génétiquement aptes à produire ces précurseurs de la ciguatoxine dans la chaîne alimentaire marine.

Genetic factors

The presence of *Gambierdiscus toxicus* does not necessarily lead to ciguatera poisoning. It has been demonstrated that only some strains of this dinoflagellate are able to produce toxins. Precursors of ciguatoxins (called gambiertoxins) were isolated from biodetritus containing wild strains of *G. toxicus* (Legrand et al. 1990) and from cultures of some particular strains of that microalgae (Holmes et al. 1991). The reason for this difference in their toxic potential is not yet known; however, it may be due to the physiological or genetic characteristics of the microalgae.

It is also possible that certain ecological conditions that differ from those favouring the proliferation of microalgae must prevail for the production of ciguatoxin to be initiated (Chinain et al. 1999).

It should be noted that other toxic dinoflagellates co-habit with *G. toxicus* in ciguatera-prone regions. Five other species of the *Gambierdiscus* genus have been described: *G. belizeanus*, *G. yasumotoi*, *G. pacificus*, *G. australes* and *G. polynesiensis*. These microalgae can produce ciguatoxin or maïtotoxin-type toxins. Other genera of toxin-producing dinoflagellates can also co-exist, such as *Prorocentrum*, *Ostreopsis*, *Coolia* or *Amphidinium* (see box on page 45).

Ciguatera could be linked to the proliferation of strains genetically suited to producing these precursors of ciguatoxin in the marine food chain.

Conclusion

La ciguatera est un phénomène écologique qui englobe les différents niveaux trophiques de la chaîne alimentaire, de la microalgue jusqu'à l'homme. Ce type d'intoxication pose à la fois des problèmes de santé publique et des problèmes socio-économiques dans les pays concernés.

La recherche sur la ciguatera est aussi un challenge pour toutes les personnes intéressées par la compréhension de ce phénomène.

L'empoisonnement ciguatérique résulte d'une prise de risque. Doit-on ne plus manger de poissons pour éviter tout désagrément ? Doit-on se contenter des poissons du large alors que certains poissons des lagons sont excellents ? Le risque n'est jamais nul, mais il est parfois tellement infime qu'il serait vraiment dommage de s'en priver.

Conclusion

Ciguatera is an ecological phenomenon that occurs at various trophic levels of the food chain, from microalgae to humans. This kind of food poisoning raises both public health and socio-economic problems in the countries concerned.

Research on ciguatera is a challenge for everyone interested in understanding this phenomenon.

Ciguatera fish poisoning results from eating a toxic fish. But should people stop eating fish to avoid an unpleasant experience? Should people only eat offshore fish when some lagoon fish make excellent eating? The risk is never nil, but it is sometimes so low that it would be a shame to forgo the pleasure of eating good fish.

PRÉCAUTIONS ESSENTIELLES

Afin de minimiser les risques d'intoxication, il convient d'observer les quelques précautions suivantes :

- Évitez de manger les espèces de poissons localement réputées être toxiques (requins, murènes, anglais, dorades, carangues, barbillons, loches...). Renseignez-vous auprès des pêcheurs coutumiers du lieu de pêche.

- Soyez prudent, évitez les poissons de récif de grande taille (supérieurs à 10 kg). Dans la mesure du possible, sélectionnez les petits dans l'espèce, la toxicité étant souvent proportionnelle à la taille.

- Videz soigneusement les poissons. Ne mangez pas la tête, les œufs, les viscères, le foie en particulier qui sont plus toxiques que les filets.

- Ne croyez pas que la congélation, la cuisson, le fumage ou qu'un autre mode de préparation ou d'assaisonnement puissent éliminer la toxine.

- Ne vous fiez pas aux mouches, fourmis ou pièces d'argent pour déceler un poisson toxique, ces techniques ont trompé beaucoup de monde. Le chat, malheureusement pour lui, est plus sensible que l'homme.

- Après une première intoxication, évitez au moins pendant un mois de consommer du poisson ou autres fruits de mer, quels qu'ils soient. Abstenez-vous d'absorber des boissons alcoolisées.

- Attention aux régions réputées indemnes de ciguatera ; elles peuvent être l'objet d'une flambée de microalgues et devenir potentiellement dangereuses (l'inverse est vrai aussi). Méfiez-vous là aussi des poissons âgés.

- Il n'y a pas vraiment de saison pour la ciguatera. À tout moment, vous pouvez pêcher et consommer un poisson contenant un taux de toxine suffisant pour vous empoisonner.

ESSENTIAL PRECAUTIONS

To minimise the risk of contracting food poisoning, the following precautions should be observed:

- Avoid eating fish that have a local reputation for causing food poisoning (e.g. sharks, moray eel, red bass, bream, trevally, chinaman fish, grouper, etc.). Get advice from fishers about which fishing grounds are safe;

- Be careful with large reef fish (i.e. over 10 kg), and avoid them if possible. Wherever feasible, select smaller fish since toxicity is often proportional to size;

- Gut fish thoroughly. Do not eat the head, eggs, viscera or liver, which are more poisonous than the fillet;

- Remember that freezing, cooking, smoking or any other method of preparation or seasoning does not eliminate the toxin;

- Do not rely on flies, ants or coins to detect a poisonous fish — these techniques have misled many people. The poor cat is in fact more sensitive than humans;

- After suffering from a case of fish poisoning, avoid eating any kind of fish or other seafood for at least a month and avoid alcoholic drinks;

- Beware of areas that have a reputation for being ciguatera free. They can suffer an outbreak of microalgae and become potentially dangerous (the reverse is also true). Beware also of older fish;

- There is no fish poisoning season. You can catch and eat a fish that contains enough toxin to give you food poisoning at any time of the year.

CHAPITRE 2 CHAPTER

La ciguatera : évaluation des risques

Approche de terrain : introduction

Après avoir abordé les aspects théoriques liés à la ciguatera et leurs conséquences, la seconde partie de cet ouvrage a pour objectif de répondre à une question : comment aborder et minimiser le risque d'empoisonnement ciguatérique pour les consommateurs de poisson ?

Pour certains, la ciguatera est déjà bien connue et omniprésente. Pour d'autres, il s'agit d'un phénomène décrit comme étant plus récent. Une fois identifié, tenter d'en expliquer les causes reste dans la plupart des cas difficile, coûteux en termes de recherche, et n'a de toute manière que de très faibles chances d'amener des résultats et donc des solutions à court terme.

En attendant de parfaire notre connaissance de la ciguatera, nous devons tous nous contenter du peu que nous savons et accepter le risque d'intoxication ciguatérique associé à la consommation de poissons de récif, tout en le minimisant.

En plus des précautions déjà évoquées dans la première partie, son évaluation et sa gestion passent :

1) par une meilleure compréhension de l'écologie de la ciguatera, des facteurs (naturels et anthropogéniques) responsables des flambées épidémiques, des modalités d'exposition, de la réaction selon la dose de toxines et des seuils de toxicité pour l'être humain ;

2) par une meilleure connaissance de la ciguatera et de son importance au niveau local, connaissance qui associe les espèces, les périodes et les lieux de pêche à risque ;

3) par une diffusion efficace de cette connaissance auprès du plus grand nombre afin de sensibiliser la population, mais aussi permettre une évolution des comportements individuels...

Assessing the risk of ciguatera

Field approaches: introduction

After dealing with current knowledge of ciguatera and its consequences, the second part of this handbook discusses how to deal with and minimize the risk of ciguatoxin poisoning for fish consumers.

Ciguatera is already a well-known and ever present risk for certain consumers. For others, it is a more recently described phenomenon. In most instances, once ciguatera has been identified, trying to explain its causes remains difficult, requiring costly research with little probability of getting results and, in turn, solutions in the short term.

Until we are able to fill in the huge gaps in our knowledge of ciguatera, we have to accept that there is a risk of getting ciguatera fish poisoning from eating reef fish. Therefore, we need to take precautions that will minimize this risk

In addition to the precautions already mentioned in Chapter 1, assessment and management of this risk will be improved through:

1) better understanding of the ecology of ciguatera, the factors (natural and anthropogenic) responsible for triggering outbreaks, and exposure, dose response and toxicity thresholds for humans;

2) better understanding of ciguatera and its significance at the local level, including information on fish species, periods and fishing areas that pose risks;

3) effective transmission of this information to as wide an audience as possible so as to raise awareness in the community and bring about changes in personal behavior.

Ciguatera is really everyone's problem: fishers, consumers, businesses and, of course, the

... Car la ciguatera est bien l'affaire de tous, des pêcheurs, des consommateurs, des commerçants et bien entendu des gouvernements et agents des services techniques. Il s'agit d'un problème de santé publique qu'il faut traiter comme tel avec notamment la mise en œuvre de mesures de suivi qui permettent de détecter les changements.

Cette partie présente, sous la forme d'un guide pratique, les méthodes et les étapes logiques pour évaluer et tenter de gérer le risque d'empoisonnement ciguatérique, ainsi que les conditions de leur mise en œuvre.

Évaluation du risque

De nombreux facteurs influent sur le risque statistique d'intoxication ciguatérique : espèces de poissons, taille des poissons, habitat (Lee, 1980), saison de la capture (Bagnis *et al*., 1979; Russell et Egan, 1991). Ces facteurs varient d'un pays à l'autre (Hokama *et al*., 1993), voire au sein d'un même pays (Tebano et McCarthy, 1984 ; Lewis, 2001 ; observations personnelles). Notre comportement d'êtres humains repose non pas sur des éléments d'appréciation objectifs, mais souvent sur une perception subjective (Pearn, 1973, 1977). Ainsi, la culture (les Océaniens, friands de poisson, en général, sont moins timorés que d'autres peuples non amateurs de poisson), le sexe (les femmes sont plus prudentes dans des situations où elles risquent gros), la personnalité (les optimistes sont plus audacieux), l'expérience passée et le résultat perçu (y compris l'intoxication mortelle) déterminent généralement la perception subjective du risque. La maîtrise du risque d'empoisonnement par la ciguatera passe par son analyse. Il faut apprendre à le comprendre pour l'évaluer et en mesurer les conséquences. Il serait cependant illusoire et dangereux de croire que l'on peut entièrement le contrôler.

L'évaluation du risque est une étape de ce processus d'analyse. Elle ne peut pas être dissociée de sa gestion et des actions de communication entre les personnes concernées.

government and technical service agents. Thus, it is a public health problem that must be treated as such, in particular by setting up monitoring methods that make it possible to detect changes.

This section presents a practical guide to methods and logical steps for assessing and attempting to manage the risks of ciguatera poisoning, as well as how to go about implementing them.

Risk assessment

Many factors influence the statistical risk of getting ciguatera fish poisoning, e.g. fish species, size of individual fish, fish habitat (Lee 1980), and season (Bagnis et al. 1979; Russell & Egan 1991). These again will vary with country (Hokama et al. 1993) and even within country (Tebano and McCarthy 1984; Lewis 2001, personal communication). Human behavior is often not based on an objective assessment of relevant factors but on the subjectively perceived risk (Pearn 1973, 1977). Factors such as culture (fish is important in the diet of Pacific Islanders, who may be less conservative than other non-fish eating nationals), sex (women are often more conservative in risk-taking situations), personality (optimists are less conservative), past experience, and the expected outcome (including the risk of death) help determine the level of perceived risk. Managing the risk of ciguatera poisoning must be based on analysis of these factors. We have to be able to characterize the risk to assess it and measure its likely consequences. However, it is naïve and dangerous to believe that this risk can be completely controlled.

Risk assessment is one step in the analysis process. It cannot be disassociated from risk management and communication activities between the people involved. The results and effectiveness of each of these components is affected by the quality of the other two (Figure 12, page 53). For example, it is impossible to implement appropriate ciguatera risk management measures without first assessing this risk and informing consumers.

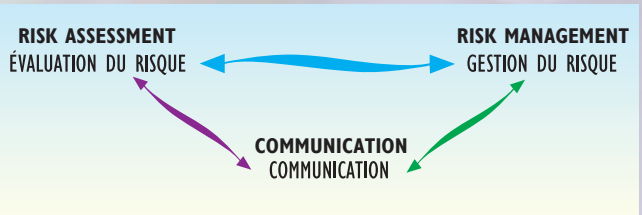


Figure 12
Le processus d'évaluation du risque.

Risk assesment process.

Figure 13
Le processus d'analyse du risque.

Risk analysis process.

