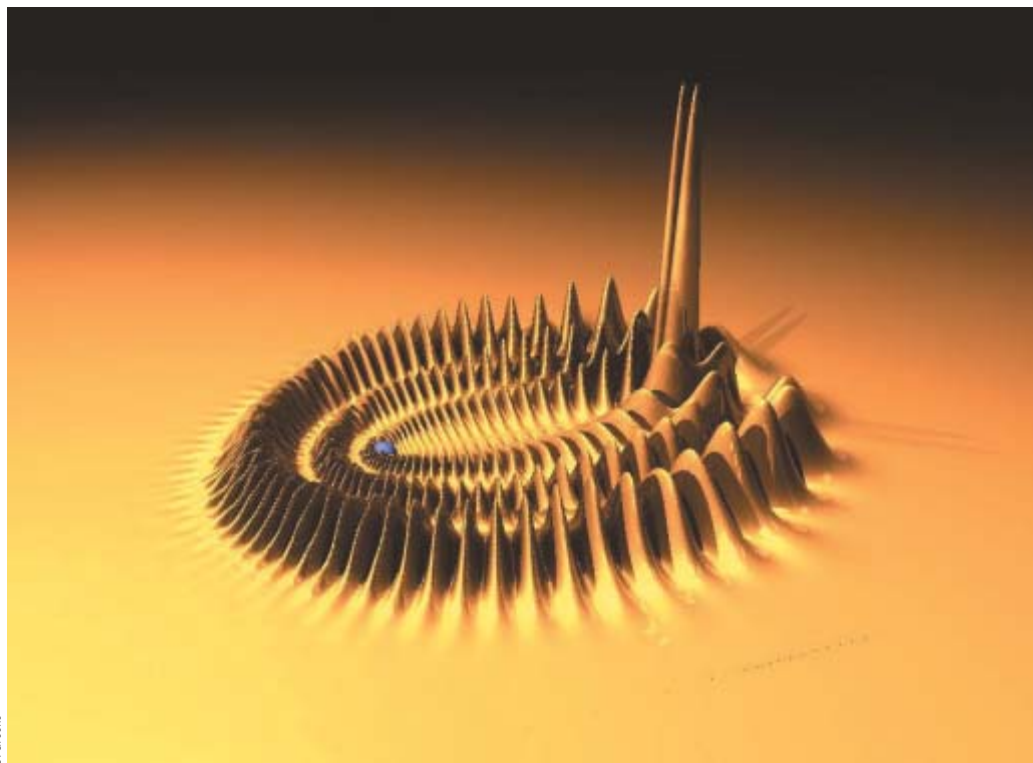


condes environ après que les interactions sont redevenues attractives, les condensats implosent – phénomène que C. Wieman nomme avec humour «Bosenova», faisant référence aux supernovae qui marquent la fin des étoiles massives dont leur cœur s'effondre sur lui-même avant d'exploser. Dans le cas des condensats, ces implosions éjectent du piège environ un tiers des atomes : il ne reste alors qu'un reliquat de condensat entouré d'un nuage d'atomes plus chauds (si tant est que l'on puisse qualifier de «chaude» une température de 100 milliardièmes de kelvins).

Un avenir «lumineux»

Les étranges propriétés des condensats de Bose Einstein en font des objets d'étude fascinants. Manifestations macroscopiques des lois quantiques, ils se comportent comme des «ondes de matière». Leurs propriétés fluides sont mises en évidence par l'étude des vortex, alors que les lasers atomiques révèlent leurs comportements ondulatoires. Dans tous les cas, l'image classique qui assimile les condensats à des nuages de petites billes dures est trop naïve pour expliquer leurs propriétés.

Les condensats pourraient trouver des applications en optique non linéaire, l'étude des phénomènes au cours desquels la lumière interagit avec elle-même. Dans ce domaine de recherche aux applications importantes, par exemple pour la construction de processeurs d'information entièrement optiques, les chercheurs sont souvent gênés par les intensités importantes nécessaires à l'obtention d'effets notables. Comme les atomes interagissent beaucoup plus facilement que les photons, des effets analogues peuvent être obtenus avec de faibles intensités lorsque l'on remplace les faisceaux lumineux par des lasers atomiques : les condensats de Bose-Einstein pourraient devenir des outils intéressants pour l'étude des phénomènes non linéaires. Par ailleurs, ils ont déjà permis à plusieurs équipes d'obtenir des impulsions lumineuses ralenties (à quelque 17 mètres par seconde). Plus étonnant encore, selon Wayne Hui et ses collègues de l'Université Princeton, la physique des condensats aidera peut-être les cosmologistes à comprendre l'origine de la «matière sombre» qui



