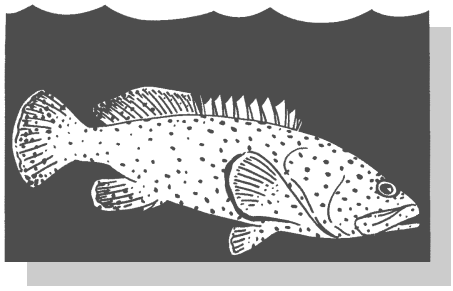

info
ressources marines et commercialisation

Effets du cyanure sur le corail (I)

par Ross J. Jones [1]

Les numéros figurant en caractères gras entre parenthèses renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Le cyanure est utilisé dans les zones coralliennes pour capturer vivants les poissons tropicaux destinés aux aquariums et au marché en pleine croissance de la restauration dans les pays d'Asie du Sud-Est **(22)**. Afin d'étudier les effets de la pêche au cyanure sur l'environnement, on a placé de petits fragments de corail dur de l'espèce *Pocillopora damicornis* pendant des durées variables dans une série de solutions dosées à différentes concentrations de cyanure. On a constaté la mort du corail aux concentrations les plus élevées, la perte des algues symbiotiques (zooxanthelles), suivie d'une décoloration ou "blanchiment" à des doses moyennes et, aux concentrations les plus faibles, la perte d'une partie des zooxanthelles, sans décoloration. On a mesuré avec un respiromètre spécialement adapté au corail l'échange respiratoire de *P. damicornis* et constaté que le ralentissement de 10 à 90 pour cent produit sur l'échange respiratoire par l'exposition aux diverses doses de cyanure disparaissait complètement une à deux heures après transfert du corail dans de l'eau de mer non traitée. Les résultats obtenus, compte tenu des doses de cyanure susceptibles d'être employées par ceux qui pratiquent ce type de pêche sont examinés.

Tous les essais ont été réalisés sur *One-Tree Island* (23°30'S, 152°06'E), une île de la Grande barrière de corail (Australie), en novembre 1995. De petits fragments de *Pocillopora damicornis*[2] ont été exposés à des doses de 10, 1, 0,1 ou 0,01 parties par millier (‰; g • l^{-1}) de cyanure (concentrations nominales) pendant des périodes de 1, 5, 10, 20 ou 30 minutes[3]. Les coraux exposés à 10‰ de cyanure pendant plus de 10 minutes sont morts dans les 24 heures (figure 1). À des concentrations de cyanure moindres et des temps d'exposition plus courts, les coraux ont subi une décoloration, leur couleur brune normale virant au brun clair ou au blanchâtre. L'intensité de la décoloration variait en fonction de la concentration en cyanure et de la durée de l'exposition au poison (figure 1).

La décoloration observée lors de ces essais est qualifiée de "blanchiment" du corail. La couleur brune du corail provient essentiellement des pigments photosynthétiques des zooxanthelles qui vivent en symbiose dans les tissus coralliens. Le blanchiment des coraux peut être dû à la perte des zooxanthelles **(3)**, à une dépigmentation **(4)** ou aux deux phénomènes à la fois **(5)**. Pour préciser la nature du blanchiment, il

1. *Department of Biological Sciences* (Faculté de biologie), Université de Sydney, Sydney, NSW 2006 (Australie). Téléphone : +61 2 93513006; +61 2 93517066; fax : +61 2 93514119. Mél. : rjones@bio.usyd.edu.au

2. Quinze colonies de *Pocillopora damicornis* (brunes écomorphes) **(22)** ont été collectées à des profondeurs de 1 à 2 mètres dans le lagon de *One-Tree Island*. Cent petits fragments de 40 mm ont été découpés sur les colonies (environ 5 à 10 fragments par colonie) et insérés dans de petits tubes acryliques qui leur ont servi de support. Tous les coraux ont ensuite été placés dans de l'eau de mer constamment renouvelée pendant 3 à 4 heures avant les essais.