Questions	**1) Combien de personnes sont intoxiquées ?** **Le sont-elles par la ciguatera ?**	**2) Sur les récifs incriminés, comment se répartissent les zones et les périodes à risque pour la pêche ?**	**3) Est-ce la première fois qu'il y a des intoxications ciguatériques ?** **Que connaît-on des situations précédentes ?**
Sources d'information	Médecins et personnel médical	Récifs incriminés	Population
Outils de mesure	Enquête : questionnaire médical	Collecte d'échantillons de macro-algues porteuses de l'agent causal	Enquête : questionnaire sur le savoir et les traditions au niveau local.
Informations collectées	Nombre de cas recensés, espèces responsables, sites et périodes à risque	Densité et distribution de l'agent causal *G. toxicus* sur le récif (indicateur)	Données historiques, espèces, sites et périodes à risque, médecines traditionnelles
Élaboration et mise en œuvre d'un suivi	**Intégration des résultats** Modalités d'exposition à la ciguatera et dangers potentiels (définition des facteurs de risque) Information et actions de gestion Impact socio-économique (sécurite alimentaire, marché)		

Questions	**1) How many people have been poisoned?** **Is ciguatera poisoning suspected ?**	**2) What are the fishing zones and periods of risk at the suspect reef?**	**3) Is this the first time there have been cases of ciguatera poisoning?** **What is known about previous cases?**
Sources of information	Doctors and health staff	Suspect reefs	Population
Measurement tools	Survey health questionnaire	Samples of macroalgae	Survey: questionnaire on local knowledge and traditions
Information collected	Number of recorded cases - species responsible, sites and periods of risk	Density and distribution of *G. toxicus* at the reef (indicator)	Background information - species sites and periods of risk - traditional medicines
Set up monitoring procedures	**Integrating the results** Conditions for exposure to ciguatera and potential dangers (defining risk factors) Information and management strategies Social and economic impact (food safety, market)		

Les résultats et l'efficacité de chacune de ces composantes sont conditionnés par la qualité des deux autres (Figure 12 page 53). À titre d'exemple, il est impossible de mettre en œuvre des mesures de gestion adaptées de prévention du risque d'empoisonnement ciguatérique sans préalablement l'évaluer et sans en informer les consommateurs.

Quand devient-il nécessaire d'évaluer le risque d'intoxication par la ciguatera ? La non-existence de cas répertoriés d'intoxication dans une zone géographique donnée n'indique pas qu'il n'y a aucun risque. De façon générale, le processus d'évaluation du risque devrait être systématiquement enclenché dès lors qu'il y a suspicion de cas d'empoisonnement. À partir de ce moment, un ensemble de questions logiques se posent (Figure 13 page 53) : combien de personnes ont été intoxiquées ? S'agit-il bien d'empoisonnements dus à la ciguatera ? Quelles sont les espèces consommées responsables de cette intoxication ? Où ont-elles été pêchées ? Quelles sont sur ces lieux de pêche les zones et les périodes à risque? Que connaît-on de la ciguatera au niveau local (apparition des premiers cas, etc.) ? Seule la collecte d'informations peut permettre de répondre à ces questions. Pour ce faire, il faut disposer et mettre en œuvre des outils de mesure suffisamment précis. L'analyse des données ainsi collectées doit permettre d'identifier et de vérifier qu'il s'agit bien de cas d'intoxication ciguatérique. Elle doit préciser ce que sont les modalités d'exposition des consommateurs à la ciguatera ainsi que les dangers potentiels qu'ils encourent en les associant aux facteurs de risques (espèces, sites et saison de pêche, facteurs environnementaux). Suivre l'évolution de la ciguatera dans le temps signifie qu'il faut se poser les mêmes questions et y répondre à intervalles réguliers.

Outils d'acquisition de l'information

Le but est de mieux décrire ici l'intoxication ciguatérique à des fins de gestion, notamment

When does it become necessary to assess the risk of ciguatera poisoning? The simple fact that no cases of poisoning have been recorded in a certain geographic area does not mean that there is no risk. In general, the risk assessment process should be systematically implemented as soon as there is any suspicion of cases of poisoning. This situation immediately gives rise to a series of questions (Figure 13, page 53): How many people have been poisoned? Is ciguatera poisoning suspected? What were the fish species eaten that were responsible for this poisoning? Where were they caught? What are the known risk periods and zones in this fishing area? What is known about ciguatera at the local level (appearance of the first cases, etc.)? Only by collecting information is it possible to answer these questions. This also requires the availability of sufficiently precise measurement tools. Analysis of the data collected in this manner should make it possible to identify the source and determine whether ciguatera poisoning was actually involved. It should show how consumers were exposed to the toxin and the potential dangers involved by establishing the links between consumers and risk factors such as species, fishing sites and seasons, and environmental factors. It should also provide useful information for setting up long-term monitoring programs for both the suspected causative agent (e.g. algae sampling) and cases of fish poisoning (raising and answering these same questions at regular intervals) to increase our understanding of ciguatera's evolution over time.

Information gathering tools

The collection of accurate data on ciguatera fish poisoning will enable better management, and will also enable the development of improved information materials. Three information gathering tools or approaches are described: health questionnaires, informal interviews and monitoring of reef areas. They provide complementary information, giving a fuller picture and understanding of the ciguatera fish poisoning situation in a given island or country and even in a region.

l'élaboration de campagnes d'information. Trois outils ou méthodes de collecte d'informations sont décrits ici. Ils donnent des indications complémentaires qui permettent d'avoir un tableau plus complet et de mieux connaître la situation dans une île ou un pays donné, voire dans toute une région. Il s'agit de questionnaires sanitaires, d'entretiens informels et d'observation des zones récifales.

Questionnaire sanitaire

Le questionnaire médical (voir page 80) est destiné à être rempli par un médecin ou, à défaut, par un agent de santé. Il est d'une importance primordiale car il représente le premier maillon de la chaîne de collecte des données. Du soin apporté à le remplir dans chaque cas d'intoxication dépend la qualité de l'information obtenue. Il est important que le déclarant insiste auprès des patients sur le fait que les renseignements qu'ils donnent sont utiles et précieux pour mieux connaître la ciguatera et ainsi prévenir d'autres cas d'empoisonnement.

Ce questionnaire médical a un double objectif :

- aux niveaux régional, national et local, chiffrer le taux d'incidence de la ciguatera sur la population et en assurer un suivi ;
- au niveau local, permettre d'orienter les investigations et opérations de suivi en vue de préciser les espèces, les lieux et périodes de pêche à risque.

Il peut aussi aider le médecin ou l'agent de santé à réaliser son diagnostic.

Ce questionnaire comprend quatre parties :

1) l'identité du déclarant : le médecin ou l'agent de santé qui examine le patient, qui procède à l'interrogatoire et qui remplit la totalité du questionnaire. C'est cette même personne qui

Health questionnaire

The health questionnaire (see page 81) consists of a form to be filled out by a doctor or other health worker. It is vital as it is the first link in the data collection chain. The quality of information depends on how carefully it is filled out for each case of seafood poisoning. It is important that the person who fills out the questionnaire emphasizes that the information given by the patient will be invaluable in increasing our understanding of ciguatera and thus useful for preventing other cases of poisoning.

The health questionnaire serves a double purpose:

- on regional, national and local levels, it helps determine the ciguatera incidence rate in the community and ensure monitoring;
- on the local level, it makes it possible to direct investigations and monitoring appropriately so as to identify species, fishing sites and periods of risk.

It may also help doctors or health agents make a diagnosis.

The questionnaire has four sections:

1. Details of the person filling out the form, i.e. the doctor or health worker who examines and questions the patient, and fills out the entire questionnaire. This person should return the form to the agency in charge of their collection (SPC for Pacific Island countries).

2. Patient details

NB: The particulars of both the person reporting a case of poisoning and of the victim are important because they can then be contacted for further information if needed. This also helps ensure that the information recorded is reliable.

retourne le formulaire à l'organisme chargé de les centraliser (la CPS pour les pays insulaires du Pacifique).

2) l'identité de la personne victime de l'intoxication.

Remarque : les renseignements relatifs à l'identité du déclarant et de la victime sont importants car ils doivent permettre de les recontacter ultérieurement en cas de besoin d'information complémentaire. Par ailleurs, c'est aussi un moyen de s'assurer de la fiabilité des données enregistrées.

3) des renseignements sur le(s) produit(s) de la mer responsable(s) de l'intoxication et sa (leur) provenance. Ils sont destinés aux services des pêches et plus largement aux services techniques concernés par ce problème pour analyse, puis mise en œuvre de mesures de prévention.

4) des renseignements médicaux : symptômes et principaux paramètres du bilan clinique présentés par la victime. Ces informations sont destinées aux services de santé publique ou laboratoires de recherche à des fins d'analyse statistique.

Exploitation du questionnaire au niveau local

Dans un premier temps, une exploitation très simple peut être faite à partir des réponses au questionnaire en calculant et analysant les fréquences de citations. Par exemple, le nombre de fois qu'ont été cités des espèces ayant entraîné des intoxications et/ou des lieux de pêche où elles ont été capturées. À partir de cette première analyse, il est possible de déterminer les premières responsabilités et d'informer la population locale des risques encourus par la consommation d'une espèce donnée ou de poissons pêchés dans une zone particulière.

3. Details on the seafood product(s) that caused the poisoning and where they came from. This information is meant for the fisheries services and, more generally, the technical services involved in analysis and implementation of prevention measures.

4. Medical information, i.e. symptoms and main parameters of the clinical picture presented by the victim. This information is meant for public health services or research laboratories for statistical analysis purposes.

Using the questionnaire at the local level

Initially, simple use can be made of the responses to the questionnaire by calculating and analyzing the frequency of specific responses; for example, the number of times mention is made of certain species that caused poisoning and/or the fishing areas where they were caught. From this initial analysis, it is possible to identify the likely cause and inform the local community of the risks incurred by eating a given species or fish caught in a specific zone.

Using the questionnaire at the regional level

Only by grouping and processing the questionnaires at the national and then regional level is it possible to assess the scale of ciguatera, make comparisons, uncover trends and detect changes.

In 1988, the first formal records of fish poisoning cases in the South Pacific were established through a regional health monitoring database set up by the South Pacific Epidemiological and Health Information Service (SPEHIS) of SPC (then known as the South Pacific Commission). The information collected included records of fish poisoning cases, but no details. Therefore, it did not differentiate between ciguatera and other causes of fish poisoning. The submission of information from countries was voluntary. Initially, countries were very keen

Exploitation du questionnaire au niveau régional

Le regroupement et le traitement des questionnaires au niveau national, puis régional peuvent seuls permettre d'évaluer l'ampleur de la ciguatera, d'effectuer des comparaisons, de dégager des tendances et de détecter des changements.

En 1988, des cas d'ichtyosarcotoxisme ont été signalés pour la première fois dans le Pacifique Sud, grâce à une base de données de surveillance sanitaire dans la région, mise en place par le SIESPS (Service d'Information Épidémiologique et Sanitaire du Pacifique sud) de la CPS (dénommée à l'époque Commission du Pacifique Sud). Les informations recueillies ne portaient que sur le nombre de cas d'intoxication par les poissons, sans autre détail, et ne permettaient pas de distinguer la ciguatera d'autres causes d'ichtyosarcotoxisme. Les pays envoyaient des informations à titre volontaire. Dans un premier temps, les pays se sont montrés très intéressés et ont envoyé leurs données tous les mois. Par la suite, de moins en moins de pays ont envoyé leurs chiffres régulièrement, et, à l'heure actuelle, seuls quelques pays le font une fois par an.

Une autre base de données a été créée en 1990, dans le cadre du Projet de gestion intégrée des ressources côtières (ICFMaP) ; elle portait plus précisément sur l'intoxication ciguatérique. Un questionnaire a été distribué aux hôpitaux et dispensaires des pays membres de la CPS et utilisé à cet effet. Il donnait des informations plus détaillées, permettant de vérifier et différencier les intoxications par les poissons causées par la ciguatera de celles ayant d'autres causes. La réaction à cette initiative fut toutefois variable, et la base de données fut abandonnée vers la fin du projet, en 1998.

Un grand nombre de cas ne sont pas inscrits dans la base de données du SIESPS, dont la capacité est limitée, ce qui fait que l'incidence de la ciguatera est sous-estimée dans la région du Pacifique. Il

and information was submitted on a monthly basis. Subsequently, fewer and fewer countries have submitted records regularly and now only a few report on an annual basis.

In addition to this database, in 1990 the SPC Integrated Coastal Fisheries Management Programme (ICFMaP) established another database that was more specific to ciguatera fish poisoning. The information came from a questionnaire that was distributed to hospitals and clinics in SPC member countries. The questionnaire provided more detailed information, enabling differentiation of fish poisoning caused by ciguatera from cases resulting from other causes. The response to this attempt was, however, variable and the database ceased to be maintained towards the end of ICFMaP in 1998.