4. LA «MOLÉCULE TRILOBITE», constituée de deux atomes de rubidium, illustre la quête des physiciens : découvrir les plus gros objets susceptibles de subir une condensation de Bose-Einstein. Elle est 1 000 plus grosse qu'une molécule diatomique normale (les pics dorés indiquent la densité du nuage électronique formé par les deux électrons de liaison ; la bille violette représente l'un des atomes, l'autre est masqué par les deux «tours jumelles»). Les physiciens pensent que, sous l'action d'une excitation laser appropriée, elle est susceptible de se former à l'intérieur d'un condensat. Dans certains condensats, des techniques lasers similaires ont permis d'obtenir des molécules ultrafroides ordinaires. L'objectif est de découvrir si l'on peut réaliser un condensat formé de molécules plutôt que d'atomes.

constitue près de 90 pour cent de la masse de l'Univers. Selon W. Hui, ses propriétés pourraient s'expliquer s'il s'agissait d'un gigantesque condensat de Bose-Einstein, omniprésent dans l'Univers et constitué de particules de très faible masse.

Enfin, les chercheurs s'intéressent aujourd'hui aux fermions eux-mêmes. Les fermions ne sont pas susceptibles de se condenser, mais, dans certains cas, ils peuvent s'associer, à basse température, en paires de spin entier. Ces paires sont des bosons capables de condensation. Jusqu'ici, la réalisation de condensats à partir de gaz de fermions s'est

révélée ardue. L'instinct «individualiste» de ces particules les empêche d'interagir notablement et les échanges thermiques qui permettent d'obtenir les très basses températures nécessaires ne peuvent avoir lieu. Toutefois, Christophe Salomon, de l'École normale supérieure, à Paris, pense que la condensation de paires de fermions sera possible si l'on plonge les particules dans un «bain» de bosons froids capable d'abaisser leur température. Lorsque les physiciens y parviendront, ils auront la possibilité de fabriquer des fonctions d'onde macroscopiques avec les deux familles de particules de l'Univers.

Graham COLLINS est journaliste à *Scientific American*.

E. Cornell et C. Wieman, *La condensation de Bose-Einstein*, in *Pour la Science*, n° 247, mai 1998.

Daniel KLEPPNER, *The Yin and Yang of Hydrogen*, in *Physics Today*, vol. 52, n° 4, avril 1999.

K. HELMERSON, W. PHILLIPS, K. BURNETT et D. HUTCHINSON, *Atom lasers*,

in *Physics World*, vol. 12, n° 8, août 1999.

Y. CASTIN, R. DUM et A. SINATRA, *Bose condensates make quantum leaps and bounds*, in *Physics World*, vol. 12, n° 8, août 1999.

W. KETTERLE, *Experimental studies of Bose-Einstein condensation*, in *Physics Today*, vol. 52, n° 12, décembre 1999.

Lene V. HAU, *La lumière ralentie*, in *Pour la Science*, n° 287, septembre 2001.

Le commerce des poissons d'aquarium

SARAH SIMPSON

La pêche au cyanure utilisée pour attraper des poissons exotiques menace la plupart des récifs coralliens de l'Asie du Sud-Est. Une meilleure gestion du commerce international de ces poissons devrait préserver un écosystème fragile.

Le cyanure est un poison rapide : dès qu'il est absorbé, il bloque la respiration des cellules dans l'organisme, de sorte que les tissus sont rapidement asphyxiés. À des doses élevées, il ralentit le cœur et arrête l'activité électrique du cerveau. Le cyanure est mortel, mais il est pourtant utilisé pour capturer des poissons vivants dans les récifs coralliens. Cette pratique est courante en Indonésie et aux Philippines, où la collecte fournit environ 85 pour cent des poissons tropicaux qui peuplent les aquariums marins du monde entier.

