



Surveiller la chaîne d'exploitation pour réduire la mortalité différée du poisson pris au filet et destiné au commerce d'aquariophilie

Peter J. Rubec¹ et Ferdinand P. Cruz²

Résumé

D'après les renseignements obtenus dans les revues consacrées à l'aquariophilie et auprès d'autres personnes intéressées par ce secteur au milieu des années 80, la mortalité des espèces marines d'aquariophilie était élevée (50%) en milieu récifal car celles-ci étaient capturées au cyanure, d'où une mortalité d'environ 30% en moyenne à chaque étape de la chaîne d'exploitation, du villageois au détaillant en Amérique du Nord, en passant par l'exportateur et l'importateur. Des données plus récentes montrent que, si ce taux tend à baisser, la mortalité observée dans le commerce de poissons d'aquarium demeure élevée. Il ressort également des publications scientifiques que les poissons sont d'autant plus agressés qu'ils sont pris au filet, ensachés, confinés et soumis à des variations de pH, de température, de salinité, d'oxygène dissous et de lumière, ainsi qu'à l'accumulation d'ions ammonium dans les sachets où ils sont placés (ions qui se transforment en ammoniac non ionisé une fois les sachets ouverts). On pense qu'en améliorant les méthodes de prise (capture au filet par exemple) et les pratiques de manutention et d'expédition, on pourrait réduire la mortalité à chaque étape de la chaîne d'exploitation.

Il est difficile d'obtenir des renseignements précis sur la mortalité des poissons pris au cyanure. Les pêcheurs concernés craignent en effet que l'on ne réglemente cette pêche, ou d'être poursuivis en justice pour avoir employé des méthodes illicites. Des recherches (portant sur les espèces marines transportées dans des sachets en plastique hermétiques) sont nécessaires pour déterminer quelles sont les conditions du milieu durant le transport, depuis le pays exportateur jusqu'à l'arrivée dans le pays importateur. Les recherches menées sur les poissons d'eau douce ont permis de prolonger la survie de ces espèces durant leur transport dans des sachets en ajoutant à l'eau des additifs chimiques, ce qui permet d'enrayer la prolifération des bactéries, de neutraliser l'ammoniac excrété et de stabiliser le pH, et en anesthésiant les poissons en vue de ralentir leur métabolisme. Des recherches de même nature s'avèrent nécessaires avec les espèces marines d'aquariophilie. Nous espérons montrer qu'en traitant et en manipulant les poissons avec plus de soin après leur récolte, il est possible de réduire notablement les taux de mortalité des espèces d'aquariophilie marine durant leur collecte et leur transport.

Introduction

C'est au début des années 50 (Miller 1956) que les sachets en plastique ont été utilisés pour la première fois par les importateurs de poissons tropicaux pour le stockage et le transport des poissons d'aquariophilie par avion ou par la route. Earl Kennedy a exporté des Philippines des espèces marines d'aquariophilie dans des sachets en plastique (Robinson 1985) à partir de 1958. En 1962, Earl Kennedy a constaté, au sein de son entreprise d'exportation, une mortalité accrue des poissons d'aquarium provenant de pêcheurs de l'île de Lubang, au sud de Manille. Il a alors appris que les poissons étaient pêchés au cyanure de sodium. Le commerce de poissons d'aquariophilie a pris de l'ampleur dans les années 70, alimenté par une offre pléthorique de poissons bon marché pris au cyanure. Earl Kennedy a abandonné ce commerce, écoeuré, après avoir suivi des cargaisons d'espèces marines expédiées par avion et été témoin de la forte mortalité des poissons une fois ceux-ci arrivés à destination aux États-Unis d'Amérique. Dempster et Donaldson (1974) ont mené des études histologiques à l'aquarium Steinhart, au milieu des années 60, sur des espèces marines pêchées dans les eaux californiennes, qu'ils ont expo-

sées expérimentalement au cyanure de sodium. Ils ont observé des lésions sur certains organes tels que le foie, le rein, la rate et le cerveau, comparables à celles que l'on avait constatées chez les espèces marines d'aquariophilie importées des Philippines.

Rubec (1986,1987a) a résumé les informations sur la mortalité des poissons d'aquariophilie qu'il a obtenues dans différentes revues spécialisées et auprès d'autres sources en rapport avec cette filière. Il a estimé que 50% des poissons capturés au cyanure mouraient sur le récif même, sous l'effet d'un surdosage de ce produit, et que la mortalité différée était en moyenne de 30% à chaque étape de la filière d'exploitation. On a estimé que la mortalité cumulative tout au long des quatre étapes de cette chaîne (du villageois au détaillant en passant par l'exportateur et l'importateur) dépassait 80%, sans compter la mortalité aiguë survenant sur le récif (Rubec, 1987b). Si l'on incluait cette mortalité sur site, on atteignait, selon les estimations, une mortalité supérieure à 90%, du récif au détaillant (Rubec et Soundararajan, 1991). Tous les documents convergent pour montrer que la mortalité différée était associée à des lésions des cellules et à des troubles physiologiques dus au cyanure (Rubec, 1986, 1987a).

1 International Marinelifelife Alliance (Alliance internationale pour la vie sous-marine), 2800 4th Street North, Suite 123. St. Petersburg, Floride, États-Unis d'Amérique. Tél. : +1 727-327-9226. Courriel : peter-rubec@cs.com

2 East Asian Seas Initiative, Suite 205, CRS Tower, 1535 Perdigon St., Quirino Avenue, Plaza Dilao Paco, Manilla, Philippines. Tél. : +63 2-561-8335 loc 205. Courriel : ferdiecruz@i-manila.com.ph

Pourtant, certains, dans cette filière, maintiennent que le problème n'est pas le cyanure mais "le stress, le stress et encore le stress" (Goldstein, 1997). Goldstein a cité une étude scientifique de Hall et Bellwood (1995), lesquels ont exposé des demoiselles à 10 milligrammes par litre (mg L^{-1}) de cyanure pendant 90 secondes. Goldstein a avancé que la forte mortalité était due au stress et la mortalité la plus élevée à la conjugaison du stress et du manque de nourriture. Selon lui, rien ne prouvait que les doses anesthésiantes de cyanure provoquaient des lésions de l'épithélium intestinal ou une mortalité accrue par rapport aux poissons pris au filet. Dans ce même article (1997), Goldstein avançait par ailleurs que si l'on se fondait sur les données scientifiques disponibles, les poissons capturés au filet n'étaient pas en meilleure santé que ceux pris au cyanure. Il ne présentait cependant aucun élément de preuve à l'appui de son propos. Rubec et al. (2001) ont étudié les taux de mortalité observés dans le commerce d'aquariophilie et reconnu que la mortalité différée était probablement liée à tout un éventail de facteurs, dont le cyanure, le stress, l'ammoniac, le manque d'oxygène, les maladies et le manque de nourriture. Il convient d'examiner l'ensemble des facteurs ayant des effets sur les poissons afin de réduire la mortalité survenant dans le commerce d'aquariophilie.

De nombreux facteurs sont à l'origine de la forte mortalité des espèces marines d'aquarium, dont des lésions physiques et le recours à des produits chimiques tels que le chlorure de sodium durant la collecte, la qualité médiocre de l'eau et les mauvaises pratiques de manipulation, les maladies et le stress à tous les stades de la collecte et du transport (Wood, 2001 ; Wabnitz et al., 2003). Sadovy et Vincent (2002) ont déclaré que la mortalité tant dans le commerce des poissons destinés à la restauration que dans celui la filière aquariophile oscille entre quelques points de pourcentage et 80% ou plus pour les poissons pris au cyanure et/ou stressés par les mauvaises pratiques de capture, le manque de soin lors de leur manipulation et leur stockage. L'origine de la mortalité n'est toutefois pas toujours claire.

Les problèmes à surmonter pour transporter avec succès les poissons de récif vivants sont nombreux et divers (Norris et al., 1960 ; Fry et Norris, 1962). Le problème essentiel tient à la faible capacité de l'eau en rétention d'oxygène et à sa difficulté à éliminer les produits finals du métabolisme du poisson. La deuxième difficulté tient à la manipulation. Chez les espèces délicates, la disparition, par frottement, du mucus sur une infime partie de la peau suffit à priver le poisson d'une protection essentielle contre le stress dû à l'osmose. En outre, les poissons sont parfois tellement stimulés durant leur manipulation qu'ils accumulent rapidement des niveaux dangereux d'acide lactique dans le sang. Les changements excessifs de température sont également néfastes.

