

# BIOLOGIE CLINIQUE

## Evaluation de la ciguatoxicité de poissons des Antilles par les bioessais souris et poussin.

I. Pottier & J. P. Vernoux

Laboratoire de microbiologie alimentaire U.S.C.INRA, Université de Caen, Esplanade de la Paix, 14032 Caen cedex, France.

Manuscrit n°2444. "Biologie clinique". Reçu le 18 juin 2002. Accepté le 26 novembre 2002.

**Summary:** Study of the ciguatoxicity of Caribbean fishes by mouse bioassay and chick feeding test.

Ciguatera is a common seafood poisoning in Western Atlantic and French West Indies. Ciguatera fish poisoning in the Caribbean is a public health problem. A toxicological study was carried out on 178 Caribbean fish specimens (26 species) captured off Guadeloupe and Saint Barthelemy between 1993 and 1999. The mouse bioassay and the chick feeding test were used to control fish edibility. Ciguatoxins presence was assumed when symptomatology was typical of ciguatera in mouse and chick. Fishes were classified in three groups: non toxic fish (edible), low toxic fish (not edible) and toxic fish (not edible). 75% of fishes were non toxic. Toxic fish specimens belonged to four families of high trophic level carnivores: Carangidae, Lutjanidae, Serranidae et Sphyraenidae. Percentages of toxic fishes to humans reached 55% for *Caranx latus* and 33% for *Caranx bartholomaei* and *Caranx lugubris*. Only a significant correlation between weight and toxicity was only found for *C. latus* and snappers. Small carnivorous groupers (Serranidae) were also toxic. Atoxic fish species were (a) pelagic fish (*Coryphaena hippurus*, *Auxis thazard* and *Euthynnus pelamis*), (b) invertebrates feeders (*Malacanthus plumieri*, *Balistes vetula*), (c) small high-risk fish or (d) fish of edible benthic fish families. Liver of four fishes (*Mycteroperca venenosa*, *Caranx bartholomaei*, *Seriola rivoliana*, *Gymnothorax funebris*) contained ciguatoxins at a significant level although their flesh was safe. This study confirms the usefulness of mouse and chick bioassays for sanitary control of fish.

fish  
ciguatera  
bioassay  
toxicity  
mouse  
chick  
Caribbean

**Résumé :**

La ciguatera est une intoxication alimentaire fréquente dans l'Atlantique ouest et les Antilles françaises. Une étude toxicologique sur souris et poussins a été réalisée avec 178 spécimens de poissons (26 espèces), pêchés en Guadeloupe et dépendances de 1993 à 1999. Globalement 75 % de ces spécimens sont atoxiques. Dans les 25 % restants, les spécimens toxiques appartiennent à quatre familles de poissons carnivores de haut niveau trophique : Carangidae, Lutjanidae, Serranidae et Sphyraenidae. Les pourcentages de poissons toxiques pour l'homme s'élèvent à 55 % chez *Caranx latus* et à 33 % chez *Caranx bartholomaei* et *Caranx lugubris*. Une corrélation significative entre le poids et la toxicité a été trouvée seulement pour l'espèce *C. latus* et pour les lutjans toutes espèces confondues. Les poissons carnivores de petite taille appartenant à différentes espèces de Serranidae ont montré une toxicité. Les espèces atoxiques de notre étude sont (a) des poissons pélagiques (*Coryphaena hippurus*, *Auxis thazard* et *Euthynnus pelamis*), (b) des petits mangeurs d'invertébrés ou des microphages (*Malacanthus plumieri*, *Balistes vetula*), (c) des poissons appartenant à des espèces à risque mais de petite taille ou (d) des poissons appartenant à des familles habituellement comestibles. Il a été démontré que le foie de quatre poissons (*Mycteroperca venenosa*, *Caranx bartholomaei*, *Seriola rivoliana*, *Gymnothorax funebris*), dont la chair est par ailleurs comestible, pouvait contenir des ciguatoxines à des niveaux non négligeables. Cette étude confirme l'utilité de ces bioessais pour déterminer la comestibilité des poissons des Antilles.

poisson  
ciguatera  
toxicité  
bioessai  
souris  
poussin  
Antilles  
Caraïbes

