# L'empreinte écologique sur l'environnement marin du commerce des poissons de récifs vivants destinés à la restauration[1]

*Kimberley Warren-Rhodes[2], Yvonne Sadovy[3] et Herman Cesar[4]*

## Introduction

La demande de produits de la mer vivants en Asie a fait naître un commerce lucratif de poissons de récif vivants qui a généré, en 1995, des revenus de plus d'un milliard de dollars des États-Unis d'Amérique à l'échelle mondiale (Johannes et Riepen, 1995 ; Cesar *et al.*, 1997). Toutefois, on s'inquiète de ce que le commerce des poissons de récif vivants destinés à la restauration a des répercussions profondes et inacceptables sur les récifs coralliens et les ressources récifales de l'Asie du Sud-Est et de la région Indo-Pacifique.[5] Ces régions englobent plus de 90 % des espèces coralliennes existantes et présentent la plus grande biodiversité marine au monde (Norse, 1993). Étant donné que ces récifs assurent l'alimentation de plus d'un milliard de personnes en Asie (Barber et Pratt, 1997 ; Bryant *et al.*,1998), leur destruction et leur surexploitation menacent la sécurité alimentaire et le développement économique actuels et futurs de la région (Barber et Pratt, 1997 ; Williams, 1997).[6] Cet article a pour but d'évaluer la superficie de l'écosystème marin que s'approprient les grands marchés asiatiques, en particulier celui de Hong Kong, pour répondre à leur demande de produits de la mer vivants des récifs coralliens. Hong Kong a été retenu par l'auteur du présent article pour deux raisons. Tout d'abord, il s'agit du plus grand marché et du principal consommateur de poissons de récif vivants destinés à la restauration au monde. Deuxièmement, contrairement à ce qui est le cas pour d'autres économies axées sur la demande (Singapour et Chine continentale), on dispose de données sur le rôle que joue Hong Kong dans ce commerce, données qui facilitent une analyse approfondie de son empreinte écologique sur l'environnement marin. Toutefois, même les données disponibles sur Hong Kong sont réputées incomplètes, et il est donc difficile d'évaluer l'importance réelle des importations de poissons de récif vivants à Hong Kong (Lau et Parry-Jones, 1999).

## Empreintes écologiques sur l'environnement marin

### *Le concept*

L'empreinte écologique sur l'environnement marin mesure la superficie des espaces marins que s'approprient des populations humaines pour obtenir des produits de la mer ainsi que d'autres produits et services connexes (Folke *et al.*, 1991 ; Folke *et al.*,1998).[7] Étant donné que l'on ne tient pas entièrement compte de ces produits et services dans les analyses économiques et commerciales traditionnelles, il s'agit d'un outil efficace pour calculer le soutien "caché" offert par les écosystèmes marins naturels ainsi que les "coûts" réels qui y sont associés (Folke *et al.*, 1997). L'empreinte écologique sur l'environnement marin peut être établie à l'échelon mondial, régional et local (pour une ville ou un pays particulier), ou peut être axée sur une activité particulière, telle que la mariculture ou le commerce des poissons de récif vivants destinés à la restauration (Folke *et al.*, 19997 ; Wackernagel *et al.*, 1999 ; Fonds mondial pour la nature, 2000). Elle est soit exprimée en tant que ratio (par exemple, le nombre de fois qu'une valeur est supérieure ou inférieure à un seuil d'exploitation durable) ou en tant que superficie (par exemple, le nombre de kilomètres carrés de récifs coralliens accaparés).[8]

---

1 Un compte rendu plus détaillé de cette étude figure dans : Warren-Rhodes, K., Sadovy Y. et Cesar, H, *Marine ecosystem appropriation in the Indo-Pacific : A case study of the live reef fish food trade.* Ambio 32(7):481-488.

2 Centre de recherche de la NASA - Ames et Département de génie civil et environnemental, Université Stanford. Adresse : NASA-Ames Research Center, Mail Stop 245-3, Moffett Field, CA 94035, USA. Courriel : kwarren-rhodes@mail.arc.nasa.gov

3 Département d'écologie et de biodiversité, Université de Hong Kong, chemin Pokfulam, Hong Kong, Zone administrative spéciale, Chine. Courriel : yjsadovy@hkucc.hku.hk

4 Institut d'études environnementales, Vrije Universiteit, Amsterdam, et Cesar Environmental Economics Consulting. Site Web : www.ceec.nl

5 Dans cet article, on considère que l'Asie du Sud-Est fait partie de la région Indo-Pacifique. Ainsi, les calculs effectués pour la région Indo-Pacifique s'appliquent également à l'Asie du Sud-Est, même lorsqu'on indique que celle-ci forme une région distincte.

6 En Indonésie, par exemple, on estime que la pêche au cyanure et le commerce des poissons de récif destinés à la restauration entraînent annuellement l'épuisement des stocks de mérou dans une zone de 3 000 kilomètres carrés ($km^2$ $an^{-1}$) ainsi que la destruction importante des coraux et d'autres formes de vie marine. En termes de valeur nette actualisée, cela se traduit par une réduction des futurs revenus de la pêche estimée à 40 000 $ (É-U) par $km^{-2}$ de récif ainsi que par un manque à gagner net de 43 000 à 476 000 $ (É-U) par $km^2$ de récif pour la société (Cesar, 1996).