Études scientifiques visant à déterminer les facteurs de mortalité

Hanawa et al. (1989) ont étudié la mortalité, sur une période de 96 heures, de groupes de 10 demoiselles à queue blanche (*Dascyllus aruanus*) après les avoir plon-

gés dans des concentrations différentes (25 ou 50 mg L^{-1} d'ions cyanure (CN^-) pendant 10, 60 puis 120 secondes. Aucune mortalité n'a été observée chez les poissons immergés dans 25 mg L^{-1} d'ions cyanure (CN^-) pendant 10 puis 60 secondes. En revanche, 60% des poissons sont morts après avoir été exposés à, 25 mg L^{-1} de CN^- pendant 120 secondes. De même, si aucune mortalité n'a été enregistrée après une exposition à 50 mg L^{-1} de CN^- pendant 10 ou 60 secondes, 100% des poissons ont péri à l'issue de la période d'observation de 96 heures, après avoir été soumis aux ions cyanure pendant 120 secondes. Dans des conditions de stress (pendant l'ensachage), les périodes d'exposition au CN^- qui, jusque-là, n'étaient pas mortelles (soit 50 mg L^{-1} de CN^- , pendant 60 secondes), ont été fatales à tous les poissons sans exception. Par conséquent, le stress, conjugué au cyanure, augmente la mortalité malgré une plus courte période d'exposition aux ions cyanure. Le taux de consommation d'oxygène par le foie, mesuré 2,5 semaines après l'exposition, était réduit chez les poissons exposés. Hanawa et al. (1989) en ont conclu que le stress résultant de la manipulation du poisson, combiné à son exposition à des doses anesthésiantes de CN^- , pourrait expliquer en partie la forte mortalité différée associée à l'emploi de cyanure dans le commerce de poissons de mer destinés à l'aquariophilie.

Hall et Bellwood (1995) ont étudié sur une période de 13 jours la mortalité différée chez des groupes (de 16 individus par groupe) de demoiselles (*Pomacentris coelestis*) exposées au cyanure, soumises au stress ou privées de nourriture, ou ayant subi plusieurs de ces facteurs combinés. Lorsque ces groupes étaient soumis successivement à chacun de ces facteurs, l'exposition au cyanure (et la manipulation correspondante du poisson) entraînait la mortalité différée la plus élevée, soit 37,5%, suivie de l'exposition au stress (25%) et de la privation de nourriture (0%). Lorsque deux de ces trois facteurs étaient associés, ce sont le stress et la faim qui concouraient à la plus forte mortalité (66,7%). L'exposition au stress et la manipulation de l'animal étaient chacun à l'origine d'une mortalité de 25%, ce qui montre que ces facteurs sont autant d'épreuves pour le poisson. Il ressort de cette étude que le cyanure entraîne une mortalité différée, qu'il agisse seul ou se conjugue à d'autres facteurs. Si la privation de nourriture n'a pas été un facteur de mortalité durant la période d'expérimentation, les pourcentages de mortalité due aux associations cyanure + privation de nourriture et stress + privation de nourriture montrent l'importance de ce facteur lorsqu'il se conjugue aux deux autres.

Circonstances concomitantes

Durant le transport des poissons retenus dans les sachets en plastique en polyéthylène fermés hermétiquement, plusieurs paramètres biochimiques (pH, oxygène dissous, dioxyde de carbone, ammoniaque, température) varient de façon concomitante (McFarland et Norris, 1958; Fry et Norris, 1962). Il est donc difficile d'en déduire à quels paramètres la mort du poisson peut être attribuée. Dans une étude, Chow et al. (1994) sont les seuls à avoir déterminé séparément, pour chaque paramètre, le niveau induisant une mortalité de 50% sur une période donnée (seuil de

Tableau I. Pourcentages de survie et de mortalité des demoiselles (*Pomacentrus coelestis*), exposées soit au cyanure, soit au stress ou encore à la privation de nourriture, et à plusieurs associations de ces facteurs conjugués (Hall et Bellwood, 1995)

Traitement appliqué	Survie en pourcentage	Mortalité en pourcentage
Cyanure seul	62.5	37.5
Stress seul	75.0	25.0
Privation de nourriture seule	100.0	0.0
Cyanure + stress	75.0	25.0
Cyanure + privation de nourriture	66.7	33.3
Stress + privation de nourriture	33.3	66.7
Cyanure + stress + privation de nourriture	58.3	41.7
Précautions prise lors de la manipulation	75.0	25.0
Pas de précautions prises lors de la manipulation	83.3	16.7

tolérance moyen – 48 heures – LD₅₀) d'une espèce marine d'ornement, le poisson clown (*Amphiprion ocellaris*). Ces chercheurs ont également surveillé l'évolution du niveau des paramètres du milieu pendant 48 heures après avoir simulé le transport d'un poisson clown dans des sachets en plastique à fermeture hermétique. Les seuils de tolérance moyens étaient de 1,35 millimole (mM) pour l'ammoniaque (0,079 mg L⁻¹), 57,22 micromole (µM) pour l'ammoniaque non ionisée (0,003 mg L⁻¹), 5,5 pour le pH, et pour la température, les limites supérieure et inférieure étaient respectivement de 34,46°C et de 19,49°C. On relèvera avec intérêt que les conditions du milieu prévalant dans les sachets, qui ont été surveillées pendant 48 heures (températures avoisinant 25°C, pH compris entre 8,45 et 6,97, quantité totale d'ammoniaque dissoute ≤ 0,36 mM, et ammoniaque non ionisée ≤ 1,9 µM) n'ont pas atteint ces valeurs limite. Si la qualité de l'eau n'était au départ pas mortelle, certains poissons clown n'en sont pas moins morts dans les sachets. On ne sait pas précisément comment les paramètres, en se combinant, ont précipité leur mort (40% après 48 heures).

Mortalité tout au long de la chaîne d'exploitation

Exportateur indonésien

Schmidt et Kunzmann (voir leur article dans le présent numéro) ont contrôlé la mortalité survenue lors d'envoi de cargaisons d'espèces marines d'aquariophilie obtenues auprès d'intermédiaires et de pêcheurs sur une station à Goris, et acheminés vers un centre d'exportation à Denpasar, sur l'île de Bali (Indonésie). Ils ont constaté que la mortalité était très variable selon les cargaisons et les espèces. Les pertes totales par expédition, du point de livraison, à la station de Goris, jusqu'à la centrale d'exportation de Denpasar où les poissons sont conditionnés, se situaient entre 24 et 51%. Elles ont été réparties comme suit : pertes dues aux blessures subies par l'animal, pertes totales à l'arrivée et pertes totales après l'arrivée. Les pertes totales après l'arrivée ont été définies comme incluant tous les poissons morts durant la période d'acclimatation sur le terrain et

dans les centrales d'exportation (excepté les poissons vivants mais blessés, décelés à Goris), et comprenant aussi les poissons morts durant le transport entre les deux sites et dans le centre de stockage de Denpasar. La mortalité totale par cargaison expédiée allait de 10 à 40% (Schmidt et Kunzmann, voir leur article dans le présent numéro). Les plus grosses pertes (50 à 80% des poissons morts après l'arrivée) avaient été subies au centre de stockage à Denpasar. Parmi les raisons avancées pour expliquer cette mortalité post-récolte figuraient : a) les lésions physiques subies par l'animal ou l'utilisation du cyanure pour le capturer; b) la manipulation peu scrupuleuse des poissons, les maladies et le stress survenus au centre ; c) la médiocre qualité de l'eau du transport et des bassins de

stockage; et d) la récolte d'espèces impropres à l'aquariophilie ou qui se trouvent à un stade de leur vie empêchant leur récolte (poissons se nourrissant obligatoirement de corail).

Il est probable que, dans sa quasi-totalité, la mortalité à et après l'arrivée rapportée par Schmidt et Kunzmann puisse être attribuée aux méthodes de récolte et de transport qu'appliquent les pêcheurs et les intermédiaires, plutôt qu'aux pratiques de manutention et à la qualité de l'eau relevée dans les stations de stockage avant exportation, sur le terrain ou dans les stations centrales. Le stress et la maladie, auxquels les auteurs imputent la mortalité survenant dans les stations d'exportation, semblent être des effets secondaires de la récolte des poissons au cyanure, de la négligence lors de la manipulation et de la médiocre qualité de l'eau durant le stockage et l'acheminement, sur le site de récolte et dans le village. Schmidt et Kunzmann relèvent que l'entreprise d'exportation n'a pas la maîtrise des méthodes de récolte du poisson par les pêcheurs et de leurs pratiques de manipulation, et soulignent qu'il est urgent d'abandonner la capture au cyanure au profit de la pêche au filet.

