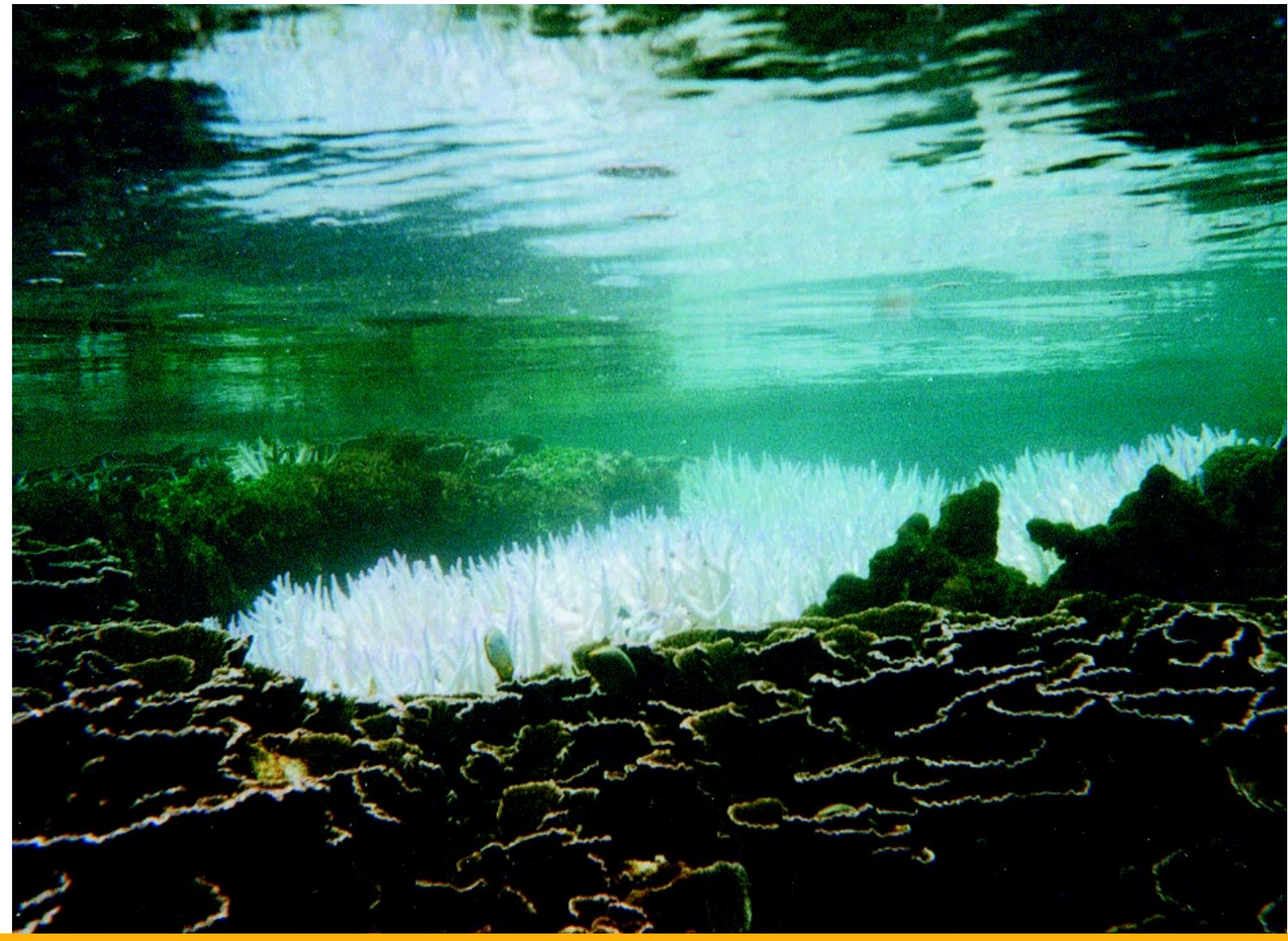
Gestion des Récifs Coralliens Blanchis et Gravement Endommagés

Susie Westmacott, Kristian Teleki, Sue Wells et Jordan West

Traduit de l'anglais par Jean-Pacal Quod



UICN – l'Union Mondiale pour la Nature

Fondée en 1948, l'UICN rassemble des Etats, agences gouvernementales et diverses organisations non-gouvernementales en un partenariat mondial unique : plus de 950 membres en tout, répartis dans 139 pays.

En tant qu'Union, l'UICN a pour but d'influencer, d'encourager et d'apporter son assistance à des communautés à travers le monde afin de maintenir l'intégrité et la diversité de la nature, et de s'assurer que toute utilisation des ressources naturelles est équilibrée et écologiquement viable.

L'UICN se développe grâce à ses membres, réseaux et partenaires afin d'augmenter leurs compétences et de soutenir les alliances mondiales visant à sauvegarder les ressources aux niveaux local, régional et mondial.

IUCN Publications Services Unit
219c Huntingdon Road,
Cambridge CB3 0DL, UK
Tel: +44 1223 277894
Fax: +44 1223 277175
E-mail: info@books.iucn.org
WWW: http://www.iucn.org

UICN
Union mondiale pour la nature

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY

USAID

WWF

UICN
Union mondiale pour la nature

Gestion des Récifs Coralliens Blanchis et Gravement Endommagés

Susie Westmacott, Kristian Teleki, Sue Wells et Jordan West

Traduit de l'anglais par Jean-Pacal Quod

UICN
Union mondiale pour la nature

CONVENTION ON
BIOLOGICAL
DIVERSITY

USAID

WWF

La terminologie géographique employée dans cet ouvrage, de même que sa présentation, ne sont en aucune manière l'expression d'une opinion quelconque de la part de l'UICN sur le statut juridique ou l'autorité de quelque pays, territoire ou région que ce soit, ou sur la délimitation de ses frontières.

Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles de l'UICN ou des autres organisations concernées.

Publié par : UICN, Gland, Suisse, et Cambridge, Royaume-Uni.

UICN
Union mondiale pour la nature

Droits d'auteur : © 2000 Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources

La reproduction de cette publication à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite préalable des détenteurs des droits d'auteur à condition que la source soit dûment citée.

La reproduction de cette publication à des fins commerciales, notamment en vue de la vente, est interdite sans autorisation écrite préalable des détenteurs des droits d'auteur.

Citation : Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S. et West. J. M. (2000) *Gestion des récifs coralliens blanchis et gravement endommagés*. IUCN, Gland, Switzerland et Cambridge, UK. vii + 36 pp.

ISBN : 2-8317-0567-3

Photos de la couverture : Avant : Coraux blanchis, Sri Lanka (Arjan Rajasuriya). Arrière : ARVAM (Jean-Pascal Quod).

Produit par : The Nature Conservation Bureau Ltd, Newbury, Royaume-Uni.

Imprimé par : Information Press, Oxford, Royaume Uni.

Disponible auprès du: Service des publications de l'UICN
219c Huntingdon Road, Cambridge CB3 0DL, Royaume-Uni
Tél: +44 1223 277894, Télécopie: +44 1223 277175
Courriel: info@books.iucn.org
http://www.iucn.org
Il existe aussi un catalogue des publications de l'UICN

Cet ouvrage est imprimé sur papier Zone Silk à 115 g/m^2, classé 4 étoiles dans le système Eco-Check et fait à partir de fibres naturelles à 100%, sans utilisation de chlore.

Sommaire

iiv Remerciements

iv Liste de Sigles

v Avant-propos

vi Résumé général

1 Introduction

3 Le Blanchissement Corallien
3 Qu'est-ce que le blanchissement corallien ?
4 Quelles sont les causes du blanchissement corallien ?
5 Où le blanchissement corallien s'est-il produit ?

7 Autres Menaces pour les Récifs

9 A Quoi Peut-on s'Attendre dans l'Avenir ?
9 La résilience du récif corallien
10 Changements climatiques planétaires et récifs coralliens

12 Pourquoi Gérer les Récifs Endommagés ?

14 Aires Protégées Marines et Récifs Endommagés
14 Le rôle des aires protégées marines
14 Actions de gestion

16 La Pêche et le Blanchissement Corallien
16 Comment la pêche porrait etre modifiée dans les récifs endommagés
18 Actions de gestion

19 Le Tourisme et le Blanchissement Corallien
19 Actions de gestion

23 Gestion Intégrée Côtière et Blanchissement Corallien
24 Actions de gestion

26 Techniques de Restauration
28 Actions de gestion

29 Surveillance et Recherche
29 Surveillance
30 Recherche

31 Aborder le Probleme des changements climatiques planétaires – le Défi Ultime

32 Références et Ressources
32 Blanchissement corallien, changements climatiques et récupération des coraux
33 Gestion des récifs coralliens blanchis et gravement endommagés
35 Sites Web

36 Contacts Utiles et Adresses

Remerciements

La réalisation de cette plaquette a été possible grâce au financement de la Convention sur la Diversité Biologique (CBD) et de l'IUCN-US (organismes généreusement soutenus par le Département d'Etat US), le WWF-Suède, le WWF-Tanzanie (East Africa Marine Ecoregion Project) et USAID. Ces agences ont réalisé qu'il était urgent de communiquer le nombre croissant de faits et de théories scientifiques à ceux qui ont à faire face aux conséquences de l'épisode de blanchissement de 1998. Grâce à leur intervention et soutien rapides, nous avons pu élaborer cette plaquette dans un court délai, avant qu'il ne soit trop tard. Cette plaquette s'appuie fortement sur les nombreux travaux et conclusions des différents chercheurs du programme CORDIO. Ces résultats nous ont été une source d'information précieuse, tout autant que d'autres travaux de recherche que des scientifiques ont partagés avant qu'ils ne soient publiés dans leur totalité. L'IUCN Eastern Africa Regional Office, en collaboration avec IUCN-US, s'est chargé de l'organisation de la production de cette plaquette, et nous leur sommes très reconnaissants pour leur soutien.

La première ébauche du document a été envoyée pour relecture à de nombreuses personnes et leurs commentaires ont, dans la mesure du possible, été intégrés à cette version finale. Leurs commentaires ont été non seulement utiles et grandement appréciés, mais nous ont permis de transmettre notre message en ayant une vision plus précise du sujet. Nous souhaiterions remercier tout particulièrement les personnes suivantes pour leur concours à la relecture du document: Riaz Aumeeruddy, Barbara Best, Martin Callow, Julie Church, Herman Cesar, Stephen Colwell, Helen Fox, Patty Glick, Edmund Green, Thomas Heeger, Gregor Hodgson, Irene Kamau, Olof Lindén, Tim McClanahan, Rolph Payet, Arthur Paterson, Lida Pet Soede, Rod Salm, Lothar Schillak, Charles Sheppard, Paul Siegel, Mark Spalding, Al Strong, Alan White. Nous voudrions aussi remercier Jean Pascal Quod, Arjan Rajasuriya et Thomas Heeger qui nous ont fourni des photos supplémentaires, et Virginia Westmacott pour les illustrations, Jeffrey Maganya, Amina Abdallah et le personnel de IUCN-EARO et de Cambridge Coastal Research Unit, pour l'administration et la logistique.

Liste de Sigles

CBD	Convention sur la Diversité Biologique
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
COP	Conférence des Parties
CORDIO	Coral Reef Degradation in the Indian Ocean
EIE	Etude d'impact environnemental
GBR	Grande Barrière, Australie
GCRMN	Réseau Mondial de Suivi de l'Etat de Santé des Récifs Coralliens
GIC	Gestion Intégrée Côtière
ICRI	Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
APM	Aire Protégée Marine
ONG	Organisation Non Gouvernementale
SBSTTA	Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice of the CBD
SIDA/SAREC	Swedish International Development Agency Research Programme
SST	Température de surface
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
UNFCCC	United National Framework Convention on Climate Change

Avant-propos

Les récifs coralliens sont un des écosystèmes les plus menacés dans le monde. Les récifs, qui égalent les forêts tropicales quant à leur diversité biologique et apportent des avantages économiques majeurs en termes de pêche et du tourisme, sont d'une importance capitale. De plus, les récifs ont de nombreuses fonctions vitales dans les pays en voie de développement, en particulier dans les Petits Etats Insulaires en Développement.

Jusqu'à récemment, les facteurs de stress provoqués par les activités humaines – telles que les sources de pollution terrestres et les pratiques de pêche destructrices – étaient considérés comme les dangers principaux pour les récifs. Alors que ces problèmes persistent encore aujourd'hui, les deux dernières décennies ont vu l'émergence d'une autre menace, potentiellement plus importante. Les récifs ont souffert, avec une incidence et une sévérité croissantes, du *blanchissement corallien*, un phénomène associé à divers facteurs de stress, en particulier l'augmentation des températures marines. Un blanchissement sévère et prolongé peut entraîner une mortalité corallienne importante, et le blanchissement et la mortalité sans précédents de 1998 ont touché de larges étendues de récifs dans la zone Indo-Pacifique.

Une Consultation d'Experts sur le Blanchissement Corallien, réunie en 1999 par le Secrétariat de la Convention sur la Diversité Biologique (CBD), a reconnu qu'il existe suffisamment d'arguments pour affirmer que les changements climatiques sont une cause majeure des épisodes récents de blanchissement. Si les changements climatiques se poursuivent comme prévu, les cas de blanchissement deviendront probablement plus fréquents et sévères, exposant par conséquent les récifs à des risques accrus.

La protection des récifs subsistants, y compris ceux qui ont été gravement endommagés, est maintenant d'une importance capitale afin que les écosystèmes récifaux aient le plus de chances de récupération. Cette protection doit inclure l'élimination des impacts humains qui peuvent provoquer, aggraver ou être aggravés par le blanchissement. Des études menées à long terme suggèrent de façon encourageante que les récifs peuvent se remettre d'impacts de blanchissement majeurs, si les facteurs de stress additionnels sont réduits ou éliminés. Dans l'avenir, il sera vital de gérer l'environnement de façon prudente et de maintenir des conditions optimales pour favoriser la récupération des récifs.

Lors de sa cinquième réunion en mai 2000, la Conférence des Parties à la Convention sur la Diversité Biologique a décidé d'intégrer les écosystèmes récifaux à son programme de travail sur la diversité biologique marine et côtière. Elle a aussi encouragé les Parties, d'autres Gouvernements et organismes en rapport (tels que le United Nations Framework on Climate Change) à mettre en œuvre une gamme de mesures de réaction aux phénomènes de blanchissement, de dégradation physique et de destruction des récifs, incluant la recherche, le renforcement des capacités humaines, la participation et l'éducation des populations.

La World Conservation Union (IUCN) et le World Wide Fund for Nature (WWF) entreprennent à l'heure actuelle un certain nombre d'initiatives en rapport avec la gestion des récifs, à la fois sur le terrain à travers le monde, et en matière de politique aux niveaux régional et international. Le programme Coral Reef Degradation in the Indian Ocean (CORDIO) (financé par la Suède, la Finlande, les Pays-Bas et la Banque Mondiale) est un exemple des efforts fournis afin de collecter des informations sur les implications biologiques et socio-économiques du blanchissement massif, et a publié des informations précieuses dont une grande partie est utilisée pour élaborer des modes de gestion. L'Agence pour le Développement International U.S. (USAID) s'est engagée à aider les pays en voie de développement à protéger leurs zones côtières, et reconnaît que la protection et l'utilisation raisonnée des ressources coralliennes jouent un rôle capital en matière de développement économique durable. Pour atteindre cet objectif, USAID travaille dans plus de 20 pays sur des projets qui encouragent directement la protection des écosystèmes récifaux par le renforcement des capacités au sein de la gestion intégrée côtière ; la gestion renforcée des parcs et aires protégées ; la protection de l'habitat et de la biodiversité ; et une industrie du tourisme et de la pêche viable.

Le Secrétariat de la Convention sur la Diversité Biologique, l'IUCN, le WWF, le programme CORDIO, et USAID, en association avec l'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens, ont décidé d'élaborer cette plaquette sur la Gestion des Récifs Coralliens Blanchis et Gravement Endommagés. Ces efforts conjugués viennent en réponse à la question difficile : « Que peut-on faire en ce qui concerne le blanchissement corallien et les autres dégâts aux récifs ? » L'objectif de cette plaquette est de conseiller les gestionnaires, décideurs et acteurs locaux sur les approches de gestion appropriées des récifs qui ont été gravement endommagés par le blanchissement ou d'autres causes. Alors que les informations scientifiques ne sont pas encore suffisantes pour qu'on puisse faire des recommandations précises, il est clair que les connaissances actuelles doivent être transmises à ceux qui sont en position de protéger les ressources subsistantes et de d'encourager la récupération.

Nous espérons que cette publication contribuera à des actions de gestion efficaces et immédiates afin d'aider à la protection et à la régénération des récifs, et à une recherche accrue pour élaborer les outils et mesures nécessaires à une réussite à long terme. De plus, nous espérons qu'elle servira à susciter une prise de conscience sur le fait qu'il est urgent d'adopter toute mesure susceptible de réduire l'impact des changements climatiques sur les récifs.

Hamdallah Zedan
Secrétaire général
Convention sur la Diversité Biologique

Scott A. Hajost
Executive Director
IUCN-US

Cathy Hill
Director, Oceans and Coasts Programme
WWF-Sweden

David F. Hales
Deputy Assistant Administrator and Director, Global Environment Center
U.S. Agency for International Development

Résumé Général

Cette plaquette a été élaborée afin de conseiller les responsables, décideurs et tous ceux qui sont concernés par la grave dégradation des récifs causée par le blanchissement et un large éventail d'autres facteurs.

Le blanchissement est causé par des températures de surface et des niveaux de lumière (UV) élevés qui affectent la physiologie du corail et provoquent un effet blanchissant, ou 'blanchissement'. Cette perte de couleur est due à la perte d'algues symbiotiques (zooxanthelles) dont le polype tire une grande partie de sa nourriture. Des conditions de blanchissement prolongées (pendant plus de 10 semaines) peuvent mener à la mort du polype.

En 1998, les températures marines élevées prolongées (1–2°C au-dessus des maximums normaux) ont provoqué le cas de blanchissement le plus étendu géographiquement jamais enregistré. L'Océan Indien fut l'une des zones les plus touchées, avec une mortalité atteignant 90% sur de larges zones de récif. Les zones du Pacifique et des Caraïbes furent aussi touchées, mais n'enregistrèrent pas le même taux de mortalité.

D'autres facteurs humains continuent à menacer la survie des récifs. Le développement côtier, la mauvaise utilisation des terres, la surexploitation des ressources marines et les méthodes de pêche destructrices – ainsi que le déversement d'ordures et la pollution des navires – peuvent tous nuire à l'état des récifs. Quand ils sont réunis, et en particulier quand ils sont combinés à un blanchissement accru, ces facteurs représentent une menace sérieuse à la survie des récifs du monde entier.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) a prédit une augmentation de 1–2°C des températures de surface au cours du siècle prochain, si bien que des épisodes de blanchissement se produiront régulièrement au cours des 30–50 années à venir. En conséquence, les types suivants de stratégies de gestion joueront un rôle crucial dans la sauvegarde des récifs.