### Introduction

La ciguatera est une intoxication alimentaire provoquée par la consommation de poissons tropicaux appartenant à des espèces habituellement comestibles. Elle affecte en moyenne 25 000 personnes par an dans le monde (22). Dans l'Océan Atlantique, les poissons ciguatoxiques sont pêchés des côtes de la Floride à la Martinique, avec un épïcêtre entre Porto Rico et Saint-Barthélemy. Aux Antilles françaises, un arrêté préfectoral réglemente la pêche des poissons dans les eaux de

la Guadeloupe (N° 2002-1249 du 19 août 2002). Pourtant, l'endémie est permanente et elle est estimée à 21 cas pour 10 000 habitants par année de 1997 à 1999 (16). Les consommations enfreignant la réglementation restent fréquentes, probablement à cause du caractère sporadique de la ciguatoxicité pisciaire (très variable d'un spécimen à l'autre) et de la forte valeur culinaire des poissons à risque. L'intoxication ciguatérique se déclare au plus dans les 12 h après la consommation d'un poisson ciguatoxique. Elle est caractérisée par un tableau clinique abondamment décrit dans la

littérature. Il est composé essentiellement de symptômes digestifs précoces, de signes neurologiques persistants et parfois d'atteintes cardio-vasculaires transitoires (19).

La biogenèse de la ciguatera est associée à la prolifération d'une microalgue, le Dinoflagellé toxique *Gambierdiscus toxicus* producteur des gambiertoxines (1, 24, 33). Ces toxines sont, dans un premier temps, ingérées par les poissons herbivores. Ceux-ci sont à leur tour consommés par de gros carnivores qui accumulent, dans leur chair, ces toxines probablement biotransformées qui deviennent des ciguatoxines (9, 19, 21). Cependant, les études toxicologiques confirment l'absence de ciguatoxines chez les herbivores des Antilles alors que, chez les microphages consommateurs d'invertébrés et les poissons carnivores, la ciguatoxicité varie selon les espèces avec un pic de toxicité pour les carangues, les lutjans et les barracudas (3, 23, 30).

La principale ciguatoxine de la Caraïbe (C-CTX-1) a été isolée de carangues gros yeux *Caranx latus* (31). Elle diffère à plus de 50 % de celle du Pacifique. Elle a été identifiée par RMN (11), puis dosée par HPLC/MS ou par HPLC/MS/MS chez différentes espèces avec, dans certains cas, d'autres composés de type ciguatoxine (10, 11, 17, 18). Au niveau de la réglementation, les techniques d'évaluation de la toxicité des phycotoxines, comme les ciguatoxines, sont à l'heure actuelle principalement basées sur des tests biologiques, en particulier sur le bioessai souris (5). Ainsi, la détermination de la comestibilité d'un poisson tropical se fait par le bioessai souris à partir de 50 g de chair du poisson (26), mais aussi par le bioessai poussin sur le foie du poisson (29). Ce dernier bioessai est particulièrement recommandé sur le terrain car c'est un test simple ne nécessitant pas l'extraction des ciguatoxines avec différents solvants.

Le travail présenté est une étude toxicologique réalisée afin d'évaluer la ciguatoxicité de 178 poissons pêchés aux Antilles Françaises en utilisant le bioessai souris. Le foie de certains poissons a également été testé par le bioessai poussin puisque les taux de toxines sont plus élevés dans le foie et les viscères que dans la chair (32).

## Matériel et méthodes

Les poissons étudiés ont été pêchés par des professionnels Lou par des amateurs, dans les eaux côtières de Saint-Barthélemy et de Guadeloupe (mer des Caraïbes ou Océan Atlantique) lors de 3 campagnes: 1993-1994, 1997-1998 et 1999. Les poissons sont congelés sur place, puis envoyés en l'état à Caen. Après prélèvement d'une quantité de chair adéquate, la toxicité de chacun des poissons est évaluée par le bioessai souris.

### Bioessai sur souris

#### Préparation de l'extrait liposoluble

1 volume de chair hachée (50g) est mélangé à l'Ultra-turrax T25 pendant 3 min avec 2 volumes (soit 100 ml) de méthanol à température ambiante. L'ensemble est filtré sur un verre fritté n° 4. Le gâteau ainsi obtenu est mélangé une seconde fois pendant 2 min dans les mêmes conditions. Après réunion, le filtrat hydrométhanolique 80 % est lavé avec le même volume d'hexane qui sera éliminé. Le même volume d'eau distillée est ajouté à la phase hydrométhanolique récupérée. Ce mélange hydrométhanolique à 40 % est ensuite extrait à deux reprises avec un volume identique d'éther diéthylique. Les phases étherées sont rassemblées et évaporées à sec sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif (Büchi RE 120). Le résidu est dissout dans 2 ml de méthanol 80 % puis extrait avec 2 ml d'hexane qui seront éliminés. La phase inférieure hydromé-

thanolique est évaporée jusqu'à l'obtention d'un résidu sec qui est ensuite conservé à -20 °C.

Le résidu obtenu après extraction est dissout dans du Tween 60 1% (2 ml) et injecté par voie intra-péritonéale à deux souris Swiss mâles de 20 g (élevage Depré, Bourges) pour un poisson.