3. La préparation des solutions de cyanure s'est faite juste avant chaque essai avec de l'eau de mer fraîchement recueillie et non filtrée. Un fouet aimanté a servi à agiter le mélange avant et pendant la durée de l'essai. Cinq échantillons d'espèces coralliennes ont été sélectionnés aléatoirement dans le lot des coraux préparés pour l'essai et placés dans un litre de solution pour incubation. Les coraux ont ensuite été transférés pendant 15 à 20 minutes dans un aquarium alimenté par de l'eau de mer courante, puis solidement fixés sur un plateau acrylique placé à 1 ou 2 mètres de profondeur sur le récif. L'étude a porté sur la mortalité, l'état de santé et l'apparence générale des coraux sur une période de 12 jours après incubation, après quoi les coraux ont été congelés pour détermination des densités algaires et des teneurs en chlorophylle.

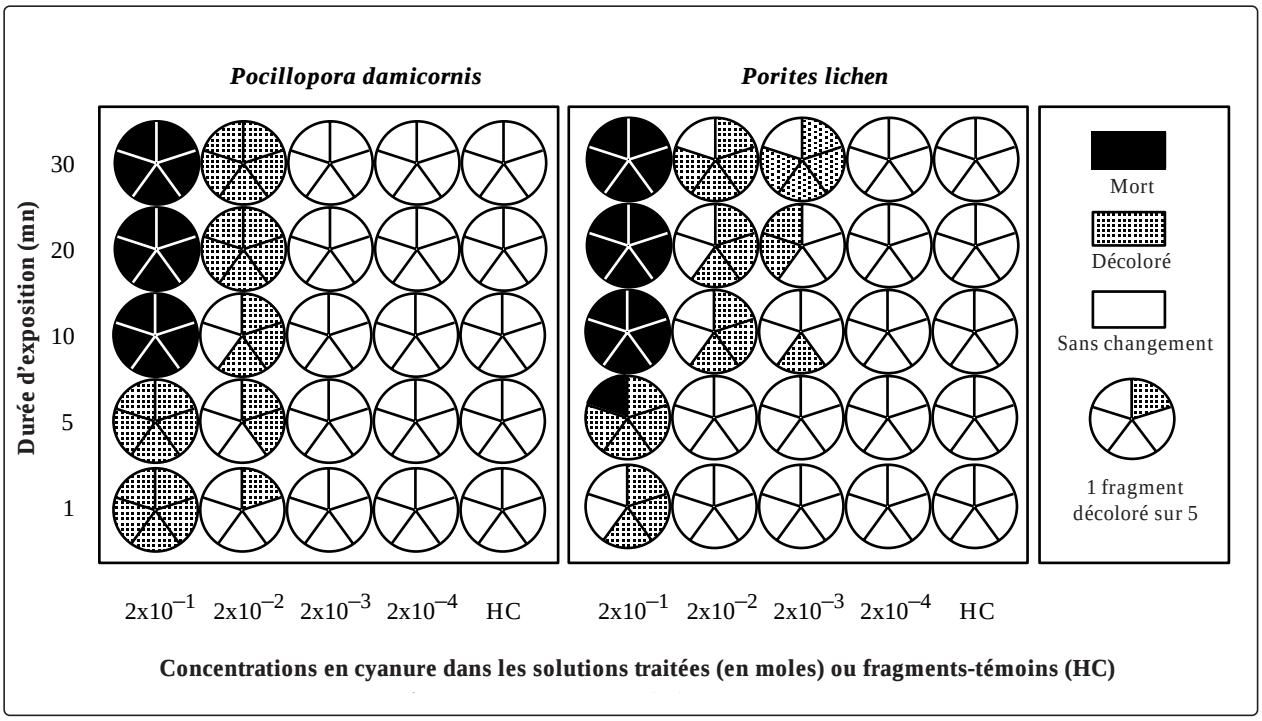

Figure 1

Mortalité et évaluation à vue de la décoloration sur cinq fragments de *Pocillopora damicornis* six jours après exposition à des solutions de cyanure (à des concentrations de 2 x 10^{-1}, 2 x 10^{-2}, 2 x 10^{-3}, 2 x 10^{-4} M pendant 1, 5, 10, 20 ou 30 mn). Les colonies qualifiées de décolorées sont celles dont la couleur a viré au brun pâle ou au blanc. HC = *Handling Controls* (fragments-témoins) (voir texte de la figure 2).

a fallu ensuite déterminer la densité des zooxanthelles ainsi que leur teneur en chlorophylle[4]. Les colonies décolorées ne contenaient plus que 10 à 40 pour cent du nombre de zooxanthelles présentes dans les fragments-témoins (figure 2). Leur teneur en chlorophylle-a n'avait pas diminué (données non reportées sur la figure). Les résultats font apparaître que l'exposition au cyanure a provoqué une dissociation de la symbiose entre le corail et l'algue.