1. **Les Aires Protégées Marines (APMs)** joueront un rôle clé en aidant à conserver les sources de larves coralliennes pour les zones endommagées. Les APM peuvent aussi protéger les zones où les coraux luttent pour recoloniser les zones endommagées. Parmi les actions de gestion liées aux APMs qui contribueront à la régénération des récifs, nous pouvons citer:

- Identifier les zones récifales les moins touchées au sein des APM et revoir, et réviser si nécessaire, le mode de répartition de ces zones et leurs limites pour s'assurer que les récifs en bonne santé soient rigoureusement protégés.
- S'assurer que les APMs sont gérées de façon efficace.
- Développer une approche plus stratégique dans l'établissement des systèmes de APMs, en prenant en considération les *sources* et *éviers*, et en incluant des APMs diverses en termes de localisation géographique et de variété.

2. **La pêche** peut être affectée dans les récifs qui ont subi une mortalité élevée et qui perdent leur structure physique (et ne peuvent donc pas faire vivre une communauté de poissons variée et abondante). L'on peut avoir recours à une approche préventive, en prêtant attention aux points suivants:

- Etablir des zones dans lesquelles la pêche est interdite et des restrictions quant aux engins de pêche afin de protéger les zones de reproduction et fournir aux poissons un refuge.
- Envisager des mesures de protection spécifiques pour les espèces qui peuvent contribuer à la régénération des récifs, telles que les brouteurs d'algues, ou qui pourraient être touchées par le blanchissement, telles que les poissons mangeurs de corail.
- Appliquer des lois qui interdisent les pratiques de pêche destructrices.
- Surveiller la composition et la taille des prises afin d'évaluer la réussite des stratégies de gestion et mettre en œuvre de nouvelles stratégies si nécessaire.
- Mettre en place des moyens d'existence alternatifs pour les populations de pêcheurs.
- Limiter l'accès de nouveaux pêcheurs sur une zone par des permis de pêche.
- Réglementer le ramassage des coraux pour les magasins de souvenirs et le marché des aquariums.

3. **Le tourisme,** dans les zones où les récifs sont blanchis, peut être maintenu en mettant en place d'autres activités, certaines liées au récif et d'autres non. Parmi les alternatives de gestion, nous pouvons citer:

- Maintenir des populations de poissons en bonne santé pour les plongeurs par une répartition judicieuse des zones afin de diminuer la pression due à la pêche intensive et à un afflux régulier de touristes.
- Rendre les touristes concernés par le problème du blanchissement en leur offrant la possibilité de participer à des programmes de surveillance.
- Mettre en valeur d'autres attractions pour les touristes, sur terre et dans l'eau, autres que les récifs.
- Diminuer les impacts liés aux activités touristiques en général, tels que des dégâts causés directement par les plongeurs ou l'ancrage de bateaux, et indirectement par les activités côtières qui soutiennent l'industrie du tourisme.
- Encourager les touristes à contribuer financièrement aux efforts de récupération et de gestion.
- Transmettre les informations au public par la sensibilisation et l'éducation.

4. **La Gestion Intégrée Côtière (GIC)** sera cruciale pour que les récifs blanchis puissent être gérés dans le contexte des décisions d'utilisation des terres prises dans les bassins hydrographiques adjacents. En ce qui concerne le blanchissement, des aspects particuliers de la GIC doivent être soulignés:

- Etablir des systèmes d'APMs au sein d'un réseau GIC.
- Mettre en application des mesures pour promouvoir des activités de pêche viables dans le temps.
- Mettre en place des mécanismes visant à encourager des constructions non nuisibles pour l'environnement et d'autres formes d'utilisation des terres et de développement côtier.
- Réglementer les sources terrestres de pollution.
- Gérer les navires commerciaux et autres bateaux afin de diminuer les dégâts causés par les impacts physiques ou les marées noires.
- Protéger le littoral contre l'érosion.

5. **La restauration des récifs est un domaine de recherche relativement nouveau.** La recherche doit être encouragée; néanmoins, des programmes de réhabilitation coûteux peuvent représenter un *risque* plutôt qu'un *remède*. Une réhabilitation artificielle ne doit pas être envisagée si des facteurs de stress humains continuent à avoir un impact sur le récif. Au moment d'envisager des alternatives de restauration, les gestionnaires doivent se poser les questions suivantes:

- Quels sont les ***objectifs*** du projet de restauration ?
- Quelle est l'***échelle*** du projet de restauration ?
- Quel sera le ***coût*** du projet, et est-il abordable ?
- Quel est le ***taux de réussite*** de la méthode envisagée, et quelle méthode sera la plus ***rentable*** sur le site ?
- Quelle sera la ***viabilité à long terme*** du programme ?
- ***La communauté locale et les utilisateurs du récif*** ont-ils la possibilité de s'impliquer ?

La surveillance permettra aux gestionnaires et aux décideurs de dépister les modifications subies par le récif et d'évaluer le taux de réussite des programmes de gestion. Un soin particulier devra être apporté à la conception d'un programme qui corresponde aux ressources humaines et financières disponibles. Dans de nombreux cas, il existe des programmes qui peuvent être adoptés. Par ailleurs, il est urgent que des travaux de recherche supplémentaires soient menés afin que nous puissions apporter des réponses complètes aux questions essentielles sur les impacts écologiques et socio-économiques du blanchissement.

Les gestionnaires peuvent se préparer à des épisodes de blanchissement et même aider à la récupération du récif, mais la communauté dans sa totalité doit agir maintenant afin de faire face au problème des changements climatiques planétaires. A tous les niveaux, des communautés et des acteurs locaux aux gouvernements et décideurs nationaux, des mesures doivent être prises immédiatement pour faire face, non seulement aux problèmes liés au blanchissement, mais aussi à l'état critique des récifs à travers le monde.

Introduction

Cette plaquette a pour but de conseiller les responsables, décideurs et tous ceux dont la vie est étroitement liée au bien-être des récifs et qui se sentent profondément concernés par la grave dégradation des coraux causée par le blanchissement et un large éventail d'autres facteurs. Les récifs sont parmi les écosystèmes marins les plus importants, fournissant la nourriture, servant d'habitat à d'autres espèces commerciales, soutenant l'industrie touristique, alimentant les plages en sable, et agissant en tant que barrières contre l'effet des vagues et l'érosion côtière. L'ironie, c'est que les cas les plus graves de blanchissement se sont produits dans des pays ayant le moins de compétences et de ressources pour y faire face, et qui ont le plus grand besoin de récifs en bonne santé pour contribuer à un développement durable. Ce qui préoccupe les experts, c'est que même une diminution mineure de productivité de récifs, due au blanchissement, pourrait avoir des conséquences sociales et économiques (*socio-économique*) importantes pour les populations locales qui dépendent des ressources des récifs, étant donné que ces populations vivent souvent au-dessous du seuil de pauvreté.

Heureusement, l'avancée de la recherche apporte de nouvelles informations quant à la nature des impacts écologiques et sociaux du blanchissement. Il est urgent que la recherche continue afin que des recommandations pour l'avenir puissent être faites avec de plus en plus de précision. En attendant, à partir des données actuellement disponibles, des mesures stratégiques générales peuvent déjà être prises pour assurer aux récifs le plus de chances de récupération et de santé à long terme.

Avant de proposer des solutions créatrices, nous devons d'abord examiner le problème. L'important épisode de blanchissement qui s'est produit dans l'Ouest de l'Océan Indien en 1998 a été particulièrement sévère en termes d'étendue et d'intensité de mortalité corallienne. Reconnaissant l'importance de cet épisode et la préoccupation croissante à l'échelle mondiale quant au phénomène de blanchissement, les pays faisant partie de la Convention sur la Diversité Biologique (CBD) ont approuvé les conclusions d'une Consultation d'Experts spécialement convoquée sur le blanchissement (CBD, 1999):

- Le blanchissement massif et les épisodes de mortalité de 1998 semblent être les plus importants et les plus étendus jamais rapportés.
- L'étendue géographique, la fréquence croissante et la gravité des épisodes de blanchissement massif sont susceptibles d'être une conséquence de l'accroissement régulier des températures marines, et il existe suffisamment d'arguments pour affirmer que les changements climatiques en sont une cause principale.
- Le blanchissement et la mortalité corallienne qui résultent de l'augmentation de la température de l'océan représentent une menace sérieuse pour les récifs et les populations humaines qui en dépendent, particulièrement dans les Petits Etats Insulaires en Développement.

Il n'y a, bien sûr, aucun *remède* immédiat au blanchissement. Néanmoins, les gestionnaires ont le pouvoir de protéger les ressources subsistantes et d'encourager la récupération des coraux. Dans les lieux où le blanchissement s'est produit, afin de réduire et d'éliminer toute forme d'impact humain direct qui puisse provoquer des dommages supplémentaires, une gestion est de plus en plus importante pour réunir les conditions favorables à la récupération du corail. Ceci inclut la diminution des pressions dues à la pêche excessive, au tourisme, aux sources terrestres de pollution et au développement. Il est vital de protéger ce qui reste des coraux vivants, étant donné que ces derniers joueront un rôle crucial dans la récupération corallienne future au niveau local et dans d'autres sites.

A tous les niveaux – local, national, régional et mondial – il est essentiel de prendre des mesures. Les gestionnaires des récifs doivent prendre conscience de leur rôle au niveau mondial. Par exemple, la région du centre de l'Indonésie qui a survécu au blanchissement se trouve maintenant dans une situation décisive quant à la récupération de nombreux récifs endommagés dans l'Océan Indien, car elle peut fournir

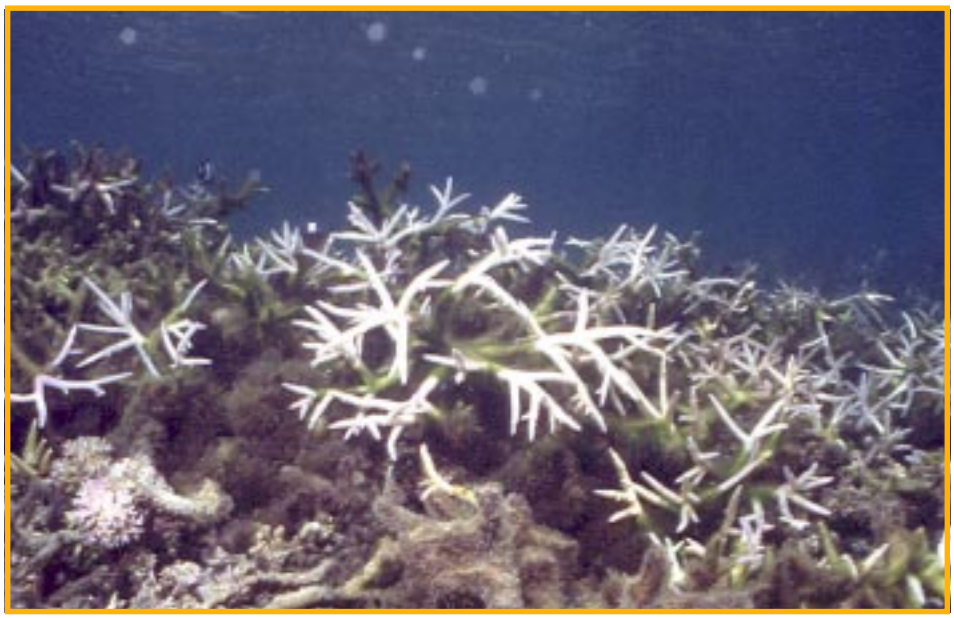


Photo: ARVAM

Coraux branchus (*Acropora* sp.) blanchis à Mayotte, ouest de l'Océan Indien, en 1998.

Récif aux Maldives, Océan Indien, avant l'épisode de blanchissement de 1998.

Photo: Susie Westmacott

les larves nécessaires à la colonisation. Ainsi, en Indonésie, des actions au niveau local peuvent avoir un impact sur des pays et communautés locales à des centaines ou des milliers de kilomètres de distance.

A l'échelle mondiale et régionale, de nombreuses initiatives sont actuellement orientées sur le blanchissement et la crise à laquelle les récifs sont confrontés. L'on peut citer, parmi d'autres, l'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens (ICRI), le Réseau Mondial de Suivi de l'Etat de Santé des Récifs Coralliens (GCRMN : Global Coral Reef Monitoring Network). Le programme CORDIO (Coral Reef Degradation in the Indian Ocean) est un exemple régional, et les résultats de ses travaux ont été largement utilisés pour l'élaboration de ce document.

Le but de cette plaquette est de fournir une explication synthétique des causes et des conséquences du blanchissement et de proposer des mesures appropriées. En nous référant au cas d'étude de l'épisode de blanchissement qui s'est produit dans l'Océan Indien en 1998, nous examinons ce phénomène dans le contexte d'autres sources de dégradation des récifs afin de conseiller gestionnaires et acteurs. Nous analysons aussi où en est la recherche et quelles sont les opinions scientifiques actuelles sur les tendances et résultats attendus du blanchissement. S'inspirant de ces données, cette plaquette suggère des directives quant aux mesures préventives à prendre pour minimiser l'impact d'épisodes de blanchissement futurs et émet des suggestions d'actions positives qui pourraient aider à la récupération des récifs. Certains aspects de cette recherche en sont toujours à leurs balbutiements, il faut donc prêter une attention particulière au choix de stratégies les plus efficaces pour faire face à des problèmes particuliers en un endroit donné. Nous encourageons les gestionnaires à utiliser les informations et ressources additionnelles présentées dans ce document afin qu'ils adoptent des mesures appropriées à leurs circonstances spécifiques.

Le Blanchissement Corallien

Qu'est-ce que le blanchissement corallien ?

La plupart des coraux sont de petits animaux (appelés polypes) qui vivent en colonies et forment les récifs. Ils obtiennent leur nourriture de deux façons: d'abord, en utilisant leurs tentacules pour attraper le plancton, et ensuite, par l'intermédiaire de minuscules algues, appelées 'zooxanthelles' qui vivent dans le tissu corallien. Plusieurs espèces de zooxanthelles peuvent coexister au sein d'une même espèce de corail (Rowan and Knowlton, 1995; Rowan *et al.*, 1997). On les trouve généralement en grand nombre dans chaque polype, vivant en *symbiose*, fournissant aux polypes leur couleur, de l'énergie par photosynthèse et jusqu'à 90% de leurs besoins en carbone (Sebens, 1987). Les zooxanthelles reçoivent leurs nutriments du corail et transfèrent jusqu'à 95% de leur production photosynthétique (énergie et nutriments) au corail (Muscatine, 1990).

Chez les coraux bâtisseurs des récifs, la combinaison de la photosynthèse par les algues et d'autres processus physiologiques permet la formation du calcaire (carbonate de calcium) constituant le squelette corallien. La lente élaboration de ces squelettes, d'abord en colonies, puis en un réseau tri-dimensionnel complexe permet au récif d'abriter de nombreuses espèces, dont beaucoup jouent un rôle important dans les moyens de subsistance des populations côtières.

Les coraux 'blanchissent' (c'est-à-dire deviennent pâles ou blancs comme neige) à la suite de diverses formes de stress, à la fois d'origines naturelle et humaine, ce qui provoque la dégénérescence et la perte des zooxanthelles colorées de leurs tissus. Dans des conditions normales, le nombre de zooxanthelles varie en fonction des saisons alors que les coraux s'adaptent aux fluctuations de l'environnement (Brown *et al.*, 1999; Fitt *et al.*, 2000). Le blanchissement peut même se produire régulièrement dans certaines zones. Lors d'un épisode de blanchissement, les coraux peuvent perdre entre 60 et 90 % de leurs zooxanthelles, et les zooxanthelles qui restent peuvent perdre entre 50 et 80% de leurs pigments photosynthétiques (Glynn, 1996). Une fois que la source de stress a disparu, les coraux affectés peuvent récupérer leurs proportions normales de zooxanthelles, mais cela dépend de la durée et de la gravité de la perturbation environnementale (Hoegh-Guldberg, 1999). Une exposition prolongée peut mener à une mort partielle ou totale de, non seulement des colonies individuelles, mais aussi de vastes étendues de récif corallien.

Photo: ARVAM

L'extrémité de cette colonie de coraux branchus (*Acropora* sp.) est blanchie mais vivante ; la partie inférieure est morte and recouverte d'algues.

Coupe transversale d'une colonie corallienne et de ses polypes, montrant les tentacules rétractés et étendus.

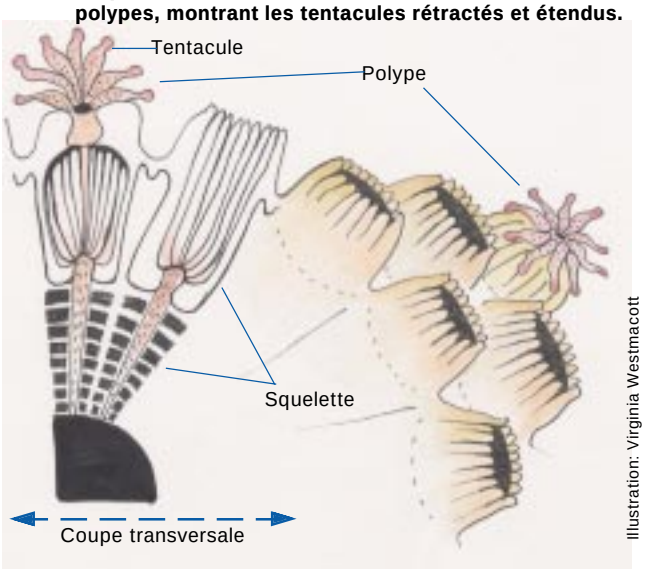


Illustration: Virginia Westmacott

Le mécanisme réel du blanchissement demeure très mal connu. Cependant, l'on pense que, dans un cas de stress thermique, des températures élevées perturbent la capacité des zooxanthelles à photosynthétiser et peuvent provoquer la production de substances chimiques toxiques qui endommagent leurs cellules (Jones *et al.*, 1998; Hoegh-Guldberg and Jones, 1999). Le blanchissement peut aussi se produire chez d'autres organismes non-bâtisseurs de récifs tels que les coraux mous, les anémones et certaines espèces de bénitiers (*Tridacna* spp.) qui ont aussi des algues symbiotiques dans leurs tissus. Comme pour les coraux, ces organismes peuvent aussi mourir si les conditions menant au blanchissement sont suffisamment intenses.

La réaction au blanchissement est très variable. Différents schémas de blanchissement peuvent être observés au sein de colonies de la même espèce, entre différentes espèces du même récif et entre des récifs de la même région (Brown, 1997; Huppert and Stone, 1998; Spencer *et al.*, 2000).

Photo: Arjan Rajasuriya

Les espèces de coraux ont des réactions différentes aux facteurs de stress. Cette photo a été prise lors de l'épisode de blanchissement de 1998 : la colonie à gauche (*Acropora* sp.) a blanchi, contrairement à celle de droite (*Porites* sp).

Photo: Arjan Rajasuriya

Colonies de coraux branchus (*Porites* sp.) blanchis à Sri Lanka, Océan Indien, en 1998.

L'explication en est encore inconnue, mais la nature variable du stress ou la combinaison de plusieurs facteurs de stress est probablement responsable, ainsi que des variations des espèces de zooxanthelles et de leur densité au sein des colonies. Différentes espèces de zooxanthelles sont capables de résister à différents niveaux de stress, et il a été montré que certaines zooxanthelles s'adaptent à des espèces coralliennes spécifiques; ceci expliquerait la variabilité pour un seul récif (Rowan *et al.*, 1997).