L'un des plus importants exportateurs de poissons d'aquariophilie aux Philippines a admis à l'auteur principal du présent article que la mortalité des poissons dans son centre était comprise entre 30 et 40%, d'où une perte de 250 000 dollars des États-Unis d'Amérique par an. De même, Vallejo (1997) a rapporté qu'aux Philippines, la mortalité sur les sites d'exportation fluctuait entre 30 et 40%, alors qu'elle était estimée par Wood (1985) à 10% à Sri Lanka, et de 10 à 20% à Porto Rico (Sadovy, 1992) Ces fourchettes de taux de mortalité représentent les taux le plus souvent observés plutôt que la fourchette globale.

Mortalité à l'importation et chez le détaillant

On estime que la mortalité des poissons importés des Philippines s'élevait en moyenne à 30% au milieu des années 80 (Rubec, 1986 ; Rubec et Sundararajan, 1991). À cela s'ajoutent des récits de l'époque faisant état de

poissons abandonnés en plein hiver sur le tarmac des aéroports des pays importateurs, et tous morts à leur arrivée (Rubec et al., 2001).

Robert Fenner, qui a travaillé pour une grande chaîne américaine de vente d'animaux de compagnie au début des années 90, a fait observer que la mortalité des poissons marins d'aquariophilie dans les magasins variait énormément d'une semaine à l'autre et selon les espèces. Dans les magasins, la mortalité moyenne cumulée était d'environ 20%. Dans certains d'entre eux, on a constaté que l'expérience des vendeurs et leur aptitude à bien s'occuper des poissons étaient cruciales pour limiter les pertes. Selon Robert Fenner, la plupart des détaillants ne comptabilisait pas rigoureusement ces pertes, si ce n'était celles désignées dans la filière comme "contestables", soit survenant dans les 24 heures de l'arrivée.

Chris Whitelaw, responsable de l'une des plus grandes chaînes canadiennes de vente au détail de poissons d'aquarium (20 magasins) s'occupe de l'achat et de la vente de poissons d'aquarium depuis plus de 15 ans (C. Whitelaw, communication personnelle 2004). Au début des années 90, il s'est procuré des espèces marines d'aquarium provenant des Philippines auprès d'un importateur établi à Toronto. Le précédent propriétaire de cette société d'importation a informé récemment Chris Whitelaw que la mortalité totale des poissons à et après leur arrivée se situait entre 30 et 60%. Durant cette même période, les magasins de vente au détail associés à Whitelaw ont constaté une mortalité de 20 à 25% chez les espèces achetées auprès du grossiste précité. Les poissons présentaient des symptômes dits caractéristiques de l'empoisonnement au cyanure, dépérissant et mourant alors qu'ils s'alimentaient bien, ou refusant de manger et mourant subitement malgré la bonne qualité de l'eau et l'absence de signes apparents de maladie. Chris Whitelaw s'est approvisionné ultérieurement auprès d'importateurs locaux ou établis aux États-Unis d'Amérique, et a enregistré une mortalité de 20 à 30% pour des poissons qui avaient fort probablement été pris au cyanure.

En 1996, Chris Whitelaw (communication personnelle 2004) a commencé à importer des poissons pris au filet directement des exportateurs philippins, lesquels avaient eux-mêmes acheté le poisson auprès de pêcheurs formés soit par la Haribon Foundation/Ocean Voice International (OVI), soit par l'Alliance internationale pour la vie sous-marine. Le poisson ne présentait que rarement, voire jamais, de traces de cyanure ; en revanche, leur état trahissait souvent la privation de nourriture et un manque de soins lors de leur manipulation. Après avoir travaillé avec ces fournisseurs pour déterminer les densités correctes de poissons par unité de volume d'eau et par sac transporté dans les cargaisons pendant les 36 à 48 heures de voyage, Chris Whitelaw a observé un taux de mortalité de moins de 5% à l'arrivée et de 5 à 10% supplémentaires après l'arrivée, du nombre total de poissons reçus par cargaison. Cumulée, la mortalité des poissons capturés au filet varie donc aujourd'hui entre 10 et 15%.

Heidel et Miller-Morgan (2004) ont réalisé récemment des études vétérinaires chez des grossistes et dans des installations d'importation sur la côte ouest des États-Unis d'Amérique sur des espèces marines importées d'Indonésie et des Philippines. Ces travaux, qui portaient sur plus de 300 individus appartenant à 79 espèces, ont été menées dans les heures ayant suivi l'arrivée des poissons. L'état de santé de ces derniers a été évalué selon qu'ils étaient morts, moribonds ou en bonne santé par des analyses de l'eau, des dissections et des analyses histologiques et microbiologiques. La mortalité globale était comprise entre 0 et 16%, mais pour certaines espèces, elle atteignait 100% (J. Heidel, communication personnelle, 2004). Outre la mortalité, on a observé d'autres signes extérieurs témoignant d'un mauvais état de santé, tels qu'un déséquilibre, une bécane du museau, une saillie des opercules, des ulcérations de la peau, des hémorragies, une production accrue de mucus, des lésions des branchies et la présence externe de protozoaires et de bactéries. La qualité de l'eau n'était pas toujours irréprochable, et les données indiquaient que de nombreux poissons arrivés à destination présentaient déjà des problèmes de santé et parfois des infections avant leur importation. Fort probablement, le stress dû à leur capture, à leur stockage et à leur transport, aggravé par une détérioration de la qualité de l'eau et des infections opportunistes ou des épizooties, expliquaient les pertes observées (Heidel et Miller-Morgan, 2004). Bien que l'étude ne soit pas terminée, les premiers résultats dénotent des déséquilibres importants dans les propriétés chimiques de l'eau, mais seulement un taux infime de maladies infectieuses et parasitaires (J. Heidel, communication personnelle 2004).

Trois importateurs d'espèces marines d'aquariophilie établis près de Tampa (Floride) ont révélé en 2004 que le pH de l'eau contenue dans les sachets en plastique arrivés des Philippines est généralement compris entre 6,1 et 6,5, après des durées de vol dépassant 35 heures. La baisse du pH au-dessous de 6,5, qui survient dans les sachets en plastique hermétiques des cargaisons expédiées par voie aérienne, semble être une cause de stress importante.

Il faut généralement cinq à sept jours après avoir retiré les poissons de leur récipient hermétiquement clos pour que les concentrations hormonales de corticostéroïdes et de glucose dues au stress retrouvent leur niveau normal (Carmichael et al. 1984a, b). Or, la plupart des importateurs ne conserve pas le poisson assez longtemps dans leurs installations pour que ce retour à la normale puisse se faire avant qu'ils n'expédient le poisson aux grossistes et aux détaillants. Dans leur majorité, les vendeurs au détail n'ont aucune expérience de l'acclimatation des poissons d'eau de mer qu'ils reçoivent des entreprises transbordant le poisson. La mortalité des poissons arrivant directement dans ces magasins est généralement plus élevée que celle que l'on déplore pour les poissons reçus des importateurs ou des grossistes locaux (Rubec et al., 2001). Les poissons subissant des périodes de transport prolongées sur de longues distances sont davantage stressés, ce qui pourrait contribuer à augmenter leur mortalité après leur arrivée.