La dose injectée à chacune des deux souris permet de tester une USg/g de chair, elle équivaut donc à 1g équivalent chair/g de souris. Une USg ou unité souris-gramme est définie comme étant la quantité de toxines capable de tuer un gramme de souris en 24 h dans des conditions létales minimales (26).

### Symptômes observés chez la souris

La symptomatologie provoquée par les ciguatoxines est très caractéristique chez la souris: diarrhée, dyspnée, larmolement et hypersalivation. Cependant, seule la cyanose du sexe, allant parfois jusqu'au priapisme, permet de différencier avec certitude les ciguatoxines des autres phycotoxines car elle constitue le symptôme caractéristique des ciguatoxines de poisson (26).

### Interprétation des résultats du bioessai sur souris

L'interprétation semi-quantitative du bioessai souris a été établie pour les ciguatoxines antillaises (26), en tenant compte des effets létaux (temps de survie) ou des effets non létaux (symptomatologie plus ou moins prononcée ou inexistante). Un intervalle de toxicité ou une équivalence vis-à-vis de la valeur seuil testée 1 USg/g est estimé (tableau I).

Tableau I.

Détermination de la comestibilité d'un poisson par bioessai souris (d'après 26) et classement des poissons par groupe en fonction de la toxicité chez la souris.  
Determination of fish edibility by the mouse bioassay and classification by group of toxicity.

chez la souris	chez l'homme	chez le poisson	
mortalité* souris	toxicité (USg/g)	comestibilité déduite	groupes de toxicité
0/2	< 0.5	comestible	G1: non toxique
1/2	0.5 à < 1	non comestible	G2: toxique faible
2/2	1	non comestible	G3: toxique fort

\*observée après injection de 1g équivalent chair/g de souris

Une valeur de toxicité plus précise peut être également déterminée en testant, dans un second temps, des doses plus faibles. Mais ceci n'est possible que dans les cas où: (i) la quantité de chair au départ est prise volontairement supérieure à 50 g, (ii) les souris utilisées ont un poids de 16-18g, (iii) les deux souris sont injectées avec un décalage d'une heure pour repérer les poissons très toxiques grâce à la première souris et moduler ainsi les injections suivantes.

Après avoir déterminé la toxicité de la chair de chacun des spécimens, les poissons ont été classés en 3 groupes: G1, G2 et G3 en fonction du niveau de toxicité (tableau I).

### Bioessai sur poussin

#### Préparation de l'échantillon

Le foie du poisson est cuit au bain-marie pendant 15 min dans un sachet hermétique. Puis, il est mélangé à l'ultra-turrax T25 avec de l'eau (5 % du poids du foie) jusqu'à homogénéité de l'échantillon. Après avoir noté le poids du poussin (entre 80 et 150g) et l'heure, la bouillie ainsi préparée est injectée dans le jabot d'un poussin par une seringue munie d'un tube en plastique semi-rigide. La quantité injectée équivaut à 10 % du poids du poussin.

### Symptômes observés chez le poussin et interprétation des résultats

Chez le poussin, les symptômes sont observés pendant 48 h après l'injection de la préparation, le poids du poussin est noté après 24 et 48 h de suivi. Les symptômes sont la perte

d'appétit, la perte de poids, la modification de la température corporelle et l'hypersalivation qui, très caractéristique, semble être le symptôme principal (29). Le tableau II présente les symptômes observés en relation avec le degré d'intoxication.

Tableau II.

Quantification de l'atteinte ciguatérique chez le poussin (27).  
Interpretation of the chick feeding test.

degré d'intoxication	symptômes chez le poussin
0	pas de réponse visible, température normale (39° à 40°C)
+1	perte d'activité, mastication fréquente (hypersalivation), paupières lourdes, température abaissée et arrêt de la croissance
+2	aucun réflexe de fuite, jabot mou et dilaté (hypersalivation), perte totale d'appétit
+3	démarche chancelante, refus de boire, difficultés respiratoires
+4	station debout impossible, dyspnée, température très abaissée (33° à 34°C)
+5	mort