Les plongeurs immobilisent les poissons avec du cyanure pour les attraper facilement, mais les conséquences sont graves. Lorsqu'ils lâchent du cyanure sur un récif corallien, la moitié des poissons empoisonnés meurt, et 40 pour cent de ceux qui survivent meurent avant d'atteindre un aquarium. Ce taux de mortalité ne tient pas compte des ravages produits sur les coraux, ni sur les invertébrés ni sur les autres poissons touchés par le poison.

La pêche au cyanure n'est pas la seule activité humaine qui détruit les récifs coralliens, mais dans les eaux d'Asie du Sud-Est, elle représente l'un des principaux fléaux. Cette région abrite presque 30 pour cent des coraux de la planète, et la diversité de la vie marine y est la plus élevée dans le monde. Seuls un peu plus de quatre pour cent des récifs des Philippines et à peine sept pour cent de ceux d'Indonésie sont encore en «bonne santé» : ils sont aussi devenus la cible privilégiée des pêcheurs.

Depuis près de 20 ans, les pays exportateurs font des efforts pour réglementer le commerce dévastateur des poissons d'aquarium, mais sans grand succès. Une nouvelle stratégie se met actuellement en place et vise davantage les pays importateurs, les détaillants et les acheteurs. Une organisation non gouvernementale (*Marine Aquarium Council*) participe à la sauvegarde de quelques-uns des derniers récifs. Elle cherche à

garantir que les poissons marins vendus chez les détaillants ont été pêchés dans le respect des règles écologiques. Les premiers poissons certifiés «pêchés écologiquement» seront bientôt sur le marché. Cette organisation met aussi en place un étiquetage spécifique et cherche à faire en sorte que l'on connaisse l'origine des poissons d'aquarium. Les espèces de poissons qui peuvent être élevées en captivité sont rares, de sorte que l'avenir des aquariums amateurs dépend de la préservation des récifs coralliens. Les aquariophiles le savent bien et achèteront de préférence des poissons «certifiés». Aujourd'hui, les détaillants n'ont aucun moyen de connaître l'origine exacte des poissons qu'ils achètent aux importateurs. En outre, des informations contradictoires circulent et l'on ignore l'étendue de l'utilisation de la pêche au cyanure.

Un commerce récent

L'utilisation du cyanure de sodium pour la capture des poissons d'aquarium a commencé en 1957, aux Philippines. En 40 ans, les pêcheurs ont jeté plus d'un millier de tonnes de cyanure sur les récifs des Philippines, selon une estimation de l'Alliance internationale pour la vie marine, une organisation non gouvernementale fondée en 1985 pour lutter contre l'extension des pratiques de pêche destructrices dans la région. La pêche au cyanure a été interdite dans la majeure partie du Sud-Est asiatique, et, en 1975, un décret présidentiel philippin a déclaré illégal le fait de pêcher au cyanure, d'en avoir en sa possession sur un bateau et de vendre du poisson capturé par ce moyen. Les Philippines qui pêchent au cyanure encourrent une peine de plusieurs mois de prison. L'Indonésie a pris des mesures similaires. Pourtant, il reste quelques usages autorisés du cyanure, par exemple pour l'extraction de l'or, de sorte que l'importation de ce poison n'est pas strictement réglementée. Force est de constater que la pêche au cyanure se poursuit.

Pendant ces 15 dernières années, l'organisation a consacré plus de six millions de



1. ENVIRON 35 MILLIONS DE POISSONS destinés aux aquariums sont prélevés chaque année sur les récifs coralliens et exportés.

Comment le cyanure tue

Les pêcheurs de poissons d'aquarium qui utilisent le cyanure cherchent simplement à étourdir les animaux, mais la méthode détruit tout l'écosystème corallien. Les plongeurs écrasent une ou deux tablettes blanches de cyanure de sodium dans une bouteille en matière plastique. Ils projettent la solution de cyanure dissous sur les coraux où se cachent les poissons. Les animaux situés dans le flux absorbent les ions cyanure principalement par l'épithélium des branchies. Dès que le toxique pénètre dans les poissons, il est véhiculé par le sang, se répartit dans tout l'organisme et pénètre dans les cellules. Il atteint les mitochondries, où il inhibe les réactions biochimiques de la chaîne de la «respiration» cellulaire qui, en consommant l'oxygène, produit l'énergie des cellules, l'ATP (adénosine triphosphate).