7 Wackernagel et Rees (1996) ont introduit le concept de l'empreinte écologique pour mesurer "la superficie des écosystèmes terrestres et aquatiques écologiquement productifs nécessaires à l'obtention des ressources utilisées par une population donnée, et à l'absorption des déchets ainsi produits, de manière à permettre à cette population de maintenir son niveau de vie, et ce, quel que soit l'emplacement des écosystèmes." (Rees, 1996 ; Wackernagel et Rees, 1996).

8 On peut évaluer l'empreinte écologique sur l'environnement marin à l'aide de la formule de base suivante :

| | | |
|---|---|---|
| Superficie nécessaire pour produire la quantité consommée | = SC | = C / P |
| Consommation des habitants d'une région donnée | = C | |
| Production par hectare | = P | |
| Superficie réelle des zones productives de la région | = AS | |
| **Empreinte écologique sur l'environnement marin** | **= SC/AS** | |

À partir de cette définition, on peut établir les valeurs numériques suivantes : *i)* = 1, la population subvient exactement à ses besoins ; *ii)* > 1, à l'échelon local, la population n'est pas auto-suffisante en matière de consommation de ressources et d'élimination des déchets, c'est-à-dire qu'elle a besoin d'un territoire plus vaste que celui qu'elle occupe actuellement ; ou *iii)* < 1, la région ou la population est plus qu'auto-suffisante, et vit selon les limites de ses ressources écologiques. Dans le présent article, les résultats fournis ne tiennent pas compte de la capacité d'élimination des déchets des écosystèmes marins, et il donc probable que nos résultats constituent une sous-estimation des empreintes écologiques sur l'environnement marin.

## Étude de cas : l'appropriation des écosystèmes marins par le commerce des poissons de récif vivants

Les revenus élevés générés par le commerce des poissons de récifs vivants destinés à la restauration en Asie du Sud-Est et la région Indo-Pacifique sont contrebalancés par deux graves problèmes écologiques : *i)* la surexploitation des espèces ciblées et *ii)* la pêche au cyanure (Johannes et Riepen, 1995 ; Barber et Pratt, 1997). Dans cet article, on applique le concept de l'empreinte écologique sur l'environnement marin à la pêche récifale pour répondre aux questions suivantes : 1) quelle proportion du volume des prises réalisées en Asie du Sud-Est et dans la région Indo-Pacifique est nécessaire pour alimenter le commerce asiatique des poissons de récif vivants destinés à la restauration, et, en particulier, pour répondre à la demande annuelle du marché de Hong Kong ?; 2) les ressources récifales disponibles sont-elles suffisantes pour répondre à cette demande ?

## Production maximale équilibrée des pêches récifales en Asie du Sud-Est et dans la région Indo-Pacifique

Pour évaluer l'incidence du commerce des poissons de récif vivants destinés à la restauration, il importe d'examiner la production maximale équilibrée des pêches récifales. Étant donné que cette production dépend de nombreux facteurs, nous présentons ici divers scénarios optimistes et pessimistes qui tiennent compte de divers critères liés à la santé des récifs coralliens, de la production maximale équilibrée de la pêche récifale, et de la pression de pêche.

### *Estimations de la superficie et de l'état de santé des récifs coralliens, et du rendement des pêcheries*

Nous présentons ci-après les hypothèses sur lesquelles reposent les analyses et les calculs ultérieurs.

*i) Superficie des récifs coralliens.* Les récifs coralliens recouvrent de 0,1 à 0,5 % des fonds marins de la planète (Spalding *et al.*, 2001)[9]. Trente pour cent des récifs coralliens du monde se trouvent en Asie du Sud-Est, dont 18 % en Indonésie et aux Philippines (Wilkinson, 1998). Nous supposons que les superficies des récifs coralliens sont les suivantes (Spalding *et al.*, 2001) : *i)* superficie mondiale – 284 300 km$^2$ ; *ii*) Asie du Sud-Est – 91 700 km$^2$ ; et *iii)* région Indo-Pacifique – 259 600 km$^2$ (ne comprend pas le Pacifique oriental).[10] Bien que ces estimations se fondent sur une définition restreinte des récifs coralliens (note 9) et n'englobent que les sites connus et cartographiés se trouvant en eau peu profonde, elles ont été retenues du fait que les récifs situés près de la surface de l'eau sont les plus productifs sur le plan biologique et revêtent la plus grande importance économique, étant la cible principale du commerce des poissons de récif vivants (Munro, 1996). En outre, en retenant des chiffres plus élevés, on risque de surestimer la superficie des habitats récifaux à l'échelle mondiale (note 9). Toutefois, à titre de comparaison, on a effectué des analyses de sensibilité en utilisant des superficies plus élevées, analyses dont les résultats sont débattus ci-après et qui établissent les limites supérieures de la production des récifs coralliens.

*ii) État de santé des récifs coralliens.* L'état de santé des récifs coralliens a une incidence considérable sur la production halieutique, les récifs en meilleure santé étant plus productifs (Chou, 1998). Ce paramètre est habituellement évalué en fonction du couvert corallien vivant. Aux fins de la présente étude, nous avons utilisé des données provenant de l'étude approfondie de Bryant *et al.* (1998), selon laquelle l'état de santé des récifs coralliens d'Asie du Sud-Est et de la région Indo-Pacifique correspond respectivement aux pourcentages suivants : excellent (3 et 20 %) ; bon (15 et 40%) ; assez bon (26 et 30 %) ; médiocre (56 et 10 %).