## Résultats et discussion

**Variation de la toxicité en fonction de la campagne de pêche**  
Au total, 178 poissons appartenant à 26 espèces différentes, ont été étudiés. Ces spécimens ont été capturés dans les eaux de la Guadeloupe proprement dite ou de Saint-Barthélemy pour la plupart. Ils ont été pêchés au cours des trois campagnes de pêche suivantes: 1993-1994 (79 poissons), 1997-1998 (45 poissons) et 1999 (54 poissons). La répartition par groupe de toxicité au cours de ces trois campagnes de pêche réunies, toutes espèces confondues, montre que 75 % des poissons sont comestibles pour l'homme, 11 % sont de toxicité faible et 14 % sont fortement toxiques (tableau III). Quelle que soit la campagne de pêche, le pourcentage de poissons non toxiques pour l'homme est le plus important et varie de 53 à 86% par campagne. Les poissons de toxicité faible (0,5-1 USg/g) sont peu représentés pour chacune des campagnes, respectivement 6, 20 et 11% (tableau III). Les poissons de toxicité forte pour l'homme (> 1 USg/g) représentent 8 à 27 % des poissons testés par campagne. Le pourcentage de poissons à risque pour l'homme est le plus élevé pour la campagne 1997-1998 avec 47 % de poissons de toxicité (> 0,5 USg/g) contre 14 et 22 % pour les campagnes 1993-1994 et 1999.

### Variation de la toxicité en fonction des espèces

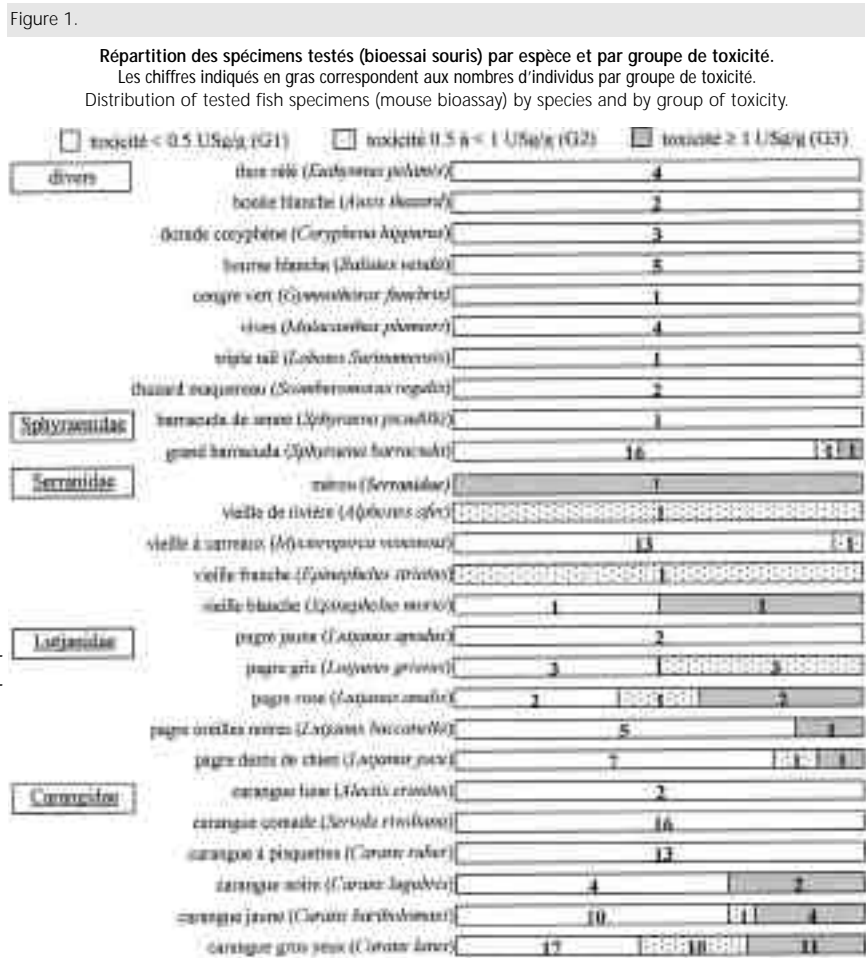
Les 26 espèces de poissons antillais sont répertoriées dans la figure 1 avec, pour chaque espèce, la répartition par groupe de toxicité. Les espèces de poissons dont la chair d'au moins un spécimen appartient au groupe G3 (toxicité > 1 USg/g) font partie des familles de haut niveau trophique (*Carangidae*, *Lutjanidae*, *Serranidae* et *Sphyraenidae*) déjà mentionnées à de nombreuses reprises dans la littérature (17-19). Parmi les 38 carangues gros yeux (*C. latus*) testées, 29 % sont ciguatoxiques et 26 % sont de toxicité faible, soit au total 55 % de poissons non comestibles par l'homme. Avec respectivement 33 % de spécimens non comestibles, les carangues jaunes (*C. bartholomaei*) et les carangues noires