La diminution du nombre de zooxanthelles est la réaction habituelle des coraux face au stress causé par des conditions anormales dans l'environnement **(6)**. Le blanchiment a été observé sur des coraux exposés à la quinaldine, produit chimique utilisé dans la capture des poissons **(7)**, à des métabolites secondaires toxiques des coraux mous **(8)**, à des métaux lourds **(9, 10)**, à une baisse **(11)** ou à une hausse **(12)** de la température de l'eau. La diminution de zooxanthelles est une réponse significative du point de vue écologique qui entraîne une perte du potentiel phototrophique **(5)**, un arrêt ou un ralentissement de la croissance **(5, 13, 14, 15)** et une diminution du taux de reproduction **(16)**. La perte de zooxanthelles peut aussi être une réaction sublétale et de nombreuses observations montrent que des coraux blanchis peuvent être recolonisés par des zooxanthelles et repigmentés **(3, 5, 17)**. Les observations faites au cours des études rapportées ici montrent qu'il a fallu aux coraux un temps de récupération de six mois à un an pour être colonisés de nouveau par les zooxanthelles **(9, 17)**.

Aucune corrélation n'a été trouvée entre l'évaluation à vue de la décoloration du corail (figure 1) et les mesures effectuées sur les densités de population des zooxanthelles (figure 2). En effet, la densité de zooxanthelles, par rapport à celle des fragments-témoins), est largement inférieure dans les coraux exposés à 0,1‰ de cyanure pendant 10, 20 et 30 minutes et dans ceux exposés à 0,01‰ pendant 20 et 30 minutes, mais aucun signe de décoloration n'est apparu. Au vu des résultats, les coraux peuvent donc perdre de 40 à 60 pour cent de leur population de zooxanthelles sans se décolorer. Il avait déjà été constaté lors d'un épisode de blanchiment lié à un changement de température que des colonies de

4. Les coraux ont été nettoyés de leurs tissus grâce à l'envoi d'un jet de 0,45 µ d'eau de mer filtrée par membrane. La densité de zooxanthelles dans l'homogénat de tissu obtenu a été estimée avec un hématocytomètre (8 comptages parallèles) et les teneurs des algues en chlorophylle-a ont été évaluées en procédant à une extraction par solvant (acétone à 90%) et en effectuant les mesures avec un spectrophotomètre **(4)**.