With the existing limited SPEHIS database, numerous cases are going unrecorded and so the incidence of ciguatera is underestimated in the Pacific region. A sound database for ciguatera fish poisoning therefore needs to be re-established. To do this, a new questionnaire will be distributed as widely as possible to hospitals and health care centers. Along with the questionnaire, awareness materials, including this book, will be provided to the public as well as to Fisheries and Health Departments, which should improve the general understanding of ciguatera fish poisoning in SPC member countries and heighten appreciation of the need for monitoring and keeping the database updated.

Where possible, the SPC Reef Fisheries Observatory will assist Pacific Island member countries and territories to start using this questionnaire and will help national technical services analyze data at the local level. It will also conduct a regional analysis to be compared to the one carried out by the Health Programme, and will regularly communicate the results back to the countries.

conviendrait donc de recréer une base fiable pour répertorier les cas d'intoxication ciguatérique. Un nouveau questionnaire, plus précis, a été élaboré ; il faudra en distribuer le plus grand nombre possible aux hôpitaux et centres médicaux. Il sera accompagné de supports de sensibilisation, y compris le présent ouvrage, et remis au grand public ainsi qu'aux services des pêches et de la santé, afin que la population des pays membres de la CPS connaisse mieux l'intoxication ciguatérique et que les autorités comprennent bien la nécessité de surveiller la situation et d'alimenter la base de données.

L'Observatoire des pêches récifales de la CPS aidera ses États et Territoires insulaires membres, dans la mesure du possible, à s'initier à l'emploi de ce questionnaire. L'Observatoire dispose aussi des moyens requis pour aider les services techniques des pays à analyser les données au niveau local mais aussi pour en faire une analyse régionale, à rapprocher de celle du Département Santé publique, et pour communiquer régulièrement les résultats aux pays. Au besoin, une assistance sera dispensée aux pays non membres de la CPS qui pourront financer ces services.

Quelle que soit l'exploitation faite des questionnaires, les informations qu'ils contiennent sont nominatives et doivent à ce titre rester confidentielles.

Comment se procurer ce questionnaire ?

En écrivant à la CPS, BP D5, 98848 Nouméa Cedex – Fax : +687 26 38 18, ou en le téléchargeant sur le site Internet de la CPS à l'adresse suivante : *http://www.spc.int/coastfish*

Non-SPC member countries will have to fund such assistance if required.

No matter how these questionnaires are used, the information they contain relates to named individuals and therefore must remain confidential.

How can you get a copy of the questionnaire?

Write to SPC, PO Box D5, 98848 Noumea Cedex, New Caledonia – Fax: +687 263818, or download it from the SPC Web site at: *http://www.spc.int/coastfish*

Collecte du savoir local et des données historiques

Dès le 17e siècle, les premiers explorateurs européens ont rapporté des cas d'intoxication par les poissons. On peut légitimement penser que ce phénomène naturel existait probablement sur certains récifs du Pacifique bien avant cette époque. Ceci étant, génération après génération, les populations autochtones ont acquis l'expérience de la ciguatera ; leur savoir a évolué sur les causes de cette intoxication, la manière de déceler les poissons à risque et les remèdes à l'empoisonnement.

Cette étape de l'évaluation du risque d'empoisonnement ciguatérique est complémentaire des deux précédentes. Elle est facultative, toutefois sa mise en œuvre est particulièrement intéressante et recommandée dans les situations où localement des intoxications semblent se manifester pour la première fois. Il s'agit alors de vérifier s'il y a eu ou non d'autres cas dans le passé. Par ailleurs, dans les zones déjà affectées par la ciguatera, la réalisation d'un historique peut s'avérer nécessaire afin de formaliser les connaissances de la population locale et ainsi mieux comprendre le phénomène et son évolution.

La collecte de ces informations s'effectue par enquêtes (voir questionnaire page 82). Pour ce faire, l'agent des pêches interroge un échantillon d'individus à l'aide du questionnaire joint qu'il remplit. En général, une vingtaine de personnes, si possible choisies parmi les pêcheurs réguliers et les ménagères, suffit à obtenir des indications pertinentes. Dans le cas de communautés plus importantes (plus de 500 personnes), il est toutefois conseillé de sélectionner sur la même base un échantillon qui représente au moins 5 % de la population.

Le questionnaire comprend trois parties. Les deux premières concernent les identités de l'enquêteur et de l'enquêté. La dernière comprend les questions relatives à la ciguatera. L'enquêteur, c'est-

Collecting traditional knowledge and historical information

Fish poisoning in the Pacific was reported by European explorers as early as the 17th century. It would be reasonable to assume that this natural phenomenon existed in reefs in the Pacific well before then. Given this, it is most likely that through experience with ciguatera fish poisoning over many generations, some local knowledge has evolved about its cause, ways of detecting a ciguatoxic fish, or local remedies for treating a poisoned person.

Gathering local information on ciguatera fish poisoning will provide useful complementary information to the preceding approaches. It is optional, but would be particularly useful in local situations where poisoning seems to be appearing for the first time. In such cases, attempts should be made to establish whether there have been any cases in the past. In addition, in zones already affected by ciguatera, it may be necessary to conduct a background check to formalize the knowledge of the local population and thus gain a better understanding of the phenomenon and its evolution.

Information can be collected by means of surveys (see questionaire on page 83). To do this, fisheries agents can interview samples of individuals using the attached questionnaire. In general, about 20 people selected, where possible, from regular fishers and households will be sufficient to provide pertinent indicators. In the event of a larger community (more than 500 people), however, the same criteria should be used to select a sample that represents at least 5% of the population.

The questionnaire has three parts. The first two concern the person conducting the survey and the person responding to the survey. The final section covers questions about ciguatera. The person conducting the survey, i.e. the fisheries agent, plays a vital role in carrying out the study. To ensure the

à-dire l'agent des pêches, joue un rôle primordial dans la réalisation des enquêtes. Afin de respecter un minimum d'objectivité et ainsi obtenir des informations de qualité, il doit respecter un certain nombre de règles, dont les plus importantes sont les suivantes :

1) Ne pas oublier de remplir le premier cadre comportant l'identité de l'enquêteur, le lieu de l'enquête ainsi que la date.

2) Avant de commencer le questionnaire, il convient de présenter simplement en quelques mots l'objet de l'enquête en mettant en avant l'intérêt général de cette démarche pour la communauté, notamment en termes de sécurité alimentaire. Il faut sensibiliser les personnes enquêtées à l'importance et à l'utilité que vont avoir leurs réponses.

3) En remplissant le questionnaire, poser lentement les questions, telles qu'elles sont écrites. Si besoin, les répéter, mais faire attention à ne pas les commenter ou les reformuler. Ceci pourrait avoir pour conséquence d'influencer l'enquêté et d'induire les réponses.

4) Remplir lisiblement, au stylo rouge de préférence, les emplacements prévus pour les réponses. Si ces derniers ne sont pas suffisants, en termes d'espace, utiliser le dos de la feuille en prenant soin de reporter le numéro de la question.

5) Il est vivement recommandé à l'enquêteur d'emporter des copies (en format A4) de la carte de l'île, montrant clairement les aires récifales et littorales. Celle-ci doit permettre à l'interviewé de localiser facilement les sites réputés abriter des poissons ciguatoxiques. Il est impératif d'utiliser une copie vierge de la carte pour chaque personne enquêtée ; l'enquêteur pourra ensuite regrouper les informations sur une seule carte. Il est conseillé, en outre, de repérer le site indiqué

required level of objectivity, and thus obtain high quality information, certain rules must be followed. The most important are outlined below:

1) Remember to fill out the first section with the details of the person conducting the survey and the site and date of the survey.

2) Before beginning the questionnaire, the survey's purpose should be explained simply and briefly by emphasising the overall benefit of this approach to the community, particularly in terms of food safety. The people interviewed need to be made aware of how important and interesting their responses are.

3) When filling out the questionnaire, read each question slowly, exactly as written. If necessary, repeat the question, but be careful not to make any comments, or to change the question. Otherwise, the person conducting the survey may influence the responses given by the person interviewed.

4) Fill out the questionnaire legibly, preferably with a red pen, in the spaces provided for each response. If there is not enough room, use the back of the sheet and mark the number of each question carefully and clearly.

5) It is highly recommended that the interviewer carry at least two A4 copies of a map of the island clearly showing reef and coastal areas. One copy can be used to record the locations of sites reported as infected by the interviewee. This copy with marked locations should never be shown to the person being interviewed to avoid any directed response. Rather, the unmarked copy of the map should always be used to identify and point out ciguatoxic sites, which the interviewer can then mark on his recording map. It is also advisable to mark the given site with the number of the respective questionnaire form for later reference.

par le numéro de formulaire du questionnaire, afin de pouvoir s'y référer ultérieurement.

Certains commentaires de l'enquête et observations de l'enquêteur sur des points particuliers ou des problèmes rencontrés lors de l'enquête peuvent présenter un intérêt. En aucun cas ils ne doivent servir de prétexte pour s'écarter du questionnaire. Pour cette raison, il est fortement recommandé de les consigner au dos de la feuille une fois le questionnaire terminé.

Exploitation du questionnaire

Un premier dépouillement des questionnaires peut être effectué simplement au niveau local en comptabilisant et analysant les fréquences de citations, notamment concernant les espèces et sites de pêche réputés sensibles. Une exploitation plus complète peut être ensuite réalisée, soit par des spécialistes des services techniques nationaux, soit par des organisations régionales. Dans le Pacifique insulaire, l'Observatoire des Pêches récifales du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique est en mesure de traiter les questionnaires afin d'en extraire un bilan des résultats qui seront transmis en retour aux services concernés.

Comment se procurer le questionnaire ?

En écrivant à la CPS, ou en le téléchargeant depuis le site Web de la CPS :
http://www.spc.int/coastfish

Certain remarks from the person being interviewed and observations by the person conducting the survey on specific points or problems encountered during the survey may be of interest. They should not, however, be allowed to interfere with the completion of the questionnaire. For that reason, it is strongly recommended that any comments be noted on the back of the sheet after the questionnaire has been completed.

Using the questionnaire

Initial processing of the questionnaires can be done simply at the local level by calculating and analyzing the frequency of specific responses, particularly with regard to suspect species and fishing sites. More comprehensive processing can then be done either by national technical service specialists or by regional organizations. In the Pacific Islands, SPC's Reef Fisheries Observatory can further process the questionnaires and report back on the results to the services involved.

How to get a copy of the questionnaire

Write to SPC, or download it from the SPC web site at: *http://www.spc.int/coastfish*

Surveillance des zones récifales

L'intoxication ciguatérique est causée par le dinoflagellé toxique épiphyte *Gambierdiscus* spp., (Adachi and Fukuyo, 1979) qui pousse généralement sur diverses macro-algues hôtes. Depuis cette découverte, il a été possible de mettre au point un test rapide (Yasumoto *et al*., 1979), consistant à secouer les algues hôtes pour en détacher les dinoflagellés afin de les compter au microscope. Si elle est bien planifiée, cette méthode permet d'obtenir un schéma de répartition des dinoflagellés sur les récifs, et, par conséquent, d'expliquer la présence de poissons ciguatoxiques sur les différentes zones des récifs. Si l'on peut déterminer cette relation et la confirmer, on pourra s'appuyer sur le suivi de la répartition des dinoflagellés pour contrôler le problème et gérer la situation.

Cependant, avec la découverte d'un certain nombre de souches différentes de dinoflagellés pathogènes, dont certaines sont non toxiques, tout n'est pas aussi simple qu'on l'avait pensé. Malgré les efforts considérables consentis pour comprendre l'action biochimique des ciguatoxines, on a encore peu étudié l'écologie de l'intoxication ciguatérique. Les connaissances écologiques actuelles – par exemple pourquoi les flambées ciguatériques se produisent sur des récifs, quels sont les facteurs, naturels ou anthropogéniques, qui entrent en jeu dans ces flambées, le lien entre la toxicité de certaines aires récifales et la densité de dinoflagellés, les variations saisonnières – sont, pour la plupart, considérées comme tout à fait préliminaires et demandent à être vérifiées et confirmées. Le caractère ponctuel et variable de l'intoxication ciguatérique rend l'étude difficile, et il faudrait investir des efforts considérables d'observation à long terme pour comprendre les facteurs écologiques sous l'angle temporel et spatial.

La méthode expérimentale simple décrite ici, qui repose sur le test de Yasumoto (1979) légèrement modifié, a pour objectif d'observer la répartition

Monitoring of reef areas

After it was discovered that the epiphytic toxic dinoflagellate, *Gambierdiscus* spp., was the cause of ciguatera fish poisoning (Adachi and Fukuyo 1979), and that this dinoflagellate tended to dwell on various host macroalgae, it was then possible to design a rapid assay method (Yasumoto et al. 1979). The method consists of shaking the dinoflagellates off the host algae and counting the number of cells under a microscope. This method, if properly applied, could be used to establish a distribution pattern of the dinoflagellates in reef areas, which could help explain the occurrence of ciguatoxic fish in different areas of reefs. If such a relationship can be determined and confirmed, then monitoring the distribution patterns of dinoflagellates could be used to aid efforts to manage and control the problem.