(*C. lugubris*) constituent également des espèces à fort risque de ciguatera. Trois espèces de *Lutjanidae*, le pagre dent de chien (*L. jocu*), le pagre oreilles noires (*L. buccanella*) et le pagre rose (*L. analis*) sont ciguatoxiques. Entre 25 et 60 % des spécimens de pagres sont non comestibles et la toxicité maximale observée est > 1,33 USg/g. Parmi les *Serranidae*, les toxicités maximales, respectivement à > 1,33 et 1 USg/g, ont été observées pour une vieille blanche (*Epinephelus morio*) et un spécimen d'espèce non identifiée (mais appartenant à cette famille). Parmi nos échantillons, seuls 2 barracudas sur 18 ont montré une ciguatoxicité à risque pour l'homme (0,5 USg/g). L'un d'entre eux est d'ailleurs à l'origine d'une intoxication ciguatérique en Guadeloupe, sa toxicité a été évaluée à 15 USg/g. *Sphyraena barracuda* est connue dans toute la zone atlantique comme étant l'une des espèces les plus dangereuses (4, 30) mais cette dose de ciguatoxines est exceptionnelle chez un poisson. Les valeurs généralement observées pour les poissons les plus toxiques des Antilles ou du Pacifique se situent entre 3 et 4 USg/g au maximum, quelle que soit l'espèce (17-19, 25).

Tableau III.

Répartition des spécimens de poissons pêchés en Guadeloupe au cours de 3 campagnes de pêche, par groupe de toxicité et pourcentage correspondant par campagne.  
Distribution of Caribbean fish specimens, pooled by group of toxicity and by percentage.

groupe de toxicité	nb de spécimens (en %)			
	3 campagnes réunies	par campagne		
		1993-1994	1997-1998	1999
G1	134 (75%)	68 (86%)	24 (53%)	42 (78%)
G2	20 (11%)	5 (6%)	9 (20%)	6 (11%)
G3	24 (14%)	6 (8%)	12 (27%)	6 (11%)
nb total poissons	178	79	45	54



Les espèces de toxicité faible, i.e. pouvant provoquer une intoxication ciguatérique en fonction des consommateurs et des doses ingérées, appartiennent soit à la famille des *Serranidae* avec la vieille franche (*E. striatus*), la vieille de rivière (*A. afer*) et la vieille à carreaux ou "capitaine z'ailes jaunes" (*M. venenosa*), soit à la famille des *Lujanidae* avec le pagre gris (*L. griseus*).

Parmi la famille des Carangidés, aucun spécimen à risque n'a été retrouvé chez trois espèces testées: la carangue à pisquettes (*C. ruber*), la carangue comade (*S. rivoliiana*) et la carangue à plumes (*A. crinitus*). Les carangues à pisquettes sont rarement considérées comme espèce à risque, excepté lorsqu'elles sont pêchées à la ligne ou dans les casiers, selon les pêcheurs de Saint-Barthélémy (2). La carangue comade est habituellement consommée sans restriction à Saint-Barthélémy (2) et peut être confondue avec la carangue babiane *S. dumerili*. Cette dernière est connue pour être fortement ciguatoxique dans la Caraïbe (15, 30) et surtout responsable, d'après les populations locales, de la perte de cheveux et des poils lors d'un empoisonnement. Le spécimen de carangue à plumes ou carangue lune (*A. crinitus*) testé ne contenait pas de ciguatoxines, mais cette espèce a déjà été décrite comme source de ciguatoxines (25). Chez les lutjans, seuls deux spécimens de pagres jaunes (*L. apodus*) ont été testés. Ces deux pagres sont atoxiques, ce qui peut s'expliquer par leur faible poids (0,500 et 1,450 kg). Deux poissons carnivores de haut niveau trophique se sont révélés atoxiques: un barracuda de senne (*S. picudilla*) et un congre vert (*G. funebris*). Les quelques échantillons de poissons pélagiques comme les dorades coryphènes (*C. hippurus*), les bonites blanches (*A. thazard*) et les thons rélés (*E. pelamis*) testés n'ont montré aucune toxicité chez la souris. De même, les cinq spécimens de bourses blanches (*B. vetula*) et les quatre lots de vives (*M. plumieri*), petits poissons au régime alimentaire constitué d'invertébrés, se sont avérés atoxiques. Pourtant, ces espèces de bas niveaux trophiques ont déjà été identifiées comme étant à risque (4, 18).

#### Variation de la toxicité en fonction du poids du spécimen

Chez les espèces les plus représentées, une relation entre le poids des spécimens et leur toxicité a été recherchée par le test de Pearson. Une corrélation significative existe entre le poids et la toxicité chez *C. latus* (N = 38, r = 0,487, p < 0,001). Ces résultats concordent avec des travaux antérieurs sur *C. latus* (30). Une corrélation significative a été également trouvée chez les lutjans toutes espèces confondues (N = 28, r = 0,565, p < 0,01). À l'opposé, aucune corrélation n'apparaît chez la carangue jaune (*C. bartholomaei*) (N = 14, r = - 0,144, p = 0,623) et chez le barracuda (N = 18, r = 0,129, p = 0,635). Il faut cependant relativiser les résultats concernant les barracudas car 16 d'entre eux (sur les 18 testés) sont atoxiques.