*iii) Rendement de la pêche récifale.* Nos estimations optimistes quant au rendement de la pêche récifale se fondent sur les travaux de McAllister (1988) et nos estimations pessimistes, sur ceux de Dalzell (1996). Selon McAllister, dans le cas des récifs en excellente santé, la production globale de la pêche se situe entre 3 et 18 tonnes par kilomètre carré par an (t km$^{-2}$ an$^{-1}$). Dalzell, quant à lui, a étudié le rendement équilibré de la pêche récifale en milieu tropical, qui varie entre 0,1 et 44 tonnes km$^{-2}$ an$^{-1}$. À partir de ces travaux et d'autres études (Russ, 1991 ; McClanahan, 1995), il semble raisonnable de conclure que bien qu'une production globale nettement supérieure à 5 tonnes km$^{-2}$ an$^{-1}$ soit possible pour certains récifs d'Asie du Sud-Est et de la région Indo-Pacifique, une production bien au-delà de 15 tonnes km$^{-2}$ an$^{-1}$ est rare.

*iv) Rendement de la pêche du mérou et d'autres espèces de poissons de récif.* Les estimations présentées ci-dessus s'appliquent à la fois à la pêche des poissons et des invertébrés (Dalzell, 1996). Toutefois, le commerce des poissons de récif vivants destinés à la restauration cible tout particulièrement les mérous et les poissons de récif de grande taille. Selon les travaux de Cesar (J. McManus, com. pers., cité par Cesar, 1996), nous supposons que les poissons constituent deux tiers des rendements globaux. Les mérous représentent de 0 à 15 % des prises de poissons, en fonction de l'état de santé du récif et de l'importance de la pression de pêche (Russ, 1991 ; Cesar, 1996).

---

9 Les estimations concernant la superficie des récifs coralliens du globe varient de 284 300 à 4 000 000 km$^2$ : *i)* elle serait de 617 000 km$^2$ selon Smith (1978) ; et *ii)* se situerait entre 600 000 et 4 000 000 km$^2$ selon Kleypas (1997).

10 L'estimation de 284 300 km$^2$ fournie par Spalding *et al.* (2001) peut être ventilée entre les régions de la manière suivante : *i)* Moyen-Orient – 21 600 km$^2$ ; *ii)* Océan indien – 32 660 km$^2$ ; *iii)* Asie du Sud-Est – 91 700 km$^2$ ; *iv)* Océan Pacifique – 115 900 km$^2$ ; *v)* Caraïbes – 20 000 km$^2$ ; et *vi)* Océan atlantique – 1 600 km$^2$. Par "région Indo-Pacifique", dont la superficie des récifs coralliens est estimée à 261 200 km$^2$ (259 600 km$^2$ si l'on exclut le Pacifique oriental), on entend la région qui englobe l'Asie du Sud-Est, l'océan Indien, la mer Rouge, l'océan Pacifique (Nord et Sud) et le golfe Persique (Spalding *et al.*, 2001). Les écarts existant entre les diverses estimations sont attribuables à la façon dont on définit les récifs coralliens. En particulier, la profondeur maximale à laquelle peut croître le corail (habituellement entre 150 mètres et moins de 30 mètres), qui est restreinte par l'intensité de la lumière ambiante.

*v) Pression de pêche.* L'intensité de la pêche a également une incidence sur les rendements : en effet, à mesure que la pression de pêche augmente, on assiste au déclin des taux de prises de mérous et d'autres prédateurs au sommet de la chaîne alimentaire (qui, en moins de cinq ans, ne représentent que le tiers ou la moitié des taux propres aux récifs vierges) (Dalzell, 1996). Nous présumons que la moitié de la superficie des récifs coralliens (quel que soit leur état de santé) est soumise à une pression de pêche intensive, ce qui réduit les rendements estimés de 50 %, et que l'autre moitié fait l'objet d'une pression de pêche modérée ou légère, dont les effets sur les rendements à long terme sont jugés négligeables.

La figure 1 présente les chiffres définitifs retenus à des fins d'analyse. Les analyses effectuées révèlent que de 80 à 90 % des prises de mérou provenant de l'Asie du Sud-Est et de la région Indo-Pacifique pourraient provenir des récifs coralliens en bon ou en excellent état, tandis que cette proportion ne serait que de 10 à 20 % dans le cas des récifs dont l'état a été jugé assez bon ou médiocre (figure 2). Ces résultats démontrent à quel point il est important pour les pêcheries de ces régions de maintenir les récifs en bon état et de remettre en valeur des récifs dont l'état s'est dégradé.

## *Estimation de la production maximale équilibrée des ressources récifales (Asie du Sud-Est et région Indo-Pacifique)*

À partir des hypothèses ci-dessus, on a estimé les rendements de la pêche récifale en Asie du Sud-Est et dans la région Indo-Pacifique (tableau 1)[11, 12]. Des analyses de sensibilité ont été effectuées pour tous les facteurs, donnant lieu à diverses estimations. Toutefois, par souci de simplicité, nous fournissons l'estimation ponctuelle qui correspond, selon nous, à la valeur la plus représentative du rendement actuel de la pêche récifale, en supposant que l'état des récifs coralliens de la région varie habituellement de faible à médiocre (Bryant *et al.*, 1998), et en tenant compte du rendement moyen de la pêche récifale (au total, environ 10 tonnes de produits de la mer par an et par km², et 5 tonnes de poissons par an et par km²) estimé par Dalzell (1996). Sur la base de ces suppositions, la production maximale équili-