Méthodes d'acclimatation

En raison de l'accumulation d'ions ammonium (NH_4^+) et de la baisse du pH dans les sachets résultant du dioxyde de carbone rejeté par les poissons, les exportateurs et les importateurs appliquent, pour la plupart, des méthodes d'acclimatation lorsqu'ils retirent les poissons des sachets en plastique. Avant 1996, la plupart des importateurs qui réceptionnaient le poisson de l'étranger déversaient les poissons, et l'eau les contenant, dans des bassins en plastique ou d'autres récipients analogues. Puis ils ajoutaient petit à petit de l'eau de mer propre dans ces bassins pour élever progressivement le pH et acclimater le poisson à l'eau de mer dans leur installation de stockage. Le responsable canadien du magasin (Whitelaw) a constaté que son personnel ajoutait également de l'Ammolock® à l'eau des bassins pour neutraliser l'ammoniaque. Depuis 1996, ces importateurs transvasent les poissons plus rapidement dans de l'eau de mer propre dont le pH est abaissé à l'aide d'acide chlorhydrique. Trois importateurs d'espèces marines situés près de Tampa (Floride) ont reconnu utiliser du dioxyde de carbone pour abaisser le pH de l'eau de mer. L'un d'entre eux a affirmé qu'il avait beaucoup réduit le taux de mortalité des poissons en recourant à cette méthode, plutôt qu'en utilisant, comme par le passé, du phosphate de sodium monobasique (NaH_2PO_4) ou différents acides pour réduire le pH de l'eau dans laquelle les poissons sont acclimatés. Un deuxième importateur a déclaré qu'il avait réduit de 5% la mortalité des poissons depuis qu'il avait adopté cette nouvelle méthode en 1999. Le troisième importateur a noté que la mortalité qu'il enregistrait à et après l'arrivée des poissons en appliquant la méthode du dioxyde de carbone était, en moyenne, de 8%. Cette importatrice a néanmoins admis que dans le cas de certaines cargaisons, toutes les demoiselles mourraient après leur arrivée, ce qui, selon elle, pouvait s'expliquer par le fait qu'une trop forte concentration de cyanure était employée pour capturer ces poissons.

Aujourd'hui, certains exportateurs des Philippines et d'Indonésie recourent à cette méthode qui consiste à ajouter du dioxyde de carbone. Selon Schmidt (2003), on répand le dioxyde de carbone dans l'eau de mer pour faire tomber le pH de 8,3 à 6,75 et à 6,85 à la station de Goris. Une fois le poisson placé dans les bassins d'acclimatation contenant cette eau au pH faible, on arrête d'ajouter du dioxyde de carbone. On laisse alors ce pH remonter progressivement (par dissipation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère) jusqu'à ce qu'il atteigne 8,1 à 8,4 sur une période de trois heures au moins. On a recours à des méthodes similaires au centre d'exportation de Denpasar. Le pH observé dans les sachets de stockage des poissons à l'arrivée à ce centre était compris entre 6,90 et 7,55. On le relevait progressivement dans le système d'acclimatation pour qu'il atteigne 8,0 à 8,2. Les poissons étaient ensuite transférés dans les bacs de stockage où le pH de l'eau de mer variait entre 8,1 et 8,5.

Réduire la mortalité en capturant les poissons au filet

On enregistre une trop forte mortalité des espèces marines d'aquariophilie expédiées dans des sachets en

plastique clos hermétiquement tout au long des étapes de la chaîne d'exploitation, du village au détaillant en passant par les centrales d'exportation et d'importation, sans oublier les grossistes (Rubec, 1986 ; Rubec et Soundararajan, 1991). Selon Rubec et al. (2001), on peut faire reculer cette mortalité en capturant les poissons au filet plutôt qu'au cyanure, et en adoptant de meilleures méthodes d'expédition et de manutention. Il ressort d'une étude de faisabilité réalisée pour le Conseil de l'aquariophilie marine que le taux de mortalité des poissons d'aquarium capturés à l'aide de filets barrage et manipulés avec soin tombait de 30 à 5% pour les poissons transportés des villages aux centrales d'exportation implantées à Manille (Rubec et Cruz, 2002).

Rubec et al. (2001) ont signalé qu'un petit importateur situé au New Jersey (États-Unis d'Amérique) avait enregistré une mortalité de 30% chez les poissons attrapés au cyanure, alors que celle-ci était de 10% pour les cargaisons de poissons pris au filet et importés des Philippines, après une bonne acclimatation dans les deux cas. L'importateur canadien à Toronto déplorait des taux de mortalité allant de 30 à 60% pour le poisson capturé au cyanure, tandis que le responsable des magasins d'aquariophilie (Whitelaw), qui importe des Philippines des poissons pris au filet, a observé une mortalité à et après l'arrivée de 10 à 15%. Rubec et al. (2001) ont émis l'idée que si la mortalité cumulée tout au long de la chaîne d'exploitation pouvait être réduite et tomber de 90% à moins de 10%, tout le monde pourrait y trouver son compte sur le plan financier. On a toutes les chances de réussir à diminuer fortement la mortalité en faisant cesser la pêche au cyanure et en stabilisant les conditions du milieu durant le transport par l'adjonction d'additifs chimiques dans les sachets en plastique. Actuellement, la majeure partie des exportateurs n'ajoutent aucun produit chimique à l'eau de transport pour la stabiliser.

Études réalisées sur les additifs chimiques

En ce qui concerne les poissons d'ornement issus de l'aquaculture, il est possible de les maintenir en meilleure santé en recourant à des antibiotiques et à d'autres traitements prophylactiques et/ou en ajoutant des additifs alimentaires tels que la vitamine C en vue d'améliorer la qualité de l'eau des bassins (Lim et al., 2002 ; Lim et al., 2003). Le présent article s'intéresse davantage aux mesures que l'on peut appliquer aux espèces marines d'aquariophilie capturées dans la nature, comme l'ajout de produits chimiques dans les sachets en plastique hermétiques à différents points de la chaîne de production, depuis le lieu de leur collecte jusqu'au point de vente au détail.

Solutions tamponnées

McFarland et Norris (1958) ont étudié les fluctuations du pH de l'eau de mer versée dans les récipients clos contenant des *Fundulus parvinnus* pour simuler les conditions prévalant dans les sacs en plastique. Ils ont constaté une chute assez rapide du pH de l'eau de mer (intervenant dans les 8 premières heures). Le faible pH et/ou l'accumulation de dioxyde de carbone dissous en présence d'un pH faible était considéré comme contri-

buant pour moitié à la mortalité des poissons, le pH tombant à 6,0 sur une période de 50 heures. Ils ont également indiqué que même si l'eau contenait de l'oxygène dissous en quantité suffisante, les poissons ne pouvaient le consommer en présence d'un taux élevé de dioxyde de carbone, du fait des effets de Bohr et de Root, qui entravent la capacité du sang de transporter l'oxygène en présence d'un pH faible. L'accumulation de dioxyde de carbone acidifiait l'eau, d'où la baisse de pH.

Mc Farland et Norris (1958) ont établi qu'ils pouvaient améliorer notablement la qualité de l'eau et le temps de survie des poissons conservés dans des récipients clos hermétiquement en ajoutant du tris buffer. On a établi l'innocuité de cette substance chez 25 espèces marines et quatre espèces d'eau douce. Dans les tests réalisés sans adjonction de tris buffer dont il a été question au précédent paragraphe, on a déploré une mortalité atteignant 50% chez *Fundulus parvinnus* (65 g de poisson environ pour 4 L d'eau environ), placé dans des récipients clos, où le pH de l'eau est tombé de 7,8 à 6,0. On a réalisé des tests avec les mêmes densités de cette espèce en ajoutant 10 g de tris buffer pour environ 4 L d'eau. Lors du premier traitement, un agent tampon a été ajouté à l'eau pour en stabiliser le pH à 8,25. La mortalité cumulée de cette espèce s'est établie à 50% au bout du sixième jour, avec un pH tombé à 6,7. Lors du deuxième traitement, le pH de départ était de 7,8 et la mortalité observée s'élevait à 50% après 4,9 jours, avec un pH tombé à 6,5. Cette espèce a survécu beaucoup plus longtemps, grâce à l'adjonction de tris buffer, que le cas témoin pour lequel aucun tampon n'avait été ajouté à l'eau de mer. L'agent tampon avait abaissé le pH plus lentement, retardant ainsi le moment où la mortalité a atteint 50%.

McFarland et Norris (1958) et Amende et al. (1982) ont constaté que cette solution de tris buffer ralentissait la chute du pH dans le cas des essais portant sur *Fundulus parvinnus* et sur les plattys (*Xiphophorus maculatus*) conservés dans des sachets clos, par rapport aux témoins auxquels on n'avait pas appliqué d'agent tampon. Mc Farland et Norris (1958) se sont également aperçus que l'adjonction de tris buffer réduisait le taux d'accumulation de dioxyde de carbone par rapport à ces deux groupes témoins. Cette accumulation s'est faite au rythme attendu en présence d'une substance capable d'exercer une action tampon sur le dioxyde de carbone (en le transformant en ion bicarbonate, moins toxique).