Les colonies coralliennes blanchies, qu'elles meurent totalement ou partiellement, sont bien plus vulnérables à l'envahissement par les algues, à la maladie et aux organismes coralliens qui creusent dans le squelette et affaiblissent la structure du récif. Par conséquent, si la mortalité est élevée, les récifs blanchis changent très rapidement de couleur, leur apparence passant d'un blanc-neige à un gris-marron terne au fur et à mesure qu'ils sont recouverts d'algues. Dans les endroits où les impacts du blanchissement sont sévères, une couverture importante par les algues peut empêcher la re-colonisation par de nouveaux coraux, altérant de façon considérable la diversité des espèces coralliennes et provoquant une restructuration de la communauté.

Quelles sont les causes du blanchissement corallien ?

Parmi les facteurs de stress qui provoquent le blanchissement, l'on trouve des températures marines exceptionnellement élevées, des niveaux de rayons ultraviolets élevés, une faible luminosité, une turbidité et sédimentation élevées, des maladies, des taux de salinité et de pollution élevés. Au cours des vingt dernières années, la plupart des épisodes de blanchissement à grande échelle ont résulté de températures

Photo: Susie Westmacott

Colonie de Agaricia sp. faisant état d'un blanchissement partiel à Bonaire, Caraïbes, en 1998.

de surface (SST) élevées, et en particulier de *Points Chauds* (Hoegh-Guldberg, 1999). Un Point Chaud est une zone où les SST ont dépassé le maximum annuel attendu (la température annuelle la plus élevée, sur une moyenne d'une période de 10 ans) dans cette région (Goreau and Hayes, 1994). Si un Point Chaud de 1°C au-dessus du maximum annuel persiste pendant 10 semaines ou plus, on peut s'attendre à un épisode de blanchissement (Wilkinson *et al.*, 1999; NOAA, 2000). L'effet combiné de SST et de luminosité (à la longueur d'onde des ultraviolets) élevés peut entraîner des processus de blanchissement plus rapides en bouleversant les mécanismes naturels du corail pour se protéger d'une lumière intense (Glynn, 1996; Schick *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 1998).

Les épisodes de blanchissement à grande échelle constatés dans les années 1980 et au début des années 1990 n'ont pas pu être totalement expliqués par des facteurs de stress locaux tels qu'une mauvaise circulation des eaux et ont rapidement été mis en relation avec les évènements dus à El Niño (Glynn, 1990). El Niño a eu les effets les plus importants jamais constatés en 1983, suivis en 1987 par un épisode modéré et, en 1992, des manifestations plus fortes (Goreau and Hayes 1994). Des épisodes de blanchissement se sont également produits dans des années où El Niño ne s'est pas manifesté ; il fut donc conclu que d'autres facteurs qu'une STT élevée peuvent être impliqués, tels que le vent, la couverture nuageuse ou la pluie (Glynn, 1993; Brown, 1997).

Les épisodes de blanchissement à grande échelle peuvent généralement être attribués à des fluctuations des SST, alors qu'à petite échelle, le blanchissement est souvent dû à des facteurs de stress anthropogéniques directs (par exemple la pollution) qui agissent à des échelles localisées. Quand un réchauffement et des facteurs humains directs se produisent en même temps, chacun d'entre eux aggrave les effets des autres. Si les températures moyennes continuent à augmenter du fait de changements climatiques planétaires, les coraux seront probablement soumis à des épisodes de blanchissement plus fréquents et plus graves dans l'avenir. Ainsi, les changements climatiques peuvent maintenant être considérés comme la plus grande menace pour les récifs dans le monde entier.

Où le blanchissement corallien s'est-il produit ?

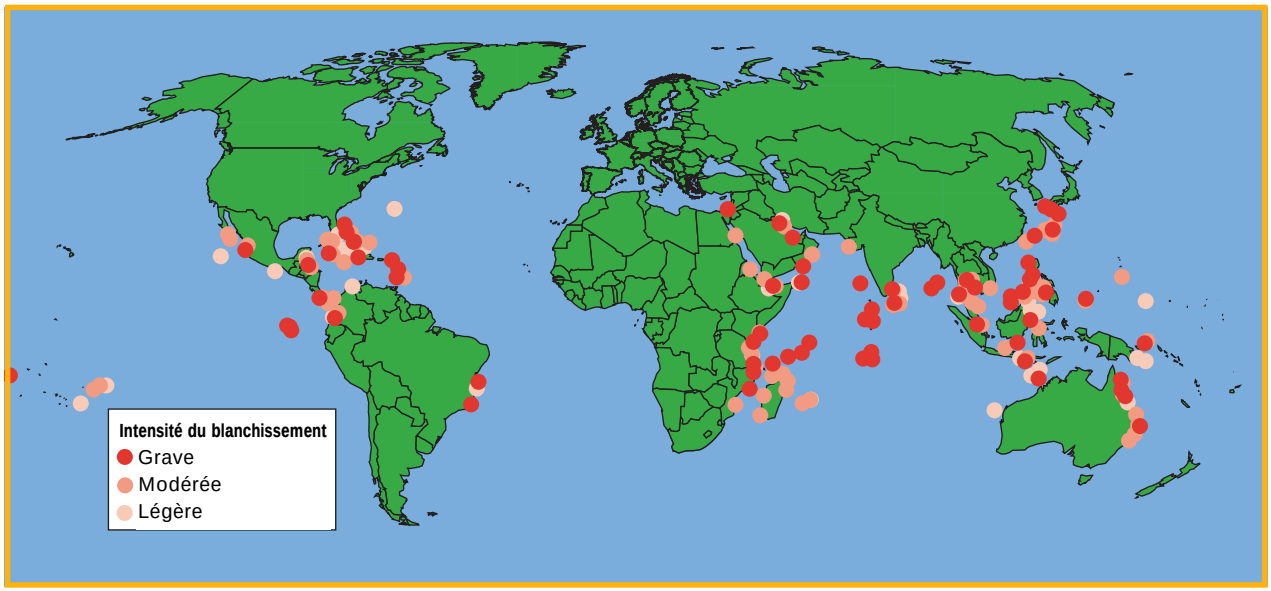
Les premiers épisodes de blanchissement remontent à 1870 (Glynn, 1993) mais, depuis les années 1980, les épisodes de blanchissement sont devenus plus fréquents, répandus et sévères (Goreau & Hayes, 1994; Goreau *et al.* 2000). En 1983, 1987 et 1991, des cas de blanchissements furent observés dans toutes les zones tropicales du Pacifique et de l'Océan Indien, ainsi que de la Mer des Caraïbes.

Actuellement, il n'y a aucune méthode standard pour quantifier le blanchissement, et la question a été de savoir si les observateurs inexpérimentés auraient surestimé l'étendue et la gravité des épisodes récents (Glynn, 1993). De plus, au cours de ces dernières années, le nombre d'observateurs a augmenté, fournissant ainsi des rapports de blanchissement sur plus de régions du monde qu'auparavant (voir Wilkinson, 1998). Cependant, même pendant les périodes de recherche récifale active dans les années 1960 et 1970, seulement 9 épisodes de blanchissement ont été rapportés, à comparer avec les 60 épisodes majeurs constatés au cours des 12 années entre 1979 et 1990 (Glynn, 1993).

Le blanchissement de 1998 fut l'un des plus importants dont on ait jamais été témoin et a entraîné la plus forte mortalité corallienne jamais enregistrée, en particulier dans la région de l'Océan Indien. Les SST se sont élevées au-dessus des niveaux de tolérance des coraux sur une période plus longue (plus de 5 mois) que ce qui avait été constaté jusqu'alors (Goreau *et al.*, 2000; Spencer *et al.*, 2000). Les coraux branchus furent les premiers à être touchés, alors que les coraux massifs, qui semblaient au départ capables de résister aux SST exceptionnellement élevées, ont été touchés au fur et à mesure que les conditions s'aggravaient.

Les zones touchées dans l'Océan Indien incluaient de grandes zones de récifs le long des côtes : d'Afrique de l'Est ; d'Arabie à l'exception du Nord de la Mer Rouge ; de l'Archipel des Comores ; de certaines régions de Madagascar ; des Seychelles ; du sud de l'Inde et de Sri Lanka ; des Maldives et de l'Archipel des Chagos. Dans la plupart de ces endroits, de nombreux coraux furent incapables de survivre au

Distribution mondiale des épisodes de blanchissement, 1998–2000.
(Source: World Conservation Monitoring Centre, Cambridge and United Nations Environment Programme)



phénomène et le taux de mortalité corallienne alla de 70 à 99% (Linden & Sporrong 1999; Wilkinson *et al.* 1999).

Les récifs du sud de l'Océan Indien, autour de La Réunion, Maurice et l'Afrique du Sud, ont aussi été touchés, bien que les conditions y ont été moins sévères ou moins durables. La plupart des coraux ont retrouvé leur bonne santé. L'on pense que cela était dû à la mousson présente à cette période, qui a engendré une couverture nuageuse réduisant la quantité de lumière solaire (et donc les rayons ultraviolets) atteignant les coraux en eaux peu profondes (Turner *et al.*, 2000a).

Le Pacifique Est fut la première zone à être touchée, à partir de septembre 1997, et les conditions furent les plus graves que cette région ait jamais enregistrées ; les SST sont restées au-dessus du seuil pendant plus de 5 mois (Goreau *et al.*, 2000). Ce qui est intéressant, c'est que les régions qui s'étaient remises des épisodes de blanchissement de 1983, 1987, 1992, 1993 et 1997 ont survécu à cet épisode récent, alors que les zones qui n'avaient pas été touchées par le passé ont cette fois été sérieusement touchées (Goreau *et al.*, 2000).

Dans le Pacifique Ouest, les STT sont restées au-dessus du seuil pendant une période allant jusqu'à 5 mois dans certains endroits. Certaines parties de la Grande Barrière de Corail ont été blanchies, avec une mortalité corallienne atteignant 70–80% (Goreau *et al.*, 2000) alors que dans d'autres régions, la mortalité était de 17% ou moins (Wilkinson, 1998). Certains récifs des Philippines, de Papouasie Nouvelle Guinée et d'Indonésie ont aussi souffert, bien que de nombreux récifs du centre de l'Indonésie aient survécu grâce à la remontée d'eaux plus froides (upwelling).

Dans les Caraïbes et l'Atlantique Nord, le blanchissement a atteint son niveau le plus sévère en août et septembre 1998, avec des eaux anormalement chaudes qui ont duré entre 3 et 4 mois (Goreau *et al.*, 2000). Des dégâts importants consécutifs aux cyclones ont pu augmenter la gravité de cet impact (Mumby, 1999). Certains rapports indiquent que 60 à 80% des colonies ont été touchées mais, dans de nombreux cas, le blanchissement a été suivi d'une récupération substantielle (Goreau *et al.* 2000).

Cette vue d'ensemble de l'épisode de blanchissement de 1998 met en évidence à quel point le blanchissement peut varier en termes d'étendue géographique, d'intensité régionale, et même d'inégalité sur de petites échelles. Le taux de blanchissement – par opposition au taux de mortalité réelle – peut aussi varier significativement même au sein du même système récifal. Des exemples dans les Caraïbes et le Sud de l'Océan Indien indiquent qu'un blanchissement massif peut parfois être suivi d'une récupération importante. Il reste beaucoup à apprendre sur les schémas de variabilité et sur la nature du phénomène de blanchissement. Notre défi, cependant, est d'utiliser les données existantes sur l'écologie du récif corallien et les meilleures pratiques de gestion pour élaborer des stratégies visant à optimiser les chances de récupérations 'réussies' dans l'avenir. Dans cette optique, nous devons tout d'abord prendre en considération les autres menaces pour les récifs afin qu'elles puissent être mises en relation avec le blanchissement corallien.

Autres Menaces pour les Récifs Coralliens

Le blanchissement dû à des changements climatiques n'est pas la seule menace pour les récifs. Depuis plusieurs années, scientifiques et gestionnaires sont préoccupés par le fait que le nombre croissant de facteurs de stress dus aux activités humaines contribue au déclin des récifs du monde (Brown, 1987; Salvat, 1987; Wilkinson, 1993; Bryant *et al.*, 1998; Hodgson, 1999). Des estimations récentes indiquent que 10% des récifs de la planète ont atteint un niveau de dégradation en dessous du seuil de récupération, et 30% d'entre eux sont susceptibles de se dégrader de manière significative au cours des 20 ans à venir (Jameson *et al.*, 1995). Une étude menée en 1998 sur les menaces *potentielles* pour les récifs provenant des activités humaines (développement côtier, surexploitation et pratiques de pêche destructrices, pollution terrestre et érosion et pollution marine) estima que 27% des récifs étaient en grand danger et 31% faisaient face à un danger moyen (Bryant *et al.*, 1998). Ces menaces sont en grande partie la conséquence de l'utilisation croissante des ressources côtières par une population côtière en expansion rapide, associée à un manque de planification et de gestion appropriées.

Il est probable que les récifs qui sont déjà victimes des activités humaines soient plus sujets au blanchissement dans les endroits où il existe des Points Chauds, car les coraux affaiblis n'ont probablement pas la capacité de faire face au stress supplémentaire des températures de surface élevées. De plus, même après que les SST soient revenues à la normale, des conditions de stress d'origine humaine peuvent entraver la colonisation et la croissance de nouveaux coraux. En effet, les récifs qui ont déjà été exposés à des perturbations humaines durables font souvent preuve d'une faible aptitude à la récupération (Brown, 1997). D'autre part, un récif qui n'est pas soumis aux activités humaines peut avoir plus de chances de récupération, puisque les conditions environnementales seront plus proches de celles optimales pour la colonisation et la croissance du corail.

Le passé a montré que les récifs étaient capables de se rétablir de perturbations naturelles occasionnelles (par exemple les cyclones, l'arrivée massive de prédateurs et de maladies). Ce sont les perturbations persistantes et chroniques dues aux activités humaines qui provoquent le plus de dégâts aujourd'hui. Cela met en évidence à quel point il est important d'éliminer toute forme d'impact humain direct et négatif pour donner aux récifs le plus de chances de récupération face à un blanchissement. Ces impacts sont le résultat d'une série d'activités, telles que :

- La construction sur les côtes de logements, stations balnéaires, usines, ports et marinas implique souvent la

La pêche à l'explosif se pratique toujours dans de nombreuses régions du monde, détruisant systématiquement les récifs.

Photo: Lida Pet-Soede

Les lagons et les platiers récifaux sont détruits lors des projets de mise en valeur des terres, en particulier dans les îles à court de terres.

Photo: Susie Westmacott.

Une mauvaise planification des construction hôtelières, comme ici dans les Caraïbes, entraîne souvent l'érosion et des dégâts aux récifs.

Photo: Susie Westmacott.

Le déversement d'ordures et autres formes de pollution représentent une menace majeure pour les récifs.

Photo: Susie Westmacott.

Illustration: Virginia Westmacott

La gamme de menaces pour les récifs dus aux activités humaines.

mise en valeur des terres et le dragage. Ceci peut augmenter la sédimentation (ce qui diminue la quantité de lumière et étouffe les coraux) et provoquer des dégâts physiques directs aux récifs.

- La gestion non viable des bassins hydrographiques adjacents et des terres côtières, y compris la déforestation, les mauvaises pratiques d'agriculture et d'utilisation des terres, entraîne le déversement de pesticides (qui peuvent empoisonner les organismes coralliens), d'engrais (qui entraînent un enrichissement en nutriments) et de sédiments.
- La surexploitation peut engendrer un certain nombre de changements dans un récif. La pêche intensive d'espèces qui se nourrissent d'algues peut entraîner une pousse excessive d'algues ; la pêche intensive d'espèces 'charnières' qui jouent un rôle particulier dans l'écosystème récifal peut engendrer des explosions de populations au sein d'autres espèces à un autre endroit de la chaîne alimentaire.
- Les pratiques de pêche destructrices, telles que la pêche à la dynamite et l'utilisation de seines et de filets mouillants, peuvent provoquer des dégâts physiques importants au récif et entraîner la mortalité d'un pourcentage élevé de poissons immatures (c'est-à-dire la future population adulte). L'utilisation de cyanure et d'autres poisons pour attraper les poissons d'aquarium a aussi des effets négatifs.
- Le traitement des ordures d'origine industrielle et municipale entraîne une augmentation de la quantité de nutriments et de toxines dans l'environnement du récif. L'évacuation des eaux usées non traitées directement dans l'océan provoque un enrichissement en nutriments et un développement excessif d'algues. Les déchets riches en nutriments provenant des eaux d'égouts et d'autres sources sont particulièrement préjudiciables car ils entraînent un changement lent et progressif mais cependant majeur de la structure du récif. Les algues finiront par dominer les coraux dans le récif (Done, 1992; Hughes, 1994).
- Les activités des navires, telles que les marées noires et le dégazage, peuvent avoir un impact sur les récifs. Bien que les conséquences soient moins bien connues, elles peuvent être significatives par endroits. Des dégâts physiques directs peuvent être provoqués par les bateaux qui s'ancrent sur les récifs ou s'échouent accidentellement.
- De nombreuses autres activités qui se produisent sur le récif provoquent des dégâts physiques aux coraux et affectent ainsi l'intégrité structurelle du récif. De tels dégâts se produisent en quelques minutes seulement, mais il faut des années pour qu'ils soient réparés. En plus des activités mentionnées ci-dessus, des dégâts peuvent être causés par le piétinement des coraux par les gens qui ramassent des coquillages et autres organismes sur les platiers ou dans des zones récifales peu profondes, et par les plongeurs qui se tiennent debout sur les coraux ou se cognent contre le récif.

Heureusement, ce sont des menaces que gestionnaires et acteurs ont le pouvoir de réduire ou contrôler. Dans de nombreux endroits, les récifs font face à plusieurs de ces menaces, qui peuvent toutes avoir en effet un même temps et des degrés d'intensité variables. Ainsi, il sera important d'analyser avec soin la situation propre à chaque site afin d'établir des priorités et d'élaborer un plan d'action efficace. Gestionnaires et acteurs doivent identifier quels impacts humains peuvent être réduits le plus facilement, et avec l'effet le plus positif sur le récif. Cela impliquera la prise en considération des ressources humaines et financières disponibles et des structures de gestion existantes, ainsi que l'évaluation des chances de récupération du récif après un blanchissement ou d'autres formes de dégâts, dans le présent et l'avenir. Par conséquent, avant que nous ne passions à l'examen des alternatives stratégiques de gestion, il nous faut prendre en considération les perspectives générales s'offrant aux récifs dans l'avenir.

A Quoi Peut-on s'Attendre Dans l'Avenir ?

Les perturbations importantes causées aux récifs, qu'elles soient localisées ou à l'échelle mondiale, soulèvent des questions quant à l'avenir des récifs :

- Est-ce que les récifs vont se régénérer après une mortalité massive, et si oui, quand?
- A quoi ressembleront les récifs dans l'avenir ? Seront-ils comme avant?
- A quoi pouvons-nous nous attendre en ce qui concerne les changements climatiques planétaires?
- Est-ce que cette perturbation se produira à nouveau?

Il est difficile de répondre à de telles questions, mais l'état actuel de la recherche commence à fournir quelques réponses.