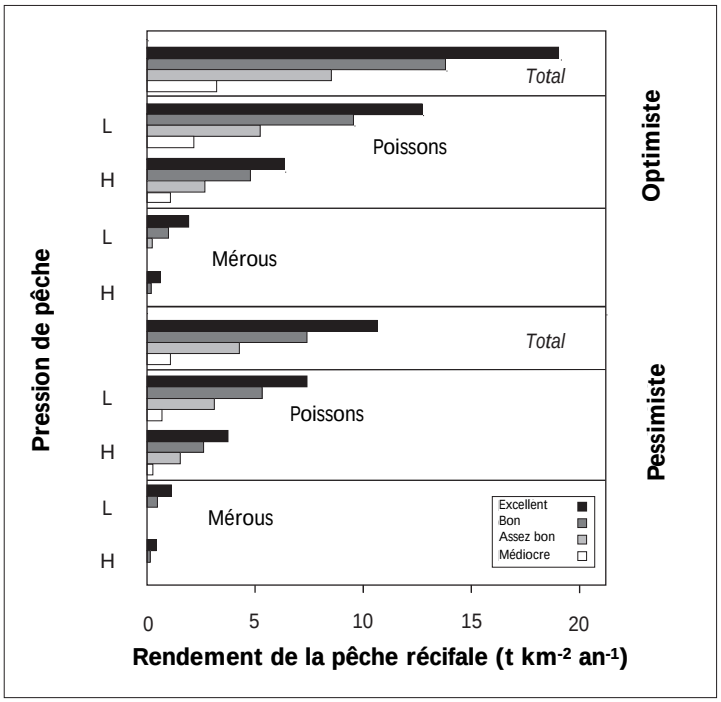


**Figure 1 : Estimations optimistes et pessimistes du rendement de la pêche récifale selon l'état de santé du récif (excellent, bon, assez bon et médiocre) et la pression de pêche (forte ou faible)**

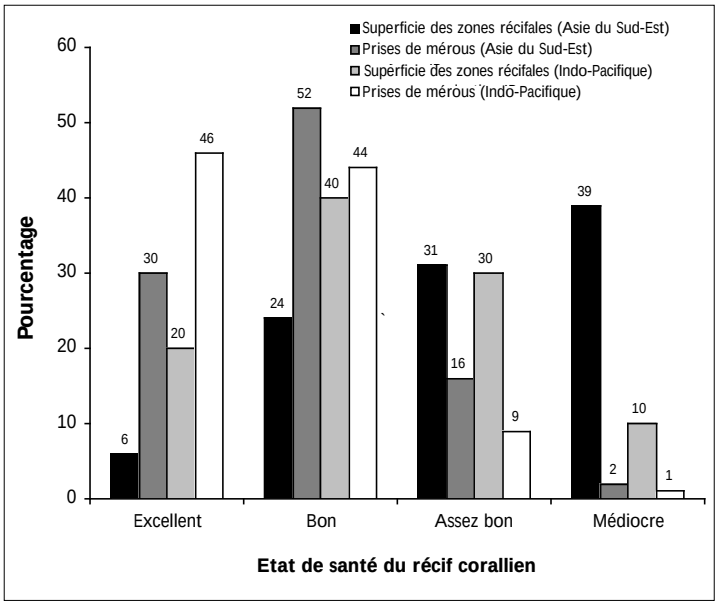


**Figure 2 : Proportion de mérous appartenant à des espèces à forte valeur marchande capturés dans les récifs de corail de l'Asie du Sud-Est et de la région Indo-Pacifique (selon l'état de santé du récif)**

11 Comme l'indiquent Bryant *et al.* (1998), leurs données peuvent avoir été sous-estimées puisque 90 % des récifs coralliens du Pacifique demeurent inexplorés et que seulement 10 % des récifs d'Asie du Sud-Est ont fait l'objet d'une étude approfondie. Une évaluation des récifs coralliens d'Indonésie menée par la Banque mondiale (voir Banque mondiale, 1998) brosse un tableau plus optimiste de la situation : 6% des récifs ont été jugés en excellent état, 24 % en bon état, 31 % en assez bon état et 39 % en mauvais état. Ces pourcentages sont semblables à ceux obtenus dans le cadre d'un projet de recherche sur les ressources côtières vivantes de 10 ans financé conjointement par l'Australie et l'Association de l'Asie du Sud-Est (ANASE) (1984-1994), qui a permis d'étudier les récifs de Malaisie, d'Indonésie, de Singapour, des Philippines et de Thaïlande (voir Chou, 1998).

12 Des analyses de sensibilité effectuées au moyen de données sur l'état de santé des récifs coralliens provenant à la fois de Bryant *et al.* (1998) et de la Banque mondiale (1998) donnent un éventail plus large de résultats que ceux figurant au tableau 1 pour ce qui de la production maximale équilibrée de la pêche récifale dans la région Indo-Pacifique (poissons : 463 502–1 325 348 t an$^{-1}$; mérous : 28 627–103 247 t an$^{-1}$).

brée des poissons et des mérous de récifs coralliens de la région Indo-Pacifique est estimée à environ 650 000 tonnes $an^{-1}$ et à 50 000 tonnes $an^{-1}$, respectivement. En Asie du Sud-Est, la production maximale équilibrée de la pêche récifale est de 135 000 tonnes dans le cas des poissons et de 7 300 tonnes dans le cas des mérous. Par conséquent, les récifs coralliens de l'Asie du Sud-Est ne peuvent potentiellement fournir que 15 % de la production équilibrée de mérous estimée pour la région Indo-Pacifique. Ces chiffres sont environ deux fois plus élevés lorsqu'on utilise les taux de rendement supérieurs estimés par McAllister (1988) (tableau 1).