Élimination de l'ammoniaque

Il existe deux méthodes courantes permettant de limiter l'accumulation d'ammoniaque dans l'eau de transport : soit on ralentit le métabolisme du poisson pour empêcher la formation d'ammoniaque, soit on élimine l'ammoniaque après son excrétion (Bower et Turner, 1982). Dans la première méthode, on se sert de sédatifs ou on abaisse la température de l'eau ; dans la deuxième, on fait appel à des substances composites qui fixent l'ammoniaque tels que les résines échangeuses d'ions ou les zéolithes. La clinoptilolite est un minéral existant à l'état naturel, qui fait office de zéolithe (silicates d'aluminium hydratés associés aux métaux alcalins et aux métaux alcalino-terreux) capable de se lier avec l'ammoniaque

ionisé (NH_4^+) et l'ammoniaque non ionisée (NH_3) pour supprimer l'ammoniaque de la solution aqueuse.

Bower et Turner (1982) ont montré que la clinoptilolite était efficace pour réduire sensiblement les concentrations d'ions ammoniacaux ($p < 0,01$) et d'ammoniaque non ionisée ($p < 0,05$) de l'eau douce durant le transport simulé de poissons rouges (*Carassius auratus*) placés dans des sacs de polyéthylène clos hermétiquement. Bien que les petites particules de clinoptilolite éliminent mieux l'ammoniaque que les grandes en raison de leur plus grande surface, il est recommandé d'utiliser des grandes particules de 2 à 5 mm car elles ne troublent pas l'eau.

Il est parfois difficile d'éliminer l'ammoniaque de l'eau douce en augmentant la densité de clinoptilolite utilisée (Teo et al. 1989, 1994). On a relevé une hausse de la mortalité des guppies (*Poecilia reticulata*) et des barbus de Sumatra (*Barbus tetrazona*) en présence de densités accrues de clinoptilolites, malgré une diminution des concentrations totales d'ammoniaque ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) dans l'eau de transport. Cela tient peut-être à l'eau, rendue trouble par les fines particules de clinoptilolite, lesquelles pourraient s'être agglutinées aux branchies du poisson, provoquant son asphyxie. Dans le commerce d'aquariophilie, on résout actuellement le problème évoqué ci-dessus en utilisant de larges particules de clinoptilolite, que l'on place dans des filets en plastique à l'intérieur de sacs en plastique clos hermétiquement durant le transport des poissons d'eau douce.

La clinoptilolite n'est pas efficace dans l'eau de mer (Turner et Bower, 1982). Il est nécessaire d'évaluer les formules liquides (p.ex. Amquel®/Cloram-X®) afin de déterminer leur capacité de fixer l'ammoniaque non ionisée de l'eau de mer durant le transport. Toutefois, on ne peut pas utiliser le produit Amquel® et le tris buffer ensemble (Robertson et al., 1987), car la molécule de tris buffer se caractérise par un groupement d'amines qui se fixe au produit Amquel®. On peut résoudre cette difficulté en utilisant des agents tampons dépourvus d'amines en même temps que des agents liquides qui fixent l'ammoniaque.

Contrôle des bactéries durant le transport

Amend et al. (1982) ont procédé à des essais de différents produits chimiques pour déterminer dans quelle mesure ceux-ci peuvent retarder la croissance de bactéries dans les sacs en plastique par rapport à des témoins non traités, et éprouver la tolérance du poisson à chacun de ces produits chimiques. Aucune mortalité n'a été associée à l'emploi de sulfate de néomycine, substance chimique la moins onéreuse parmi celles qui ont été testées. On a utilisé le sulfate de néomycine lors d'autres expériences réalisées avec des poissons d'aquarium d'eau douce, afin de contrôler la prolifération des bactéries colonisant les sacs dans lesquels ces poissons sont expédiés (Teo et al., 1989, 1994).

Les bactéries invasives sont à l'origine d'infections de la peau et des nageoires qui se produisent fréquemment chez les espèces marines après leur manipulation (Colorini et Paperna, 1983). Les expériences menées sur une espèce marine (*Sparus aurata*) et un poisson d'eau

douce (*Oreochromis mossambicus*) montrent qu'en immergeant les poissons dans 100 mg L⁻¹ de nitrofurazone pendant 6 heures, on empêche efficacement la prolifération de bactéries dans l'eau, on évite la colonisation des lésions cutanées par des bactéries et on limite au maximum les risques d'infection généralisée. Les analyses post-mortem des poissons indiquent que la nitrofurazone n'est pas absorbée par les organes internes. Par conséquent, il est établi que l'on pourrait utiliser cette substance pour la pêche au filet ou durant le transport, réputé à l'origine d'une perte d'écailles ou de lésions mineures chez l'animal. La nitrofurazone présente l'avantage de pouvoir être utilisée avec des filtres biologiques car elle n'interfère aucunement avec les bactéries nitrifiantes à Gram positif. Comme cette substance n'est ni absorbée ni retenue par le poisson, il y a peu de risques qu'elle provoque l'apparition de souches de bactéries antibiotorésistantes, contrairement à d'autres produits chimiques. Les entretiens menés avec plusieurs importateurs américains et plusieurs exportateurs philippins indiquent que la nitrofurazone sert pour le transport et le stockage d'espèces marines d'aquariophilie.

Anesthésiants/sédatifs

On sait que les anesthésiants sont efficaces pour ralentir le métabolisme et donc la motricité des poissons, et ils peuvent aussi servir à diminuer la production de déchets métaboliques (Mac Farland, 1960). L'utilisation d'anesthésiants pour le transport de poissons d'ornement n'a pas été étudiée à fond (Lim et al., 2003). On peut utiliser des anesthésiants pour limiter les réactions de stress du poisson, mais les avis divergent à ce sujet. Les sédatifs les plus courants employés dans la filière pour l'expédition de poissons d'aquarium sont la quinaldine ou le sulfate de quinaldine, et le sulfonate de méthane de tricaine (Cole et al., 2001).

On a réalisé plusieurs expériences sur des guppies, des barbus de Sumatra et des mollies (*Mollenesia sphenops*), tous des poissons d'eau douce, en utilisant du phénoxyéthanol-2, un anesthésiant, soit seul soit en l'associant à d'autres facteurs (Theo et al. 1989, 1994). Les résultats de ces travaux indiquent que le phénoxyéthanol-2 à lui seul est capable de faire tomber le taux de mortalité. Les paramètres associés concernant la qualité de l'eau, tels que la quantité totale d'ammoniaque ou de dioxyde de carbone, n'étaient généralement pas directement mortels. Il ressort de certaines données que les faibles concentrations d'oxygène dissous étaient mortelles pour les barbus de Sumatra (Theo et al. 1994). Il apparaît en outre que le phénoxyéthanol-2 réduit la mortalité liée aux niveaux totaux très dangereux d'ammoniaque et/ou à la baisse du pH mesurés durant les expériences de transport simulé avec des poissons conservés dans des sacs en plastique à fermeture hermétique (Theo et al., 1994 ; Kwan et al., 1994).

Associations chimiques

Les essais menés avec du phénoxyéthanol-2 et du tris buffer ont permis de réduire davantage la mortalité que les autres associations de substances chimiques (clinoptilolite + tris buffer, clinoptilolite + phénoxyéthanol-2) appliquées tant aux guppies qu'aux barbus de Sumatra

(Teo et al. 1989, 1994). Le faible taux de mortalité qu'entraînait l'association d'un sédatif et d'un agent tampon n'était dû ni à une diminution du dioxyde de carbone ni à des concentrations totales d'ammoniaque plus faibles par rapport à la qualité de l'eau obtenue lors de l'application des deux autres associations de substances. Les taux de mortalité les plus élevés étaient liés à l'association de clinoptilolite et de tris buffer tant chez le guppy que chez le barbu de Sumatra. Dans les essais où l'on avait versé 20 g L⁻¹ de clinoptilolite et 0,02 M de tris buffer dans l'eau contenant des densités variables de barbus de Sumatra (40, 60, 80 poissons pour 3 L d'eau et 3 L d'oxygène par sachet), la mortalité était passée de 0% pour une densité de 60 sujets par sachet à 83,3% par sachet en contenant 80 (Teo et al., 1994) ; cette hausse était imputée à la faible concentration d'oxygène dissous (1 mg L⁻¹) appliquée dans le test portant sur une densité de 80 poissons par sachet. Toutefois, il n'y a pas eu de déperdition d'oxygène dissous dans l'eau (20,6 mg L⁻¹) dans le cas de l'association clinoptilolite + tris buffer, qui pourrait expliquer la mortalité connexe (11,7%) des guppies pour une densité de 20 poissons pour 400 ml d'eau par sachet (Teo et al., 1989).