The story, however, is not as simple as originally thought with the discovery of a number of different strains of the causative dinoflagellate, some of which are not toxic. Although considerable effort has been put into understanding the biochemistry of ciguatoxins, efforts to understand the ecology of ciguatera fish poisoning have been limited. Much of the current ecological knowledge, such as why ciguatera outbreaks occur on reefs, what factors (natural or anthropogenic) are important in such outbreaks, whether the toxicity of reef areas is related to the density of the dinoflagellates, and whether there are seasonal variations, is still considered very preliminary and awaits further verification. The patchiness and variable nature of ciguatera fish poisoning creates more difficulties and considerable long-term monitoring is needed to understand its ecology on a temporal and spatial scale.

The simple assay method described here, which is based on Yasumoto's (1979) assay method with slight modification, will allow the monitoring of the distribution of the dinoflagellate, *Gambierdis-*

du dinoflagellé *Gambierdiscus* spp. sur les zones récifales. Les données de référence ainsi obtenues doivent permettre, si cette observation est effectuée sur une longue période, de connaître les tendances à long terme, données dont on ne dispose pas à l'heure actuelle.

Cette méthode est très simple et relativement peu coûteuse à mettre en œuvre. Elle se décompose essentiellement en trois étapes :

1. Prélèvement d'échantillons d'algues.
2. Extraction des cellules de dinoflagellés des algues hôtes.
3. Comptage des cellules et estimation des densités.

Ces étapes sont décrites ci-dessous, et chaque opération est illustrée par une photographie figurant en annexe (pages 84-88). Les agents des services des pêches locaux peuvent apprendre et mettre en œuvre facilement cette méthode. Les présentes directives leur permettront de mener et de poursuivre leur propre programme d'observation pendant plusieurs années.

Prélèvement d'échantillons d'algues

a. *Équipement requis :*

i) Équipement de plongée bouteille (pour la collecte à grande profondeur)

ii) Équipement de plongée libre (pour la collecte à faible profondeur)

iii) Sacs en plastique pour recueillir les échantillons (on peut utiliser des sacs à sandwich à fermeture hermétique)

iv) Marqueur indélébile pour identifier les sacs en plastique (échantillons)

v) GPS (Système mondial de localisation) pour identifier les sites

cus spp. on reef areas. This will provide baseline information, which will be useful if the monitoring is done over a long period to provide long-term trends. Currently such information does not exist.

The method is simple and relatively cheap to implement. It basically consists of three main stages:

1. Collect algae samples.
2. Remove dinoflagellate cells from the host algae.
3. Count the cells and estimate the density.

These stages are described below with further step-by-step illustrations in the Appendices (see pages 84-88). This method can be easily learned and set up by local fisheries officers. Using these guidelines they could implement and continue their own monitoring program over a number of years.

Collecting algae samples

a. *Equipment*

i) Scuba gear (for deep collection sites)

ii) Snorkeling gear (for shallow collections)

iii) Plastic sample bags (sealable sandwich bags can be used)

iv) Waterproof marker for labeling the plastic bags (samples)

v) Global positioning system (GPS) for marking sites

b. Choice of host algae

The dinoflagellate, *Gambierdiscus* spp. is known to have a preference for attaching itself to algae. It is therefore important to select an appropriate substrate algae to test its distribution and

b. *Choix des algues hôtes*

La propension du dinoflagellé *Gambierdiscus* spp. à se fixer sur des algues est bien connue. Il importe donc de choisir une algue appropriée sur le substrat pour en tester la répartition et la population. Les études passées ont montré qu'il vaut mieux choisir les algues calcaires rouges *Jania* sp. et *Amphiroa* sp., les algues brunes *Turbinaria ornata* et les algues calcaires *Halimeda* sp., pour les raisons suivantes :

i) Elles abritent généralement davantage de *Gambierdiscus* spp. que les autres algues.

ii) Elles sont très courantes dans la plupart des aires récifales du Pacifique.

iii) Elles laissent des résidus plus petits que les autres algues.

Vous devez donc porter votre choix sur celles des algues ci-dessus qui sont abondantes dans presque toutes vos zones récifales, de manière à pouvoir établir des comparaisons précises en fonction des variations régionales et saisonnières.

c. *Choix des sites*

Les sites choisis doivent constituer un échantillon représentatif des zones récifales qui entourent l'île. Il faut aussi tenir compte des différents types d'habitat : côté sous le vent ou au vent, récifs frangeants, lagons et passes (intérieur et extérieur).

C'est à ce stade que les formulaires médicaux recueillis lors de la collecte d'informations précédente et les savoirs locaux (s'ils peuvent être obtenus) s'avèrent très utiles ; ils permettent de s'assurer que les zones récifales réputées ciguatoxiques sont bien prises en compte dans le plan d'échantillonnage.

Sur chaque site, il faut prélever deux échantillons à des endroits différents, et l'emplacement de tous les sites doit être repéré par GPS pour pouvoir s'y référer ultérieurement.

population. Past surveys have shown the red calcareous algae *Jania* sp. and *Amphiroa* sp., the brown algae *Turbinaria ornata* and the calcareous algae, *Halimeda* sp. are good choices for the following reasons:

i) They tend to host more *Gambierdiscus* spp. than other algae.

ii) They are quite common in most reef areas of the Pacific.

iii) These algae leave smaller residues than other algae

Your choice should therefore depend on which of the above is abundant in almost all your reef areas to allow for accurate comparisons on regionality and seasonality.

c. *Selection of sites*

The selection of sites should be aimed at getting a representative coverage of the reef areas around the island. They should also cover different habitat types such as leeward or windward side, fringing reefs, lagoons and passages (inside and outside).

This is where the medical forms collected from the previous information gathering approach, as well as local knowledge (if available) will be useful in ensuring that known ciguatoxic reef areas are included in the sampling design.

At each site, two samples should be collected from different places at the site. The location of all sites should be recorded with a GPS for future reference.

d. *Collection and preservation of samples*

Try to collect the algae samples from below the tidal zone. This will probably require the use of scuba gear.

For each sample collect at least 500 grams of your chosen host alga and put in an appropriately

d. *Prélèvement et conservation des échantillons*

Essayez de prélever les échantillons d'algues sous les zones soumises aux mouvements de marée. Il faudra probablement utiliser votre équipement de plongée bouteille.

Pour chaque échantillon, ramassez au moins 500 grammes de l'algue hôte de votre choix et placez-les dans un sac en plastique correctement identifié (indiquez le site et le nom de la station). Scellez (ou fermez par un cordon) le sac contenant l'algue et un peu d'eau de mer, et rapportez-le à terre pour le test.

Extraction de cellules de Gambierdiscus *spp. des algues hôtes*

a. *Équipement requis*

i) Balance

ii) Bocal ou bouteille en plastique à grande ouverture, avec couvercle/bouchon

iii) Tamis de différents calibres – 250 µm, 160 µm et 38 µm

iv) Flacon laveur en plastique

v) Tubes à essai gradués – 1 000 ml et 100 ml

vi) Beaucoup d'eau de mer filtrée (sur tamis de calibre 38 µm)

vii) Flacons de 50 ml à bouchon

viii) Formol ou alcool éthylique

b. *Procédure*

La méthode de séparation des dinoflagellés des micro-algues hôtes, telle qu'employée par Yasumoto *et al.* (1979) (et légèrement modifiée) consiste dans un simple lavage.

Avant de filtrer les échantillons, assurez-vous que vous disposez d'un grand volume d'eau de

labeled (site/station name) plastic bag with a little seawater. Tie or seal the sample bag containing the algae and the seawater before bringing it back for processing.

Removal of Gambierdiscus *spp. cells from the host algae*

a. *Equipment*

i) Scales

ii) Wide-mouthed plastic jar/bottle with lid

iii) Sieves with mesh sizes of 250 µm, 160 µm, and 38 µm

iv) Plastic wash bottle

v) Measuring cylinders – 1000 ml and 100 ml

vi) Plenty of filtered seawater (use 38 µm sieve)

vii) 50 ml vials with cap

viii) Formalin or ethanol

b. *Procedure*

The method used to separate the dinoflagellate from the host macro algae is a simple washing procedure as described by Yasumoto et al. (1979) with some minor modifications.

Before filtering the samples, make sure you have plenty of filtered seawater and use only this water for any washing during the filtering process. Use the 38 µm sieve to filter the seawater then wash the sieve carefully.

i) Weigh 100 grams of the algae collected (each sample).

ii) Place in the wide-mouthed plastic bottle with 500 ml filtered seawater.

iii) Cap the bottle and shake vigorously for 2 minutes.

mer filtrée, qui servira exclusivement au lavage pendant l'opération de filtrage. Prenez le tamis de 38 µm pour filtrer l'eau de mer, puis lavez-le soigneusement.

i) Pesez 100 g d'algues collectées (chaque échantillon).

ii) Placez-les dans la bouteille en plastique à large ouverture, et ajoutez 500 ml d'eau de mer filtrée.

iii) Rebouchez la bouteille et secouez-la vigoureusement pendant deux minutes.

iv) Filtrez le contenu de la bouteille, d'abord avec le tamis à calibre de 250 µm, puis avec celui de 160 µm, et enfin avec celui de 38 µm.

v) Versez le résidu du tamis de 38 µm dans un flacon de 50 ml, correctement identifié, et ajoutez 5 ml de formol. Autre possibilité : vous pouvez verser le résidu dans le flacon de 50 ml, compenser le reste jusqu'au repère 20 ml avec de l'eau de mer filtrée et ajouter 20 ml d'alcool éthylique, puis fermer hermétiquement le bouchon/couvercle pour stocker le flacon.

vi) Répétez l'opération pour chaque échantillon.

vii) Le résidu qui se trouve dans les flacons est alors prêt pour le comptage.

Placez les flacons d'échantillons, bien serrés, dans une boîte, en vue d'un comptage ultérieur.

Comptage du nombre de cellules de Gambierdiscus *spp. et estimation des densités*

a. *Équipement requis*

i) Microscope binoculaire

ii) Lame de comptage de cellule

iii) Compteur

iv) Sieve the contents of the bottle first through the 250 µm, then 160 µm, and finally 38 µm sieves.

v) Wash the residue on the 38 µm sieve into an appropriately labeled 50 ml vial and add 5 ml formalin. Alternatively, wash the residue into the 50 ml vial, make up to 20 ml with filtered seawater, add 20 ml ethanol, then seal with lid/cap for storage.

vi) Repeat the process for each sample.

vii) The residue in the vials is now ready for counting.

Pack the samples securely in a box for counting later.