La résilience du récif corallien

La résilience du récif corallien est définie comme la capacité d'une colonie individuelle, ou d'un système récifal (tous ses habitants compris), à faire face aux agressions de l'environnement et à conserver son potentiel à se rétablir et à poursuivre son développement (Moberg and Folke, 1999). Il semble que des impacts négatifs sévères ou prolongés peuvent progressivement réduire la résistance à des agressions ultérieures. Cela peut entraver la récupération des récifs à la suite d'une perturbation et entraîner le passage d'un système dominé par des coraux à un autre dominé par les algues (Done, 1992; Hughes, 1994). Des travaux de recherche sur la résistance des récifs et de leurs habitants sont en cours, puisqu'il y a peu de données sur les taux de récupération des populations d'espèces autres que les coraux (McClanahan *et al.*, in press). En attendant, un objectif logique pour les gestionnaires et acteurs est d'avoir recours à des principes de base d'utilisation viable et de gestion appropriée afin de maintenir le niveau de résistance. Il s'agit de mesures préventives afin d'optimiser la résistance du polype et du récif aux perturbations et d'augmenter la résistance en vue d'une récupération maximale après que la perturbation ait disparu.

L'historique des perturbations sur un récif contribue à sa structure car les récifs sont des écosystèmes naturellement dynamiques se régénérant constamment après des variations naturelles de leur environnement. Pendant la récupération, les espèces inter-agissent et modifient leurs niveaux d'abondance et leurs rôles au sein de la structure communautaire. Par conséquent, les récifs peuvent évoluer en communautés substantiellement différentes de celles existant avant le blanchissement, et cependant rester variées et prospères.

Pour un écosystème récifal, le retour à un état fonctionnel après une mortalité massive due au blanchissement dépendra d'une reproduction réussie et d'une re-colonisation par les coraux subsistants et par des coraux provenant de populations *sources* extérieures (voir Done, 1994, 1995). Les coraux se reproduisent sexuellement et asexuellement à la fois. La reproduction sexuée implique la fertilisation des ovules de

Photo: Susie Westmacott

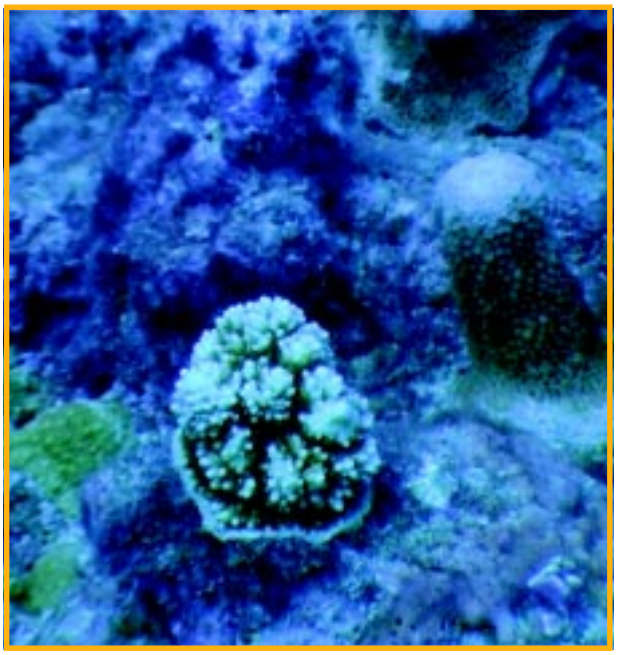


Photo: Ben Stobart

Coraux juvéniles poussant sur une zone de corail mort dans un récif endommagé (à gauche, Bonaire, Caraïbes; à droite, aux Seychelles).

corail par du sperme pour former des larves nageantes. Les larves sont bien adaptées à la dispersion et, selon les espèces et les conditions, peuvent ensemencer le récif d'où elles viennent, les récifs voisins, ou des récifs à des centaines de kilomètres de distance (Richmond, 1997). La dispersion nécessite la présence de courants océanographiques appropriés pour ensemencer les récifs en aval, et est essentielle au maintien d'une diversité génétique au sein des populations coralliennes et des récifs.

Le recrutement est le processus par lequel les coraux juvéniles (ou *recrues*) subissent la colonisation larvaire et la métamorphose pour appartenir à la population adulte et de la communauté du récif. Les larves de corail quittent la colonne d'eau et se fixent sur un substrat approprié; la présence d'un tel substrat est essentielle à la réussite du recrutement. Les bons sites de colonisation ont les caractéristiques suivantes (Richmond, 1997):

- Une base stable – le substrat ne doit **pas** être composé de sédiments mal agglomérés ou de matériaux non consolidés.
- Les mouvements de l'eau doivent être entre minimaux et calmes, bien que, dans certaines circonstances, des mouvements de l'eau importants peuvent stimuler la croissance.
- La salinité doit généralement être au-dessus de 32‰ et en dessous de 38–40 ‰.
- Une source de lumière pour que les zooxanthelles puissent photosynthétiser.
- Une sédimentation limitée dans la colonne d'eau (dans l'idéal, des eaux claires), afin de diminuer les risques d'étouffement et pour que suffisamment de lumière puisse passer.
- Une absence de (grandes) macro-algues (par opposition aux algues gazonnantes) qui entreraient en concurrence avec les coraux pour l'occupation de l'espace et entraveraient la colonisation des larves.

Une fois fixé, le corail se trouve en compétition avec des organismes se développant plus rapidement, tels que les algues ou les invertébrés encroûtants et doit éviter la prédation par les poissons mangeurs de corail. L'échec de la reproduction (par exemple si tous les coraux sexuellement matures d'un récif meurent suite au blanchissement) et du recrutement localisé ralentira très probablement la récupération de récifs gravement endommagés (Richmond, 1997). Néanmoins, la couverture corallienne pourra finalement être restituée par reproduction asexuée.

La reproduction asexuée se produit quand des fragments de corail se retrouvent détachés de la colonie parentale par un facteur physique provoqué, par exemple, par l'effet des vagues ou la houle due à une tempête. Les fragments sont très vulnérables aux dégâts physiques et peuvent facilement perdre leur mince couche de tissu vivant s'ils sont roulés contre le fond par les mouvements de l'eau. Cependant, si le fragment se retrouve sur un substrat approprié, il peut s'y attacher et former une nouvelle colonie.

Un récif dont la majorité des coraux sont morts, mais qui a conservé sa structure, peut quand même être un substrat stable et approprié pour que des recrues coralliennes et des fragments s'y fixent et s'y développent. Ainsi, la conservation de coraux morts est importante. Les coraux morts sont sensibles aux organismes qui y creusent des trous et affaiblissent la structure du récif. De fortes vagues ou houles de tempêtes peuvent engendrer des dégâts importants aux récifs dans cet état, transformant une structure complexe en un champ de ruines inapproprié à la colonisation de coraux. Cependant, les algues corallines rouges peuvent aider à consolider le récif, réduisant sa dislocation et fournissant ainsi un substrat approprié à la colonisation larvaire.

Changements climatiques planétaires et récifs coralliens

Au cours des 200 millions d'années passées, les récifs se sont adaptés à de nombreux changements. Cependant, sur la presque totalité de cette période, il n'y avait aucune pression humaine. Les récifs sont aujourd'hui confrontés à une combinaison de menaces provenant de la surexploitation, de la pollution et en particulier des changements climatiques planétaires. Ces menaces sont en nombre croissant, et les activités humaines provoquent une accélération des changements climatiques à un rythme qui risque de rendre difficile l'adaptation des récifs.

Les changements climatiques planétaires sont susceptibles de provoquer cinq types d'impacts sur les récifs :

1. **La hausse du niveau de la mer**
   La plupart des récifs non soumis au stress devraient pouvoir s'adapter à une hausse du niveau de la mer, estimée à 50 cm d'ici l'an 2100 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995). Les platiers récifaux, qui sont exposés à un niveau de la mer bas, ce qui limite leur croissance verticale, peuvent tirer avantage d'une telle

Les récifs ont prospéré dans les schémas climatiques, de température, de rayons UV et de courants.

Illustration: Virginia Westmacott

L' augmentation des températures de surface, de la fréquence des tempêtes, des taux de dioxyde de carbone et d'UV, ainsi que la modification des courants marins, dus au réchauffement de la planète, menacent aujourd'hui les récifs coralliens.

Illustration: Virginia Westmacott

hausse. Néanmoins, les récifs affaiblis par l'élévation de la température ou par d'autres facteurs (voir ci-dessous) peuvent être incapables de croître et de construire leurs squelettes à des rythmes 'normaux'. Dans ce cas, les îles situées en dessous du niveau de la mer ne pourront plus bénéficier de la protection contre l'énergie des vagues et la houle liée aux tempêtes que les récifs environnants leur procurent actuellement. Ceci est inquiétant pour des pays tels que Les Maldives dans l'Océan Indien, et les îles Kiribati et Marshall dans l'Océan Pacifique, où les masses terrestres sont en moyenne à moins de 3 mètres au-dessus du niveau de la mer.

2. **L'augmentation de la température**
   Des augmentations de 1–2°C de la température de la mer peuvent être attendues d'ici l'an 2100 (Bijlsma *et al.*, 1995). De nombreuses régions tropicales ont déjà enregistré une augmentation de 0,5°C au cours des vingt dernières années (Strong *et al.*, 2000). Bien que ces changements soient apparemment minimes, ils se traduisent par une probabilité accrue que, au cours des périodes les plus chaudes des variations saisonnières normales, les températures soient au-dessus des seuils de tolérance de la plupart des espèces de coraux. Ceci entraînerait probablement des épisodes de blanchissement plus fréquents (Hoegh-Guldberg, 1999). Une hausse de la température peut vouloir dire que des zones actuellement éloignées des récifs deviendront adaptés au développement de récifs, ce qui entraînera une modification de la distribution géographique des populations bâtisseuses de récifs. Néanmoins, cette théorie n'est pas prête d'être confirmée; et, si elle devait l'être, d'autres facteurs environnementaux à des latitudes plus élevées peuvent ne pas être favorables à la croissance du récif. De plus, des SST élevées affectent la sensibilité des zooxanthelles, si bien que la lumière, qui est essentielle à la photosynthèse, pourrait endommager les cellules (Hoegh-Guldberg, 1999). Les coraux pourraient ainsi devenir plus vulnérables aux niveaux élevés de rayons ultraviolets dus à la réduction de la couche d'ozone.

3. **Des taux de calcification réduits**
   Les émissions mondiales de gaz à effet de serre ont augmenté les concentrations en dioxyde de carbone dans l'atmosphère et dans les océans pour atteindre un niveau qui pourrait graduellement réduire la capacité des récifs à croître selon des processus de calcification normaux. Des concentrations élevées de dioxyde de carbone augmentent l'acidité de l'eau, ce qui diminue les taux de calcification des coraux. Il est prédit que les taux de calcification pourraient être réduits d'environ 14 à 30% d'ici l'an 2050 (Hoegh-Guldberg 1999). Ceci réduira la capacité des coraux à se remettre de phénomènes tels que le blanchissement et compromettra également leur capacité à s'adapter à l'augmentation du niveau de la mer et aux changements écologiques.

4. **Une modification des schémas de circulation des océans**
   Si les changements de la circulation océanographique à grande échelle se poursuivent, ils pourraient modifier la dispersion et le transport des larves coralliennes (Wilkinson and Buddemeier, 1994). Ceci pourrait avoir un impact sur le développement et la distribution des récifs à travers le monde.

5. **Une augmentation de la fréquence des phénomènes météorologies graves**
   Des modifications des schémas atmosphériques annuels pourraient entraîner des changements de fréquence et d'intensité des tempêtes et cyclones, ainsi que dans le schéma des précipitations. Une fréquence accrue de tempêtes pourrait provoquer une augmentation des dégâts non seulement pour les récifs mais pour les populations côtières également.

Si les tendances se maintiennent comme prévu, les épisodes de blanchissement se produiront régulièrement d'ici 30 à 50 ans (Hoegh-Guldberg, 1999). L'augmentation de la fréquence du blanchissement forcera les coraux à s'adapter. L'adaptation peut se faire de deux manières:

- La physiologie des coraux pourrait se modifier afin de mieux s'adapter à des températures plus élevées.
- Il pourrait y avoir une mortalité des populations ou espèces de coraux et de zooxanthelles qui ne sont pas capables de faire face à des températures élevées – et ces espèces les moins capables de s'adapter disparaîtront (Warner *et al.*, 1996; Hoegh-Guldberg, 1999).

De plus amples informations sur les scénarios possibles d'adaptation sont disponibles dans Hoegh-Guldberg (1999).

Cependant, les récifs sont en général des écosystèmes durables, comme l'histoire géologique l'a prouvé. Les perturbations majeures du passé ont eu pour conséquence la disparition de nombreuses espèces coralliennes, mais d'autres ont survécu et évolué en de nouvelles espèces. Des structures fossilisées de coraux sont souvent visibles dans les falaises, parfois loin à l'intérieur des terres. Les récifs ont ainsi subi de grands changements de structure et de composition à travers les temps, bien qu'ayant gardé les caractéristiques reconnaissables des récifs (Veron, 1995). Par conséquent, une gestion prudente des récifs – même ceux qui ont été gravement endommagés – est très importante, car elle pourrait favoriser la persistance de ces anciens systèmes.

Pourquoi Gérer les Récifs Endommagés ?

Gestionnaires et acteurs se posent déjà des questions quant à la manière de gérer les récifs blanchis et endommagés, telles que :

- Quelles mesures les responsables devraient-ils prendre pour aider et accélérer la récupération après une mortalité due au blanchissement ?
- Comment convaincre décideurs et agences gouvernementales de l'importance du maintien des parcs marins et de la poursuite des efforts de protection des récifs endommagés par le blanchissement ?
- Doivent-ils investir dans des projets de réhabilitation des récifs qui pourraient être coûteux et risqués ?
- Quels impacts socio-économiques le blanchissement aura-t-il et comment atténuer de tels impacts ?
- Que peut-on faire pour se préparer à des épisodes de blanchissement dans l'avenir ?

Comme cela a été décrit dans les chapitres précédents, les récifs endommagés ont le potentiel de se régénérer. Certains récifs ont été endommagés dans le passé par des cyclones,

Photo: Edmund Green

Un récif 'sain' peut abriter une variété de poissons de récif – gaterins aux Turks et Caicos, Caraïbes.

Encadré 1. Récupération après une invasion de coussins de belle-mère.

Les étoiles de mer « coussins de belle-mère » (*Acanthaster planci*) ont dévasté de larges zones de la Grande Barrière de Corail (GBC) en Australie, ainsi que dans d'autres récifs du Pacifique. La première invasion d'étoiles (de quelques milliers à quelques dizaines de milliers) fut enregistrée à la fin des années 1950, quand des étoiles de mer en grands nombres furent observées dans les îles Ryukyu, au Japon. Peu de temps après, au début des années 1960, des invasions ont été notées à Green Island et plusieurs zones proches de la BGC. A cette époque, des invasions d'étoiles se produisaient plus au sud dans les récifs au large de Townsville. 10 ans plus tard, la partie Nord de la BGC était déjà en cours de récupération. L'on craignait que la structure du récif soit complètement détruite, exposant la côte Nord du Queensland à une augmentation de l'intensité de l'action des vagues et de l'érosion. Ceci ne se produisit pas. Alors que des invasions de *A. planci* peuvent détruire certains coraux individuels, elles n'ont pas détruit le récif lui-même. Au cours de la dernière invasion à la fin des années 1970 et au cours des années 1980, environ 17% des 2900 récifs qui constituent la Grande Barrière de Corail furent touchées par les étoiles de mer. Parmi ceux-là, seulement 5% sont catégoriés comme ayant sévèrement atteints.

Des études ultérieures menées sur la Grande Barrière de Corail et à Guam ont montré qu'il fallait 12 à 15 ans pour que la couverture corallienne revienne à des niveaux existants avant l'invasion. Bien que la couverture corallienne fut restituée après cette période, la composition des communautés coralliennes avait changé, et les récifs étaient composés en grande partie d'espèces à croissance rapide telles que les coraux branchus (par exemple, *Acropora*) et plats. Le rétablissement de la composition et de la diversité des espèces d'origine risque de prendre bien plus de temps parce que le remplacement des coraux massifs (par exemple, les *Porites*), qui poussent lentement, peut prendre jusqu'à 500 ans pour les individus de grande taille. Cependant, la récupération totale finira par se produire à condition qu'il n'y ait aucune perturbation supplémentaire.

Source: Bradbury and Seymour (1997), CRC Reef Research (1997) and Moran (1997)

Photo: Edmund Green

Etoiles de mer 'Coussins de belle-mère'.

Encadré 2. La récupération du récif corallien à Kaneohe Bay, Hawaii.

Kaneohe Bay, à Hawaii, est un bon exemple de résilience d'un système récifal qui a résisté à des impacts humains continus. Cela démontre que, une fois que la source primaire a été réduite, la récupération est possible. Différentes attaques se sont produites entre les années 1940 et 1970: augmentation de l'érosion du sol, sédimentation, dragage du récif, canalisation des courants et déversement d'eaux usées. Divers impacts, incluant le déversement d'eau douce, d'eaux de ruissellement provenant de l'érosion et des modifications d'utilisation des terres liées aux activités humaines, ont endommagé les récifs de la baie.

Après 25 ans d'évacuation, deux gros tuyaux d'évacuation ont été détournés de la baie en 1977–1978. Les fonds marins se sont modifiés en conséquence, passant de fonds dominés par une algue verte (*Dictyosphaeria cavernosa)* et des filtreurs-détritivores, à un habitat s'approchant plus des 'jardins de corail' décrits par les premiers visiteurs. La couverture corallienne plus que doubla au cours des 15 années qui suivirent. Bien que la récupération se soit ralentie par la suite, l'épisode de Kaneohe Bay illustra les capacités d'un récif à se régénérer une fois que le facteur anthropogénique a été réduit.

Source: Hunter and Evans (1995)

tempêtes et activités humaines, mais s'en sont remis une fois que le facteur en cause avait disparu ou été diminué. Cette résistance a été une chance car les moyens de subsistance de beaucoup de gens dépendent des récifs. L'économie des Maldives, par exemple, est basée sur la pêche et le tourisme, tous deux directement liés aux récifs, qui ont été gravement touchés par le blanchissement. Ainsi, il y a de bonnes raisons de poursuivre les efforts de gestion afin de :

- Assurer des conditions optimales pour la récupération des récifs.
- Assurer la viabilité de la pêche.
- Assurer la pérennité de l'industrie du tourisme.

La récupération du récif sera variable d'un récif à un autre, en fonction de l'ensemble unique de paramètres dans chaque endroit. Dans des conditions appropriées, les récifs peuvent très bien être capables de revenir à l'état de communautés prospères et diversifiées, apportant des bénéfices directs en termes de pêche, tourisme et loisirs, et des bénéfices indirects, tels que la protection côtière et la recherche scientifique (voir Encadré 1).