Teo et al. (1989) ont réalisé une analyse de variance afin d'évaluer les effets de la clinoptilolite, du tris buffer et du phénoxyéthanol-2, appliqués seuls puis conjugués à d'autres facteurs, sur les paramètres de la qualité de l'eau et la mortalité des guppies. Les trois additifs chimiques ajoutés séparément ou par deux avaient des effets sensibles sur les concentrations d'ammoniaque ($p \leq 0,01$). Tant le phénoxyéthanol-2 seul que la clinoptilolite associée à cette dernière substance avaient des effets notables ($p \leq 0,01$) sur la concentration d'oxygène dissous des sachets contenant les guppies (les poissons consommaient moins d'oxygène dissous lorsqu'ils étaient anesthésiés). Ces trois additifs, appliqués ensemble, avaient une forte incidence ($p \leq 0,05$) sur la concentration d'oxygène dissous. Le tris buffer seul, comme le phénoxyéthanol-2 seul, réduisait beaucoup ($p \leq 0,01$) les taux de mortalité des guppies placés dans les sachets en plastique hermétiquement clos. La clinoptilolite avait également contribué à atténuer nettement ($p \leq 0,05$) la mortalité.

Buffer + clinoptilolite + température + sédatif

Dans une autre série de tests, Teo et al. (1989) ont fait fluctuer la densité des guppies (40, 50 ou 60 poissons par sachet contenant 600 ml d'eau) et la température (20°C et 25°C), en ajoutant du tris buffer (0,02 M), en présence puis en l'absence de 0,22 g L⁻¹ de phénoxyéthanol-2. La mortalité était moins élevée en présence de cette substance. Dans les essais menés sur des densités plus fortes (50 ou 60 poissons par sachet), elle était moindre à une température de 25°C qu'à celle de 20°C, en présence des deux facteurs. Pour une densité de 50 poissons par sachet, la mortalité était de 2% à 25°C et de 6% à 20°C. Lorsque cette densité était de 60 poissons pour 600 ml d'eau, la mortalité était de 5% à 25°C et de 5,6% à 20°C. Les résultats de ces essais montrent qu'en appliquant les bonnes concentrations de tris buffer, de clinoptilolite et de phénoxyéthanol-2, il est possible d'accroître la densité de poissons par sachet.

Les conditions de conservation des poissons relevées par Teo et al (1989) pour différentes densités de guppies sont résumées au tableau 2 (les données figurant dans le tableau d'origine des auteurs ont été réorganisées dans le présent article pour distinguer les essais réalisés aux deux températures, soit à 20°C et à 25°C). Les données présentées sont des moyennes pour les conditions du milieu prévalant dans les trois sachets de poissons, pour chaque essai et chaque cas témoin.

Il ressort de ce tableau que les niveaux totaux de dioxyde de carbone dissous mesurés et les taux de mortalité correspondants sont plus élevés pour les essais menés sans adjonction de phénoxyéthanol-2 (Teo et al., 1989). Dans les essais menés avec de l'eau à 20°C et des densités de 40 à 60 poissons par sachet, les niveaux d'oxygène dissous étaient moins élevés lorsqu'il n'y avait pas eu d'adjonction de phénoxyéthanol-2. À une température de 25°C, le niveau d'oxygène dissous était plus élevé en l'absence anesthésiant (pour une densité de 40 poissons par sachet) qu'en sa présence. Les concentrations totales d'ammoniaque étaient également supérieures dans le sachet où l'eau était maintenue à 25°C plutôt qu'à 20°C. Dans deux cas sur trois, les concentrations totales d'ammoniaque étaient plus fortes en l'absence d'anesthésiant qu'en présence de ce sédatif, associé à l'agent tampon et à la clinoptilolite. Dans les essais réalisés avec une densité de 40 poissons par sachet, la présence de l'anesthésiant diminuait l'accumulation d'ammoniaque, à une température de 20°C ($p < 0,05$). À une température de 25°C, pour une densité de 40 guppies par sachet, la concentration totale d'ammoniaque était moindre en présence de l'anesthésiant, même si l'écart n'était pas significatif ($p > 0,05$). Les auteurs en ont conclu que l'adjonction de phénoxyéthanol-2 était nécessaire lors de l'ensachage de guppies dans une eau à 20°C. Durant les premiers tests, le fait d'abaisser la température de l'eau au-dessous de 20°C avait augmenté la mortalité des guppies (tous étaient morts dans une eau à 15°C). Froese (1998) a résumé ces données, qui indiquent que les poissons tropicaux ont de meilleures chances de survivre lorsque la température de l'eau du transport correspond à celle de leur milieu naturel (entre 22 et 30°C).

Discussion

Il ressort des données obtenues des importateurs d'espèces marines d'aquarium des Philippines que moins de poissons meurent lorsqu'ils sont pris au filet plutôt qu'au cyanure. Plusieurs importateurs de poissons provenant des Philippines signalent que la mortalité des poissons a diminué durant la deuxième moitié des années 90 ; cela tient peut-être au fait que l'on a moins recours au cyanure pour recueillir les espèces marines destinées à l'aquariophilie, comme l'attestent six tests de détection du cyanure menés dans les laboratoires de l'Alliance internationale pour la vie sous-marine (Rubec et al., 2003). La présence de cyanure est tombée de 43% en 1996 à 8% en 1999, puis a de nouveau augmenté pour se situer à hauteur de 29% en 2000, sur la base de tests réalisés sur 7 703 spécimens de poissons d'aquarium. Parmi les autres facteurs, l'amélioration des systèmes de filtrage et la modification des méthodes d'acclimatation, exposées dans le présent article, pourraient bien également avoir pesé sur le taux de mortalité pendant cette période.

La qualité de l'eau utilisée dans les systèmes de stockage et durant le transport dans des sachets en plastique est, semble-t-il, d'une grande importance. Plusieurs exportateurs ont informé l'auteur principal du présent article qu'ils observaient une mortalité accrue lorsque l'eau de mer utilisée dans leurs installations provenait de Manila Bay, alors que cette mortalité reculait lorsqu'ils se procuraient l'eau en dehors de Manille. Un exportateur de poissons pris au filet va chercher l'eau de mer à la baie de Subic et la transporte par camion-citerne. Il est essentiel, selon cet intervenant, d'obtenir de l'eau de mer qui ne soit pas polluée et de préserver une eau de qualité dans les installations.

La documentation scientifique examinée dans le présent article montre que les poissons meurent dans les sacs en plastique, même lorsque la qualité de l'eau n'était pas mortelle au départ. Les études montrent que l'on peut avoir recours à des additifs chimiques si

Tableau 2. Paramètres de la qualité de l'eau et mortalité, en pourcentage, observée chez des groupes de 40 ou 60 guppies conservés, pendant 48 heures, à une température de 20 ou de 25°C, dans des sacs en plastique hermétiquement clos contenant 600 ml d'eau, à laquelle on a ajouté 20 g de clinoptilolite, 0,02 M de tris buffer, en présence ou en l'absence de phénoxyéthanol-2 (Teo et al., 1989)

Traitement				Après exposition				
Densité (nombre par sachet)	Poids total poisson (g)	Température (°C)	Phénoxy-éthanol-2 (g L ⁻¹)	Dioxyde de carbone (mg L ⁻¹)	Ammoniaque (total) (mg L ⁻¹)	pH	Oxygène dissous (mg L ⁻¹)	Mortalité (%)
40	32,1	20	0,22	542	3,03	7,43	18,0	3,3
40	28,3	20	0,00	748	5,44	7,50	11,0	6,7
50	32,8	20	0,22	579	7,04	7,57	18,0	6,0
60	37,4	20	0,22	234	5,80	7,10	20,3	5,6
60	34,8	20	0,00	841	26,90	7,05	6,3	13,0
40	31,4	25	0,22	497	13,99	7,15	5,9	5,8
40	28,7	25	0,00	681	16,56	7,35	7,1	10,0
50	34,4	25	0,22	588	14,25	7,26	6,6	2,0
60	36,3	25	0,22	494	14,70	7,11	10,3	5,0

L'on souhaite accroître la densité des guppies, des barbues de Sumatra et des mollies expédiés dans des sacs en plastique hermétiquement clos (Teo et al., 1989, 1994 ; Kwan et al., 1994). Toutefois, il semble y avoir un seuil à ne pas dépasser en ce qui concerne la densité de poissons pouvant survivre ensemble dans les sachets dans lesquels ils sont transportés. Dans le cas de l'essai évoqué ci-dessus où l'on recourait à des associations de clinoptilolite et de tris buffer (Teo et al., 1994), on pourrait attribuer la mortalité du barbu de Sumatra (83,3%) à la saturation de la clinoptilolite avec l'ammoniaque, puisque la concentration totale d'ammoniaque était élevée (27,1 mg L⁻¹) dans le cas de la plus forte densité de poissons (80 poissons par sachet). Toutefois, dans le cas des guppies auxquels on applique la même combinaison d'additifs chimiques, la concentration totale d'ammoniaque était faible (3,7 mg L⁻¹) et celle d'oxygène dissous élevée (20,6 mg L⁻¹), tandis que la mortalité (11,7%) était assez forte (Teo et al., 1989). D'autres facteurs comme le stress physiologique dû à l'entassement peuvent rendre compte de la mortalité observée, et expliquer pourquoi celle-ci a beaucoup augmenté lorsque les densités de poissons par sachet étaient les plus fortes.