Certaines enzymes de la chaîne respiratoire, telle la cytochrome-c-oxydase, sont particulièrement touchées. Toute la machinerie cellulaire s'étouffe par manque d'énergie. La quantité d'oxygène dans le sang ne diminue pas, mais l'oxygène ne peut plus remplir son rôle dans la chaîne de la respiration cellulaire. Les poissons n'ont plus d'énergie pour nager, ils ont des spasmes et deviennent des proies faciles à attraper au filet, ou même à la main. Bon nombre d'entre eux décèdent aussitôt. La survie des autres est menacée à plus ou moins long terme. En effet, le poison s'accumule dans le foie et crée des lésions, en particulier dans le cœur et dans le cerveau, des organes qui consomment beaucoup d'oxygène pour faire face à leurs importants besoins énergétiques. Il opère ainsi des ravages, avant

d'être métabolisé, puis évacué : les ions cyanure se transforment en ions thiocyanate, moins toxiques. Puis les ions thiocyanate sont rejetés par voie urinaire.

Le cyanure endommage aussi les coraux, de façon directe et indirecte. James Cervino, de l'Université de Caroline du Sud, a exposé dix variétés de coraux à des concentrations de cyanure négligeables par rapport à celles qu'utilisent les pêcheurs. Huit de ces espèces sont mortes aussitôt, et les deux autres, trois mois après l'expérience. La variété *Acropora* et d'autres coraux branchus, les «bâtisseurs» des récifs, sont les plus vulnérables. Ils sont très exposés au cyanure, car les petits poissons destinés aux aquariums s'y cachent volontiers. Par ailleurs, le cyanure agit sur les coraux de manière indirecte. Il rompt la relation symbiotique entre les coraux et les algues unicellulaires qu'ils hébergent, les zooxanthelles.

Ces dernières alimentent les coraux, à partir de leur activité photosynthétique (la fabrication de composés organiques à partir d'eau et de dioxyde de carbone sous l'action de la lumière). Les zooxanthelles contiennent des pigments responsables de la photosynthèse, et qui donnent leur couleur aux coraux. Même avec de faibles doses de cyanure (seulement 50 milligrammes par litre), les zooxanthelles disparaissent, et les coraux meurent par manque de ressources trophiques. Enfin, bien que les coraux non branchus résistent mieux au poison, leurs tissus externes sont gravement touchés et les récifs s'altèrent : tous les récifs sont en danger.



Les pêcheurs de poissons d'aquarium plongent à une profondeur de plus de 20 mètres. La pêche écologique (à gauche) consiste à faire sortir les poissons des coraux en utilisant l'air qui s'échappe d'un tuyau relié à un compresseur situé à bord d'un bateau. Ce tuyau leur sert aussi à respirer. Les pêcheurs qui utilisent le cyanure le projettent en solution directement sur les coraux (reconstitution ci-dessus).

le poison par des filets manuels. Les progrès sont lents, car l'apprentissage nécessite plusieurs mois, et tant que les pêcheurs ne seront pas devenus experts dans la manipulation des filets, ils gagneront plus d'argent en utilisant du cyanure.

Au début des années 1990, les aquariophiles pensaient que le cyanure, utilisé à faibles doses, n'était qu'un anesthésique sans danger. Selon eux, le taux de mortalité des poissons capturés était élevé à cause de leur fragilité, et, si beaucoup mouraient pendant le voyage, c'était à cause de la mauvaise qualité de l'eau ou encore du transport dans des sacs en plastique.

Simultanément, grâce aux progrès réalisés dans le fonctionnement et dans l'entretien des aquariums marins, ainsi que dans l'élevage des poissons, des espèces plus variées ont peuplé les aquariums et elles vivaient plus longtemps. Les aquariums marins sont devenus de plus en plus en vogue, et ce succès a stimulé la demande en poissons et en coraux, en anémones de mer et autres espèces des récifs. Aujourd'hui, on évalue à environ 100 000 le nombre d'aquariums d'eau de mer en France, soit cinq pour cent du nombre total d'aquariums.

Face à l'augmentation de la demande et à la diminution du nombre de récifs (de nombreux récifs des Philippines sont déjà détruits), la pêche au cyanure s'est répandue dans les îles indonésiennes du Nord au cours des années 1990. Aujourd'hui, les pêcheurs vont vers l'Est jusqu'au Vietnam, et atteignent les îles Fidji à l'Ouest (voir la figure 3).