#### Résultats des tests sur poussins et comparaison avec le bioessai sur souris

Les 10 poissons testés ont une chair de toxicité faible, voire nulle, d'après le test souris. La correspondance entre le test souris et le test poussin est observée chez 7 poissons sur 10 (tableau IV). À l'inverse, 3 poissons dont une vieille à carreaux, une carangue jaune et un congre vert (dont les chairs ont été estimées respectivement à 0,25, <0,5 et 0,5 USg/g) ont des foies toxiques pour le poussin à +3 pour les deux premiers et +5 pour le congre vert avec, pour ce dernier, un effet très rapide indicateur d'une très forte toxicité.

Ces expériences mettent en évidence la présence de ciguatoxines dans le foie de spécimens dont la chair est atoxique,

Tableau IV.

Résultats des bioessais sur poussins effectués sur 10 poissons de la Caraïbe et comparaison avec le bioessai sur souris.  
Results of the chick feeding tests for 10 Caribbean fishes and comparison with the mouse bioassay.

poisson	test poussin sur le foie de poisson symptômes observés	poids (%) à 24 h à 48 h	* toxicité	toxicité souris de la chair (USg/g)
carangue lune	-	+20	0	0,35
vieille franche	-	+47	0	0,5
triple tail	-	+47 +35	0	0,25
vieille à carreaux	station debout difficile	-26 -2	+3	0,25
carangue jaune	se déplace, T =39°C	+7 -2	0	< 0,25
carangue jaune	démarche difficile, T =37°C, hypersalivation	0 -7	+3	< 0,5
barracuda	-	+36 +38	0	< 0,5
carangue comade	-	+12 +8	0	< 0,5
carangue comade	39°C, peu réactif	+3 -5	0/+1	< 0,25
congre vert	décès en 24 h	- -	+5	0,5

\*le gain (+) ou la perte (-) de poids sont exprimés en pourcentage par rapport au poids du poussin à t = 0, i.e. au moment de l'injection de la préparation.

en particulier une vieille à carreaux (*M. venenosa*), une carangue jaune (*C. bartholomaei*) et un congre vert (*G. funebris*). Il a déjà été démontré que les contenus toxiques sont les plus importants dans le foie et les viscères des poissons ciguatoxiques (ce qui implique que si les viscères ne sont pas toxiques, la chair ne l'est jamais non plus) (8, 28). Cependant, la limite de sensibilité chez le poussin étant de 1,5 USg/g, les foies d'une toxicité inférieure à cette valeur ne sont donc pas positifs même s'ils restent plus contaminés que la chair par unité de poids. L'atotoxicité de la chair d'un poisson ne signifie donc pas qu'il n'appartient pas à la chaîne alimentaire ciguatérigène puisque, si les viscères sont ciguatérigènes, on ne peut exclure la présence de ciguatoxines dans la chair, à des doses faibles sub-symptomatologiques.

Dans le cas de *G. funebris*, la très forte concentration de ciguatoxines dans le foie et les viscères a été mise à profit pour purifier la principale ciguatoxine du Pacifique à partir de ces tissus et déterminer sa structure par RMN (12, 13). Elle explique aussi le tableau ciguatérique sévère constaté (7).

## Conclusion

Le bioessai souris a permis d'étudier la ciguatoxicité de 178 poissons pêchés aux Antilles françaises. Les familles de haut niveau trophique, *Carangidae*, *Lutjanidae*, *Serranidae* et *Sphyraenidae*, restent dangereuses pour l'homme. Si l'on classe les différentes espèces étudiées par rapport aux risques d'intoxication encourus, ceux-ci sont importants avec les *Carangidae* et les *Lutjanidae*. La carangue gros yeux est l'espèce de référence aux Antilles avec 55 % de spécimens à risque. Par contre, avec les *Sphyraenidae*, le risque est moins élevé en nombre mais il est majeur en toxicité, en particulier avec *S. barracuda*. En effet, quand ils sont toxiques, les spécimens de cette espèce peuvent atteindre des niveaux de toxicité très élevés. Curieusement, alors que la chair de murène est atoxique, son foie est très toxique. Les viscères de cette espèce pourraient donc être utilisées aux Antilles pour purifier les ciguatoxines de poissons en grande quantité, comme cela a été fait dans le Pacifique (12, 13). Les poissons consommateurs restent sans risque dans la Caraïbe. Aucune corrélation avec le poids des spécimens n'a pu être mise en évidence, excepté pour l'espèce *C. latus* et les lutjans toutes espèces confondues. Ces travaux confirment donc la nécessité de conserver une réglementation interdisant la pêche de certaines familles de poissons, tout en relativisant l'intérêt d'une législation restrictive en fonction du poids du poisson pêché.