Les poissons cumulent le stress du fait qu'ils sont capturés, ensachés, entassés et exposés à des variations de pH, de température, de salinité, d'oxygène dissous et de lumière, et confrontés à une accumulation d'ions ammonium qui se transforme en ammoniaque non ionisée à l'ouverture des sachets (Rubec et al., 2001). Les expériences réalisées sur des poissons d'eau douce à l'aide d'additifs chimiques combinés de diverses façons ont essentiellement mis en évidence la grande incidence du phénoxyéthanol-2 associé au tris buffer sur la réduction de la mortalité des guppies, des barbues de Sumatra et des mollies (Teo et al., 1989, 1994 ; Kwan et al., 1994). Aucune explication n'a été fournie quant à la manière dont le phénoxyéthanol-2 agissait pour produire ce même effet. Les expériences menées sur les truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) indiquent que cette substance réduit l'excrétion de cortisol dans le sang, fréquemment associée à des réactions de stress physiologique (Iwama et al., 1989).

Étude des additifs chimiques pour l'expédition de poissons d'eau de mer

Aucune étude n'a été publiée sur les essais où l'on verse plus d'un additif chimique dans les sacs en plastique dans lesquels sont expédiés les poissons tropicaux d'aquarium. Il est nécessaire de mener les mêmes travaux sur les poissons d'aquarium marins que ceux qui ont été faits pour les poissons d'eau douce.

Les pêcheurs voyagent sur de longues distances en bateau pour trouver des récifs qui n'ont pas été ravagés par l'utilisation de cyanure et d'autres types de pêche destructrice tels que la pêche aux explosifs (Rubec, 1986, 1988 ; Rubec et al., 2003 ; Cervino et al., 2003). Nous prévoyons d'étudier les pratiques post-récolte de manipulation et de transport depuis le moment où le poisson est capturé au filet et durant son acheminement vers les villages, ainsi que la manière dont ils sont entreposés avant d'être expé-

diés vers les entreprises d'exportation à Manille. Nous prévoyons d'étudier attentivement cette question car la mortalité tout au long de la chaîne d'exportation semble en bonne partie imputable aux méthodes de récolte et de transport utilisées par les pêcheurs et les intermédiaires. Lorsque cela est possible, nous comparerons la mortalité des poissons attrapés au filet à celle des espèces capturées au cyanure, dans des conditions identiques de manutention et de transport.

Beaucoup de poissons sont conservés dans des sachets en plastique dans les villages, ce qui accentue encore le stress qu'ils endurent après leur récolte (Baquero, 1995). Parmi les autres solutions figurent l'utilisation de cages flottantes, l'immersion de sachets filets et le stockage dans des installations régionales (Rubec et Cruz, 2002). Nous avons l'intention d'essayer ces autres options et de mettre en évidence la mortalité des poissons pour chacune d'entre elles.

Une fois déterminé, pour chaque espèce, le taux de mortalité lié aux méthodes d'expédition classiques, des expériences seront menées pour contrôler les effets de l'adjonction de différents produits chimiques aux sachets d'expédition. On déterminera ces effets tout au long de la chaîne d'exploitation en procédant à des envois depuis les villages jusqu'aux détaillants aux États-Unis d'Amérique. On recourra à des sacs en plastique contenant un quart d'eau de mer et trois quarts d'oxygène (par volume), ainsi que des additifs chimiques, pour exporter les poissons. Le nombre de poissons morts à et après l'arrivée sera établi à chaque étape de la chaîne.

Nous comptons d'abord ensacher les poissons et placer les sachets dans les boîtes utilisées pour leur expédition, puis les conserver pendant 48 heures avec et sans adjonction d'additifs chimiques dans une entreprise d'exportation des Philippines. Nous entendons évaluer l'incidence de ces produits chimiques utilisés seuls et dans différentes combinaisons selon la méthode employée par Teo et al (1989, 1994). Les concentrations d'additifs nécessaires seront d'abord déterminées à partir de la documentation publiée sur le sujet. Nous prévoyons ensuite de faire varier les concentrations de certains produits chimiques pour déterminer les concentrations optimales qui ne présentent aucun danger pour les poissons ensachés. Les additifs chimiques serviront à stabiliser le pH, à neutraliser l'ammoniaque non ionisée à mesure qu'elle est excrétée, et à arrêter la prolifération de bactéries dans les sachets, ce qui nous permettra de choisir l'association chimique et les concentrations les plus appropriées pour chaque additif chimique.

En stabilisant la qualité de l'eau des sachets en plastique durant le transport, nous espérons éliminer ou réduire très nettement le stress du transport et les effets secondaires (comme les maladies) que subissent les poissons sous l'effet de facteurs de stress, tels que le manque de soins durant la manipulation, l'ammoniaque et d'autres facteurs altérant la qualité de l'eau. La documentation scientifique montre que c'est possible. S'il existe des entreprises ayant recours à cer-

taines de ces techniques, celles-ci ne sont pas appliquées couramment à l'expédition de poissons marins d'aquarium. Nous estimons que l'on peut parvenir à obtenir un taux de mortalité de moins de 1% à chaque étape de la chaîne, ce qui permettrait peut-être aux exportateurs de mieux rémunérer les pêcheurs qui attrapent le poisson au filet, et d'accroître la rentabilité des entreprises d'aquariophilie marine tout au long de la chaîne d'exploitation, depuis la collecte du poisson sur le récif jusqu'à sa vente chez le détaillant. Cela ne signifie pas qu'il faille augmenter les prix à l'exportation des poissons pris au filet. Nous sommes convaincus que ces poissons peuvent être exportés à des prix compétitifs par rapport aux poissons capturés à l'aide de cyanure et également exportés.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le docteur Jerry Heidel, du Collège de médecine vétérinaire de l'Université d'État de l'Oregon, Mme Christiane Schmidt, d'Amblard Overseas Trading S.A, et M. Robert Fenner, expert commercial, d'avoir examiné le manuscrit du présent article. Nos remerciements vont également à Chris Whitelaw, pour les renseignements qu'il nous a aimablement communiqués, et à d'autres personnes travaillant dans le secteur de l'aquariophilie. Nous remercions également Tom Graham d'avoir bien voulu relire cet article, ce qui nous a permis d'en parfaire la mise en forme définitive.