Une gestion prudente peut se révéler utile, soit en éliminant les facteurs négatifs, comme cela s'est produit à Kaneohe Bay à Hawaii (voir Encadré 2), soit en optimisant les conditions nécessaires à la récupération. La récupération ne se produira que si le nombre de facteurs de stress supplémentaires dus aux activités humaines peut être limité. Parmi les conditions optimales pour maximiser la récupération du récif corallien, l'on peut mentionner:

- Une surface solide immergée, sans algues, sur laquelle les larves de corail peuvent s'établir et croître; quand les coraux meurent lors d'un épisode de blanchissement, la roche qu'ils laissent derrière eux est un substrat potentiel pour de nouvelles recrues.
- Une zone dépourvue de pêche intensive, sédimentation, polluants, engrais, eaux usées non traitées et tout autre facteur perturbateur qui empêchera la croissance et affectera la survie des recrues coralliennes; une eau de bonne qualité et la diminution du nombre de facteurs physiques nuisibles faciliteront le recrutement et la croissance.
- La présence, dans la zone, de coraux sexuellement matures pour fournir de nouvelles larves ; la capacité de récifs intacts, éloignés d'un récif touché, à fournir des larves dépendra des courants océaniques favorables et de l'état de santé des récifs sources. Les coraux subsistants localement seront une source importante de larves pour la zone.
- La protection contre la pêche intensive afin de maintenir une population de poissons en bonne santé; les poissons herbivores brouteront les algues molles et ceci permettra au corail mort de servir de substrat pour une colonisation corallienne.

Ces conditions peuvent être optimisées par une planification et une gestion minutieuses. En gardant à l'esprit les informations passées en revue jusqu'à présent, nous pouvons maintenant examiner les stratégies de protection des récifs en matière d'aires protégées marines, de pêche, de tourisme et de gestion intégrée côtière.

Aires Protégées Marines et Récifs Endommagés

Malgré la mortalité qui a suivi certains épisodes de blanchissement, en particulier celui de 1998, il n'y a jamais eu d'élimination totale de tous les coraux vivants d'une zone. Même dans les cas les plus graves, des colonies éparpillées et de petites étendues de récif ont survécu. De plus, de nouvelles recrues coralliennes sont souvent observées au cours de l'année qui suit le phénomène. Cela constitue un point de départ pour la récupération des récifs, et un espoir pour l'avenir.

Le rôle des aires protégées marines

Dans l'avenir, les aires protégées marines (APMs) joueront un rôle de plus en plus important dans la protection et la gestion des récifs, et ce, de plusieurs façons:

- En protégeant les zones de récifs intacts qui serviront de sources de larves, et ainsi contribueront à la récupération.
- En protégeant les zones qui ont une vulnérabilité plus faible aux futurs Points Chauds à cause, par exemple, celles de remontées d'eau froide.
- En protégeant les zones exemptes de facteurs anthropogéniques et offrant un substrat approprié pour la colonisation et la repousse du corail.
- En s'assurant que les récifs continuent à subvenir aux besoins des populations locales qui en dépendent.

Les zones où les coraux ont réussi à survivre à un épisode d'eaux chaudes seront, dans l'avenir, d'une importance capitale car elles fourniront les larves de corail afin de réapprovisionner les zones endommagées. Les récifs qui ont le potentiel de fournir des larves sont souvent appelés récifs *sources*, en comparaison avec les récifs qui reçoivent les larves par l'intermédiaire des courants océaniques et qu'on appelle parfois récifs *éviers*. Certains récifs peuvent être des *éviers* à une période de l'année et *sources* à une autre, en fonction des courants liés à la mousson qui s'inversent selon la saison.

Les récifs *sources* doivent se trouver en amont des récifs endommagés afin que les courants océaniques jouent un rôle dans le transport des larves et la récupération. Des îlots de coraux vivants sur un récif endommagé peuvent aussi servir de sources de larves coralliennes. Ces coraux ont probablement survécu parce qu'ils se trouvent: dans un récif plus profond où les températures de l'eau variaient moins; dans des lagons où ils sont probablement habitués à de grandes fluctuations quotidiennes de températures; ou protégés par des phénomènes océaniques spécifiques, tels que la remontée d'eaux profondes plus froides. Ces sources potentielles de larves doivent être identifiées, gérées de façon appropriée et protégées contre des dégâts supplémentaires, en particulier quand ils sont d'origine humaine, afin de stimuler la récupération et d'augmenter la résistance de colonies coralliennes individuelles et du système récifal dans sa totalité.

Il existe plusieurs facteurs déterminant si un récif est une bonne source de larves:

- La présence de grandes colonies coralliennes qui peuvent produire de grands nombres de larves.
- Une grande diversité corallienne, ce qui peut augmenter les chances de colonisation rapide par des espèces opportunistes à croissance rapide et, plus tard, par des espèces à croissance plus lente.
- Une présence d'impacts humains minimale sur le récif, ce qui optimisera les chances de reproduction du corail et de survie des larves.
- La présence de remontées d'eau, ce qui aidera au transport et à la survie des larves coralliennes.
- La présence de courants aériens et océaniques dominants qui passent à proximité du récif source et en direction des récifs (éviers) endommagés.

Actions de gestion

1. **Identifier les zones récifales les moins touchées et revoir leurs modes de répartition et leurs limites.**
   Des études des récifs au sein des APMs doivent être menées en urgence, pour identifier ceux qui sont en bonne santé et qui pourraient contribuer à la récupération de la zone entière. Si ces sites sont mal protégés, il faudra alors revoir le mode de répartition de ces zones et/ou la frontière globale de l'APM. Il sera peut-être nécessaire de créer de nouvelles zones ou de modifier la frontière de l'APM, à condition que la loi l'autorise. Il peut être aussi nécessaire de créer de nouvelles zones protégées pour les récifs sains qui ne sont pas encore au sein de APM, du moins de façon temporaire, le temps que les zones endommagées aux alentours se rétablissent. Par conséquent, une approche flexible quant au mode de

Des zones de corail vivant serviront de source de larves pour les récifs touchés par le blanchissement.

Illustration: Virginia Westmecott

Photo: Susie Westmacott.

Le Parc Marin de Ste Anne aux Seychelles est l'une des nombreuses aires protégées marines qui ont souffert lors de l'épisode de blanchissement de 1998.

Encadré 3. L'effet du blanchissement sur les Aires Protégées Marines aux Seychelles.

Le blanchissement corallien a eu un impact important sur les APMs des Seychelles, et la couverture en coraux vivants a été réduite à moins de 10% dans la plupart des récifs autour des îles granitiques (Turner *et al*. 2000). Le financement du parc dépend actuellement entièrement des entrées payées par les visiteurs et, si le nombre de visiteurs chute, il en ira de même pour les revenus des Autorités du Parc Marin.

Le nombre de touristes dans les Parcs Marins de Ste Anne et Curieuse est en baisse depuis 1996 (c'est-à-dire depuis avant l'épisode de blanchissement). Les Autorités du Parc Marin recherchent actuellement de nouvelles attractions pour les touristes, afin d'assurer un revenu suffisant pour maintenir les parcs. Des centres touristiques sont prévus, des parcs d'élevage des tortues géantes d'Aldabra sont en cours de construction et les zones de pique-nique sont en cours d'amélioration. De plus, le nombre d'activités terrestres dans les APM – telles que les sentiers naturels et des activités liées à l'observation des oiseaux – est en pleine expansion. L'on peut actuellement observer une certaine récupération des récifs, mais une gestion efficace des parcs sera un facteur essentiel dans ce processus permanent.

Source: Westmacott and Lawton (2000)

répartition des zones et des lois pourra se révéler nécessaire pendant la période de récupération.

2. **S'assurer que les APMs sont gérées de façon efficace.**
Les récifs endommagés se situant au sein des APM peuvent se rétablir plus vite s'ils sont bien gérés et non soumis à des facteurs de stress supplémentaires tels qu'un afflux de touristes excessif. Il existe un certain nombre de plaquettes relatives aux directives et à la gestion (e.g. Kelleher, 1999; Salm et Clark, 1984). Il existe aussi des stages à l'attention des responsables de APM, et des programmes de constitution de compétences humaines sont en cours dans de nombreuses régions, par exemple dans l'Ouest de l'Océan Indien (Francis *et al*., 1999). L'implication des populations augmentera de façon significative l'efficacité et la réussite de la gestion des APM (Walters *et al.*, 1998), ainsi que l'incorporation de APM au sein d'un réseau de gestion intégrée côtière (GIC). Il est souhaitable que les gestionnaires des APM participent à la planification et à l'élaboration d'une GIC, afin de promouvoir les besoins des récifs et d'encourager la mise en place de conditions qui favoriseront la récupération du récif. Les récifs endommagés ont un impact sur le nombre de touristes dans une APM, ainsi que sur les moyens d'existence des habitants dont les emplois dépendent de la APM, comme les naturalistes, les guides et le personnel des parcs (voir Encadré 3). Si les revenus d'une APM dépendent des touristes, cet aspect de la gestion devra être reconsidéré et il faudra faire une évaluation du potentiel de promotion des attractions autres que les récifs.

3. **Elaborer une approche plus stratégique quant à la mise en place des systèmes de APM.**
Pour l'élaboration de systèmes de APM nationales et régionales, une approche plus stratégique peut être nécessaire pour prendre en compte les récifs *sources* et *éviers*, ainsi que les schémas de dispersion des larves coralliennes. Une étude des schémas des courants et de la dispersion des larves sera donc utile; cependant, des schémas de courants défavorables à la dispersion sur de longues distances ne devraient pas empêcher l'établissement d'une aire protégée, qui continuera à agir en tant que récif *source* pour son propre renouvellement et pour une dispersion localisée (Roberts, 1998). Puisque la dispersion des larves coralliennes se produit au travers des frontières nationales et politiques, une coopération régionale et internationale sera essentielle. La question de la dispersion 'trans-frontières' des larves est aussi importante que les questions trans-frontières de la pollution marine et de la pêche, toutes deux réglementées par des accords régionaux et internationaux.

Une autre considération stratégique importante est de minimiser le risque de blanchissement en établissant des systèmes qui couvrent une large étendue géographique et une grande variété de types de récifs. Si un système de APM inclue une zone géographique entière, alors, il y aura des chances qu'au moins certains récifs bien protégés et en bonne santé survivent si des Points Chauds devaient se produire de façon imprévisible dans la région. Pour la même raison, il est aussi important que les systèmes de APM incluent tous types d'habitats dans le profil du récif (c'est-à-dire des platiers récifaux, des pentes récifales, des lagons, des chenaux).

La Pêche et le Blanchissent Corallien

Les récifs concourent à divers types de pêche, à la fois d'espèces de poissons et d'invertébrés. L'utilisation par les hommes peut se faire à une grande échelle commerciale, ou à une plus petite échelle artisanale. L'objectif principal de certains pêcheurs est l'approvisionnement en nourriture, alors que d'autres pêcheurs s'intéressent au marché des souvenirs et des poissons d'aquarium. Toutes ces activités peuvent être touchées par le blanchissement. Même si la recherche en matière de pêche a été jusqu'à présent axée sur les poissons comestibles, nous pouvons cependant utiliser la théorie actuelle pour en déduire les impacts potentiels du blanchissement et de la dégradation des récifs sur la pêche récifale en général. Après avoir analysé la théorie de base sur la pêche, nous utiliserons le principe de précaution pour faire des recommandations générales.

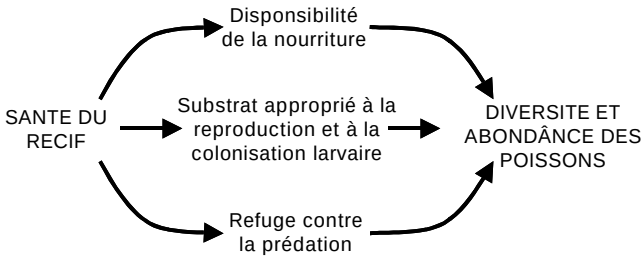
L'impact du blanchissement sur une zone de pêche peut suivre les théories généralement acceptées sur les interactions habitat-poissons dans les récifs (Pet-Soede, 2000). Mis à part l'exploitation elle-même, plusieurs facteurs contribuent à la composition des communautés de poissons dans un récif, qui sont toutes liées à la structure physique et à la complexité du récif.

Tout d'abord, la concurrence pour la nourriture est un facteur important dans la détermination de la diversité et de l'abondance des poissons. Dans un récif en bonne santé, il y a une grande diversité et abondance de nourriture et cela a un effet positif direct sur la diversité et l'abondance de poissons (Robertson and Gaines, 1986). Dans un récif endommagé, le corail mort est très rapidement recouvert par des algues qui sont mangées par des herbivores tels que les poissons-perroquets (*Scarus* spp.), et la population de ces espèces peut croître. Un broutage important par ces espèces endommage parfois la structure du récif, car il provoque l'érosion du squelette des coraux, mais cela permet aussi de contrôler la pousse des algues. De même, l'augmentation des populations à forte valeur commerciale représente un atout économique.

De plus, le récif constitue un environnement approprié pour les activités reproductrices et la colonisation par les larves de poissons, et ces éléments détermineront alors la structure de la communauté adulte (Eckert, 1987, Medley *et al*. 1983, Lewis, 1987). Une structure récifale complexe et en bonne santé optimisera la variété et le nombre de sites propices à une reproduction réussie.

Enfin, le récif offre abri et protection contre les prédateurs, en particulier contre les petites espèces de poissons, et ceci affecte les modes de survie et par conséquent l'abondance d'adultes (Eggleston, 1995). Dans l'ensemble, la santé du récif a un effet positif sur ces trois facteurs, ce qui, par conséquent, favorise la diversité et l'abondance des poissons.

Les liens entre la santé du récif et la diversité et abondance des poissons.



Comment la pêche porrait etre modifiée dans les récifs endommagés

Les travaux de recherche en cours suggèrent que le blanchissement n'a aucun effet immédiat sur les prises de poissons (Encadré 4). Ceci est en partie dû au fait que les communautés de poissons coralliens mettent un certain temps à réagir aux changements environnementaux, et aussi parce que peu de pêcheurs dépendent d'une seule étendue de récif corallien. La mortalité corallienne consécutive au blanchissement finira cependant par affecter les pêcheurs au fur et à mesure que des changements de structure se produiront, et les conséquences possibles sont les suivantes (Pet Soede, 2000) :

- S'il n'y a pas de mortalité corallienne, que le blanchissement soit localisé ou étendu, il est improbable que les pêcheurs en pâtissent, que ce soit dans la composition ou le nombre de poissons pris.
- Si le blanchissement est localisé et a entraîné une faible mortalité corallienne, il peut y avoir des changements localisés dans la structure de la communauté des poissons coralliens, en particulier si des espèces de coraux spécifiques sont touchées. Le déclin qui en résultera quant à la diversité corallienne et à la complexité de

Le corail vivant (à gauche) fournit un habitat approprié pour une communauté variée et abondante de poissons, contrairement à un récif endommagé (à droite).

Illustration: Virginia Westmacott

Photo: Kristian Teleki

Au Kenya, les 'dhows' sont les bateaux de pêche typiques des pêcheurs locaux dont les moyens de subsistance dépendent de la santé des récifs.

Encadré 4. L'impact du blanchissement sur les zones de pêche récifales au Kenya.

Au Kenya, depuis l'épisode de blanchissement de 1998, il y a eu peu d'effets significatifs sur la biomasse et la composition des zones de pêche récifales que ce soit dans les APMs ou dans les zones non protégées. Le déclin progressif du nombre total de poissons depuis que la surveillance a commencé en 1995 est dû à d'autres facteurs d'origines humaines et n'a pas été accéléré par le blanchissement et la mortalité corallienne. Une exception possible est l'augmentation du nombre de poissons-chirurgiens qui a été observée dans certaines APMs. Elle fut probablement une conséquence à court terme de l'augmentation de la couverture en algues. Cependant, l'effet de ce phénomène ne deviendra visible qu'une fois que l'érosion et la perte de la structure tri-dimensionnelle du récif se seront produites, ce qui, à ce qu'on s'attend, devrait survenir d'ici 2 à 10 ans. En effet, à l'heure où nous écrivons ce document, des observations ont suggéré que les populations de poissons-chirurgiens étaient déjà en déclin.

Source: McClanahan and Pet-Soede (2000)

l'habitat pourrait affecter la composition des prises locales et le nombre de poissons pris.

- Si le blanchissement est étendu et entraîne une mortalité corallienne massive, il peut y avoir des changements significatifs de la pêche, avec des changements à plus long terme liés à la perte de la complexité de l'habitat et de la diversité à cause de l'érosion du corail mort. On pourrait s'attendre à ce que les espèces qui dépendent du corail, telles que les poissons-papillon, et celles qui utilisent le corail uniquement pour s'y abriter, telles que certaines espèces de demoiselles, disparaissent en premier. Cependant, certains rapports ont déjà suggéré que les premiers changements concernaient l'abondance des brouteurs d'algues tels que les poissons perroquets et les chirurgiens, du fait de l'augmentation des algues poussant sur les coraux morts (Goreau *et al.*, 2000; McClanahan and Pet-Soede, 2000) (voir Encadré 4).
- Un autre impact potentiel, qui reste à confirmer, est le fait que le blanchissement pourrait entraîner une augmentation de l'empoisonnement par la ciguatéra. Les toxines de ciguatéra sont produites par des algues microscopiques uni-cellulaires (dinoflagellés) qui se développent particulièrement bien sur les gazons algaux des récifs. Quand les poissons broutent les algues, les toxines se concentrent dans leur corps et ceci entraîne l'empoisonnement des humains. Le phénomène semble être lié à la perturbation des écosystèmes récifaux, probablement due à un développement excessif des algues (qui offrent plus de surface pour la croissance des dinoflagellés) dans les récifs endommagés (UNEP, 1999a; Quod *et al.*, 2000).

Les changements qu'un récif subit à la suite d'une mortalité corallienne peuvent affecter le nombre de poissons pris, le type de pêche et la distribution géographique des pressions dues à la pêche:

- Il peut y avoir une diminution du nombre de prises maximum à cause d'une diminution de la quantité de nourriture et d'une réduction de l'environnement approprié où les poissons peuvent se reproduire et s'abriter. Les conséquences peuvent varier selon le type de pêche:
  - Pour des pêcheurs qui dépend uniquement des poissons coralliens, le nombre de prises peut diminuer et la nature des prises peut inclure de plus en plus d'espèces herbivores. Ces poissons valent généralement moins cher sur le marché, ce qui entraînerait une diminution des revenus des pêcheurs. Les populations de pêcheurs qui vivent sur des îles ayant peu de sources alternatives de revenus peuvent

Photo: Kristian Teleki

Les communautés locales qui dépendent de la pêche récifale, comme cette entreprise de séchage de poissons aux Seychelles, devront chercher des moyens de subsistance alternatifs si les récifs endommagés affectent leurs sources de revenus.

se retrouver dans des situations difficiles en ce qui concerne leurs moyens d'existence.

  - Des pêcheurs qui visent des poissons pélagiques prédateurs plus gros qui s'alimentent près des récifs peuvent aussi se retrouver avec des prises moindres si ces espèces se déplacent vers des zones moins endommagées pour y chasser leurs proies.
  - Des pêcheurs qui visent de petites espèces pélagiques, qui occupent une zone récifale ou un lagon pendant certaines phases de leur vie, peuvent aussi voir leurs prises diminuer si les récifs disparaissent.
  - Des pêcheurs qui visent plusieurs espèces et utilisent différents types de méthodes de pêche, ce qui est courant dans l'Océan Indien et dans d'autres zones récifales, sont probablement assez flexibles pour s'adapter aux changements des stocks de poissons et des lieux de pêche. La période relativement longue sur laquelle les changements se produisent facilite l'adaptation.