Counting the number of Gambierdiscus *spp. cells and estimating densities*

a. *Equipment*

i) Binocular microscope

ii) Cell counting slide

iii) Counter

iv) 0.1 ml micropipette

v) Vernier calipers (0.1 mm accuracy)

b. *Procedure*

i) Let the residue samples in the vials settle for a few days at least. The settled sample will consist of a basal sediment layer, a middle layer of partially suspended mostly organic matter and a top layer of transparent formalin and seawater solution.

ii) In the pre-settled sample, measure the thickness of the primarily organic layer of the residue sample (middle layer) using the Vernier calipers and record. This will be used later to calculate

iv) Micropipette de 0,1 ml

v) Pied à coulisse (précision 0,1 mm)

b. *Procédure*

i) Laissez les échantillons de résidus reposer dans les flacons pendant au moins quelques jours. Le dépôt consiste en une couche sédimentaire basale, une couche médiane de matière principalement organique, dont une partie est en suspension, et une couche supérieure formée d'une solution transparente de formol et d'eau de mer.

ii) Dans l'échantillon qui a reposé au préalable, mesurez l'épaisseur de la couche principalement organique de l'échantillon résiduel (couche du milieu) à l'aide du pied à coulisse, et notez-la. Elle servira par la suite à calculer le volume de l'échantillon (couche organique).

iii) À l'aide de la micropipette, prélevez 0,1 ml de la couche organique, et placez cet échantillon sur une lame de comptage au microscope.

iv) Placez la lame sous le microscope et scannez l'ensemble du sous-échantillon monté en comptant le nombre de cellules de *Gambierdiscus* sp. (utilisez les photos jointes en annexe pour identifier *Gambierdiscus* spp.).

v) Il est conseillé d'effectuer trois comptages répétés pour chaque sous-échantillon : les nombres obtenus doivent être les mêmes ou très proches.

vi) Pour chaque échantillon, compter au moins trois sous-échantillons de 0,1 ml pour la numération au microscope.

c. *Calcul et estimation de la densité de cellules*

On calcule le volume de la couche organique de chaque échantillon à partir de l'épaisseur mesurée et du diamètre de la couche principalement orga-

the volume of the sample (organic layer).

iii) Using the micropipette, draw 0.1 ml of the organic layer and mount on a microscope counting slide.

iv) Put under the microscope and scan the whole mounted subsample, counting the number of cells of *Gambierdiscus* sp. (Use the photos provided to identify *Gambierdiscus* sp.).

v) It is recommended that each subsample is counted 3 times; the results should be the same or very similar each time.

vi) For each sample, use at least three replicate 0.1 subsamples for microscope counting.

c. *Calculation and estimation of cell densities*

The volume of the organic layer in each sample is calculated from the measured thickness and the diameter of the primarily organic layer using the following equation for the volume of a cylinder:

$$\textbf{Volume} = \pi d^2 h$$

(where d is half the diameter of the organic layer and h is the thickness of the organic layer)

Using this volume of the sample, the number of 0.1 subsamples that can be obtained from the sample can be calculated. Then, using the average count per 0.1 ml subsample, an estimate of the number of cells in the sample can be obtained by multiplying the average count of cells per subsample by the number of subsamples that can be drawn from the sample. This estimate will in turn give the number of *Gambierdiscus* spp. cells per 100 grams of the host algae. Comparing these density estimates for different sites and locations will provide an indication of the distribution of this dinoflagellate. Areas of high density can therefore be regarded as potentially high-risk areas for ciguatera fish poisoning.

nique en prenant le volume d'une équation de cylindre :

$$\text{Volume} = \pi d^2 h$$

(où d est le diamètre de la couche organique et h l'épaisseur de la couche organique).

Avec ce volume de l'échantillon, on peut calculer le nombre de sous-échantillons de 0,1 ml pouvant être obtenus avec l'échantillon. En prenant le nombre moyen par sous-échantillon de 0,1 ml, on peut obtenir le nombre estimé de cellules dans l'échantillon en multipliant le nombre moyen de cellules par sous-échantillon par le nombre de sous-échantillons qui peuvent être extraits de l'échantillon. Cette estimation donne à son tour le nombre de cellules de *Gambierdiscus* sp. pour 100 g d'algue hôte. En comparant ces estimations de densité pour différents sites et endroits, on a une idée de la répartition de ce dinoflagellé. Les zones à densité élevée peuvent donc être considérées comme présentant un risque potentiel élevé d'intoxication ciguatérique.

De l'évaluation du risque aux mesures de gestion

Importance d'une meilleure information sur les risques d'intoxication ciguatérique.

En procédant aux opérations décrites dans les paragraphes précédents, les agents des services des pêches devraient être en mesure d'évaluer l'ampleur du risque de ciguatera (élevé, modéré, faible), puis de décider les mesures de gestion à prendre. Ces mesures doivent être adaptées au degré de gravité du risque, afin de concilier, autant que faire se peut, le développement de la pêche (vivrière et commerciale) et la sécurité alimentaire. Par ailleurs, ces mesures de gestion doivent être acceptables et acceptées par la population. La région du Pacifique est en effet connue pour sa grande richesse en mythes, en savoirs et en connaissances traditionnels de la pêche qui se traduisent par autant d'histoires de pêcheurs transmises le plus souvent oralement d'une génération à l'autre. Les vrais savoirs traditionnels en matière

From risk assessment to management measures

Importance of improving awareness about ciguatera

Implementing the steps described in the preceding paragraphs should help fisheries officers assess the level of ciguatera risk (high, moderate or low) and then decide how to manage it. These management measures must be adapted to the level of risk in order to best accommodate fisheries development (both subsistence and commercial) and food safety. On the other hand, any measures must be acceptable to the population itself. Indeed, the Pacific region is well known for its wealth of folklore and traditional fishing knowledge and tales passed down from generation to generation. The real traditional fishing knowledge is often family owned and kept as a family secret. To keep the family secrets, this local knowledge is therefore sometimes broken down and told in different myths. Some of these myths tend to be slightly exaggerated to conceal the truth and are further exaggerated and twisted by others with no idea what they stand for. Thus, they become 'fishy tales'.

The difficulty of seeing the causative dinoflagellate without the use of a microscope and the way it is passed up the food chain and bio-accumulates have made the cause of fish poisoning a mystery in all Pacific countries. Attempts to find an explanation have resulted in misleading beliefs and misunderstandings about ciguatera, which cause some problems. Local remedies for treating fish poisoning, however, seem to have been successful.

For the above reasons, a campaign to raise awareness aimed at improving the understanding of ciguatera in the Pacific and correcting erroneous beliefs is necessary and is probably the most efficient method of decreasing the risk of people being poisoned. In any case, efforts to raise awareness should accompany other possible

de pêche sont souvent la propriété de la famille et ils sont conservés comme un secret familial. Pour le préserver, ces savoirs locaux sont parfois fragmentés et transmis au travers de mythes différents. Certains d'entre eux ont une tendance à l'exagération afin de dissimuler les vérités et sont déformés par les personnes qui ignorent leur signification. Ils finissent ainsi par devenir des contes à dormir debout.

La difficulté d'observer le dinoflagellé pathogène sans microscope, la manière dont il entre dans la chaîne alimentaire et dont il s'accumule dans les organismes ont recouvert d'un voile mystérieux la cause de cette intoxication par les poissons dans tous les pays océaniens. En tentant d'expliquer le phénomène, on a abouti à des croyances trompeuses et des interprétations erronées. Il semble toutefois que des remèdes locaux à des intoxications par les poissons se soient avérés efficaces.

Pour toutes ces raisons, des campagnes d'information visant à améliorer la compréhension de la ciguatera et ainsi à lever le voile sur les croyances traditionnelles devraient être menées en Océanie. C'est probablement la mesure de gestion la plus efficace, celle qui permet d'espérer une diminution du risque d'intoxication. Quoi qu'il en soit, ces campagnes de sensibilisation devraient s'accompagner d'autres approches de gestion, par exemple celles suggérées par Lewis en 1994 :

- Interdiction de capturer ou de commercialiser certaines espèces de poissons réputés pour être fortement ciguatoxiques ;
- Interdiction de capturer ou de commercialiser des poissons provenant de certains endroits (où le risque ciguatérique est élevé) ;
- Recommandation de consommer de petites portions (moins de 50 g) d'un poisson donné ;
- Interdiction de pêcher des poissons de taille supérieure à un certain seuil (l'efficacité de ces interdictions n'étant pas avérée).

management approaches, such as those suggested by Lewis (1994) which include:

- Bans on the capture or trade of certain well known highly ciguatoxic fish species;
- Bans on the capture or trade of fish from locations determined to be high-risk;
- Recommendations to consume small (<50 g) portions of any one fish;
- Bans on fish over a certain size (though the effectiveness of these bans is not well documented).

A good programme for raising awareness has two important components. Firstly, the information, or content of the awareness materials, needs to be accurate and suitably written for the target audience, and secondly, the delivery mechanism should be appropriate to ensure the information reaches the target audience.

SPC and the French Institute of Research for Development (IRD) have developed some education materials on ciguatera fish poisoning targeted at the general public. To date, the materials include a brochure, a poster and this book. The brochure gives a simple explanation of ciguatera fish poisoning, its cause, and ways of detecting it and avoiding it. Besides the original English and French versions, the brochure has been translated into Kiribati, Niuean, Tuvaluan, Bislama and Marshallese. The poster also targets the general public but uses a more visual approach with pictures showing how the cause of ciguatera is passed up through the food chain. This book also targets the general public, especially those who are keen to learn more about ciguatera fish poisoning. It is expected to be used as a reference book in schools by teachers and senior students and also in a more practical sense as an important reference book for fisheries officers, doctors and health workers directly involved in ciguatera related activities.

WHAT IS CIGUATERA ?

Ciguatera is a particular type of food poisoning caused by eating tropical reef fish. Ciguatera fish poisoning has been known for centuries; it is widespread in all intertropical regions where there are coral reefs, and it has a major impact on the economies of islands.

4 - Symptoms

Signs of ciguatera poisoning usually start anywhere from 2 to 12 hours after eating ciguatoxic fish.
The most common signs are:

- Nausea, vomiting, diarrhoea, stomach pains;
- A numb or "prickly" feeling around your lips, nose, hands, feet and skin;
- A burning sensation when you touch cold water;
- Pain in your muscles and joints;
- Headaches, tiredness, sweating, shivering;
- Itchiness;
- Slow pulse with normal temperature.

Several cases, which are infrequent, can cause paralysis, coma and death.

You can get ciguatera more than once. The poisoning gets worse and you have a greater chance of showing the symptoms each time.
A poisonous fish eaten by two or more people may therefore make only one person sick.

5 - Treatment

There is still no treatment for ciguatera. Your doctor can prescribe remedies to relieve discomfort or pain.
Many traditional remedies are also used and some have been proven to work.

3 - Toxic fish

Toxic fish do not look, smell or taste different from safe fish. The bigger they are, the more toxin they contain and the greater the risk of poisoning. The liver and head contain much more toxin than the flesh. Cooking, freezing, smoking or salting does not make fish safe to eat. The species that can give you ciguatera vary from place to place.

2 - Food chain

Herbivorous fish "graze" on these algae and are eaten by carnivorous fish. The toxin is passed on in this way and builds up through the food chain. Eating toxic fish from any part of the food chain can poison humans but poisoning is often more severe higher up the food chain.

1 - Where does ciguatera come from ?

Ciguatera comes from naturally occurring microscopic algae that often bloom on reefs damaged by natural events such as cyclones or by human activity.

Illustration Marika TORTELLER - Colour by Jean Richard LISIAK

To minimise the risk, the following precautions can be taken

- Avoid eating species of fish locally blamed for fish poisoning (do not hesitate to ask local fishers);
- Only eat small specimens of each species;
- Clean the fish thoroughly; do not eat the viscera, liver, head or eggs;
- Do not rely on popular detection methods;
- After suffering from ciguatera fish poisoning, avoid fish, other kinds of seafood and meat for at least a month; alcohol and hazelnuts should also be avoided.

Produced with financial assistance from France

SPC Secretariat of the Pacific Community

IRD Information / Communication IRD Noumea Centre - June 2001

Pour être efficace, un programme de sensibilisation doit comporter deux grands volets. Tout d'abord, les informations ou le contenu des supports d'information doivent être précis et formulés dans un style adapté au public ciblé ; en second lieu, les moyens de transmission des informations doivent être de nature à atteindre le public visé.

La CPS et l'Institut de recherche pour le développement (IRD) ont élaboré des supports d'information concernant l'intoxication ciguatérique qui s'adressent au grand public. Pour l'instant, il s'agit d'une brochure, d'une affiche et du présent ouvrage. La brochure (page 69) explique très simplement ce qu'est l'empoisonnement ciguatérique, les méthodes de détection et les moyens de l'éviter. Outre les versions anglaise (originale) et française, il existe des traductions en fidjien, en langues de Niue, de Tuvalu, des Îles Marshall et en bichlamar. L'affiche vise aussi le grand public mais fait appel à une approche plus graphique et essaie d'illustrer par des images la manière dont l'agent porteur de la toxine responsable de la ciguatera entre dans la chaîne alimentaire. Le présent ouvrage s'adresse aussi au grand public, mais surtout aux personnes qui souhaitent en apprendre davantage sur l'intoxication ciguatérique. C'est un ouvrage de référence destiné aux professeurs des écoles et aux étudiants plus avancés et, plus concrètement, aux agents des services des pêches, aux médecins et aux professionnels de la santé qui exercent des activités en rapport direct avec la ciguatera.

Dans le monde entier, on admet la nécessité de mettre le grand public en garde contre les risques d'intoxication ciguatérique (voir les exemples de l'océan Indien). Cela se traduit par de nombreuses tentatives d'élaboration d'affiches et de petites brochures d'information dans les pays où la ciguatera pose un problème. Dans certains pays, ces supports de sensibilisation sont rédigés en langue vernaculaire ; tel est le cas aux Îles Cook, à Tuvalu, à Kiribati et à Hawaii.

D'autres moyens d'information devraient être envisagés, notamment les médias (presse locale,

The need to improve general public awareness of ciguatera fish poisoning is recognized worldwide (see examples below from the Indian Ocean). This is reflected in the many attempts to produce posters and small information booklets in countries where ciguatera fish poisoning is a problem. In some of these countries, the information is produced in the local language, such as in the Cook Islands, Tuvalu, Kiribati, and Hawaii.