Bibliographie

- Amend, D.F., Croy T.R., Goven B.A., Johnson K.A. and McCarthy D.H. 1982. Transportation of fish in closed systems: Methods to control ammonia, carbon dioxide, pH, and bacterial growth. *Transactions of the American Fisheries Society* 111:603–611.
- Baquero, J. 1995. The stressful journey of ornamental marine fish. *Sea Wind* 9(1):19–21.
- Bower, C.E. and Turner D.T. 1982. Ammonia removal by clinoptilolite in the transport of ornamental freshwater fishes. *Progressive Fish Culturist* 44(1):19–23.
- Carmichael, G.J., Tomasso J.R., Simco B.A. and Davis K.B. 1984a. Confinement and water quality induced stress in largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society* 113:767–777.
- Carmichael, G.J., Tomasso J.R., Simco B.A. and Davis K.B. 1984b. Characterization and alleviation of stress in largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society* 113:778–785.
- Cervino, J.M., Hayes R.L., Honovitch M., Goreau T.J., Jones S. and Rubec P.J. 2003. Changes in zooxanthellae density, morphology, and mitotic index in hermatypic corals and anemones exposed to cyanide. *Marine Pollution Bulletin* 46:573–586.
- Chow, P.S., Chen T.W. and Teo L.H. 1994. Physiological responses of the common clownfish *Amphiprion ocellaris* (Cuvier), to factors related to packing and long-distance transport by air. *Aquaculture* 127:347–361.
- Cole, B., Tamura C.S., Bailey R., Brown C. and Ako H. 2001. Shipping practices in the ornamental fish industry. In: B.C. Paust and A.A. Rice (eds). *Marketing and shipping live aquatic products: Proceedings of the Second International Conference and Exhibition*, November 1999, Seattle, Washington. Fairbanks: University of Alaska Sea Grant, AK-SG-01-03. 73–86.
- Colorini, A. and Paperna I. 1983. Evaluation of nitrofurazone baths in the treatment of bacterial infections of *Sparus aurata* and *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture* 35:181–186.
- Dempster, R.P. and Donaldson M.S. 1974. Cyanide – tranquilizer or poison? *Aquarium Digest International Tetra* 2(4):21–22, Issue 8.
- Froese, R. 1998. Insulating properties of styrofoam boxes used for transporting live fish. *Aquaculture* 159:283–292.
- Fry, F.E. and Norris K.S. 1962. The transportation of live fish. In: G. Borgstrom (ed). *Fish as food*, Volume II. New York and London: Academic Press. 595–608.
- Goldstein, R.J. 1997. Update on cyanide. *Freshwater and Marine Aquarium* 20(10):96–102.
- Hall, K.C., and Bellwood D.R. 1995. Histological effects of cyanide, stress, and starvation on the intestinal mucosa of *Pomacentris coelestis*, a marine aquarium fish species. *Journal of Fish Biology* 47:438–454.
- Hanawa, M., Harris L., Graham M., Farrell A.P. and Bendall-Young L.I. 1989. Effects of cyanide exposure on *Dascyllus aruanus*, a tropical marine fish species: lethality, anaesthesia and physiological effects. *Aquarium Sciences and Conservation* 2:21–34.
- Heidel, J.R. and Miller-Morgan T.J. 2004. "Shipping fever" in marine ornamentals: Environmental and infectious factors predisposing to post-shipment losses. Abstract. In: Program and abstracts for Marine Ornamentals '04 Collection, Culture, and Conservation Conference, held March 1–4, 2004 in Honolulu, Hawaii. 47.
- Iwama, G.K., McGee J.C. and Pawluk M.P. 1989. The effects of five fish anaesthetics on acid-base balance, hematocrit, blood gases, cortisol, and adrenaline in rainbow trout. *Canadian Journal of Zoology* 67:2065–2073.
- Kwan, S.K., Chen T.W. and Teo L.H. 1994. The control of total ammonia and carbon dioxide levels in the packing physiology of mollies. In: L.M. Chou et al. (eds). *Proceedings of the Third Asian Fisheries Forum*, held in Singapore. Manila, Philippines: Asian Fisheries Society. 888–891.
- Lim, L.C., Dhert P., Chew W.Y., Deraux V., Nelis H. and Sorgeloos P. 2002. Enhancement of stress resistance of the guppy *Poecilia reticulata* through feeding and Vitamin C supplement. *Journal of the World Mariculture Society* 33(1):32–40.
- Lim, L.C., Dhert P. and Sorgeloos P. 2003. Recent developments and improvements in ornamental fish packing systems for air transport. *Aquaculture Research* 34:923–935.

- McFarland, W.N. 1960. The use of anesthetics for the handling and transport of fishes. *California Fish and Game* 46(4):407–431.
- McFarland, W.N. and Norris K.S. 1958. The control of pH by buffers in fish transport. *California Fish and Game* 44(4):291–310.
- Miller, R.S. 1956. Plastic bags for carrying and shipping live fish. *Copeia* 1956(2):118–119.
- Norris, K.S., Brocato F., Calandrino F. and McFarland W.N. 1960. A survey of fish transportation methods and equipment. *California Fish and Game* 46(1):5–33.
- Robinson, S. 1985. Collecting tropical marines – an interview with Earl Kennedy: The founding father of the Philippine fish trade speaks out. Part 1. *Freshwater and Marine Aquarium* 8(2):80–86.
- Robertson, L., Bray W.A. and Lawrence A.L. 1987. Shipping of penaeid broodstock: Water quality limitations and controls during 24 hour shipments. *Journal of the World Aquaculture Society* 18(2):45–56.
- Rubec, P.J. 1986. The effects of sodium cyanide on coral reefs and marine fish in the Philippines. In: J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos (eds). *Proceedings of the First Asian Fisheries Forum, held in Manila, Philippines: Asian Fisheries Society*. 297–302.
- Rubec, P.J. 1987a. The effects of sodium cyanide on coral reefs and marine fish in the Philippines. *Marine Fish Monthly* 2(2):7–8, 17, 20, 27, 34–35, 39, 44, 46–47 and 2(3):8–10, 14, 24, 44, 47.
- Rubec, P.J. 1987b. Fish capture methods and Philippine coral reefs – IMA Philippines Visit: Part II. *Marine Fish Monthly* 2(7):26–31.
- Rubec, P.J. 1988. The need for conservation and management of Philippine coral reefs. *Environmental Biology of Fishes* 23(1–2): 141–154.
- Rubec, P.J. and Cruz F. 2002. Net-training to CAMP: Community-based programmes that benefit coral reef conservation and the aquarium trade. *Ornamental Fish International, OFI Journal* 40:12–18.
- Rubec, P.J., Cruz F., Pratt V., Oellers R., McCullough B. and Lallo F. 2001. Cyanide-free net-caught fish for the marine aquarium trade. *Aquarium Sciences and Conservation* 3:37–51.
- Rubec, P.J., Pratt V.R., McCullough B., Manipula B., Alban J., Espero T. and Suplido E.R. 2003. Trends determined by cyanide testing on marine aquarium fish in the Philippines. In: J.C. Cato and C.L. Brown (eds.), *Marine ornamental species: Collection, culture & cultivation*. Ames, Iowa: Iowa State Press. 327–340.
- Rubec, P.J. and Soundararajan R. 1991. Chronic toxic effects of cyanide on tropical marine fish. In: P. Chapman et al. (eds). *Proceedings of the Seventeenth Annual Toxicity Workshop: November 5–7, 1990, Vancouver, B.C.* Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1774(1):243–251.
- Sadovy, Y.J. 1992. A preliminary assessment of the marine aquarium export trade in Puerto Rico. *Proceedings 7th International Coral Reef Symposium* 2:1014–1021.
- Sadovy, Y.J. and Vincent A.C.J. 2002. Ecological issues and the trades in live reef fishes. In: P.F. Sale (ed). *Coral reef fishes; dynamics and diversity in a complex ecosystem, San Diego, California: Academic Press*. 391–420.
- Schmidt, C. 2003. Post-harvest mortality in the marine aquarium trade: A case study at an Indonesian export facility. M.S. Thesis in International Studies in Aquatic Tropical Ecology, University of Bremen, Germany. 46 p.
- Schmidt, C. and Kunzmann A. 2005. La mortalité après capture dans le commerce de l'aquariophilie marine : étude d'une entreprise indonésienne d'exportation. *Ressources marines et commercialisation* 13:3–12.
- Teo, L.-H., Chen T.-W. and Lee B.H. 1989. Packaging of the guppy, *Poecilia reticulata*, for air transport in a closed system. *Aquaculture* 78:321–332.
- Teo, L.-H., Chen T.-W. and Oei P.P. 1994. The uses of tris buffer, 2-phenoxyethanol and clinoptilolite in the long-distance transport of *Barbus tetrazona* Bleeker. In: L.M. Chou et al. (eds). *Proceedings of The Third Asian Fisheries Forum, held in Singapore, Manila, Philippines: Asian Fisheries Society*. 896–899.
- Turner, D.T. and Bower C.E. 1982. Removal of ammonia by bacteriological nitrification during simulated transport of marine fishes. *Aquaculture* 29:347–367.
- Vallejo, B. Jr. 1997. Survey and review of the Philippine marine aquarium industry. *Ocean Voice International, Sea Wind* 11(4):2–16.