- Des changements dans la structure du récif peuvent entraîner l'utilisation de méthodes de pêche préjudiciables, telles que le chalutage, qui étaient auparavant exclues à cause des dégâts que le récif ferait sur le matériel.
- Des changements géographiques dans les caractéristiques de l'habitat du récif peuvent amener les pêcheurs à déplacer leurs activités vers d'autres secteurs afin d'y trouver les espèces recherchées.

Actions de gestion

Même en l'absence de blanchissement, gérer la pêche de façon durable est une tâche extrêmement difficile, vu que de nombreux humains sont impliqués, dont beaucoup n'ont aucune autre source de protéines. Beaucoup de communautés locales auront peu de moyens d'existence alternatifs et un potentiel restreint à s'adapter à de nouvelles conditions. Développer, parmi les populations locales, la compréhension, la coopération et un sens de propriété des ressources seront extrêmement importants. Bien qu'il existe des incertitudes quant aux effets réels du blanchissement sur la pêche, l'on peut avoir recours à une approche prudente en prêtant une attention particulière aux actions suivantes :

1. **Etablir des zones dans lesquelles la pêche est interdite et des restrictions sur les engins de pêche** afin de protéger les zones de reproduction et fournir aux poissons un refuge.
2. **Envisager des mesures de protection spécifiques pour:**

- Les brouteurs d'algues, tels que les poissons-perroquets et les poissons-chirurgiens, qui sont susceptibles de jouer un rôle clé dans le maintien d'un substrat approprié à la colonisation de larves coralliennes.
- Les poissons mangeurs de corail, tels que les poissons-papillons et les poissons-demoiselles pêchés pour le marché des aquariums, qui sont en nombre décroissant car leurs habitats et sources de nourriture préférés sont en diminution.

  Il faudrait envisager de mettre en place un moratoire sur la collecte de certaines de ces espèces dans les récifs très endommagés par le blanchissement, afin de laisser aux récifs le temps de se restaurer.

3. **Mettre en vigueur des lois interdisant toute méthode de pêche destructrice** (par exemple la pêche à la dynamite, les seines et filets maillants, l'utilisation de cyanure et d'autres poisons) qui endommagerait les récifs encore plus.
4. **Surveiller la composition et la taille des prises** afin d'évaluer la réussite des stratégies de gestion et mettre en œuvre de nouvelles stratégies si nécessaire.
5. **Développer des moyens d'existence alternatifs pour les populations de pêcheurs.**
6. **Limiter l'accès de nouveaux pêcheurs à une zone de pêche par la délivrance de permis de pêche.**
6. **Réglementer la collecte d'organismes récifaux pour le marché des souvenirs et des aquariums.** Des lois réglementant ces activités existent dans de nombreux pays et doivent être appliquées. La CITES (Convention on International Trade on Endangered Species of Wild Fauna and Flora) aide au contrôle du marché international en exigeant des autorisations pour l'exportation de tout corail dur et de certains coquillages (par exemple, les bénitiers). Les pays qui sont Parties de la CITES doivent faire respecter leurs obligations.

Le Tourisme et le Blanchissement Corallien

La plongée en bouteille et en apnée sont des activités que l'on associe immédiatement au tourisme lié aux récifs, mais les zones récifales sont aussi précieuses en ce qui concerne le tourisme balnéaire, les bateaux de croisière, la voile, la pêche et autres sports aquatiques. A cause des changements que le blanchissement a probablement causés dans les récifs, les populations qui dépendent de l'industrie du tourisme et les gestionnaires des APM se posent, à juste titre, certaines questions :

- Comment les touristes réagiront-ils en face de récifs blanchis?
- Comment l'industrie du tourisme peut-elle s'adapter au problème du blanchissement?
- Comment le tourisme peut-il être géré afin d'éviter des dégâts supplémentaires aux récifs blanchis?

Le cas du blanchissement de 1998 n'a, pour l'instant, pas eu beaucoup d'impacts sur le tourisme (Westmacott *et al.*, 2000a). En effet, les organisateurs d'activités de plongée ont signalé que les touristes continuaient d'apprécier les récifs, même au moment le plus fort du phénomène – et certains ont même fait état de ce qu'ils percevaient être des coraux 'propres'. Le véritable impact du blanchissement sur la fréquentation touristique ne sera probablement pas visible avant plusieurs années, et ne se produira probablement qu'une fois que les récifs seront gravement endommagés. Néanmoins, les travaux effectués dans l'Océan Indien suggèrent qu'il existe probablement des impacts liés au phénomène de 1998 (voir Encadré 5).

Les touristes peuvent réagir de différentes manières au blanchissement et aux récifs endommagés. S'ils ont entendu parler du blanchissement (par les médias, le bouche à oreille, ou d'autres sources d'informations), ils peuvent décider de ne pas venir dans la zone touchée, auquel cas l'industrie du tourisme en souffrira à tous les niveaux. Les plongeurs les plus expérimentés sont susceptibles de remarquer les changements subis par les récifs – en particulier le passage de couleurs vives à un gris ou marron terne et uniforme. Certains d'entre eux viendront une fois mais pas deux, comme ils l'auraient fait auparavant. Il est probable que les novices ne remarquent rien. Ceux-là, ainsi que ceux n'étant pas intéressés par les activités liées aux récifs, continueront probablement à venir dans les zones touchées. Ou alors, les touristes viendront peut-être dans la région mais pas dans les récifs, auquel cas seuls les professionnels de la plongée en souffriront.

Actions de gestion

1. **Maintenir des populations de poissons en bonne santé pour les plongeurs**
   Des poissons variés et colorés constituent l'une des attractions principales pour les plongeurs, et le nombre total de poissons dans un récif endommagé finira probablement par diminuer. Les méthodes pour y faire face sont décrites dans la section sur *La Pêche et le blanchissement corallien*. Quand il s'agit du tourisme, ces actions comprennent:
   - La diminution des pressions exercées par la pêche aux alentours des sites de plongée.
   - L'établissement de zones où la pêche est interdite mais où la plongée est autorisée.
   - La constitution de zones de plongée et de zones de pêche séparées afin de réduire les conflits.
   - L'interdiction des pratiques de pêche destructrices qui diminuent les populations de poissons et détruisent les aspects sous-marins intéressants.

2. **Rendre les touristes concernés par le problème du blanchissement**
   De nombreux plongeurs s'impliquent volontiers dans les activités de protection des récifs, et seraient ravis de

Encadré 5. L'impact du blanchissement sur le tourisme dans l'Océan Indien.

Les enquêtes menées dans l'Océan Indien en 1999, un an après le cas de blanchissement, suggèrent que ce blanchissement a eu un impact moins important sur le tourisme que l'on pensait. Parmi les touristes, le degré d'intérêt pour le blanchissement semblait être en relation avec leurs pays d'origine et la couverture médiatique faite dans celui-ci.

A Zanzibar, 28% des plongeurs interrogés avaient entendu parler du blanchissement, alors qu'à Mombasa (Kenya), il y en avait 45%. Bien que les récifs de ces deux endroits étaient blanchis, il n'y avait eu qu'une légère mortalité corallienne alors que le taux de mortalité était au-dessus de 50% dans certains récifs de la région de Mombasa. Moins de 5% des plongeurs interrogés dans les deux endroits ont dit qu'ils ne plongeraient pas à cause du blanchissement. Sur la base du nombre de touristes qui ont dit que leurs activités seraient affectées, la perte financière potentielle a été estimée à 13–20 millions de dollars US. Seul le temps nous dira si cette estimation est réaliste.

Aux Maldives, 48% des touristes interrogés ont dit que la plus grande déception de leurs vacances était les coraux morts. Cependant, l'afflux de touristes a continué d'augmenter de 8% en 1998 et 1999, comparativement à 7% en 1996 et 1997. L'augmentation régulière de l'arrivée de touristes aux Maldives est en partie due au fait que d'autres catégories de touristes ont remplacé les plongeurs. Même avant que le blanchissement ne se produise, les Maldives avaient pris des mesures actives pour encourager le tourisme en promouvant l'image des îles en tant que destination pour des couples en voyage de noces. Ceci signifierait que le blanchissement n'a pas, jusqu'à présent, eu d'effets sur l'industrie du tourisme. Cependant, en conséquence de l'augmentation de la capacité hôtelière en 1997, il fut prévu une augmentation de 10% du nombre de touristes pour la période entre 1998 et 1999. Si le blanchissement était en fait à l'origine d'un taux de croissance de 8% seulement, plutôt que 10%, il peut être calculé que le blanchissement a entraîné une perte financière de 3 millions de dollars US.

Source: Cesar *et al.* (2000) and Westmacott *et al.* (2000b)

Aux Maldives, où la plongée représente une source majeure de revenus pour les populations locales, l'industrie du tourisme joue un rôle important en contribuant à la gestion des récifs.

Photo: Susie Westmacott

participer aux initiatives associées à la récupération des récifs après un blanchissement. Le nombre de projets d'observation des poissons et de programmes de surveillance des récifs par des non-professionnels est en augmentation comme, par exemple, les organisations américaines REEF (Reef Environmental Education Foundation) et CEDAM (Conservation, Education, Diving, Awareness and Marine-research) et un certain nombre d'autres qui agissent à l'échelle internationale (comme Coral Cay Conservation, Frontier, Raleigh, Earthwatch, Reef Check). Par exemple, REEF et CEDAM vont tous les ans au parc marin de Bonaire, aux Antilles Néerlandaises, et leurs interventions sont partie intégrante du programme de surveillance du Parc. (voir les sections sur *La Surveillance et la Recherche* et *les Ressources*)

3. Diversifier l'industrie du tourisme

Afin de surveiller les changements de fréquentation touristique des récifs, des enquêtes régulières doivent être menées, par exemple dans les salles d'embarquement des aéroports où les touristes attendent leurs vols. Plusieurs pays mènent déjà de telles enquêtes par l'intermédiaire du service gouvernemental responsable

Des plages propres et belles aideront à maintenir le tourisme dans des zones où les récifs ont été endommagés.

Photo: Kristian Teleki

du tourisme. Les questions posées dans les enquêtes peuvent être spécifiques à la plongée et à d'autres activités liées aux récifs, ou alors porter sur les activités touristiques de manière plus générale. Noter les changements du marché du tourisme indiquera s'il est nécessaire de proposer aux touristes des activités alternatives, afin de maintenir la bonne santé de cette industrie. Par exemple, l'accent pourrait être mis sur des activités touristiques terrestres afin de laisser aux récifs endommagés la possibilité de se rétablir; cependant, il faudra s'assurer que le développement côtier en vue de telles activités ne provoque pas de dégâts supplémentaires aux récifs. Une attention encore plus grande devra être portée à l'importance des paysages d'une région, de la propreté des plages, de la qualité des eaux pour les sports aquatiques, etc. Il sera peut-être nécessaire de rechercher des sites nouveaux ou alternatifs (dotés par exemple de paysages sous-marins spectaculaires ou de populations de gros poissons).

4. **Diminuer les impacts liés aux activités touristiques en général**

Dans les zones où les récifs ont été blanchis et endommagés, la gestion des activités touristiques environnantes est essentielle. Les impacts suivants, parmi d'autres, doivent par conséquent être réduits ou éliminés (voir également les sections sur les *Autres Menaces pour les Récifs*, la *Pêche*, et la *Gestion Intégrée Côtière*):

- Les contacts directs liés à la plongée (par exemple en marchant sur ou en se cognant contre les coraux); pour éliminer les dégâts, il peut être suffisant d'informer et d'éduquer les plongeurs quant aux dégâts potentiels qu'ils peuvent causer. De plus, il pourrait aussi être utile de proposer aux plongeurs des stages gratuits de flottabilité afin qu'ils optimisent le contrôle de leur flottabilité sous l'eau, de rendre le port de gants illégal ce qui empêchera aussi de toucher aux organismes récifaux de façon fortuite.
- La fréquentation excessive d'un récif ou d'un site de plongée; déplacer les sites de plongée ou limiter le nombre de plongeurs sur les sites les plus prisés peut diminuer les dégâts causés aux zones récifales en cours de restauration.
- Les dégâts physiques dus à l'ancrage des bateaux; l'ancrage des bateaux (de plongée, de pêche, de plaisance, etc.…) peuvent être gérés en concevant des zones d'ancrage, en fournissant des alternatives, telles que les bouées d'amarrage, et en mettant en vigueur d'autres réglementations relatives à un mode d'ancrage sain pour l'environnement.
- La contamination des zones proches du littoral par le déversement d'ordures (par exemple les eaux usées des stations balnéaires); il serait souhaitable que les stations balnéaires traitent les eaux usées sur place ou les utilisent

Les bouées d'amarrage empêchent les ancres des bateaux d'endommager les récifs.

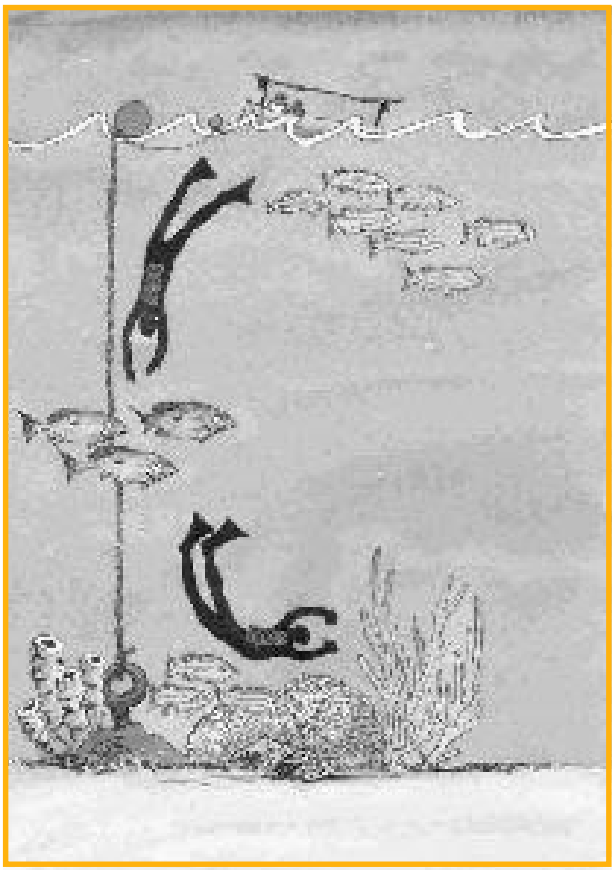


Illustration: Virginia Westmacott

Encadré 6. Demander aux plongeurs de contribuer financièrement à la protection du récif.

Les plongeurs montrent une réelle "volonté à payer" pour avoir des récifs de bonne qualité. Aux Maldives, une enquête menée après le cas de blanchissement de 1998 a montré que tous les touristes étaient prêts à payer un surplus de 87 US$ par rapport au coût initial de leurs vacances pour pouvoir profiter de récifs en bonne santé plutôt qu'endommagés. Puisque environ 400,000 touristes séjournent aux Maldives chaque année, cela se traduirait par un total de 19 millions de US$ pour 1998 et 1999 (Cesar *et al.*, 2000).

Des enquêtes similaires menées à Zanzibar en 1996 (avant le blanchissement) et 1999 (après le blanchissement) ont montré que chaque plongeur était prêt à contribuer à la gestion des récifs à hauteur de 22 US$, à comparer avec 30 US$ en 1996. Ce changement pourrait être lié non seulement au déclin de la qualité du récif (une diminution de 20 % de la couverture en coraux durs entre novembre 1997 et novembre 1998 sur certains sites (Muhando, 1999)), mais aussi à d'autres facteurs tels que le type de touristes en vacances dans ce pays. La seule différence entre les plongeurs interrogés en 1996 et en 1999 était que les premiers étaient des plongeurs moins expérimentés; leurs revenus et critères socio-économiques étaient comparables, ce qui suggère que la différence quant à la volonté de payer pourrait être liée à la qualité du récif et/ou à leur niveau d'expérience. A Mombasa, les plongeurs étaient en moyenne prêts à une contribution de 43 US$ pour maintenir la qualité du récif; leur niveau d'expérience était généralement supérieur à celui des plongeurs interrogés à Zanzibar, et ils effectuaient plus de plongées. Ces facteurs pourraient expliquer leur volonté à payer plus que les plongeurs de Zanzibar.

Source: Westmacott *et al.* (2000b)

pour l'entretien de leurs jardins dont les plantes utiliseraient les nutriments en excès.

- La sédimentation et la pollution dues à la construction (par exemple, de quais et jetées, de ports et de marinas); il existe des directives concernant de nombreuses activités de construction et d'aménagement et des techniques ont été élaborées pour réduire leurs impacts. Celles-ci peuvent être encouragées et mises en oeuvre en les rendant conditionnelles à l'approbation du projet ou à l'Etude d'Impact Environnemental, par le biais de lois et de permis, mais aussi de mesures incitatives.

5. Encourager les touristes à contribuer financièrement aux efforts de récupération et de gestion

La gestion des récifs, qu'ils soient en bonne santé ou en cours de régénérescence à la suite de dégâts, nécessite des ressources financières appropriées qui font souvent défaut dans les pays les plus touchés. L'industrie du tourisme, qui, dans certaines régions, est dépendante ou fait un usage intensif des récifs, devrait contribuer aux coûts de gestion. Les plongeurs individuels et les touristes peuvent apporter leur contribution par le biais des tickets d'entrée dans les parcs et autres lieux, et en faisant des dons. Comme cela est montré dans l'Encadré 6, les touristes sont souvent prêts à apporter des contributions substantielles s'ils sont sûrs que cet argent servira à la protection des récifs. Le profil socio-économique des touristes, ainsi que la qualité des récifs et autres centres d'attraction, seront des facteurs importants quand il s'agira d'évaluer combien les touristes peuvent payer pour les activités de gestion des récifs. Des enquêtes doivent donc être menées afin de déterminer ces facteurs avant que les prix appliqués aux touristes ne soient décidés dans une région.

6. Communiquer les informations au public par la sensibilisation et l'éducation

L'industrie du tourisme peut jouer un rôle important dans les activités de sensibilisation et d'éducation. Celles-ci incluent:

- Des fiches sur «ce qui faut et ce qui ne faut pas faire» pour apprécier les récifs et sur les relations entre les changements climatiques et le blanchissement, fiches qui peuvent être incluses dans les brochures d'information que les hôtels distribuent à tous leurs clients.
- Des affiches éducatives colorées qui peuvent être vendues dans les magasins de souvenirs locaux ou dans les parcs.
- Des stages pour former les voyagistes à l'éducation des touristes à la biologie des coraux et aux menaces auxquelles les récifs sont confrontés.
- Des croisières gratuites dans les APM et des conférences avec diaporamas à l'attention des membres de la communauté, en particulier ceux qui sont en relation étroite avec les touristes, afin qu'ils se sentent plus responsables envers leurs récifs et qu'ils participent à l'éducation des touristes qu'ils rencontrent.