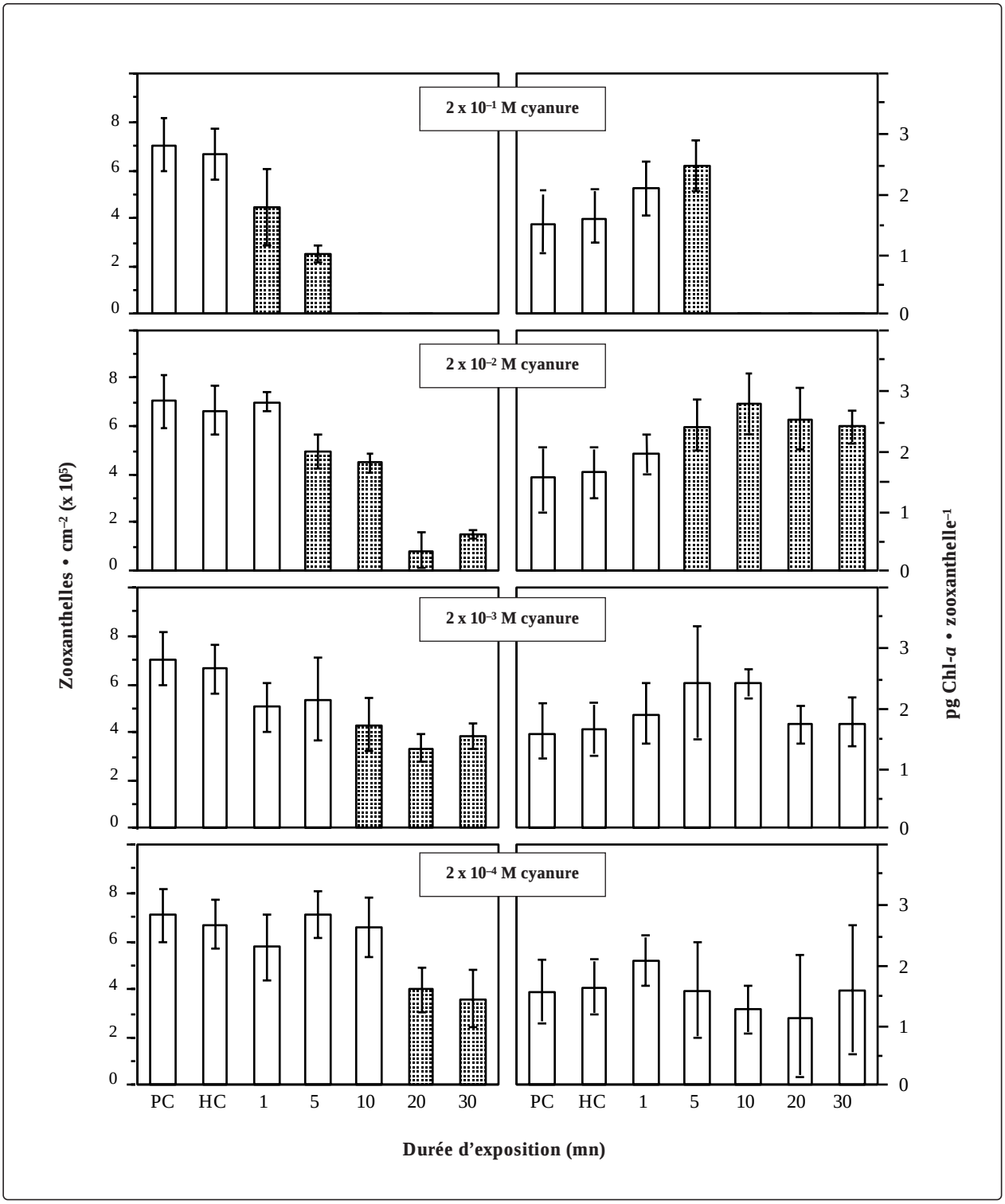

Figure 2

Densité des zooxanthelles (• 10^5 zooxanthelles par cm^2) dans les fragments de *Pocillopora damicornis* 12 jours après exposition à diverses doses de cyanure. PC = *Parent Colony controls* (colonies d'origine-témoins), autrement dit des coraux prélevés de façon aléatoire dans le stock de coraux préalablement préparés et congelés en prévision des essais de toxicité. HC = *Handling Controls* (fragments-témoins), autrement dit des coraux placés dans une solution contenant de l'eau de mer pendant 30 minutes, dans le cadre des essais de toxicité.
Intervalle de confiance = ±95 %, n = 5 fragments de corail. Le test de signification de Dunnett a servi à comparer la nature des différences significatives en comparant les moyennes des fragments traités et des fragments témoins. Les zones grisées correspondent aux différences significatives. Avant d'analyser les données, on a vérifié les hypothèses de normalité (test de Shapiro-Wilks) et l'homogénéité de la variance.