**Tableau 1 : Estimations de la superficie des récifs coralliens et de la production maximale équilibrée de poissons et de mérous pour l'Asie du Sud-Est et la région Indo-Pacifique**

| | Asie du Sud-Est | Région Indo-Pacifique |
|---|---|---|
| Superficie des récifs coralliens ($km^2$) | | |
| excellent | 2 751 | 36 331 |
| bon | 13 755 | 80 915 |
| assez bon | 23 842 | 74 212 |
| médiocre | 51 352 | 68 142 |
| Total | 91 700 | 259 600 |
| Production maximale équilibrée de poissons ($t\ an^{-1}$) | | |
| scénario optimiste | 286 563 | 1 251 988 |
| scénario pessimiste | 135 258 | 647 353 |
| Production maximale équilibrée de mérous ($t\ an^{-1}$) | | |
| scénario optimiste | 13 828 | 95 260 |
| scénario pessimiste | 7 287 | 51 557 |

Notes :
i) Les estimations de la superficie des récifs coralliens se fondent sur Spalding *et al.* (2001).
ii) Les données sur l'état de santé des récifs coralliens proviennent de Bryant *et al.* (1998).
iii) La production totale présumée est de 3 à 18 tonnes $km^{-2}\ an^{-1}$ (McCallister, 1988) dans le cas du scénario optimiste, et de 1-10 tonnes $km^{-2}\ an^{-1}$ dans le cas du scénario pessimiste (Dalzell, 1996).

## Estimations du degré d'appropriation des écosystèmes coralliens

### *Consommation de produits de la mer à Hong Kong et pour le commerce des poissons de récif vivants destinés à la restauration*

La zone administrative spéciale de Hong Kong est une région métropolitaine hautement développée qui compte près de 7 millions d'habitants et qui s'étend sur une superficie de 1 097 $km^2$ (la zone bâtie a une superficie d'environ 120 $km^2$). Hong Kong possède de vastes espaces marins (1 700 $km^2$), mais dépend presque entièrement des écosystèmes situés au-delà de ses frontières pour s'approvisionner en produits de la mer. En effet, ses propres stocks halieutiques sont considérablement appauvris, aucune mesure de gestion n'est prise à l'échelon local, peu d'activités maricoles permettent de soutenir les rendements de la pêche, et la demande de produits de la mer est élevée et ne cesse de croître (Warren et Keonig, 2001). La consommation totale de produits de la mer par habitant à Hong Kong est de 46 à 60 kg $an^{-1}$ (Département des statistiques et du recensement, administration publique de Hong Kong, 1998 ; Warren et Keonig, 2001).

### *Empreinte écologique sur l'environnement marin du rôle joué par Hong Kong dans le commerce des poissons de récif vivants*

En tant que principal importateur de poissons de récif vivants destinés à la restauration, le marché de Hong Kong représente environ 60 % de ce commerce (50 % des poissons étant réexportés vers la Chine continentale — Chan, 2001). On estime que les importations annuelles de poissons de récif vivants de Hong Kong ont totalisé 32 000 tonnes en 1997 (Lau et Parry-Jones, 1999), le volume annuel des poissons faisant l'objet de ce commerce se situant entre 25 000 et 54 000 tonnes. Il s'agit principalement de mérous (de 15 000 à 31 500 tonnes), mais on compte également d'autres poissons de récif, tels que le lutjan et le napoléon (Johannes et Riepen, 1995 ; Lau et Parry-Jones, 1999). Sur la base de l'estimation des importations annuelles de Hong Kong, nos résultats montrent que ce marché s'approprie, à lui seul, de 3 à 5 % de la production maximale équilibrée des poissons de récif de la région Indo-Pacifique, soit environ 10 à 25 % dans le cas de l'Asie du Sud-Est (tableau 2). La part du marché de Hong Kong du commerce des poissons de récif vivants correspond à une empreinte écologique minimale se situant environ entre 0,1 et 0,2 ha par habitant. Autrement dit, Hong Kong accapare la production d'une région dont la superficie est au moins de 6 500 à 13 000 fois plus grande que celle de sa propre zone corallienne.

Si l'on examine en particulier la demande de mérous de Hong Kong (18 900 $t\ an^{-1}$ en 1997), on peut constater que, pour y subvenir, il faut s'approprier de 140 à 260 % de la production maximale équilibrée d'Asie du Sud-Est (tableau 2). Bien qu'un certain pourcentage de la demande de Hong Kong soit réexportée vers la Chine, cette demande totale dépasse la capacité de régénération de l'ensemble des pêches récifales de l'Asie du Sud-Est dans le cas des mérous. Les conséquences du degré d'appropriation élevé — et qui ne saurait durer — Direction de l'enseignement, de la formation professionnelle, de l'insertion et de la jeunesse la production annuelle des pêches récifales en Asie du Sud-Est par le marché de Hong Kong (et celui du Sud de la Chine) ne prêtent guère à l'optimisme. Comme le montre notre analyse, pour répondre à la demande de Hong Kong (et du Sud de la Chine), il faut prélever jusqu'à un quart de