Gestion Intégrée Côtière et Blanchissement Corallien

Les récifs coralliens, en particulier les récifs frangeants, se trouvent souvent près, et parfois à quelques mètres, de la côte. Une croissance rapide de la population et le besoin croissant en industries, tourisme, constructions, ports, entraînent un développement côtier important. Comme nous l'avons mentionné plus haut, ces facteurs ont un impact majeur sur les récifs et, comme pour d'autres activités humaines, sont susceptibles de gêner la récupération des récifs touchés par le blanchissement. L'état de santé des écosystèmes adjacents, tels que les herbiers de phanérogames ou les mangroves, a aussi un rapport étroit avec celui des récifs. De plus, conserver la valeur esthétique de la côte, incluant des plages et des eaux propres, et des paysages intacts, deviendra de plus en plus important si les récifs eux-mêmes attirent moins les touristes. Pour faire face à des problèmes, il faudra porter un soin particulier à la planification et à la réglementation du développement côtier et du traitement des ordures, et la gestion intégrée côtière (GIC) serait un bon moyen de les aborder.

L'GIC considère la zone côtière et son bassin hydrographique associé comme une entité et cherche à intégrer la gestion de tous les secteurs en rapport (Bijlsma *et al.*, 1993; Post and Lundin, 1996; Cicin-Sain and Knecht, 1998). De nombreux pays ont lancé ou sont en cours d'application des programmes GIC à un niveau local et/ou national. Belize, par exemple, y a trouvé un cadre particulièrement utile pour faire face aux menaces pour les récifs (Encadré 7). En Tanzanie, (un autre pays où les récifs

Encadré 7. Gestion de la Barrière de Corail de Belize selon une approche GIC.

Belize possède l'un des écosystèmes récifaux les plus étendus de l'hémisphère occidental, comprenant l'une des plus grandes barrières de corail du monde, trois atolls et un réseau complexe de récifs internes. Ceux-ci ont été touchés par plusieurs des épisodes de blanchissement récents et pourtant, dans l'ensemble, le pays bénéficie de quelques-uns des récifs en meilleure santé des Caraïbes. Le Parc Marin de la Grande Barrière en Australie fut considéré comme un modèle potentiel pour la gestion des récifs et des écosystèmes associés du pays. Néanmoins, la nécessité de gérer les activités terrestres fut reconnue comme étant fondamentale, et l'approche GIC fut adoptée comme cadre général.

Le programme GIC est en cours depuis 1990, et une structure institutionnelle a été établie pour coordonner les activités de gestion dans la zone côtière. Les mesures élaborées dans le cadre du Plan de Gestion de la Zone Côtière à l'échelle nationale bénéficient directement aux récifs, et comprennent: un mode de répartition des zones pour la région côtière, incorporant des APMs; des mesures de gestion de la pêche; un programme national de bouées d'amarrage; des directives quant à la législation et à la politique à mener; des mesures pour gérer les industries et la navigation en pleine mer; des programmes de recherche et de surveillance; des campagnes d'éducation et de sensibilisation du public; des mesures pour inciter la population à participer; et un mécanisme de viabilité financière.

Source: Gibson *et al.*,1998

Replanter les mangroves peut augmenter la protection naturelle de la côte contre l'érosion et réduire la sédimentation dans les récifs avoisinants, comme ici à Maurice.

Photo: Susie Westmacott.

Photo: Susie Westmacott.

La gestion intégrée côtière implique que l'on porte une attention particulière à la planification et au zonage des constructions et autres activités, comme l'emplacement des jetées pour éviter l'érosion.

constituent des ressources vitales qui ont aussi été touchées par le blanchissement), une politique de GIC est en cours au niveau national, et des programmes GIC à l'échelle de sites locaux sont en cours d'application pour tester les mécanismes de coordination sur le terrain (Francis *et al.*, 1997). Les états de l'Ouest de l'Océan Indien ont fait preuve d'un engagement politique certain à l'égard de programmes GIC lors d'un certain nombre de réunions de niveau Ministériel (Lindén and Lundin, 1997).

Dans cette plaquette, nous avons traité dans des chapitres distincts les APMs, la pêche et le tourisme, lesquels ont une importance vitale dans la réussite d'un programme GIC. Il existe d'autres sujets :

- Les sources terrestres de pollution.
- La construction et autres activités dans les zones côtières et le long des bassins hydrographiques.
- L'agriculture, la sylviculture et autres pratiques d'utilisation des terres dans les zones côtières et le long des bassins hydrographiques.

Des structures onéreuses de protection de la mer sont souvent utilisées pour empêcher l'érosion, mais encourager la récupération des récifs afin qu'ils servent de brise-lames naturels peut s'avérer être une meilleure stratégie à long terme.

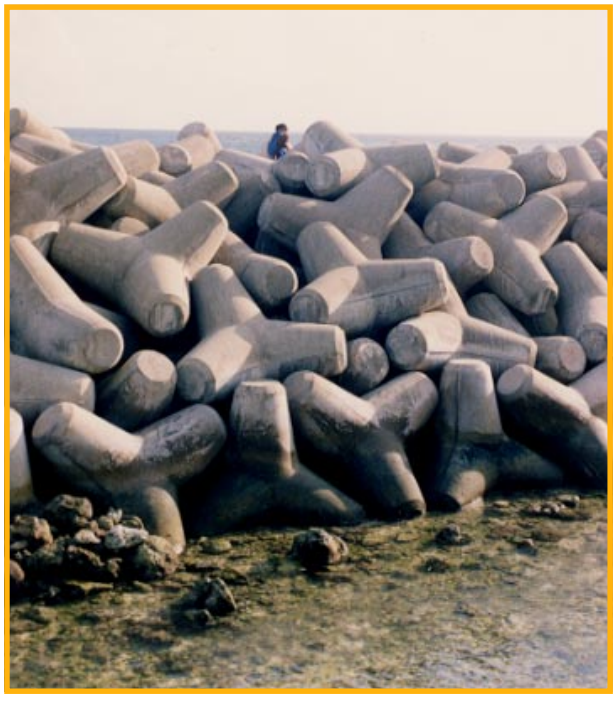


Photo: Susie Westmacott.

- L'exploitation minière en mer et les industries du pétrole et du gaz.
- Les activités liées à la navigation commerciale et à toute forme de navigation.

Il n'est pas possible, dans ce document, d'examiner tous les thèmes qu'un programme GIC efficace doit aborder, mais il est important de noter qu'ils ont tous une importance dans la réussite de la gestion des récifs, et pour créer les conditions qui optimiseront la récupération des écosystèmes récifaux endommagés.

Actions de gestion

La première nécessité est de poursuivre l'élaboration et la mise en place de politiques et de programmes GIC au niveau national et local. Un programme GIC sera couronné de succès s'il y a reconnaissance des principes de: participation des acteurs et d'encouragement des usagers à coopérer; le principe de précaution; et la surveillance et l'évaluation des interventions de gestion pour s'assurer que celles-ci sont adaptées face aux changements de l'état de santé des écosystèmes (ceci est particulièrement important dans le cas d'écosystèmes vulnérables comme les récifs).

De nombreuses sources donnent des directives (par exemple, Clark, 1996; Post and Lundin, 1996; Ehler *et al.*, 1997; Hatziolos, 1997; Cicin-Sain and Knetch, 1998; WWF/IUCN, 1998). Les politiques et programmes GIC doivent, cependant, plus se concentrer sur la création de conditions favorables à la récupération du récif et au maintien de l'état de santé des récifs qui ne sont pas encore endommagés. Par conséquent, les actions suivantes doivent être soulignées :

1. **L'établissement de systèmes d'APMs dans un cadre GIC** qui prenne en compte l'inter-connectivité, la vulnérabilité et la résilience des différents récifs.
2. **La mise en place de mesures visant à promouvoir la gestion durable de la pêche** et à leur intégration dans le contexte général du développement économique des régions côtières.
3. **L'élaboration et la mise en place d'outils de planification, de directives, de lois, de mesures incitatives** et d'autres mécanismes afin de promouvoir des constructions saines pour l'environnement et d'autres formes d'utilisation des terres et de développement côtier.
4. **La réglementation des sources terrestres de pollution.** Ce type de pollutions doit être géré au niveau international,

régional, national et local, et de nombreux projets sont en cours. Les gestionnaires des récifs et les décideurs peuvent jouer un rôle dans la promotion de nouvelles technologies et l'approbation de méthodes novatrices et durables de traitement des ordures, telles que l'utilisation des marais pour filtrer les déchets riches en nutriments, et de toilettes 'à sec' ou à compostage.

5. **La gestion des navires commerciaux et autres bateaux afin de réduire les dégâts causés aux récifs et écosystèmes associés par l'échouage, l'ancrage, les marées noires et les déversements de déchets.** Comme pour les sources de pollution terrestres, c'est une question qui ne peut pas être traitée complètement dans ce document, les gestionnaires et décideurs sont priés de se référer aux sources d'information données à la fin de cette plaquette. Il existe actuellement un cadre légal efficace de réglementation de la navigation commerciale, fruit des efforts de l'Organisation Internationale Maritime. Cependant, tous les pays n'ont pas la législation, les ressources ou les compétences pour élaborer et mettre en place les mesures nécessaires. Celles-ci incluent des plans d'urgence et de réaction rapide en cas de marées noires, des réglementations en matière de décharges, des infrastructures portuaires pour le traitement des ordures, des plans de navigation appropriés ou la spécification de zones vulnérables (telles que les récifs) où la navigation est réglementée (par exemple, les Particularly Sensitive Sea Areas, ou PSSAs). La réglementation des petits bateaux est également essentielle. Les gestionnaires doivent promouvoir la mise en place de bouées de mouillage, l'institution d'un code de conduite pour les exploitants de bateaux et la formation de ces derniers à la sécurité et à des pratiques d'exploitation saines pour l'environnement.
6. **La protection du littoral contre l'érosion.** L'érosion côtière peut augmenter si les récifs, qui auparavant protégeaient des vagues et des tempêtes, sont endommagés. Une érosion de plusieurs mètres de plage a été observée dans certaines zones des Seychelles où les récifs étaient touchés par le blanchissement (Souter *et al.*, 2000). Ceci peut entraîner la mise en place de solutions techniques coûteuses qui n'arrêteront pas toujours l'érosion. Permettre au sol de s'adapter aux changements par des processus naturels (technique 'douce') peut être une meilleure approche, ainsi que stimuler la récupération des récifs endommagés (voir chapitre sur la *Restauration*) afin de re-créer leur fonction de brise-lames naturel.

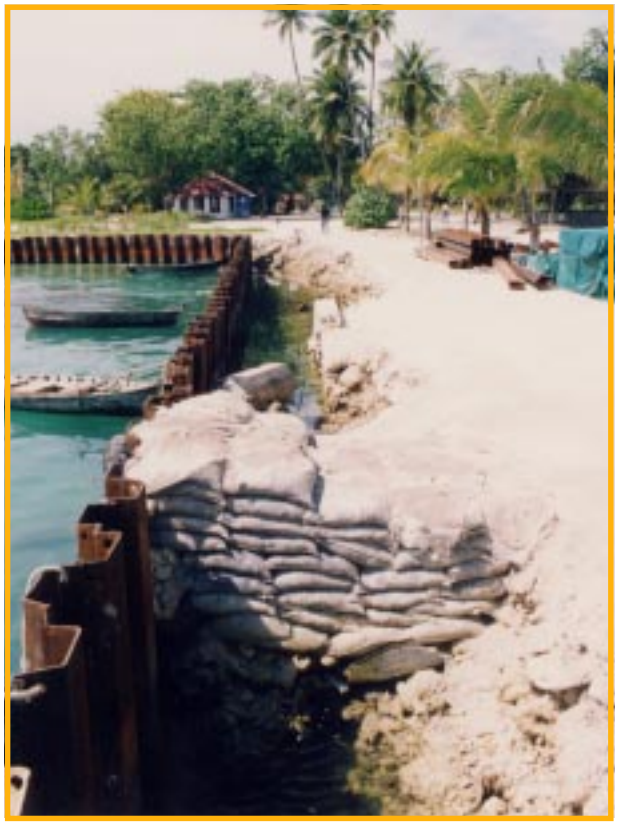


Photo: Susie Westmacott.

La sédimentation peut être réduite lors de la construction de ports en utilisant des moyens de protection, comme ici aux Maldives.

Techniques de Restauration

Des techniques de restauration peuvent être utilisées pour aider et accélérer la récupération des récifs endommagés, en renforçant ou en augmentant les processus naturels. Cependant, il est important de prendre en considération l'échelle concernée au moment d'envisager la restauration de récifs touchés par une mortalité due au blanchissement. De nombreuses tentatives de réhabilitation ne se sont pas révélées être efficaces ou réalisables sur une grande échelle (km^2), que ce soit d'un point de vue économique ou écologique. Il y a peu d'intérêts à effectuer une restauration coûteuse si les facteurs préjudiciables sont présents. De plus, les processus naturels de récupération peuvent déjà être en cours et pourraient être interrompus par des activités de restauration qui, dans de pareils cas, seraient plus nuisibles que bénéfiques. Une évaluation très minutieuse doit donc être faite pour déterminer si une intervention active est avantageuse. La récupération naturelle peut, dans plusieurs cas, être plus positive que des 'soins' risqués et coûteux.

Jusqu'à présent, la plupart des techniques de restauration et de réhabilitation des récifs (par exemple, celles décrites plus bas) ont été tentées sur des zones localisées uniquement et sur une très petite échelle (moins de 100 m^2). De telles méthodes ne sont pas susceptibles de modifier plus qu'une minuscule zone de récif et auront un impact général minime sur les récifs, même dans de petits pays. Elles peuvent, par contre, être valables dans des sites tels que de petits 'jardins de corail' qui sont très importants en termes de fréquentation touristique.

Plusieurs approches sont en cours d'expérimentation :

L'élimination des sources de stress

Elle devrait toujours être la première préoccupation car elle favorisera les processus naturels de récupération. Les méthodes visant à favoriser les conditions nécessaires à la croissance du corail par l'élimination des sources de stress existantes et potentielles qui entravent la colonisation, la survie et la croissance des coraux sont décrites dans les chapitres précédents.

L'augmentation des substrats disponibles pour la colonisation des larves

Bien qu'après un épisode de blanchissement le corail mort constitue une surface propice à la colonisation larvaire, la disponibilité de substrats appropriés peut rapidement décroître à cause de la pousse excessive d'algues. Pour cette raison, il est important de diminuer le nombre de sources terrestres de pollution provoquant un enrichissement en nutriments et de maintenir les populations de poissons mangeurs d'algues. Augmenter le nombre de substrats disponibles propices à la colonisation larvaire ne devient important qu'une fois que la structure du récif a été endommagée. Les méthodes suivantes, visant à augmenter le nombre de substrats disponibles pour la colonisation des larves coralliennes, sont en cours d'expérimentation. La gamme de solutions visant à augmenter la disponibilité de substrats est variée : simples ou complexes, bon marché ou chères. La plupart des solutions suivantes sont en cours d'étude :

- Différents chercheurs testent la méthode qui consiste à placer des substrats artificiels au fond de la mer, tels que des blocs de béton (Clark & Edwards (1999) – voir Encadré 8), des épaves (Wilhelminson et *al.*, 1998) ou d'autres structures (Rilov & Benayahu, 1998; ReefBall, 2000). De tels *récifs artificiels* peuvent présenter l'avantage supplémentaire d'offrir un abri pour les poissons de récif (Whitmarsh 1997). Le plus grand soin doit être pris afin d'éviter toute pollution ou dégât supplémentaire pour l'environnement proche consécutif aux matériaux choisis ou à la conception de la structure. Par exemple, de la ferraille ou autres détritus ne doivent pas être utilisés, même si cela peut sembler être une solution facile d'élimination des déchets (van Treek & Schuhmacher 1998). Le coût d'installation de récifs artificiels ou de vastes zones de substrat artificiel sera certainement prohibitif s'il s'agit de larges étendues de récif endommagé.
- L'on prend actuellement en considération la stabilisation ou l'élimination des morceaux de substrat non consolidés (tels que des fragments de corail) et l'élimination des algues (McClanahan *et al.*, 1999) et autres organismes qui pourraient gêner la colonisation larvaire ou endommager les jeunes recrues.
- L'utilisation de l'électrolyse pour déposer un substrat à base de calcium sur une surface artificielle en est à un stade très expérimental. Les courants électriques provoquent la précipitation des minéraux de calcium et de magnésium contenus dans l'eau de mer sur un matériau conducteur, tel que le grillage. La matière obtenue est essentiellement composée de carbonate de calcium, et est similaire au calcaire récifal (Hilbertz *et al.*, 1977). Les

Encadré 8. La réhabilitation du récif aux Maldives.

Depuis de nombreuses années, les coraux ont servi de source principale de matériaux de construction aux Maldives, et les récifs adjacents à la capitale, Male, ont été pratiquement dépouillés. Lors d'une étude expérimentale, des blocs de béton ont été placés sur ces récifs endommagés pour tester différentes méthodes de restauration.

Les processus de récupération naturelle ont été remarquablement efficaces. En l'espace de six mois, les larves coralliennes s'étaient installées sur les blocs et, en l'espace d'un an, l'on a noté des densités de 31 recrues par m^2. Des coraux provenant de récifs voisins ont aussi été transplantés sur les blocs mais cela a entraîné une mortalité considérable, le taux de survie après deux ans n'étant que d'environ 50%. Il est apparu que, quand des surfaces appropriées pour la colonisation étaient disponibles et la qualité de l'eau était favorable à la croissance du corail, le recrutement naturel pouvait mener à une restauration substantielle du récif en l'espace de 3–4 ans – sans qu'une transplantation ne soit nécessaire.

Source: Clark and Edwards (1999)

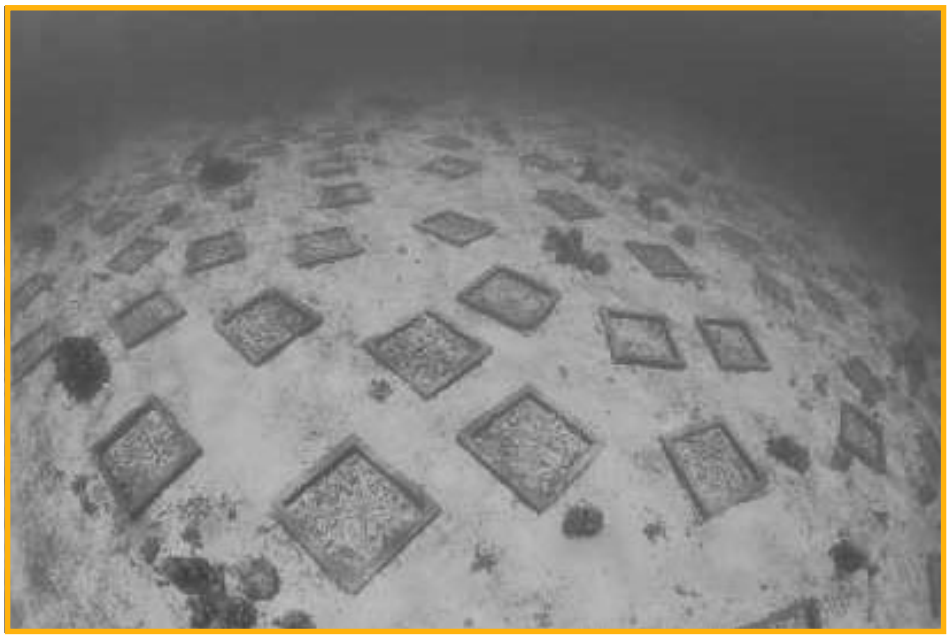


Photo: Thomas Heeger

Une ferme de corail à Olango Island, aux Philippines : les petits enclos abritent les fragments de corail transplantés.