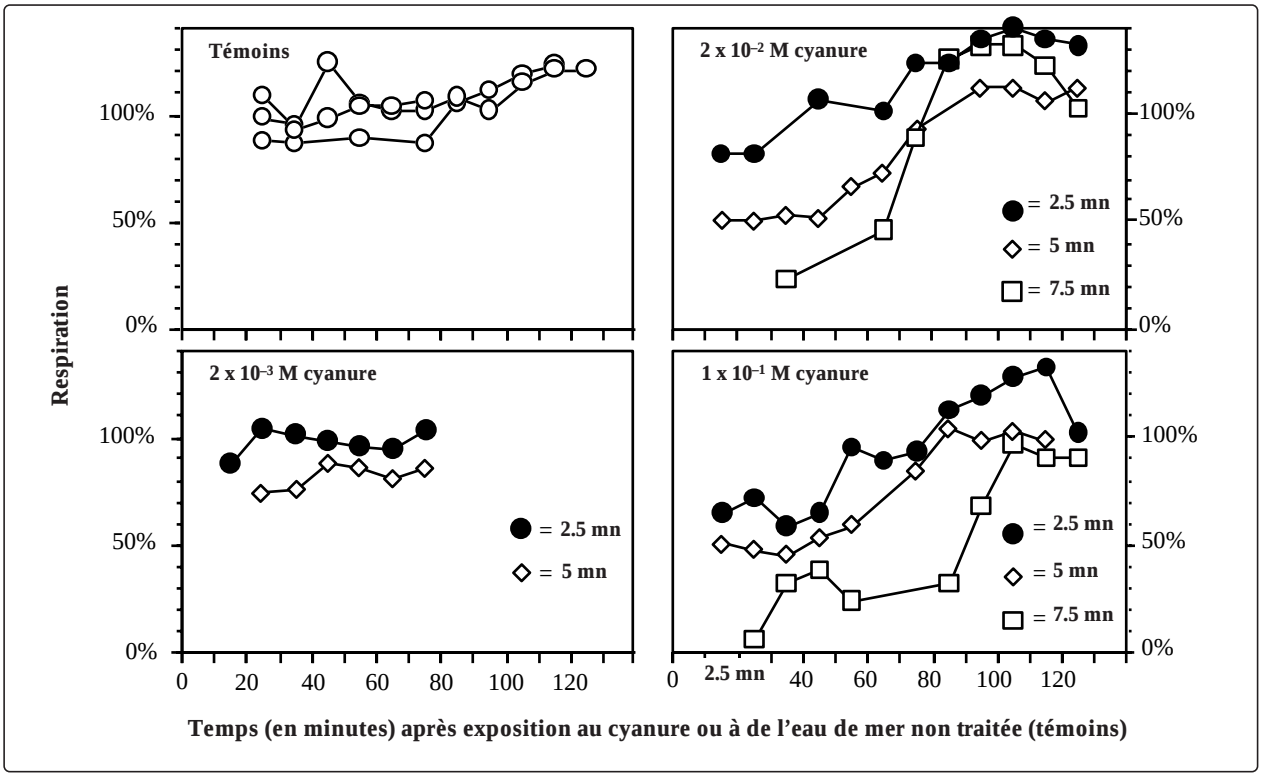

Figure 3

Comparaison entre la consommation d'oxygène (au cours de l'échange respiratoire) de fragments de *Pocillopora damicornis* après trempage dans des solutions dosées au cyanure à 5, 1 et 0,1‰ pendant deux minutes et demie, cinq et sept minutes et demie et celle de fragments-témoins placés dans de l'eau de mer non traitée pendant sept minutes et demie; n = 1 pour chaque courbe (correspondant à un fragment). Les échanges respiratoires sont exprimés en fonction des moyennes déterminées pour chaque fragment de corail sur une période de 1 à 2 heures avant trempage dans les solutions dosées au cyanure (voir note de bas de page no. 6).

cornes de cerf (*Acropora formosa)* ayant perdu de 40 à 50 pour cent de zooxanthelles n'avaient manifesté aucun signe de décoloration **(9)**. Les coraux pourraient donc être affectés par un manque de symbiotes algaires résultant d'une période de stress survenue dans leur milieu naturel ou induite par les manipulations en laboratoire, sans que les effets en soient visibles. Il conviendra d'en tenir compte pour interpréter les résultats des études conduites sur les récifs après des activités de pêche au cyanure ou encore les résultats de nouvelles expériences sur les effets du cyanure sur le corail.

Les effets du cyanure sur l'échange respiratoire ont été mesurés à l'aide d'un respiromètre à quatre compartiments **(18)**. La fréquence de l'échange respiratoire par minute des fragments de *Pocillopora damicornis*[5] a été déterminée avant et après l'exposition à 5‰, 1‰ et 0,1‰ de cyanure pendant deux minutes et demie, cinq minutes et sept minutes et demie[6]. Les coraux ont survécu à tous ces essais malgré un ralentissement de l'échange respiratoire de l'ordre de 80 à 90 pour cent dans certains cas (figure 3). Le temps nécessaire aux coraux pour revenir aux fréquences initiales (précédant l'essai) varie d'une demi-heure à plus d'une heure et demie selon la concentration en cyanure et la durée de l'exposition au poison.