Other delivery mechanisms that should be considered include local newspapers, radio or television. These mechanisms are especially efficient for delivering new information and giving feedback.

Technical workshops are important, especially for improving the awareness of those people directly involved with ciguatera fish poisoning, such as fisheries officers and health workers including doctors. The workshops are a good way of informing these people about the latest developments, such as new scientific findings, as well as in training them in the use of new assessment or monitoring tools.

radio ou télévision), particulièrement importants et efficaces pour véhiculer les commentaires et les nouvelles informations.

Des ateliers techniques permettent, quant à eux, d'informer les personnes qui ont directement affaire à l'intoxication ciguatérique, notamment les agents des services des pêches et les professionnels de la santé, y compris les médecins. C'est un bon moyen de leur communiquer les dernières avancées de la science et de leur apprendre à se servir des nouveaux outils d'évaluation ou de surveillance.

À l'échelon local, des réunions auxquelles la population peut participer directement sont très efficaces dans la mesure où elles permettent d'obtenir rapidement des commentaires sur l'intérêt suscité par les supports d'information qui ont été mis en circulation. En faisant participer la communauté à des activités de surveillance simples – par exemple l'affichage d'une carte, sur le panneau d'information du village, indiquant le nombre de cas d'intoxication signalés dans les différentes zones récifales, ainsi que la liste des espèces toxiques, et la mise à jour régulière de cette carte par les membres de la communauté eux-mêmes –, la population peut se rendre compte de la nécessité d'une surveillance et gérer elle-même la situation en matière d'intoxication ciguatérique.

Comment se procurer des exemplaires de ces supports d'information sur la ciguatera ?

En écrivant à la CPS ou en les téléchargeant depuis le site web de la CPS :
http://www.spc.int/coastfish

At the grass roots level, community meetings are very effective in distributing information and getting quick feedback on the effectiveness of the information materials that have been circulated. It is also a good idea to involve the community actively in simple monitoring activities. For example, a map on the community noticeboard, showing the number of reported cases of fish poisoning from different reef areas together with a list of the fish species responsible, could be updated regularly by community members. This would give the community a good appreciation of the need for monitoring as well as help them manage their own ciguatera fish poisoning situation.

How to get copies of the ciguatera information described above

Write to SPC, or download it from SPC's web site at:
http://www.spc.int/coastfish

Bibliographie

References

References

Bibliographie

Adachi R. and Fukuyo Y. 1979. The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus gen. et sp. nov.* collected in a ciguatera endemic area. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 45:67–71.

Amade P. and Laurent D. 1991a. Screening of traditional remedies used in ciguatera fish poisoning treatment. Recent advances in toxinology research. (Gopalakrishnakone P. and Tan C.K. eds.) 2:503–508.

Amade P. and Laurent D. 1991b. Ciguatera et remèdes traditionnels. Actes du IIIe symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique de la région Pacifique-Asie, Nouméa. 327–333.

Angibaud G., Levêque J.M., Laurent D. and Gaultier C. 2000. Manifestations neurologiques consécutives à la consommation d'un coquillage du lagon calédonien. Revue de Neurologie 156(1):65–66.

Bagnis R. 1979. L'ichtyosarcotoxisme de type ciguatera en Nouvelle-Calédonie. Aspects cliniques et épidémiologiques. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique 27(1):17–19.

Bagnis R. 1992. Ciguatera in French Polynesian islands: of coral, fish, and men. Bulletin de la Société Pathologique Exotique 85:412–414.

Bagnis R., Chanteau S., Chungue E., Hurtel J.M., Yasumoto T. and Inoue A. 1980. Origins of ciguatera fish poisoning: a new dinoflagellate Adachi and Fukuyo, definitely involved as a causal agent. Toxicon 8(2):199–208.

Bagnis R., Chanteau S. and Yasumoto T. 1977. Découverte d'un agent étiologique vraisemblable de la ciguatera. Comptes rendus de l'Académie des Sciences 28(1):105–108.

Bagnis R., Kuberski T. and Laugier S. 1979. Clinical observations on 3009 cases of ciguatera (fish poisoning) in the South Pacific. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 28(6):1067–1073.

Bagnis R., Spielgel A., N'guyen L. et Plichart R. 1991. Trente ans de surveillance sanitaire et épidémiologique de la ciguatera à Tahiti. Actes du IIIe symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique de la région Pacifique-Asie, Nouméa. 335–338.

Banner A.H., Scheuer P.J., Sasaki S., Helfrich P. and Alender C.M.B. 1960. Observations on ciguatera-type toxin in fish. Annals of the New York Academy of Sciences 90:770–787.

Benoit E., Juzans P., Legrand A.M. and Molgo J. 1996. Nodal swelling produced by ciguatoxin-induced selective activation of sodium channels in myelinated nerve fibres. Neuroscience 71(4):1121–1131.

Benoit E., Laurent D., Mattei C., Legrand A.M. and Molgo J. 2000. Reversal of Pacific ciguatoxin-1B effects on myelinated axons by agents used in ciguatera treatment. Cybium 24(3):33–40.

Bidard J.N., Vijverberg H.P.M., Freln C., Chungue E., Legrand A.M., Bagnis R. and Lazdunski M. 1984. Ciguatoxin is a novel type of Na+ channel toxin. Journal of Biological Chemistry 259(13):8353–8357.

Blythe D.G., De Sylva D.P., Fleming L.E., Ayyar D.R., Baden D. and Schrank K. 1992. Clinical experience with IV mannitol in the treatment of ciguatera. Bulletin de la Société Pathologique Exotique 85:425–426.

Bourdy G., Cabalion P., Amade P., Laurent D. 1992. Traditional remedies used in the Western Pacific for the treatment of ciguatera poisoning. Journal of Ethnopharmacology 36:163–174.

Boydron R., Laurent D. et Sauviat M-P. 2001. Un test biologique destiné à identifier les principes actifs des plantes utilisées comme remèdes traditionnels contre l'intoxication ciguatérique. Explorer, exploiter les toxines et maîtriser les organismes producteurs. Edts Elsevier 63–66.

Boydron R., Sauviat M-P, Benoit E., Molgo J. and Laurent D. 2002. Hemolysis inhibition assay for activity assessment of traditional remedies used in New Caledonia to treat ciguatera fish poisoning. Regional Training Workshop on Marine Toxins, Suva, Fiji Islands.

Capra M. 1992. Ciguatera research at the Queensland University of Technology. South Pacific Commission Ciguatera Information Bulletin 2:4–6.

Capra M. et Cameron J. 1985. Les effets de la ciguatoxine sur les nerfs des mammifères. Proceedings of the 5th International Coral Reef Congress, Tahiti, 4:457–461.

Chanteau S., Bagnis R. et Yasumoto T. 1976. Purification de la ciguatoxine de la loche *Epinephelus microdon* (Bleecker). Biochimie 58:1149–1151.

Chinain M., Germain M., Deparis X., Pauillac S. and Legrand A.M. 1999. Seasonal abundance and toxicity of the dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae), the causative agent of ciguatera in Tahiti, French Polynesia. Marine Biology, 135:259–267.

Dalzell P. 1992. Ciguatera fish poisoning and fisheries development in the South Pacific region. Bulletin de la Société Pathologique Exotique 85:435–444.

Dawson J.M. 1977. Fish poisoning in American Samoa. Hawai'i Medical Journal, 36(8):239–243.

De Haro L., Hayek-Lanthois M., Joossen F., Affaton M.-F. and Jouglard J. 1997. Intoxication collective ciguatérique après ingestion d'un barracuda au Mexique: Déductions pronostique et thérapeutique. Médecine Tropicale 57:55–58.

Gillespie N.C., Lewis R.J., Pearn J.H., Bourke A.T.C., Holmes M.J., Bourke J.B. and Shields W.J. 1986. Ciguatera in Australia. Occurrence, clinical features, pathophysiology and management. The Medical Journal of Australia 145:584–590.

Habermehl G.G., Krebs H.C., Rasoanaivo P. and Ramialiharisoa A. 1994. Severe ciguatera poisoning in Madagascar: A case report. Toxicon 32(12):1539–1542.

Halstead B.W. 1978. Poisonous and venomous marine animals of the world. Revised edition, Darwin Press, Princeton. 1168 p.

Hamilton B., Hurbungs M., Vernoux J.-P., Jones A. and Lewis R.J. 2002a. Isolation and characterisation of Indian Ocean ciguatoxin. Toxicon 40(6):685–693.

Hamilton B., Hurbungs M., Jones A. and Lewis R.J. 2002b. Multiple ciguatoxins present in Indian Ocean reef fish. Toxicon 40(9):1347–1353.

Hirama M., Oishi T., Uehara H., Inoue M., Maruyama M., Oguri H. and Satake M. 2001. Total synthesis of ciguatoxin CTX3C. Science 294:1904–1907.

Hokama Y. 1985. A rapid simplified enzyme immnoassay stick test for the detection of ciguatoxin and related polyethers from fish tissues. Toxicon 23(6):939–946.

Hokama Y., Asahina A. Y., Shang E. S., Hong T. W. and Shirai J. L. 1993. Evaluation of the Hawaiian reef fishes with the solid phase immunobead assay. Journal of Clinical Laboratory Analysis 7:26–30.

Hokama Y., Takenaka W.E., Nishimura K.L., Ebesu J.S.M. 1998. A simple membrane immunobead assay for detecting ciguatoxin and related polyethers from human ciguatera intoxication and natural reef fishes. Journal of AOAC International 81(4):727–735.

Holmes M.J., Lewis R.J., Poli M.A. and Gillespie N.C. 1991. Strain dependent production of ciguatoxin precursors (Gambiertoxins) by *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae) in culture. Toxicon 29(6):761–775.

Joh Y., and Scheuer P.J. 1986. The chemical nature of scaritoxine. Marine Fisheries Review 48(4):19–22.

Kaly U.L., Jones G.P. and Tricklebank K. 1991. Preliminary assessment of a severe outbreak of ciguatera at Niutao, Tuvalu. South Pacific Journal of Natural Science 11:62–81.

Lange W.R., Kreider S.D., Hattwick M.M.D. and Hobbs J. 1988. Potential benefit of tocainide in the treatment of ciguatera. Report on three cases. The American Journal of Medicine 84:1087–1088.

Lange W.R., Lipkin K.M., Yang G.C. 1989. Can ciguatera be a sexually transmitted disease? Journal of Toxicology – Clinical Toxicology 27(3):193–197.

Laurent D., Bourdy G., Amade P., Cabalion P. et Bourret D. 1993. La gratte (ou ciguatera) ; ses remèdes traditionnels dans le Pacifique Sud. Collection Didactiques, Paris: ORSTOM Éditions.

Laurent D., Joannot P., Amade P., Maesse P., and Colmet-Daage B. 1992. Knowledge on ciguatera in Noumea. Bulletin de la Société Pathologique Exotique 85:520.

Lee C. 1980. Fish poisoning with particular reference to ciguatera. Journal of Tropical Medicine and Hygiene 83:93–97.

Legrand A.M., Cruchet P., Bagnis R., Murata M., Ishibashi Y. and Yasumoto T. 1990. Chromatographic and spectral evidence for the presence of multiple ciguatera toxins. In: Toxic marine phytoplankton (Graneli E., Sundström B., Edler L., Anderson D.M., eds.) New York: 374–378.

Legrand A.M., Fukui M., Cruchet P., Ishibashi Y. and Yasumoto T. 1991. Characterization of ciguatoxins from different fish species and wild *G. toxicus*. Proceedings of the 3rd International Conference on Ciguatera, Puerto Rico.

Legrand A.M., Fukui M., Cruchet P. and Yasumoto T. 1992. Progress on chemical knowledge of ciguatoxins. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique 85(5 Pt 2):467–469.

Legrand A.M., Lotte C., and Bagnis R. 1985. Effets respiratoires et cardiovasculaires de la ciguatoxine chez le chat. Action antagoniste de l'hexamethonium, l'atropine, le propanolol, la phentolamine, la yohimbine, la prazocine, le verapamil, le calcium et la lidocaïne. Proceedings of the 5th International Coral Reef Congress, Tahiti, 4:463–466.

Lehane L., and Lewis R.J. 2000. Ciguatera: recent advances but the risk remains. International Journal of Food Microbiology 61:91–125.

Lewis R.J. 1988. Negative inotropic and arrhythmic effects of high doses of ciguatoxin on guinea pig atria and papillary muscles. Toxicon 26:639–649.

Lewis R.J. 1992. Ciguatoxins are potent ichthyotoxins. Toxicon 30(2):207–212.

Lewis R.J. 2000. Ciguatera management. SPC Live Reef Fish Trade Bulletin 7:11–13.