Pendant des années, les défenseurs des récifs aux Philippines n'ont pas été soutenus par les États importateurs, mais, en 2000, des biologistes, des représentants de l'industrie, des organismes de recherche et des universités ont mis au point des normes pour développer une exploitation raisonnée des poissons et des récifs : une chaîne de surveillance fiable garantira qu'à chaque étape de la filière commerciale, le poisson a été manipulé correctement, des récifs jusqu'aux aquariums.

La ville de Bagac, située à un peu plus de 140 kilomètres à l'Ouest de Manille, constitue un site pilote pour réaliser une filière commerciale contrôlée. Située entre la Mer de Chine et les rizières qui couvrent les flancs du Mont Bataan, elle compte quelque 20 000 habitants, dont 2 500 pêcheurs. Environ

30 de ces pêcheurs sont spécialisés dans les poissons d'aquarium et vivent, avec leur famille, dans des cabanes de bois et de chaume sur le front de mer. Avant 1994, ils ne connaissaient que la pêche au cyanure. Ils pensaient que cette pratique était sans danger, mais constataient pourtant qu'après la pêche, des poissons morts flottaient dans leurs seaux et à la surface de la mer, et que certains poissons avaient des convulsions. De surcroît, les récifs soumis au cyanure mouraient et se couvraient d'algues six mois après la pêche.

La traçabilité du poisson

Il y a sept ans, ces pêcheurs ont commencé à collecter les poissons sans utiliser de cyanure. Près de 2 500 des quelque 4 000 pêcheurs de poissons d'aquarium qui exercent aux Philippines ont été formés aux nouvelles méthodes de prises. Ils apprennent à placer des filets dans des crevasses ou entre des structures coralliennes, et à ramener les poissons vers les filets. La pêche n'est pas sans danger, qu'elle soit au filet ou au cyanure. La plupart des

pêcheurs plongent à une profondeur de 20, voire de 40 mètres, et respirent sous l'eau à l'aide d'un long tuyau flexible en matière plastique, qui fournit de l'air à partir d'un compresseur situé à bord du bateau. Le plongeur maintient ce tuyau sans embout particulier, juste avec les dents. En général, il se sert de l'air qui s'en échappe pour faire sortir les poissons des replis du corail et pour les repousser vers le filet.

Puis les poissons pêchés sont transportés à Manille, où sont installés la plupart des exportateurs. Tous les poissons pêchés ou non avec du cyanure, sont regroupés dans les réservoirs de grands entrepôts. Pour que l'on puisse certifier qu'un poisson a été pêché sans cyanure, on doit isoler les poissons attrapés par les pêcheurs certifiés. Dans ces entrepôts, on pratique des tests d'exposition au cyanure. En 1991, le Bureau des ressources aquatiques et halieutiques des Philippines avait conclu un accord avec l'Alliance internationale pour la vie marine autorisant leurs biologistes à tester des poissons prélevés au hasard. Depuis, plus de 32 000 poissons ont été testés par six



2. CONTRÔLE DE LA PRÉSENCE de poison : à Manille, ces poissons, prélevés dans un entrepôt destiné à l'exportation, vont subir des tests de détection du cyanure. Dans le sens des aiguilles d'une montre, on trouve à partir du poisson situé en haut et à gauche : *Centropyge heraldi* (poisson-ange de Hérald), un poisson de la famille des Pomacentridae (poisson-demoiselle), *Centropyge tibicen* (poisson-ange trou de serrure), *Hemitaurichthys polylepis* (poisson-papillon pyramide jaune), un labre à nageoire rouge, *Chaetodon punctofasciatus* (Chaetodon à bande ponctuée), *Pygoplites diacanthus* (ange royal ou holacanthé duc), *Odonus niger* (baliste bleu ou baliste à dents rouges) et *Forcipiger flavissimus* (poisson-pincette jaune).

Premier élevage de poissons exotiques

Terrible dilemme que celui de l'aquariophile : le plaisir de voir évoluer quelques poissons dans son aquarium met en péril des récifs coralliens. Au lieu de prélever, plus ou moins sauvagement, les poissons des lagons, pourquoi ne pas les élever ? Nous venons de créer la première ferme d'élevage de poissons récifaux. Non seulement notre élevage préserve les poissons des lagons, mais nous sauvons des larves en les collectant.