Le bioessai poussin a mis en évidence la contamination des tissus autres que la chair chez le poisson. L'utilisation de ce bioessai pour tester les foies des poissons habituellement comestibles pourrait permettre une étude plus systématique des espèces de bas niveau trophique et faciliter la connaissance de leur participation actuelle à la biogénèse de la ciguatera.

Cette étude a montré l'efficacité des bioessais souris et poussin pour déterminer la comestibilité d'un poisson. Cependant, la surveillance sanitaire et le développement de méthodes de détection et de dosage des ciguatoxines par des méthodes analytiques simples, peu coûteuses et plus précises que ces tests biologiques et de terrain, doivent rester une priorité. Des travaux visant à pallier le manque de méthodes de dosages rapides des ciguatoxines sont en cours (16). L'approche analytique basée sur la chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse a été proposée comme méthode universelle de détection et de dosage des toxines marines, en particulier pour le contrôle sanitaire des produits de la mer au laboratoire (6, 20). Au niveau d'un test utilisable sur le terrain, l'utilisation d'anticorps, bien que prometteuse, n'a toujours pas abouti (14).

#### Remerciements

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier de la Communauté européenne (FEDER) et du Conseil régional de la Guadeloupe. Les auteurs souhaitent remercier M. MAGRAS, M. NICOLLEAU ainsi que les pêcheurs de Saint-Barthélémy et de la Guadeloupe pour la collecte des poissons.