Pour faire le lien entre les études sur la toxicité (figures 1 et 2) et les conditions pratiques de pêche au cyanure, j'ai eu recours à une technique dont on se sert pour évaluer les effets du pétrole (brut ou dispersé chimiquement) sur les organismes marins **(19)**. La concentration en cyanure (en parties par millier (‰)) est multipliée par le temps d'exposition (en minutes) pour donner une dose de cyanure exprimée en "‰-mn", soit par exemple 10‰ pendant 30 minutes = 300 ‰-mn (la plus forte dose d'essai). Les doses de

5. Les essais ont été conduits sur de gros fragments (60 x 60 mm) de colonies de *Pocillopora damicornis* découpés sur 12 colonies distinctes (à 1 ou 2 mètres de profondeur) dans le lagon de *One-Tree Island.*

6. Pendant les périodes d'incubation, les concentrations en oxygène ont été mesurées toutes les 20 secondes dans les compartiments, dont le milieu a été renouvelé toutes les 20 minutes par un apport d'eau de mer fraîche pendant 2 minutes pour empêcher que la teneur en oxygène devienne inférieure à une saturation de 75 pour cent. Pendant le même temps, on a entouré les compartiments d'un tissu de couleur sombre pour que l'intensité lumineuse soit inférieure à 1 $\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$. Tout au long de la période d'incubation, la température de l'eau a été maintenue à 26°C ± 1°C.

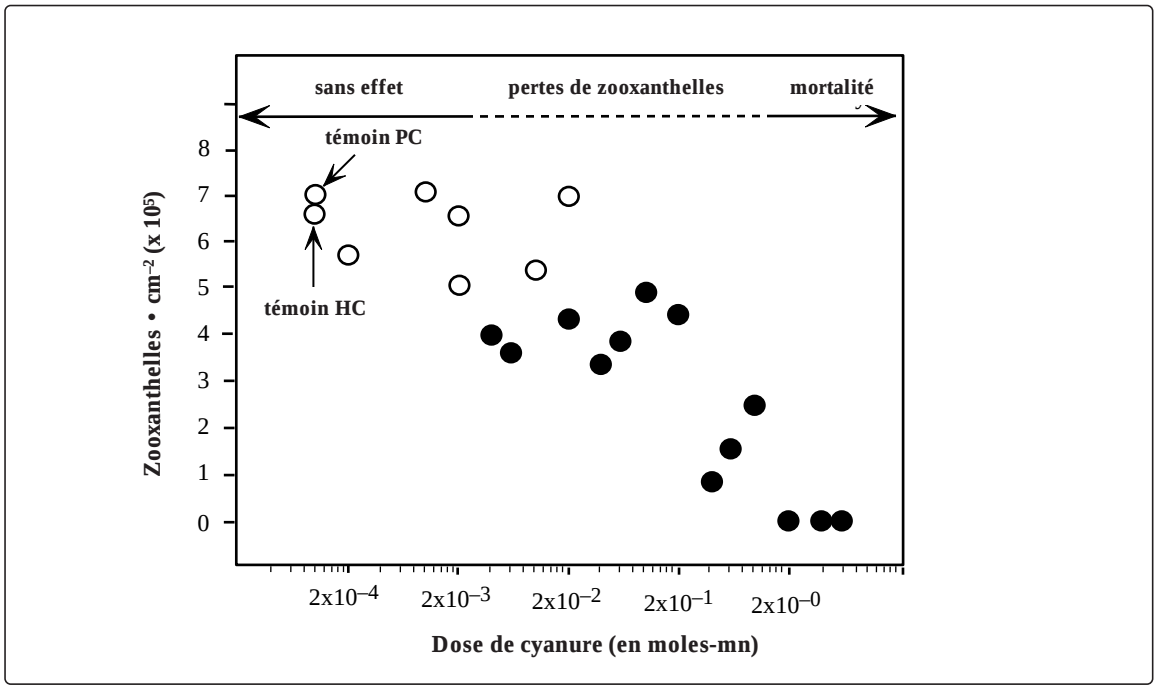

Figure 4

Rapport entre la dose de cyanure et la mortalité/densité des populations de zooxanthelles dans les colonies de *Pocillopora damicornis* 12 jours après exposition à différentes doses de cyanure. Chaque point représente la moyenne de cinq fragments de corail. HC et PC correspondent aux fragments-témoins (voir texte de la figure 2). Les ronds noirs correspondent à des différences significatives de densités de populations de zooxanthelles par rapport aux prélèvements-témoins (HC) (analyse de variance, P<0,05, voir figure 2).