Entre 1988 et 1998, nous avons étudié la colonisation du lagon par les larves pélagiques sur l'île de Moorea, en Polynésie française. Les poissons récifaux se reproduisent dans les barrières coralliennes, d'où les œufs sont emportés vers le large. Certaines espèces se reproduisent en bancs et émettent des gamètes dans l'eau, que les mâles fécondent ensuite. D'autres espèces forment des couples qui libèrent des gamètes à la surface. D'autres encore pondent des œufs sur des coquillages ou sur des rochers. Quoi qu'il en soit, les larves migrent avec les courants marins et se développent en haute mer, où les prédateurs sont moins nombreux et où la nourriture est plus abondante. Après deux à dix semaines passées dans l'océan, les larves pélagiques se transforment en « postlarves » et reviennent vers les récifs.

Elles sont désormais capables de se déplacer grâce à une queue assez vigoureuse pour résister aux courants marins. Nous avons découvert que ces postlarves pénètrent dans le lagon par des points très précis, sur les crêtes récifales, et dès le coucher du Soleil. Elles sont d'autant

plus nombreuses que la nuit est sombre. Nous avons aussi évalué que dix pour cent seulement des postlarves qui pénètrent dans le lagon deviennent adultes. La loi du lagon diffère peu de celle de la jungle : les forts mangent les faibles. En outre, en passant de la pleine mer au lagon, les postlarves bouleversent leur mode de vie (nourriture, température...) : c'est une phase dite de recrutement. Une fois dans le lagon, elles commencent à prendre de belles couleurs et à changer de forme.

Quelques rares poissons, de type poissons-clowns, sont déjà produits aux États-Unis ou dans des aquariums publics, mais l'élevage massif de poissons marins tropicaux se heurte à une difficulté majeure : les étapes de croissance sont très différentes selon les espèces. En outre, les larves pélagiques développent des épines ou des nageoires démesurées, et ne peuvent être confinées dans les bassins d'élevage intensif. Elles supportent mal également les nourritures artificielles. En bref, la capture reste à ce jour moins coûteuse.

La technique d'élevage que nous avons mise au point s'affranchit de ces difficultés, car nous capturons des postlarves. Elles ont en général perdu leurs épines ou leurs grandes nageoires, et elles résistent mieux à l'acclimatation dans des bassins artificiels. Plus de 200 espèces cohabitent dans le flux des postlarves qui pénètrent dans le récif, et leur taille varie de quelques millimètres à près de cinq centimètres, pour les larves de murènes par exemple. Suite à nos études sur la



3. LES PAYS EXPORTATEURS de poissons marins d'aquarium. Environ 85 pour cent des espèces de poissons exportées et destinées aux aquariums d'eau de mer proviennent des Philippines et d'Indonésie. Ces deux pays font du Sud-Est asiatique le premier utilis-

teur de cyanure au monde pour la collecte de poissons vivants. Cette pratique est née aux Philippines, au début des années 1960, en même temps que le commerce des poissons d'aquarium, puis a gagné le Nord de l'Indonésie au début des années 1990.

colonisation, nous avons développé des techniques, protégées par plusieurs brevets, de collecte de postlarves, passive (utilisation de collecteurs spécifiques) ou active (déviation du flux larvaire), adaptée à chaque récif. La technique de collecte dépend du flux larvaire, des espèces en présence, de la topologie des lieux, etc. Une fois capturées, les postlarves sont ramenées à terre.

Nous les trions en fonction des espèces, d'après les pigments (les mélanophores) apparus sur leurs corps translucides. Les larves que nous n'exploitons pas sont aussitôt relâchées dans le lagon. Puis, nous élevons les postlarves intéressantes dans de vastes bassins (elles meurent moins que les larves d'élevage classique, donc nous n'avons pas besoin de les concentrer). Nous les nourrissons avec de la nourriture de plus en plus artificielle, que nous développons nous-même, jusqu'à habituer les poissons aux granulés d'aquarium. Au final, le taux de mortalité lors du transport passe de 30 pour cent en moyenne pour des adultes capturés à cinq pour cent pour nos larves acclimatées au milieu artificiel.