## Références bibliographiques

- BAGNIS R, CHANTEAU S & YASUMOTO T - Découverte d'un agent étiologique vraisemblable de la ciguatera. *CR Acad Sci*, 1977, **28**, 105-108.
- BOURDEAU P - *Epidémiologie de la ciguatera aux Antilles, Plateau de Saint Barthelemy Saint-Martin et Anguilla. Etude entre 1985 et 1986*. Rapport IFREMER-ENVA N° 84/3303, 1986.
- BOURDEAU P - *Etude des poissons ciguatoxiqes et de la ciguatera aux Antilles Françaises : épidémiologie sur le plateau de Saint-Barthélémy, Saint-Martin et Anguilla*. Thèse de doctorat de l'Université d'Orsay (Paris sud), 1988.
- BOURDEAU P - Ciguatoxic fish in the French West Indies. *Bull Soc Pathol Exot*, 1992, **85**, 415-418.
- DRAGACCI S & BELIN C - La réglementation et la surveillance. FRÉMY JM & LASSUS P (Eds), *Toxines d'algues dans l'alimentation*. Ifremer Editions, Plouzané, France, 2001, pp. 527-544.
- DRAISCI R, PALLESCHI L, GIANNETTI L, JAMES KJ, BISHOP AG et al. - New approach to the direct detection of known and new diarrhoeic shellfish toxins in mussels and phytoplankton by liquid chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A*, 1999, **847**, 213-221.
- GEISTDOEFER P & GOYFFON M - Animaux aquatiques dangereux., *Encycl Méd Chir, Toxicologie-Pathologie professionnelle*, 1991, pp. 16.
- HELFRICH P, PIYAKARNCHANA T & MILES P - Ciguatera fish poisoning. 1: The ecology of ciguateric reef fishes in the Line Island. *Occ Pap Bernice P Bishop Mus*, 1968, **23**, 305-370.
- LEWIS RJ & HOLMES MJ - Origin and transfer of toxins involved in ciguatera. *Comp Biochem Physiol*, 1993, **106C**, 615-628.
- LEWIS RJ, JONES A, VERNOUX JP & MARQUAIS M - Sensitive detection of multiple ciguatoxins by HPLC/MS. In: REGUERA B, BLANCO J, FERNÁNDEZ ML & WYATT T (Eds), *Proceedings of the VIII<sup>th</sup> International Conference on Harmful Algae*, Vigo, Spain. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 1998, pp. 523-524.
- LEWIS RJ, VERNOUX JP & BRERETON IM - Structure of Caribbean ciguatoxin isolated from *Caranx latus*. *J Am Chem Soc*, 1998, **120**, 5914-5920.
- MURATA M, LEGRAND AM, ISHIBASHI Y, FUKUI M & YASUMOTO T - Structures and configurations of ciguatoxin from the moray eel *Gymnothorax javanicus* and its likely precursor from the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*. *J Am Chem Soc*, 1990, **112**, 4380-4386.
- MURATA M, LEGRAND AM, ISHIBASHI Y & YASUMOTO T - Structures of ciguatoxin and its congener. *J Am Chem Soc*, 1989, **111**, 8929-8931.
- NAAR J - *Stratégie pour le développement d'outils immunochimiques spécifiques des ciguatoxines : modélisation de la préparation de conjugués immunogènes haptène lipidique-protéine et production d'anticorps polyclonaux et monoclonaux dirigés contre les brévétotoxines*. Thèse d'Université pour le diplôme de docteur 3<sup>ème</sup> cycle, Université Aix-Marseille II, 1999.
- POLI MA, LEWIS RJ, DICKEY RW, MUSSER SM, BUCKNER CA & CARPENTER LG - Identification of Caribbean ciguatoxins as the cause of an outbreak of fish poisoning among U.S. soldiers in Haiti. *Toxicon*, 1997, **35**, 733-741.
- POTTIER I - *La ciguatera aux Antilles : épidémiologie, analyse de la C-CTX-1 et étude de la diversité des ciguatoxines dans les poissons toxicophores*. Thèse d'Université pour le diplôme de Docteur 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Caen, 2002.
- POTTIER I, VERNOUX JP, JONES A & LEWIS RJ - Characterisation of multiple Caribbean ciguatoxins and congeners in individual specimens of horse-eye jacks (*Caranx latus*) by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Toxica*, 2002, **40**, 929-939.
- POTTIER I, VERNOUX JP, JONES A & LEWIS RJ - Presence of multiple Caribbean ciguatoxins in fishes involved in fish poisoning in Guadeloupe (French West Indies). *Food Addit Contam*, 2002, **19**, 1034-1042.
- POTTIER I, VERNOUX JP & LEWIS RJ - Ciguatera fish poisoning in the Caribbean islands and Western Atlantic. *Rev Environ Contam Toxicol*, 2001, **168**, 99-141.
- QUILLIAM MA - Phycotoxins. *Journal of AOAC International*, 1999, **82**, 773-781.
- RANDALL JE - A review of ciguatera tropical fish poisoning with a tentative explanation of its cause. *Bull Mar Sci Gulf Caribb*, 1958, **8**, 236-267.
- RUFF TA & LEWIS RJ - Clinical aspects of ciguatera : an overview. *Mem Old Mus*, 1994, **34**, 609-619.
- TOSTESON TR, BALLANTINE DL & DURST HD - Seasonal frequency of ciguatoxic barracuda in Southwest Puerto Rico. *Toxicol*, 1988, **26**, 795-801.
- VERNOUX JP - *L'ichtyosarcotoxisme de type ciguatera aux Antilles et en Polynésie Française : tests de ciguatoxicité et chaîne trophique ciguaterigène*. Thèse d'Université N°899, Bordeaux I, France, 1981.
- VERNOUX JP - La ciguatera dans l'île de Saint Barthélémy : aspects épidémiologiques, toxicologiques et préventifs. *Oceanol Acta*, 1988, **11**, 37-46.
- VERNOUX JP - The mouse ciguatoxin bioassay : directions for use to control fish for consumption. *Mem Old Mus*, 1994, **34**, 625-629.
- VERNOUX JP & LAHLOU N - Contrôle biologique de la ciguatoxine chez le poussin : analyse des symptômes induits et de la toxicité d'extraits de poissons ciguatoxiqes de l'île de Saint-Barthélémy. *Bull Soc Pathol Exot*, 1986, **79**, 140-146.
- VERNOUX JP, LAHLOU N, ABBAD EL ANDALOUSSI S, RIYECH N & MAGRAS LP - A study of the distribution of ciguatoxin in individual Caribbean fish. *Acta Trop*, 1985, **42**, 225-233.
- VERNOUX JP, LAHLOU N, MAGRAS LP & GREAU JB - Chick feeding test : a simple system to detect ciguatoxin. *Acta Trop*, 1985, **42**, 235-240.
- VERNOUX JP & LEJEUNE J - Ciguatera in the French West Indies. *Mem Old Mus*, 1994, **34**, 631-638.
- VERNOUX JP & LEWIS RJ - Isolation and characterisation of Caribbean ciguatoxins from the horse-eye jack (*Caranx latus*). *Toxica*, 1997, **35**, 889-900.
- VERNOUX JP & TALHA F - Fractionation and purification of some muscular and visceral ciguatoxins extracted from Caribbean fish. *Comp Biochem Physiol*, 1989, **94B**, 499-504.
- YASUMOTO T, NAKAJIMA I, BAGNIS R & ADACHI R - Finding a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1977, **43**, 1021-1026.