cyanure sont alors rapportées à la mortalité et à la densité des populations de zooxanthelles (figure 4). Tous les coraux exposés à des doses égales ou supérieures à 100‰-mn de cyanure sont morts. À des doses inférieures à 0,2‰-mn, il n'y a pas eu de diminution significative de la densité algaire. Entre ces deux doses, on a observé divers pourcentages de perte de zooxanthelles (figure 4).

La pêche au cyanure expose probablement les coraux à des concentrations initiales élevées (mesurées en parties par millier) qui fluctuent rapidement et finissent par se diluer dans le milieu ambiant à des vitesses très variables, allant de quelques secondes à plusieurs heures, pour descendre à des taux très faibles qui se mesurent en ppb (parties par milliard). La concentration initiale, la proximité des poissons-cibles et les conditions hydrologiques locales sont les facteurs qui détermineront la dose (en ‰-mn) reçue par les coraux.

La concentration de la solution de cyanure contenue dans la bouteille de cyanure utilisée par les pêcheurs est évaluée à environ 20 parties par millier **(2)**. Prenons le cas d'un pâté corallien directement exposé au jet d'une bouteille de cyanure. Dans l'hypothèse où la concentration en cyanure diminue de moitié toutes les minutes qui suivent (autrement dit, la concentration tombe à 2 ppb en 25 mn environ), le corail sera exposé à une dose totale de cyanure de 40‰-mn (autrement dit, la somme de 20‰ par mn, 10‰ la minute suivante, 5‰ la minute d'après, ainsi de suite). Dans l'hypothèse d'une diminution logarithmique de la concentration en cyanure (autrement dit, qui tombe à 2 ppb en 8 mn environ), le corail sera exposé à une dose de cyanure de 22‰-mn. Dans les deux scénarios, la dose de cyanure reçue par le corail devrait provoquer une réduction significative du nombre de zooxanthelles, compte tenu des résultats des essais de toxicité (figures 2 et 4).

Dans la pratique, il est impossible d'évaluer avec précision la dose de cyanure que reçoivent les coraux en cas de pêche au cyanure. Néanmoins, si nous admettons que de fortes concentrations (en ‰) de cyanure sont utilisées dans ce type de pêche et que la disparition des zooxanthelles peut survenir très peu de temps (1 minute) après la mise en contact avec le poison (figure 2), les résultats de l'étude donnent à penser que la pêche au cyanure a un effet toxique sur les coraux situés à proximité immédiate de la zone de pêche.

On a pu observer pendant 30 minutes la présence de poches d'eau teintée dans une zone d'eaux stagnantes à l'arrière d'un gros pâté corallien (1 mètre de diamètre) **(20)**. Dans de telles conditions, et aussi lorsque des méthodes de pêche encore plus destructrices sont utilisées, comme l'envoi de cyanure au moyen de

pompes installées sur les bateaux **(21)**, la mortalité des coraux peut atteindre d'énormes proportions.

Tous ces essais se fondent sur l'hypothèse que les coraux qui ne meurent pas dans les 12 jours suivant leur exposition au cyanure (figures 1 et 2) finiraient par survivre. Je ne suis pas convaincu que cette hypothèse ait été suffisamment vérifiée. Il serait tout à fait justifié d'examiner à la fois la survie à long terme des coraux après l'exposition au cyanure et les effets à plus long terme d'une exposition chronique à de faibles doses de cyanure.

Pour résumer, l'exposition accidentelle des coraux au cyanure, lorsqu'il est utilisé pour la pêche, peut provoquer un ralentissement ou un arrêt de l'échange respiratoire. La réaction la plus évidente des coraux à cette forme d'agression semble être une dissociation de la symbiose avec les zooxanthelles, suivie d'une décoloration ou d'un blanchiment. Les conséquences écologiques de la dissociation sont bien connues : diminution du potentiel phototropique, ralentissement des taux de croissance et baisse du taux de reproduction. Un délai de six mois à un an ou davantage peut s'avérer nécessaire pour rétablir le fonctionnement de l'association symbiotique.