Lewis R.J. 2001. The changing face of ciguatera. Toxicon 39:97–106.

Lewis R.J. and Endean R. 1984. Ciguatoxin from the flesh and viscera of the barracuda *Sphyraena jello*. Toxicon 22(5):805–810.

Lewis R.J., Jones A., Vernoux J.P. 1999. HPLC/Tandem electrospray mass spectrometry for the determination of sub-ppb levels of Pacific and Caribbean ciguatoxins in crude extracts of fish. Analytical Chemistry 71(1):247-250.

Lewis R.J., Molgo J. and Adams D.J. 2000. Ciguatoxins: Pharmacology of toxins involved in ciguatera and related marine poisonings. In: Seafood and Freshwater Toxins (Botana, L. ed.), Seafood. Marcel Dekker, New York. 419–447.

Lewis R.J. and Sellin M. 1992. Multiple ciguatoxins in the flesh of fishes. Toxicon 30(8):915–919.

Lewis R.J., Sellin M., Poll M.A., Norton R.S., MacLeod J.K. and Sheil M.M. 1991. Purification and characterization of ciguatoxins from moray eel (*Lycodontis javanicus*, Muraenidae). Toxicon 29(9):1115–1127.

Lewis R.J., Vernoux J.P. and Brereton J.P. 1998. Structure of Caribbean ciguatoxin isolated from *Caranx latus*. Journal of the American Chemical Society, 120:5914–5920.

Lombet A., Bidard J.N. and Ladzunski M. 1987. Ciguatoxin and brevetoxin share a common receptor site on the neuronal voltage dependent Na+ channel. Federation of European Biochemical Society Letters 219(2):355–359.

Manger R.L., Leja L.S., Lee S.Y., Hungerford J.M., Hokama Y., Dickey R.W., Granade H.R., Lewis R.J., Yasumoto T. and Wekell M. 1995. Detection of sodium channel toxins: directed cytotoxicity assays of purified ciguatoxins, brevetoxins, saxitoxins, and seafood extracts. Journal of AOAC International 78(2):521–527.

Moerenhout J.A. 1837. Voyages aux îles du Grand Océan. Berthrand A., Paris.

Morrison J. Journal of James Morrison, boats wain's mate of the Bounty. Published in 1935 by Golden Cockrell Press. London:129–130.

Murata M., Legrand A.M., Ishibashi Y. and Yasumoto T. 1989. Structures of ciguatoxin and its congeners. Journal of the American Chemical Society 111:8929–8931.

Murata M., Naoki H., Iwashita T., Matsunaga S., Sasaki M., Yokohama A. and Yasumoto T. 1993. Structure of maïtotoxin. Journal of American Chemical Society, 115:2060–2062.

Ohizumi Y. 1987. Pharmacological actions of the marine toxins, ciguatoxin and maitotoxin, isolated from poisonous fish. Biological Bulletin 172:132–136.

Palafox N.A., Jain L.G., Pinazo A.Z., Gulick T.M., Williams R.K. and Schatz I.J. 1988. Successful treatment of ciguatera fish poisoning with intravenous mannitol. Journal of the American Medical Association 259(18):2740–2742.

Park D.L. 1992. Rapid facile solid-phase immunobead assay for screening ciguatoxic fish in the market place. Bulletin de la Société Pathologique Exotique 85:504-507.

Pearn J. H. 1973. Patients' subjective interpretation of risks offered in genetic counseling. Journal of Medical Genetics 10:129–134.

Pearn J. H. 1977. The subjective interpretation of medical risks. Medikon 5:5–8.

Pompon A. and Bagnis R. 1984. Ciguatera: un procédé rapide d'extraction de la ciguatoxine. Toxicon 22(3):479–482.

Quod J.P. 1989. Les empoisonnements par poissons tropicaux à La Réunion. Edité par l'Association pour la Recherche et la Technologie à La Réunion, Saint-Denis.

Ruff T.A. and Lewis R.J. 1994. Clinical aspects of ciguatera: an overview. Memoirs of the Queensland Museum 34:609–619.

Russell F. E. and Egan N. B. 1991. Ciguateric fishes, ciguatoxin (CTX) and ciguatera poisoning. Journal of Toxicology – Toxin Reviews 10:37–62.

Scheuer P.J., Takahashi W., Tsutsumi J. and Yoshida T. 1967. Ciguatoxin: isolation and chemical nature. Science 155(3767):1267–1268.

Senecal P.E., and Osterloh J.D. 1991. Normal fetal outcome after maternal ciguateric toxin exposure in the second trimester. Clinical Toxicology 29(4):473–478.

Sorokin M. 1975. Ciguatera poisoning in North-West Viti Levu, Fiji Islands. Hawai'i Medical Journal 34(6):207-210.

Tachibana K. 1980. Structural studies on marine toxins. PhD dissertation, University of Hawai'i.

Tachibana K., Scheuer P.J., Tsukitani Y., Kikuchi H., Van Engen D., Clardy J., Gopichand Y. and Schmitz F.J. 1981. Okadaic acid, a cytotoxic polyether from two marine sponges of the genus *Halichondria*. Journal of the American Chemical Society, 103(9):2469–2471.

Tebano T. and McCarthy D. 1984. Ciguatera fish poisoning and the causative organism in the Gilbert Islands, Kiribati. Report of the Atoll Research and Development Unit, University of the South Pacific, 109 p.

Vernoux J.-P. and Lewis R.J. 1997. Isolation and characterization of Caribbean ciguatoxins from the horseeye jack (*Caranx latus*). Toxicon 35(6):889–900.

World Bank. 2000. Cities, seas and storms: managing change in Pacific island economies, Vol. 1. Summary report World Bank, Washington, D.C. 71 pp.

Yasumoto T., and Murata M. 1990. Polyether toxins involved in seafood poisoning. In: Hall S., Strichartz G. (eds). Marine toxins: Origin, structure and molecular pharmacology. American Chemical Society, Washigton D.C. :120–132.

Yasumoto T. and Murata M. 1993. Marine toxins. Chemical Review 93:1897–1909.

Yasumoto T., Nakaijima I., Bagnis R.A. and Adachi R. 1977a. Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 43:1021–1026.

Yasumoto T., Nakaijima I., Chungue E. and Bagnis R.A. 1977b. Toxins in the gut content of parrotfish. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 43(1):69–74.

Yasumoto T., Seino Y., Murakami Y. and Murata M. 1987. Toxins produced by benthic dinoflagellates. Biological Bulletin 172:128–131.

Yeeting B.M. 2002. Densities of *Gambierdiscus* spp. obtained from some algae samples collected from Niue in November 2001. Reef Resources Assessment and Management Technical Paper presented to Niue Fisheries Department. 8 pp.

Yeeting B.M. and James C. 2001. Preliminary assessment of an outbreak of ciguatera at Ujae and Lae Atolls, Republic of the Marshall Islands. Reef Resources Assessment and Management Technical Paper presented to Marshall Islands Marine Resources Authority. 9 pp.

Yokohama A., Murata M., Oshima T., Iwashita T. and Yasumoto T. 1988. Some chemical properties of maitotoxin, a putative calcium channel agonist isolated from a marine dinoflagellate. Journal of Biochemistry 104(2):184–187.

Secrétariat général de la Communauté du Pacifique

FORMULAIRE DE DECLARATION D'UNE INTOXICATION DUE A LA CONSOMMATION DE PRODUITS DE LA MER

Veuillez répondre en détail à toutes les questions. Cochez la case appropriée.

Identité du déclarant

Nom _____ Profession/ titre _____

Adresse _____

Date _____ Signature _____

Identité de la personne intoxiquée

Nom _____ Sexe (M/F) _____ Age _____ ans

Adresse _____

Renseignements sur le produit de la mer qui a provoqué cette intoxication *(Veuillez cocher les cases appropriées)*

Type de produit	Lieu de capture	Mode de conservation	Morceau consommé	Méthode de préparation culinaire
Poisson _____ ❑	Rivière _____ ❑	Frais, sans glace _____ ❑	Tête _____ ❑	Sans préparation (cru) ❑
Crabe _____ ❑	Mangrove _____ ❑	Frais, sur glace _____ ❑	Chair _____ ❑	Mariné _____ ❑
Langouste _____ ❑	Plage _____ ❑	Congelé _____ ❑	Peau _____ ❑	Cuit _____ ❑
Autres crustacés _____ ❑	Pâté corallien _____ ❑	Salé _____ ❑	Foie _____ ❑	
Gastéropode* _____ ❑	Lagon _____ ❑	Séché _____ ❑	Oeufs _____ ❑	**Combien d'autres personnes**
Bivalve* _____ ❑	Récif-barrière _____ ❑	Fumé _____ ❑	Autres organes (précisez)	ont mangé cet aliment ? _____
Autres mollusques ❑	Pleine mer _____ ❑	Saumuré _____ ❑	_____ ❑	ont été malades ? _____
Autres (précisez) _____ ❑	Autres (précisez) _____ ❑	Autres (précisez) _____ ❑	_____ ❑	ont été admises à l'hôpital ? _____
Inconnu _____ ❑	Inconnu _____ ❑	Inconnu _____ ❑	Inconnu _____ ❑	

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 _____ ❑		Picotements au contact de l'eau _____ ❑
Fourmillements ou engourdissement _____ ❑		Goût bizarre dans la bouche _____ ❑
Miction difficile ou douloureuse _____ ❑		Démangeaisons ou rougeurs _____ ❑
Respiration difficile _____ ❑	Salivation excessive _____ ❑	Fièvre ou frissons _____ ❑
Marche difficile _____ ❑	Transpiration excessive _____ ❑	Maux de tête _____ ❑
Difficulté d'élocution _____ ❑	Diarrhées _____ ❑	Douleurs articulaires _____ ❑
Irritation des yeux _____ ❑	Vomissements _____ ❑	Crampes _____ ❑

Renseignements médicaux

Pouls _____ Tension artérielle ___ / _____ Pupilles _____

En cas de décès

Date du décès _____ Conclusions de l'autopsie _____

Autres renseignements _____

Veuillez renvoyer ce formulaire au Secrétariat général de la Communauté du Pacifique,
BP D5, Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie. Tél : +687 262000 ; Fax : +687 263818 ;
Mél : spc@spc.int ; Web : http://www.spc.int

MERCI

Secretariat of the Pacific Community
SEAFOOD POISONING REPORT FORM

Please fill in the answers to the questions completely. Tick the boxes where appropriate.

Details of person filling in report form:

Name_____ Job/ Position_____

Contact address_____

Date: _____ Signature _____

Poisoned person's details:

Name_____ Sex (M/F) _____ Age (yrs) _____

Address_____

Details of the seafood that caused the poisoning: *(tick all the boxes that apply)*

Type of food	Where caught	How preserved	What eaten	How eaten
Fish _____ ❑	River _____ ❑	Fresh, no ice ___ ❑	Head _____ ❑	Unprepared (raw) ❑
Crab_____ ❑	Mangrove ____ ❑	Fresh, iced ___ ❑	Flesh_____ ❑	Marinated_____ ❑
Lobster _____ ❑	Beach _____ ❑	Frozen_____ ❑	Skin _____ ❑	Cooked_____ ❑
Other crustacean ❑	Reef patch ___ ❑	Salted _____ ❑	Liver_____ ❑	
Gastropod* ____ ❑	Lagoon _____ ❑	Dried_____ ❑	Roe_____ ❑	
Bivalve* _____ ❑	Outer reef ____ ❑	Smoked_____ ❑	Other organs	**How many others**
Other mollusc __ ❑	Open sea_____ ❑	Pickled _____ ❑	(specify)	ate this meal? _____
Other (specify)	Other (specify)	Other (specify)	_____ ❑	felt sick?_____
_____ ❑	_____ ❑	_____ ❑	_____ ❑	were admitted_____
Unknown_____ ❑	Unknown ____ ❑	Unknown ____ ❑	Unknown __ ❑	to hospital? _____

What is the local name of the seafood?_____

What is the English name of the seafood?_____

Name of vendor or restaurant (if bought) _____

Name of place it was caught (if known) _____

When was the food eaten? Date _____ Time _____

When did you first feel sick? Date _____ Time _____

* *Gastropods are one-shelled seafoods like snails, trochus, conches, etc.*
Bivalves are two-shelled seafoods like clams, mussels, cockles, oysters, etc.