Grâce à cette technique, l'aquariophilie devient écologique. Notre production vient de commencer cette année, avec quelques milliers de poissons destinés à des aquariums. D'autres applications issues de la collecte des postlarves d'animaux marins sont à l'étude, dont le repeuplement de certains récifs, l'aquaculture d'espèces à vocation alimentaire et l'exploitation pharmaceutique ou cosmétique de biomolécules extraites de certaines espèces de poissons ou d'invertébrés.

Vincent DUFOUR,
Société AquaFish Technology

laboratoires répartis dans tout le pays.

Aucun test ne détecte le cyanure dans les poissons vivants et, par conséquent, il faut en sacrifier quelques-uns. Des chimistes examinent chaque poisson, le pèsent et le broient. Le broyat est ensuite dilué, puis mélangé à un acide puissant, de sorte que le cyanure, éventuellement présent, est libéré sous forme de cyanure d'hydrogène gazeux (phase d'extraction), lequel est ensuite dosé par colorimétrie ou par spectrométrie en phase gazeuse, par exemple. Entre 1996 et 1999, la proportion des poissons contaminés par le cyanure aurait chuté de quelque 40 à huit pour cent.

L'instauration d'une norme certifiée aux Philippines sera décisive, car si la certification échoue ou n'est qu'un demi-succès, les normes ne seront pas adoptées en Indonésie. L'enjeu est d'abord économique. Le prix du poisson augmente à chaque étape : un poisson-clown à rayures orange et blanches acheté, par exemple, 70 centimes à un revendeur philippin sera vendu plus de 170 francs chez un détaillant. Les biologistes cherchent à convaincre les industriels que la capture des poissons au filet peut se substituer avantageusement à la capture au cyanure. Aujourd'hui, les prix ont tendance à baisser sur les marchés, et si les méthodes de pêche au filet augmentent les prix, elles seront condamnées à l'échec. En revanche, la diminution du taux de mortalité des poissons devrait compenser l'augmentation du coût imposé par la certification. Les normes requièrent un taux de mortalité inférieur à un pour cent pour chaque espèce ; or, plus de dix pour cent des poissons capturés au cyanure meurent à

chaque étape de la filière commerciale.

Les lois internationales interdisent déjà le commerce de milliers d'espèces vivant dans les coraux, en vertu de la Convention de Washington sur le commerce international des espèces animales et végétales menacées, mais la plupart des animaux des récifs coralliens vendus pour les aquariums ne figurent pas sur la liste. Après l'entrée en vigueur du système de certification, la législation américaine prévoit que les États-Unis pourraient interdire toute importation d'espèces provenant de récifs coralliens si elles ne sont pas certifiées «pêchées écologiquement». En France ou en Europe, rien de tel n'est mis en place.

La pêche au cyanure pour l'alimentation

Au cours des deux prochaines années, la santé des récifs sera surveillée à mesure que les normes seront appliquées. Toutefois, la pêche aux poissons vivants destinés à la consommation, tel le mérou, menace aussi les récifs, car les pêcheurs qui capturent les poissons destinés à la consommation utilisent du cyanure jusqu'en Malaisie, aux îles Marshall, en Papouasie Nouvelle-Guinée et, sans doute, dans d'autres régions du Sud-Est asiatique. Il semble que les consommateurs ne risquent pas d'intoxication au cyanure. Plus de 20 000 tonnes de poissons vivants arrivent à Hong-kong chaque année par exemple. L'ouverture du marché chinois risque d'accroître la demande de poissons vivants. Les pêcheurs font souvent des incursions vers des régions côtières où la productivité à long terme des récifs n'a guère d'intérêt pour eux. Les associations de défense de l'environnement incitent les pêcheurs locaux qui exploitent les mêmes récifs côtiers depuis des générations à les défendre contre ces intrus et à les gérer de façon responsable. Certains voudraient organiser les récifs en zones touristiques pour plongeurs et en parcs protégés, où la pêche ne serait pas autorisée. À cause de multiples obstacles économiques et politiques, seuls quelques récifs pourront être protégés.

Même si la certification parvient à restreindre l'emploi du cyanure, on se demande si, dans certaines régions, la simple collecte des poissons n'est pas, à elle seule, responsable d'une dégradation des récifs. À Hawaï, les pêcheurs n'utilisent pas de cyanure et, pourtant, à la fin de l'année 1999, les biologistes ont remarqué que la pêche empêchait la croissance de sept espèces de poissons des récifs coralliens, dont trois sont herbivores. Sans la présence de ces poissons «brouteurs», les algues risquent d'asphyxier les animaux des coraux. Quoi qu'il en soit, si l'on ne prend garde à l'exploitation des récifs et si l'on ne renonce pas à la pêche au cyanure, les récifs coralliens auront, pour la plupart, disparu dans quelques dizaines d'années.