Bibliographie

(1) d'après: JONES R.J. & A. STEVEN. (sous presse). Effects of cyanide on corals in relation to cyanide fishing on reefs. J. Mar. and Freshw. Research.

(2) JOHANNES, R.E. & M. RIEPEN. (1995). Environmental, economic and social implications of the live reef fish trade in Asia and the Western Pacific. Report to the Nature Conservancy and the South Pacific Commission. 82 p.

(3) YONGE, C.M. & A.G. NICHOLLS. (1931). Studies on the physiology of corals. IV. The structure, distribution, and physiology of the zooxanthellae. Sci. Rep. Great Barrier Reef Exped. (1928–1929). 135–176.

(4) HØEGH-GULDBERG, O. & G.J. SMITH. (1989). The effects of sudden changes in light, temperature and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals *Seriatopora hystrix* and *Stylophora pistillata*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 129: 279–303.

(5) PORTER, J.W., W.K. FITT, H.J. SPERO, C.S. ROGERS & M.W. WHITE. (1989). Bleaching in reef corals: physiological and stable isotopic responses. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 86: 9342–9346.

(6) BROWN, B.E. & L.S. HOWARD. (1985). Assessing the effects of stress on coral reefs. Advances in Marine Biology 22: 1–63.

(7) JAAP, W., & J. WHEATON. (1975). Observations on Florida reef corals treated with fish collecting chemicals. Florida Mar. Res. Publ. 10: 1–17.

(8) ACERET, T.L., P.W. SAMMARCO & J.C. COLL. (1995). Toxic effects of Alcyonacean diterpenes on scleractinian corals. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 188: 63–78.

(9) JONES, R.J. (1995). Sublethal stress assessment in scleractinia and the regulatory biology of the coral-algal symbiosis. PhD thesis.

(10) HARLAND, A.D. & B.E. BROWN. (1989). Metal tolerance in the scleractinian coral *Porites lutea*. Mar. Poll. Bull. 20: 353–357.

(11) KOBLUK, D.R. & M.A. LYSENKO. (1994). 'Ring' bleaching in southern Caribbean *Agaricia agaricites* during rapid cooling. Bull. Mar. Sci. 54: 142–150.

(12) GLYNN, P.W. (1993). Coral reef bleaching: ecological perspectives. Coral Reefs 12: 1–17.

(13) COLES, S.L. & P.L. JOKIEL. (1978). Synergistic effects of temperature, salinity and light on the hermatypic coral *Montipora verrucosa*. Mar. Biol. 49: 187–195.

(14) GLYNN, P.W. (1983). Extensive 'bleaching' and death of reef corals on the Pacific coast of Panama. Environ. Conserv. 10: 149–154.

(15) GOREAU, T.J. & A.H. MACFARLANE. (1990). Reduced growth rate of *Montastrea annularis* following the 1987–1988 coral bleaching event. Coral Reefs 8: 211–215.

(16) SZMANT, A.M. & N.J. GASSMAN. (1990). The effects of prolonged 'bleaching' on the tissue biomass and reproduction of the reef coral *Montastrea annularis*. Coral Reefs 8: 217–224

(17) FITT, W.K., H.J. SPENCER, J. HALAS, M.W. WHITE & J.W. PORTER. (1993). Recovery of *Montastrea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean 'bleaching event'. Coral Reefs 12: 57–64.

(18) KLUMPP, D.W. & A.D. MCKINNON. (1989). Temporal and spatial patterns of primary production of a coral-reef epilithic algal community. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 131: 1–22.

(19) MCAULIFFE, C.D. (1987). Organism exposure to volatile/soluble hydrocarbons from crude oil-spills – A field and laboratory comparison. Proceedings of the 1987 International Oil Spill Conference. 175–188.

(20) WOLANSKI, E. & M. JONES. (1980). Water circulation around Britomart Reef, Great Barrier Reef, during July 1979. Austr. J. Mar. Fresh. Res. 31: 415–430.

(21) MCMANUS, J. (1995). comm. personelle.

(22) TAKABAYASHI, M. & O. HØEGH-GULDBERG. (1995). Ecological and physiological differences between two colour morphs of the coral *Pocillopora damicornis*. Mar. Biol. 123: 705–714.