Symptoms: *(tick all the boxes that apply)*

Burning or pain when touching cold water _____ ❑		Pin pricking sensation on touching water_____ ❑
Tingling or numbness _____ ❑		Strange taste in mouth _____ ❑
Difficulty or pain when urinating_____ ❑		Skin itching or redness _____ ❑
Difficulty in breathing _____ ❑	Excessive salivation _____ ❑	Fever or chills _____ ❑
Difficulty in walking _____ ❑	Excessive sweating_____ ❑	Headache _____ ❑
Difficulty in talking _____ ❑	Diarrhoea _____ ❑	Joint aches _____ ❑
Eye irritation _____ ❑	Vomiting _____ ❑	Muscle cramps_____ ❑

Medical data:

Pulse _____ Blood pressure _____ / _____ Pupils _____

In case of death:

Date of death_____ Autopsy findings _____

_____

Other information _____

Please return this form to: Secretariat of the Pacific Community, P. O. Box D5, 98848 Nouméa Cedex, New Caledonia ;
Tel : +687 2620000 ; Fax : +687 263818 ; E-mail : spc@spc.int ; Web : http://www.spc.int **THANK YOU**

Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique

SAVOIR LOCAL ET DONNEES HISTORIQUES

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE N° /

Identité de l'enquêteur

Nom_____ Profession/titre_____

Adresse _____

Lieu de l'enquête_____ Pays_____

Date_____ Signature _____

Identité de la personne enquêtée (facultatif)

Nom_____ Sexe (M/F)_____ Age _____ans

Communauté d'appartenance _____

Questionnaire *(Cochez les cases appropriées ou remplissez les zones laissées libres à cet effet)*

1) Avez-vous eu connaissance par le passé de cas d'intoxications dus à la consommation de produits de la mer dans votre entourage ? Oui ❑ Non ❑

2) Si oui, êtes-vous en mesure d'évaluer même grossièrement le nombre de ces cas d'intoxications ?
Oui ❑ Non ❑ **Si oui, combien ?**_____

3) Y-a-t-il eu des périodes ou des années où le nombre de cas a été plus important ?
Oui ❑ Non ❑ **Si oui, quand ?**_____
Et comment l'expliquez-vous ?_____
_____
_____

4) Quels sont les symptômes les plus fréquents dont se plaignent les personnes intoxiquées ?

1._____ 2._____ 3._____

4._____ 5._____ 6._____

5) Quels produits de la mer sont réputés être à l'origine des intoxications ?
Poisson ❑ (Si possible, précisez lesquels_____)
Autres ❑ (Si possible, précisez lesquels_____)
Ne sais pas ❑

6) Où se pêchent le plus souvent ces produits de la mer réputés toxiques ?
Pleine mer ❑
Récif barrière : Passe, hoa ❑ Extérieur du récif ❑ Intérieur du récif ❑ Motu ❑
Lagon : Ilot ❑ Récif frangeant ❑ Mangrove ❑ Ne sais pas ❑
(Si possible précisez les lieux-dits ou indiquez-les sur une carte ou un dessin_____
_____)

7) Comment les personnes intoxiquées sont-elles le plus souvent soignées ?
Visite chez le médecin, dispensaire ou hôpital ❑ Médecine traditionnelle ❑ Ne sais pas ❑
Dans le cas de traitements par la médecine traditionnelle, précisez si possible la nature des remèdes utilisés (plantes, etc.) _____

8) Connaissez-vous la ciguatera ? Oui ❑ Non ❑

Veuillez renvoyer ce formulaire au Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique,
BP D5, 98 848 Nouméa CEDEX, Nouvelle-Calédonie. Tel. +687 262000, Fax. +687 263818
Mél : spc@spc.int ; Web : http://www.spc.int

MERCI

Secretariat of the Pacific Community
LOCAL KNOWLEDGE AND BACKGROUND DATA
SURVEY QUESTIONNAIRE No. /

Details of the person filling out the form

Name_____Job/position_____

Contact address _____

Survey site _____Country_____

Date_____Signature _____

Details of the person interviewed (optional)

Name_____Sex (M/F)_____Age _____years

Ethnic group _____

Questionnaire *(Tick the boxes where appropriate or fill in the blank spaces)*

1) Are you aware of any previous cases of food poisoning from seafood products among your family and friend? Yes ❑ No ❑

2) If so, could you give a rough estimate of the number of such cases of food poisoning?
Yes ❑ No ❑ **If yes, how many?**_____

3) Are there been periods or years in which the number of cases has been higher?
Yes ❑ No ❑ **If yes, when?**_____
How would you explain this?_____
_____
_____

4) What are the most frequent symptoms of the people who have such food poisoning?

1._____ 2._____ 3._____

4._____ 5._____ 6._____

5) Which seafood products were supposed to have caused this food poisoning?
Fish ❑ (If possible, indicate exactly what type of fish:)_____
Other ❑ (If possible, indicate exactly what type of seafood product:)_____
Don't know ❑

6) Where are the supposedly toxic seafood products most often caught?
Open sea ❑
Barrier reef: Pass, hoa (area submerged at high tide) ❑ Outside the reef ❑ Inside the reef ❑
Motu (small islands) ❑
Lagoon : Small island ❑ Fringing reef ❑ Mangrove ❑ Don't know ❑
(If possible, give the place names or draw them on a map or sketch)_____
_____)

7) How were the people poisoned usually cared for? Visit to the doctor, clinic or hospital ❑
Traditional medicine ❑ **Don't know** ❑
In the event of treatment by traditional medicine, explain, if possible, the exact nature of the remedies used (plants, etc.) _____

8) Do you know about ciguatera? Yes ❑ No ❑

Please return this form to: Secretariat of the Pacific Community, P.O. Box D5, 98845 Noumea Cedex, New Caledonia;
Tel: +687 262000; Fax: +687 263818; e-mail: spc@spc.int; Web: http://www.spc.int **THANK YOU**

THE COLLECTION AND PROCESSING OF ALGAE SAMPLES
COLLECTE ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS D'ALGUES

Matériel de prise d'échantillons sur le terrain : tamis, cylindre gradué, sacs plastique à échantillons, flacons à échantillons et formaline.

Field sampling equipment – sieves, measuring cylinder, plastic sample bags, sample bottles and formalin.

Prélevez les échantillons d'algues dans la zone intertidale, sous la laisse de marée basse...

Algae samples are collected from intertidal areas, below the low tide mark...

ou sur les récifs submergés.

... or submerged reefs...

Sélectionnez des espèces d'algues hôtes communes sur vos récifs pour permettre de comparer les différentes zones récifales.
Les algues calcaires telle *Jania* sp., *Amphiroa* sp., *Turbinaria ornata* et *Halimeda* sp. sont connues pour être de bons hôtes.

Select a suitable host algae species that is commonly found on your reefs and that will allow accurate comparison of reef areas.
Calcareous algae such as *Jania* sp., *Amphiroa* sp., *Turbinaria ornata* and *Halimeda* sp. are good hosts.

THE COLLECTION AND PROCESSING OF ALGAE SAMPLES
COLLECTE ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS D'ALGUES

Turbinaria sp.

Turbinaria sp.

Prélevez à la main environ 250 g (deux poignées) de l'algue hôte que vous avez sélectionnée.

Collect by hand about 250 g (a couple of handfuls) of the selected host algae.

Prélevez au moins deux échantillons sur chaque site.

At least 2 replicate samples should be collected from a sampling site.

Placez chaque échantillon de 250 g dans un sac en plastique pour le traiter plus tard.

Put approximately 250 g in the plastic sampling bags for processing later.

THE COLLECTION AND PROCESSING OF ALGAE SAMPLES
COLLECTE ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS D'ALGUES

Pesez 100 g d'algues de chaque échantillon, et mettez-les ensuite dans un sac en plastique avec 500 ml d'eau de mer filtrée à 38 microns.

Weigh out 100 g of each sample that you collected and place the 100 g in a 1 litre plastic bag together with 500 ml filtered (38 micron) seawater.

Fermez hermétiquement le sac en plastique et secouez-le énergiquement pendant 2 minutes, soit environ 250 fois.

Seal the plastic bag tightly and shake the sample and the filtered seawater vigorously for 2 minutes (about 250 shakes)

Filtrez le contenu des sacs en plastique avec un tamis de 250 µ, puis un tamis de 160 µ et, finalement, avec un tamis de 38 µ.

Sieve the contents of the plastic bag through first a 250 micron mesh sieve, then a 160 micron sieve and finally a 38 micron sieve

Avec de l'eau de mer filtrée, lavez le résidu qui se trouve sur le tamis de 38 µ dans un flacon de 50 ml correctement étiqueté.

Wash the residue (using filtered seawater) on the 38 micron mesh sieve into an appropriately labeled 50 ml vial.

Ajoutez 5 ml de formaline dans le flacon de 50 ml.

Bouchez le flacon et conservez-le pendant quelques jours pour laisser l'échantillon décanter avant de procéder au comptage.

Add 5 ml concentrated formalin to the residue in the 50 ml vial.

Close the cap and store to let the sample settle for a few days before the counting stage.

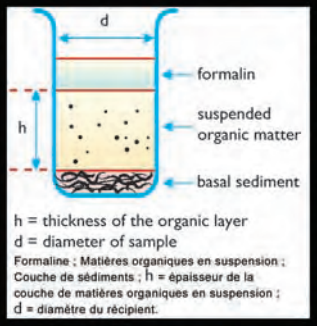
Comptage des cellules de *Gambierdiscus* spp. dans les échantillons.

Matériel : microscope binoculaire, lamelles, pipette de 0,1 ml, vernier (de 0,1 mm de précision)

Counting the number of *Gambierdiscus* spp. cells in samples

Equipment: binocular microscope, counting slide, 0.1 ml pipette, vernier callipers (correct to 0.1 mm)

Une fois décantés, les échantillons présentent trois couches : une couche de sédiments au fond, une couche de particules organiques en suspension, et une couche supérieure composée d'eau et de formaline. En évitant de secouer l'échantillon, mesurez l'épaisseur de la couche de matières organiques avec le vernier.



Settled residue samples consist of three layers, a basal sediment layer, a layer of partially suspended organic matter and an uppermost layer of formalin and seawater solution. Before disturbing the settled samples, measure and record the thickness of the primarily organic layer using the Vernier callipers.

Avec une micropipette, extrayez un sous-échantillon de 0,1 ml de la couche de matières organiques en suspension et déposez-le sur la grille de comptage.

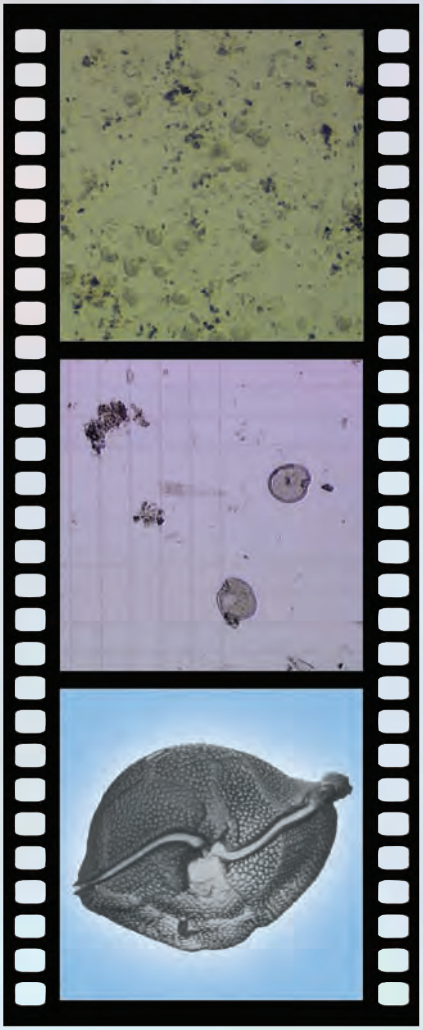
Using the micropipette extract a 0.1 ml subsample of the primarily organic layer and transfer onto the microscope counting slide.

Placez la grille de comptage sous le microscope binoculaire et comptez systématiquement les *Gambierdiscus* spp. et notez-en le nombre. Répétez le comptage trois fois pour chaque sous-échantillon. Il est recommandé d'extraire trois sous-échantillons de 0,1 ml de chaque échantillon.

Cellules de *Gambierdiscus* spp. vues au microscope inversé (faible grossissement).

Deux cellules de *Gambierdiscus* spp. vues au microscope inversé (grossissement plus fort).

Vue au microscope électronique d'un *Gambierdiscus* spp. montrant le noyau dur et les plaques épithécales.



Place the counting slide under the binocular microscope and scan across the counting slide systematically, counting and recording the number of *Gambierdiscus* spp. For each subsample, three replicate counts should be made (take at least three 0.1 ml subsamples from each sample).

A low power microscope view of a sample showing cells of *Gambierdiscus* spp.

A higher power microscope view of a sample showing two *Gambierdiscus* spp. cells.

An electronic microscopic view of *Gambierdiscus* spp. showing the apical core and epithecal plates.