**Tableau 2 : Estimations de la superficie de l'écosystème marin accaparée, et pourcentage de la production de récifs coralliens accaparée par le marché de Hong Kong et le commerce des poissons de récifs vivants**

| | Superficie des écosystèmes accaparés (km²) | | Pourcentage de la production des pêches récifales accaparée | |
|---|---|---|---|---|
| | Récifs de corail de l'Asie du Sud-Est | Récifs de corail de la région Indo-Pacifique | Récifs de corail de l'Asie du Sud-Est | Récifs de corail de la région Indo-Pacifique |
| Consommation totale de poissons de récif (Hong Kong) | | | | |
| scénario optimiste | 10 552 | 6 838 | 12 | 3 |
| scénario pessimiste | 22 356 | 13 224 | 24 | 5 |
| Consommation de mérous de Hong Kong | | | | |
| scénario optimiste | 129 153 | 53 076 | 137 | 20 |
| scénario pessimiste | 245 088 | 98 068 | 259 | 37 |
| Consommation totale de poissons de récif (commerce de poissons de récif vivants) | | | | |
| scénario optimiste | 17 067 | 11 059 | 19 | 4 |
| scénario pessimiste | 36 158 | 21 388 | 39 | 8 |
| Consommation totale de mérous | | | | |
| scénario optimiste | 208 886 | 85 843 | 228 | 33 |
| scénario pessimiste | 396 393 | 158 610 | 432 | 61 |

Note : La production de poissons de récifs accaparée correspond soit à celle des récifs de l'Asie du Sud-Est, soit à celle de la région Indo-Pacifique, mais non à celle des deux régions — les pourcentages ne sont pas cumulatifs. Par exemple, selon le scénario optimiste, le marché actuel de Hong Kong accapare soit 12 % de la production de la région de l'Asie du Sud-Est soit 3 % de celle de l'ensemble de région Indo-Pacifique.

la production maximale équilibrée des récifs d'Asie du Sud-Est ainsi que pratiquement la totalité de celle des stocks de mérous. On présume que ce taux d'appropriation élevé explique en partie les déplacements continuels que doivent faire les flottilles de pêche et les marchands de Hong Kong pour répondre à la demande annuelle (Sadovy et Vincent, 2002).

### *Empreinte écologique de l'ensemble du commerce des poissons de récif vivants*

Annuellement, le marché asiatique des poissons de récif vivants représente jusqu'à 40 % de la production maximale équilibrée des récifs coralliens d'Asie du Sud-Est. Dans le cas des mérous, on y vend jusqu'à quatre fois la production maximale équilibrée des récifs d'Asie du Sud-Est ou jusqu'à 60 % de la production annuelle de mérous de l'ensemble de la région Indo-Pacifique (tableau 2). Dans l'ensemble, le commerce des poissons de récif vivants consomme une quantité importante de ressources coralliennes récifales dans toute la région Indo-Pacifique, et la demande annuelle qu'elle suscite doit être prise en compte et intégrée dans les plans régionaux de protection et de gestion des récifs coralliens.

### *Incidence de l'empreinte écologique sur l'environnement marin de la pêche au cyanure, de la mariculture et de la surpêche*

D'autres activités exacerbent les niveaux élevés d'exploitation. En plus de la surpêche, dans certaines régions, le recours au cyanure endommage les récifs coralliens (Jones et Hoegh-Guldberg, 1999 ; Mous *et al.*, 2000), ce qui nuit sans doute à leur productivité. Des taux de mortalité élevés chez les poissons et de mauvaises pratiques de gestion caractérisent également les opérations du commerce des poissons de récif vivants ; on estime le taux de mortalité moyen à 50 %, entre le moment de la capture et le point de vente au détail (Sadovy et Vincent, 2002). De plus, on cible tout particulièrement les sites de rassemblement des reproducteurs de poissons de récif vivants, qui ne peuvent résister à une forte pression de pêche (Johannes et Riepen, 1995). Enfin, la mariculture des poissons de récif de corail, qui permet d'augmenter les stocks de mérous à l'état sauvage pour le commerce des poissons de récif vivants, a également des répercussions négatives sur l'environnement. Des centaines de millions de juvéniles sont capturés dans l'ensemble de l'Asie du Sud-Est et font l'objet d'un commerce international à l'échelon régional. Bon nombre de ces jeunes poissons meurent en raison des mauvaises techniques de culture et conditions de transport, tandis que la pollution et la pratique consistant à utiliser des poissons sauvages pour nourrir les mérous d'élevage préoccupent grandement (Sadovy, 2000 ; Sadovy et Lau, 2002).

La destruction des récifs coralliens et les pertes de biomasse attribuables aux facteurs ci-dessus ne se reflètent pas dans les données de commerce ou les initiatives de réglementation. Si de telles pertes figuraient dans nos analyses, les estimations relatives à l'empreinte écologique sur l'environnement marin seraient considérablement plus élevées.

## Discussion et conclusions

Bien que les analyses de l'empreinte écologique sur l'environnement marin présentées dans cet article dépendent de la précision des données et des hypothèses sous-jacentes, et reflètent uniquement une image statique des pêches récifales (par exemple, elles ne tiennent pas compte de l'évolution de la demande en produits de la mer, notamment de la réduction de la demande de Hong Kong à la suite d'une récession économique, ou de la nature complexe des écosystèmes récifaux) (Holling, 1973 ; Folke *et al.*, 1998 ; Moberg et Folke, 1999), les résultats sont utiles dans la mesure où ils permettent aux décideurs : *i)* d'identifier les principaux "consommateurs" de ressources récifales à l'échelon régional ; *ii)* d'évaluer les conséquences de cette consommation ; *iii)* de quantifier les pressions et les limites dont fait l'objet la capacité de régénération des écosystèmes récifaux ; et *iv)* d'identifier les besoins en matière de gestion et de conservation à l'échelon local et régional. Notre analyse et celles effectuées par d'autres chercheurs font ressortir un problème important relativement à la surveillance et à la gestion du commerce des poissons de récif vivants : le manque de données précises et systématiques portant sur la pêche des poissons de récif vivants, et l'insuffisance générale des données sur la pêche en Asie du Sud-Est (Watson et Pauly, 2001). Nous recommandons que des organisations telles que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et la Coopération économique Asie-Pacifique (APEC), encouragent la collecte de statistiques annuelles plus précises et détaillées sur les pêches récifales coralliennes.