Sarah SIMPSON est journaliste à la revue *Scientific American*.

C. PÉTRON et C. GABRIÉ, *Récifs, le monde du corail*, Denoël, 1990.

V. DUFOUR et al, *Colonization of reef fishes at Moorea Island, French Polynesia : the importance of the larval flux*, in *Marine and Freshwater Research*, vol. 2, 1996.

Charles BARBER et Vaughan PRATT, *Poison and profit : cyanide fishing in the Indo-Pacific*, in *Environnement*, vol. 40, n° 8, p. 5, 1998.

Peter RUBEC et al., *Cyanide-free, net-caught fish for the Marine aquarium trade*, in *Aquarium Sciences and conservation*, Chapman et al, 2001.

Les couronnes de Minos

DENNIS SHASHA

À la recherche d'une stratégie pour éviter de finir dévoré tout cru par le terrible Minotaure.

Dans l'*Énéide* de Virgile, le Minotaure, être mi-homme mi-taureau, est le fils de Pasiphaé, épouse du roi crétois Minos, et d'un taureau envoyé par Poséidon. Pour le cacher aux yeux du monde, Minos enferme le Minotaure dans un labyrinthe construit par Dédale. Le Minotaure se nourrit de chair humaine, notamment des sept jeunes gens et des sept jeunes filles qu'Athènes paie annuellement en tribut à Minos.

Notre histoire se déroule avant que Thésée, le fils d'Égée, ne vienne à bout du monstre, avec le concours d'Ariane, la demi-sœur du Minotaure, et de son célèbre fil.

Le roi Minos parle à trois prisonniers qu'il se propose de sacrifier au Minotaure : «Vous savez évidemment que vous périrez si je vous livre au Minotaure sans armes. Je vous propose donc une alternative, une sorte de sursis. Demain matin, mes gardes vous banderont les yeux. Puis, ils vous coifferont d'une couronne. La couleur de cette couronne – bleue ou rouge – dépendra du résultat du jet d'un drachme. Enfin, vous serez guidés chacun dans un coin de mon nouveau stade triangulaire.»

«Une fois sur le stade, dont je ne sais pas encore à quel sport il servira, le garde qui vous escorte vous ôtera le bandeau, et chacun de vous verra la couronne de ses deux codétenus sans voir la sienne. Il va sans dire qu'il vous sera interdit de communiquer. Si l'un de vous venait à désobéir, le garde lui couperait immédiatement la tête.»

«Voici le jeu que je vous propose (avez-vous vraiment le choix ?) : vous disposerez de 10 secondes pour dire au garde la couleur de votre couronne ou bien dire "je passe". Après 15 secondes, si vous avez trouvé la bonne couleur, le garde

pointera son pouce vers le haut ; si vous avez perdu, le garde orientera son pouce vers le bas ; si vous avez passé, le garde montrera sa main à plat.»

«Mais attention, si vous passez tous les trois, vous nourrirez tous le fils de ma femme infidèle. Si tous ceux qui ont choisi une couleur ont désigné la bonne, vous serez libres tous les trois. Si l'un de ceux qui a parié perd, vous servirez tous de dîner.»

(Pour vous aider. Quelle est la probabilité que les prisonniers gagnent si ils parient tous trois au hasard ? Réponse : $1/8$, car chacun a une chance sur deux de perdre.)

Le roi fait mine (à tort) de partir, puis se ravise et, dans un élan de magnanimité, dit aux prisonniers : «Vous pensez sans doute que avez tous 50 pour cent de chance de survivre en désignant un seul d'entre vous comme parieur, tandis que les deux autres passeront. Cependant, grâce à un raisonnement plus subtil, vous découvrirez une stratégie qui augmente vos chances jusqu'à 75 pour cent. Cette stratégie requiert une règle que chaque prisonnier doit suivre. Quelle est cette règle?»

La solution de l'énigme sera donnée le mois prochain, et sera bientôt disponible sur le site Internet : www.pourlascience.com



Solution du problème d'énigmats du numéro 287