Les analyses relatives à l'empreinte écologique sur l'environnement marin présentées dans cet article laissent supposer que l'évaluation économique des avantages potentiels du commerce des poissons de récifs vivants pour les pays océaniens doit tenir compte du fait que ce commerce pourrait rapidement mener à la surexploitation de leurs ressources récifales. De toute évidence, la surexploitation des pêches récifales en Asie du Sud-Est et dans la région Indo-Pacifique n'est plus une question que l'on peut uniquement gérer sous l'angle de l'offre. Les consommateurs de produits de la mer, pour leur part, sont directement responsables du degré d'appropriation important des stocks de poissons de récif dans ces régions et de ces incidences écologiques concomitantes ; par conséquent, ils partagent une lourde responsabilité, dans la mesure où ils doivent faire en sorte que ce commerce soit adéquatement géré de leur côté. Les résultats de nos analyses reflètent le besoin de prendre des mesures institutionnelles, notamment : *i)* réduire les prises de poissons de récif et protéger les populations saines de poissons de récif contre la surexploitation liée au commerce de poissons de récif vivants ; *ii)* établir des zones marines protégées et interdire la pêche de façon temporaire et permanente dans au moins une partie des lieux de pêche d'Asie du Sud-Est, et certainement dans le cas des sites de rassemblement pour la ponte, pour assurer le rétablissement des stocks épuisés (Andersson et Lindroth, 2001) ; *iii)* revitaliser les pêcheries locales dans les pays où il existe une demande de poissons de récif ; *iv)* exiger que les pêcheurs et négociants adoptent des codes de conduite favorisant une pratique responsable de la pêche ; *v)* surveiller le commerce (tant les exportations que les importations) ; *vi)* adopter une approche préventive de la participation au commerce des poissons de récif vivants ; et *vii)* enquêter sur les possibilités relatives à l'aquaculture de mérous (cycle complet) pour approvisionner les marchés en poissons de récif, en veillant à ce que cela se fasse de manière durable (Sadovy et Lau, 2002).

Si des mesures de réforme urgentes ne sont pas prises, le commerce des poissons de récif vivants continuera d'empêcher les habitants de la région Indo-Pacifique de jouir de tous les avantages économiques offerts par leurs ressources récifales, tout en privant le monde d'un patrimoine biologique marin d'une valeur irremplaçable.

"Il est clair (…) que les problèmes sociaux, politiques et environnementaux liés au commerce des poissons de récif vivants sont non seulement considérables, mais aussi extrêmement complexes. Il n'y a pas de solution simple. Les questions doivent être abordées à divers échelons au moyen de divers outils réglementaires, éducatifs, scientifiques et économiques." (Johannes et Riepen, 1995)

## Remerciements

Cet article est dédié à Robert Johannes, un chercheur dévoué qui a consacré sa vie à la conservation des espaces marins. Les auteurs tiennent également à remercier M. Spalding du Centre de surveillance continue de la conservation mondiale de la nature du PNUE (www.wcmc.org.uk) pour les données sur la superficie des récifs coralliens. Nous remercions aussi vivement Kevin Rhodes, Denise McCorry, Andrew Cornish et Daniel Pauly pour leurs précieux conseils et les améliorations qu'ils ont apportées au manuscrit.

## Bibliographie

Andersson, J. and Lindroth M. 2001. Ecologically unsustainable trade. Ecological Economics 37:113-122.

Barber, C. and Pratt V. 1997. Sullied Seas: Strategies for Combating Cyanide Fishing in Southeast Asia and Beyond. Washington D.C.: World Resources Institute, and Manila, Philippines: International Marinelife Alliance. 57 p.

Bellwood, D. and Hughes T. 2001. Regional scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. Science 292:1532–1534.

Bryant, D., Burke L., McManus J. and Spalding M. 1998. Reefs at risk: A map-based indicator of threats to the world's coral reefs. Washington, D.C.: World Resources Institute, Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management, and Oxford: UNEP World Conservation Monitoring Centre.

Campos, W. 1994. Yield estimates, catch, effort and fishery potential of the reef flat in Cape Bolinao, Philippines. UP Mar. Sci. Inst. Contrib. 21:82–95. University of the Philippines.

Cesar, H. 1996. Economic analysis of Indonesian coral reefs. Washington, D.C.: The World Bank.

Cesar, H., Lundin C., Bettencourt S. and Dixon J. 1997. Indonesian coral reefs: An economic analysis of a precious but threatened resource. Ambio 26:345–350.

Chan, P. 2001. Marketing aspects of the live seafood trade in Hong Kong and the People's Republic of China. In: B. Paust and A. Rice (eds). Marketing and Shipping Live Aquatic Products: Proceedings of the Second International Conference and Exhibition, November 1999, Seattle, WA. Fairbanks: University of Alaska Sea Grant. 201–206.

Chou, L. 1998. Status of Southeast Asian coral reefs. In: C. Wilkinson (ed). Status of Coral Reefs of the World: 1998. Global Coral Reef Monitoring Network and the Australian Institute of Marine Science. 79–87.

Costanza, R., d'Arge R., de Groot R., Faber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R., Sutton P. and van den Belt M. 1997. The value of the world's ecosystems services and natural capital. Nature 387:253–260.

Dalzell, P. 1996. Catch rates, selectivity and yields of reef fishing. In: N. Polunin and C. Roberts (eds). Reef fisheries. London: Chapman and Hall. 161–192.

Folke, C., Hammer M. and Jansson A.M. 1991. Life-support value of ecosystems: A case study of the Baltic Sea region. Ecological Economics 3:123–137.

Folke, C., Jansson A., Larsson A. and Costanza R. 1997. Ecosystem appropriation by cities. Ambio 26:167–172.

Folke, C., Kautsky N., Berg H., Jansson A. and Troell M. 1998. The ecological footprint concept for sustainable seafood production: A review. Ecological Applications, 8 Suppl.: 63–71.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4:1–23.

Hong Kong Government, Census and Statistics Department 1998. Hong Kong Statistics December 1997 Imports (Vol. 1) and Domestic Exports and Re-exports (Vol.2). Hong Kong, SAR.

Johannes, R. and Riepen M. 1995. Environmental, Economic and Social Implications of the Live Reef Fish Trade in Asia and the Western Pacific. Jakarta: The Nature Conservancy.

Jones, R. and Hoegh-Guldberg O. 1999. Effects of cyanide on coral photosynthesis: implications for identifying the cause of coral bleaching and assessing the environmental effects of cyanide fishing. Marine Ecology Progress Series 177:83–91.

Kleypas, J.A. 1997. Modeled estimates of global reef habitat and carbonate production since the last glacial maximum. Paleoceanography 12:533–545.

Lau, P. and Parry-Jones R. 1999. The Hong Kong Trade in Live Reef Fish for Food. Hong Kong: TRAFFIC-East Asia and World Wide Fund for Nature (WWF-Hong Kong). 65 p.

McAllister, D. 1988. Environmental, economic and social costs of coral reef destruction in the Philippines. Galaxea 7:161–178.

McClanahan, T. 1995. A coral reef ecosystem-fisheries model: Impacts of fishing intensity and catch selection on reef structure and processes. Ecological Modelling 80:1–19.

Moberg, F. and Folke C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecol. Economics 29:215-233.

Mous, P., Pet-Soede L., Erdmann M., Cesar H., Sadovy Y. and Pet J. 2000. Cyanide fishing on Indonesian coral reefs for the live food fish market-What is the problem? In: H. Cesar (ed). Collected essays on the economics of coral reefs. Kalmar, Sweden: CORDIO, Kalmar University. 69–76.

Munro, J. 1996. The scope of tropical reef fisheries and their management. In: Polunin V. and Roberts C. (eds). Reef fisheries. London: Chapman and Hall. 1–14.

Norse, E. 1993. Global marine biological diversity. Washington, D.C.: Island Press.

Rees, W. 1996. Revisiting carrying capacity: Area-based indicators of sustainability. Population and Environment 17:192–215

Russ, G. 1991. Coral reef fisheries: Effects and yields. In: P.F. Sale (ed). The ecology of fishes on coral reefs. San Diego, California: Academic Press. 601–635.

Sadovy, Y. 2000. Regional survey for fry/fingerling supply and current practices for grouper mariculture: Evaluating current status and long-term prospects for grouper mariculture in South East Asia. Asia-Pacific Economic Cooperation Completion Report. 102 p.

Sadovy, Y. and Vincent A.C. 2002. 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.

Sadovy, Y. J. and Lau P.F. 2002. Prospects and problems for mariculture in Hong Kong associated with wild-caught seed and feed. Aquaculture Economics and Management 6:177–190.

Smith, S. 1978. Coral reef area and the contribution of reefs to processes and resources of the world's oceans. Nature 273:225–226.

Spalding, M. and Grenfell A. 1997. New estimates of global and regional coral reef areas. Coral Reefs 16:225–230.

Spalding, M., Ravillious C. and Green E. 2001. World atlas of coral reefs. Berkeley, California: University of California Press. [For methodological details see Spalding and Grenfell (1997)]

Wackernagel, M., Lillemor L. and Borgstrom Hansson C. 1999. Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint: Applications in Sweden and subregions. Ambio 28:604–612.

Wackernagel, M. and Rees W. 1996. Our ecological footprint: Reducing human impact on earth. Gabriola Island, British Columbia: New Society Publishers.

Warren, K. and Keonig A. 2001. Ecosystem appropriation by Hong Kong and its implications for sustainable development. Ecological Economics 39:347–359.

Watson, R. and Pauly D. 2001. Systematic distortions in world fisheries catch trends. Nature 414:534–536.

Wilkinson, C. (ed). 1998. Status of coral reefs of the world: 1998. Global Coral Reef Monitoring Network and the Australian Institute of Marine Science. [http://www.aims.org.au/]

Williams, M. 1997. Transition in the contribution of aquatic resources to food security. In: de Silva, S. (ed). Perspectives in Asian fisheries: A volume to commemorate the 10th anniversary of the Asian Fisheries Society. Makati, Philippines: Asian Fisheries Society. 58 p.

World Bank. 1998. Indonesia Coral Reef Rehabilitation and Management Project. Project Appraisal Document. Washington, D.C.

World Wide Fund for Nature (WWF). 2000. Living planet report 2000. [http://www.panda.org/lpr]