Des femmes du village local préparent les fragments de corail destinés à la transplantation dans les enclos.

Photo: Thomas Heeger

Encadré 9. La culture de coraux aux Philippines.

En 1997, une ferme de coraux, dont l'objectif principal était la réhabilitation du récif, fut construite à faible coût avec l'aide des villageois à Barangay Caw-oy, Olango Island, Cebu, Philippines. Six mille fragments furent extraits des coraux dans les récifs voisins et transplantés dans un récif corallien ayant une faible couverture corallienne. Au bout de 4 mois, 87% des fragments de corail avaient survécu, et il fut aussi noté que les populations de poissons dans la ferme avaient augmenté. La ferme apporte aussi des moyens d'existence à la population locale, par la vente de colonies de corail en vue de la réhabilitation de récifs endommagés dans d'autres régions des Philippines. Les bénéfices sont utilisés pour des projets communautaires tels que des bourses d'étude, des postes de secours et l'éclairage des rues.

Le coût de réhabilitation d'un hectare de récif, sur la base de 2 fragments par mètre carré (une couverture de 12.5%), s'élevait à 2100 US$. Puisque les estimations prudentes des revenus potentiels retirés d'un hectare de récif en bonne santé vont de 319 à 1113 US$ par an (White & Cruz-Trinidad 1998), l'utilisation de cette méthode rendrait la réhabilitation du récif économiquement viable au bout de quelques années. Cela serait d'autant plus vrai si les pêcheurs locaux trouvent des moyens d'existence alternatifs de la culture des coraux et abandonnent ainsi progressivement les techniques de pêche destructrices.

Source: Heeger *et al.* (1999, 2000)

partisans de cette méthode l'expérimentent en vue de la colonisation naturelle des larves coralliennes et de la transplantation de coraux (voir plus bas) (par exemple, Hilbertz, 1981; van Treeck and Schuhmacher, 1998, 1999 ; Schillak and Meyer, 1999 ; Meyer and Schillak, 2000). Cette technologie peut être applicable sur une petite échelle pour stimuler la pousse du corail sur de petites étendues de récif mais, à cause des coûts initiaux élevés impliqués, elle ne l'est pas sur une grande échelle.

La transplantation des coraux d'une zone à une autre

Les coraux peuvent être extraits d'une zone récifale et transplantés, soit sur un substrat naturel dans un récif endommagé (Lindahl 1998), soit sur des substrats artificiels tels que des blocs de béton (Clark & Edwards, 1995). Cette méthode a tendance à être coûteuse (à moins que de nombreux volontaires soient disponibles pour le travail de transplantation) et a souvent un faible taux de réussite, dans la mesure où les coraux transplantés ont tendance à être plus vulnérables au stress (voir Edwards & Clark 1999). La source des coraux destinés à être transplantés doit aussi être choisie avec le plus grand soin, pour éviter tout dégât pour les autres récifs. La meilleure source est probablement les récifs qui sont certains de subir des dégâts majeurs dus au dragage, à la mise en valeur des terres, au déversement d'effluents ou à des activités qui ne peuvent pas être arrêtées ou dont on ne peut pas atténuer les effets.

La culture de coraux

Plusieurs tentatives ont été faites pour cultiver des coraux, principalement en Asie du Sud-Est (voir Encadré 9; Franklin *et al*. 1998). Contrairement à la transplantation directe de coraux, dans le cas des 'fermes' de coraux, les fragments sont transplantés dans un site protégé et on les 'laisse pousser' jusqu'à une certaine taille avant d'être utilisés à d'autres fins. Les 'fermes de corail' qui sont une réussite pourraient constituer une source de coraux en vue de la réhabilitation des récifs endommagés, et pourraient être utilisés comme lieux d'attractions sous-marines pour les plongeurs en apnée (Alcock, 1999). Une étude poussée de la culture de coraux est nécessaire afin de réduire les coûts et d'augmenter les taux de réussite. Des études menées en Australie ont montré que les taux de mortalité peuvent être faibles (2–5%) et qu'une extraction allant jusqu'à 50% de la biomasse de la colonie corallienne 'donneuse' n'avait pas d'effets sur sa croissance (Alcock, 1999).

Actions de gestion

Puisque la restauration active des récifs est généralement coûteuse et pas toujours couronnée de succès, les gestionnaires doivent évaluer la situation minutieusement avant de lancer un tel programme et prendre en considération un certain nombre de facteurs:

1. Quels sont les ***objectifs*** du projet de restauration ? Est-ce que les récifs sont réhabilités pour la protection de la biodiversité, le tourisme, la pêche, la protection contre l'érosion du littoral ou uniquement pour la recherche ? Les objectifs aideront à déterminer les méthodes à utiliser.
2. Quelle est l'***échelle*** du projet de restauration ? Est-ce que la zone endommagée est un endroit précis (par exemple une cicatrice due à une ancre ou l'échouage d'un bateau), une partie du récif ou un récif entier ? Si la zone endommagée est étendue (par exemple à la suite d'un épisode de blanchissement majeur), il faudra porter un grand soin au choix du lieu où les efforts de restauration doivent être menés, en ce qui concerne les schémas des courants (pour favoriser l'ensemencement en aval des courants mais éviter les sources de pollution en amont) et l'exposition à l'action potentiellement préjudiciable des vagues, aux sources de pollution et à la turbidité etc.
3. Une fois que les objectifs et l'échelle ont été pris en considération, le ***coût*** du projet doit être évalué, en prenant en compte l'utilisation la plus efficace de tous les fonds disponibles (voir Spurgeon (1998) pour plus de détails).
4. Quel est le ***taux de réussite*** de la méthode envisagée ? Quelle méthode sera la plus ***rentable*** sur le site ? Il est important que la méthode choisie ne provoque pas de dégâts supplémentaires au récif.
5. Quelle sera la ***viabilité à long terme*** du programme ? Pour assurer un certain taux de réussite, le projet devrait être mené sur une période suffisamment longue pour que l'avancement de la restauration soit surveillé.
6. ***La communauté locale et les utilisateurs du récif*** ont-ils la possibilité de s'impliquer ? Une participation active de ceux dont les moyens d'existence sont liés aux récifs augmentera les chances de réussite (voir Encadré 9).

Surveillance et Recherche

Surveillance

Un programme de surveillance bien conçu est un outil très important pour dépister les changements subis par les récifs et pour surveiller l'état général de ceux qui sont toujours intacts. La surveillance doit débuter simplement, pouvoir s'adapter et être flexible, et être conçue afin d'atteindre les objectifs de gestion. Des organisations locales, des universités et des organisations non gouvernementales (ONG) peuvent effectuer un excellent travail de surveillance. Ces groupes ont la flexibilité de concevoir leurs programmes de surveillance en fonction de leurs compétences et peuvent travailler avec les populations locales, ce qui est un facteur important quant il s'agit de déterminer la viabilité à long terme des programmes de surveillance. Il existe aussi actuellement un certain nombre de programmes régionaux et mondiaux de surveillance des récifs accompagnés de directives, guides et activités de formation. Les gestionnaires des récifs peuvent aussi avoir accès à quelques-uns des programmes de surveillance des températures planétaires, tels que celui en cours par la NOAA. Il existe deux programmes mondiaux principaux qui se consacrent particulièrement au blanchissement:

Photo: ARVAM

Analyse de la couverture corallienne après un blanchissement, en utilisant un transect linéaire.

Photo: Erik Meesters

Mesure de la pousse de nouveaux coraux, tels que les recrues, à l'aide d'un quadrat.

- **Réseau Mondial de Suivi de l'Etat de Santé des Récifs Coralliens (GCRMN)**
  Le GCRMN se consacre à la surveillance au niveau gouvernemental (ou professionnel). Quand il sera complètement opérationnel, il se composera de quinze réseaux régionaux indépendants, ou sous nœuds, dans 6 régions à travers le monde. Par ces réseaux régionaux, le GCRMN promeut des méthodes de surveillance scientifiques fiables et contribue en matière de formation. Par exemple, deux nœuds ont été mis en place dans l'Océan Indien – un à Sri Lanka, desservant les pays d'Asie du sud, et un à Maurice, couvrant les îles de l'ouest de l'Océan Indien. Les informations collectées sont stockées dans des bases de données et utilisées dans les rapports nationaux sur l'état des récifs. Les résultats nationaux sont compilés dans des rapports intitulés '*Etat des Récifs*' qui seront publiés tous les deux ans; le premier rapport sur l'état des récifs au niveau mondial a été publié en 1998 (Wilkinson, 1998). Le GCMRN est en train d'élaborer un guide ayant pour but d'évaluer les paramètres socio-économiques qui ont un rapport avec les récifs, ce qui sera très utile dans le contexte du blanchissement.

- **Reef Check**
  Reef Check est un protocole d'évaluations rapides des récifs et est conçu tout particulièrement pour les non-professionnels et les bénévoles. Lancé en 1997, il est mené annuellement à l'échelle mondiale et implique actuellement un vaste réservoir de plongeurs autonomes enthousiastes et bénévoles. Un réseau de coordinateurs régionaux, nationaux et locaux mettent en relation des équipes de plongeurs non-professionnels expérimentés avec des scientifiques marins professionnels. Les scientifiques sont chargés de former, mener les études et assurer la collecte de données précises. Les méthodes de Reef Check ont recours à des organismes bio-indicateurs soigneusement sélectionnés sur la base de celles prônées par le GCRMN. La méthodologie peut être apprise en une journée et implique un système de contrôle-qualité strict. Ainsi, Reef Check représente le protocole de surveillance 'basé sur la communauté' du GCMRN. De plus amples informations sont disponibles dans Hodgson (1999) et sur le site web de ReefCheck (voir section *Références et Ressources*).

Au moment d'élaborer un programme de surveillance lié au blanchissement ou à d'autres dégâts graves causés aux récifs, il est important de prendre en considération quelques questions clés:

1. Quels programmes de surveillance régionaux et nationaux sont disponibles dans la région ? Il faudrait entrer en relation avec ceux-ci, par exemple par l'intermédiaire des sites web ou directement par les coordinateurs des programmes (voir section *Références et Ressources*). Les méthodes de Reef Check sont disponibles sur leur site web et le GCRMN souligne ses protocoles en ligne. Ces deux organisations peuvent faciliter le financement ou l'appui initial. D'autres organisations ou programmes présents dans une région peuvent aussi apporter leur assistance.

2. Quels sont les objectifs du programme de surveillance ? Ceux-ci doivent être clairement définis, car ils auront une influence sur les méthodes choisies. Les méthodes en elles-mêmes doivent être simples, mais flexibles et doivent pouvoir s'adapter, afin que, au fur et à mesure que les ressources deviennent disponibles, plus de données puissent être collectées, ou que des méthodes plus sophistiquées soient utilisées.
3. La première étape devrait être une évaluation rapide des zones blanchies ou endommagées, dont les résultats peuvent être ensuite comparés avec toutes les données disponibles sur la situation d'avant le phénomène.
4. Des données biologiques, physiques et socio-économiques doivent être collectées, afin que la récupération puisse être liée au contexte environnemental plus large. Les données biologiques décrivent la santé de l'écosystème, et peuvent inclure la couverture corallienne, l'abondance des poissons et la densité en phanérogames. Les données physiques doivent inclure des mesures de température, turbidité, sédimentation, et nutriments. Les données socio-économiques incluent une gamme variée de paramètres, tels que le nombre de pêcheurs et de poissons pris, les taux de fréquentation touristique et le nombre de plongeurs, les niveaux de revenus, les taux d'emploi et des informations relatives à l'évacuation des eaux usées. Un soin particulier devra être apporté au choix des méthodes de surveillance socio-économique, et il est important de se faire conseiller en ce qui concerne cet élément important d'un programme de surveillance.
5. Les techniques de surveillance choisies doivent être adaptées aux ressources financières et humaines disponibles et ne doivent pas requérir de connaissances au-delà des compétences des personnels disponibles. Un niveau de surveillance simplifié, fiable et précis vaut mieux qu'aucune surveillance ou un programme complexe qui dépasse les compétences de l'organisation et aboutit à des données inexactes. Dans la plupart des cas, un personnel hautement qualifié n'est pas nécessaire à la collecte des informations de base faisant état des changements dus au blanchissement.
6. Dans le choix des sites de surveillance, il faut, d'une part, prendre en compte les stratégies de gestion mises en oeuvre dans les zones protégées et non-protégées, et, d'autre part, se demander si ces sites doivent être mis en place sur des récifs *sources* ou *éviers*.
7. En ce qui concerne la collecte et l'analyse des données, il est important de s'accorder suffisamment de temps. Les données collectées doivent être comparées avec toutes les informations relevées précédemment, et doivent être intégrées de façon appropriée aux programmes de surveillance régionaux et mondiaux.

Dans de nombreux pays, le manque de compétences au sein d'une agence de gestion constitue une contrainte majeure lors de l'élaboration de programmes de surveillance. Plusieurs programmes mondiaux et régionaux organisent des stages de formation à la demande et peuvent apporter un financement. Les gestionnaires des récifs doivent donc chercher d'autres moyens d'obtenir les mêmes informations. Par exemple:

- Recruter des membres des communautés locales, tels que les pêcheurs et les exploitants des clubs de plongée ; par exemple, l'ONG Reef Care aux Antilles Néerlandaises a fait appel aux populations locales pour surveiller la propagation d'une ascidie (*Trididemnum solidum*), un fléau dans les récifs de Curaçao et Bonaire, (van Veghel, 1993, Bak *et al.*, 1996).
- Faire appel à des volontaires, que ce soit des scientifiques expérimentés ou des plongeurs non-professionnels; ceux-ci peuvent fournir un potentiel de surveillance supplémentaire à très bas coût, bien que les derniers ne soient pas forcément capables de fournir le même niveau de précision, de fiabilité et de détail que les premiers. Un choix minutieux des bénévoles et des méthodes qu'ils devront utiliser est essentiel (Wells, 1995). Les programmes bénévoles valent mieux que pas de surveillance du tout et, quand ils sont bien conçus et testés, ils peuvent fournir aux gestionnaires les données fiables et précises nécessaires à une gestion efficace. On peut citer par exemple Coral Cay Conservation (Mumby *et al.*, 1996), Frontier (Darwall & Dulvey, 1996), et REEF (Schmitt & Sullivan, 1996) (voir la section *Références et Ressources* pour leurs coordonnées).

Recherche

Il nous reste beaucoup à apprendre sur le phénomène du blanchissement corallien et ses impacts potentiels sur les récifs et les populations qui en dépendent. Gestionnaires des récifs et décideurs peuvent encourager les scientifiques, les laboratoires marins, les organisations non gouvernementales et les agences gouvernementales à mener des études portant sur les lacunes dans nos connaissances sur le blanchissement. Afin de prédire (et d'atténuer) les impacts du blanchissement, nous devrons en savoir plus sur:

- La biologie du blanchissement, y compris la physiologie de la symbiose corail/zooxanthelles et comment elle est bouleversée quand un épisode de blanchissement se produit.
- Les facteurs génétiques qui peuvent déterminer la vulnérabilité de certaines espèces de coraux et de zooxanthelles au blanchissement.
- Les schémas spatiaux et temporels du blanchissement, et les facteurs climatiques et océanographiques qui déterminent ces schémas.
- Le potentiel de récupération des coraux et des écosystèmes récifaux après un épisode de blanchissement.
- Le rôle des récifs en tant qu'habitat critique pour une gamme variée d'espèces marines et de ressources naturelles.
- Le bilan actuel de l'état de santé des récifs et des autres menaces pour les récifs.
- Les implications socio-économiques du blanchissement pour les communautés humaines qui dépendent de leurs récifs pour une série de besoins naturels.

Comme pour tous les travaux de recherches, le travail lié au blanchissement doit être minutieusement planifié pour optimiser les ressources rares et pour utiliser les techniques appropriées aux objectifs de l'étude. Dans la mesure du possible, les programmes de recherches doivent être conçus en collaboration avec les gestionnaires des récifs et autres acteurs, et une expertise locale et nationale doit être menée. Les programmes de recherche régionaux peuvent apporter leur assistance financière et technique.

Aborder le Probleme des Changements Climatiques Plantétaires – Le Défi Ultime

Les suggestions faites dans cette plaquette aideront les gestionnaires à se préparer à des cas de blanchissement ou à aider à la récupération des coraux après qu'un blanchissement ou d'autres perturbations se soient produits; cependant, le problème du blanchissement deviendra de plus en plus grave si l'accélération du réchauffement de la planète se poursuit. Selon l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), on s'attend à ce que les SST moyennes dans les zones tropicales augmentent d'environ 1 à 2°C au cours du siècle prochain (Watson *et al*., 1996). L'épisode de blanchissement de 1998 a déjà montré que la protection des récifs ne peut plus être réalisée sans prendre en compte le système climatique planétaire.

En 1998, la 4ème Conférence des Parties à la Convention sur la Diversité Biologique (CBD) a exprimé sa profonde inquiétude face au cas de blanchissement étendu et grave et à ses relations possibles avec les changements climatiques planétaires. En réponse, le Secrétaire Général de la CBD a réuni une Consultation d'Experts sur le Blanchissement Corallien en octobre 1999. Ces experts ont publié un rapport et une série de recommandations sur les zones prioritaires où il faut agir. Ce rapport a été présenté au Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTTA-5) de la CBD, qui a développé les actions proposées. Le SBSTTA a ensuite transmis ses recommandations à la 5ème Conférence des Parties à la CBD (COP-5), qui (en mai 2000) a avalisé les recommandations de la Consultation d'Experts sur le Blanchissement Corallien et pris la décision de:

- Intégrer les récifs dans la partie de leur programme de travail ayant trait aux ressources marines et côtières.
- Encourager les Parties, autres Gouvernements et organismes en rapport à développer des cas d'étude sur le blanchissement corallien et mettre en application des mesures de réaction incluant des programmes de recherche, la mise en place de compétences humaines, la participation et l'éducation des populations.
- Mettre en application un plan de travail spécifique sur la protection des récifs en coopération avec des organisations telles que le United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), l'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens (ICRI), et le Réseau Mondial de Suivi de l'Etat de Santé des Récifs Coralliens (GCRMN), ainsi que d'autres organismes internationaux.
- Encourager l'UNFCCC à prendre toutes les mesures possibles afin de réduire les effets des changements climatiques et de faire face aux impacts socio-économiques sur les pays les plus touchés par le blanchissement.

Il y a un lien évident entre le problème du blanchissement et les objectifs déclarés du UNFCCC. L'Article 2 de l'UNFCCC

Photo: Edmund Green

Récif sain et varié aux Turks et Caicos, Caraïbes.

reconnaît de façon explicite l'importance des écosystèmes naturels et encourage les Parties à aborder le problème des changements climatiques d'une manière qui "permettra aux écosystèmes de s'adapter de façon naturelle aux changements climatiques". Par une résolution prise en octobre 1999, l'ICRI a encouragé davantage l'UNFCCC à s'attaquer au phénomène du blanchissement. En novembre 2000, la Conférence des Parties (COP-6) de l' UNFCCC se penchera sur les mesures à prendre pour faire face aux effets négatifs des changements climatiques, pour faciliter le transfert des technologies et pour développer les programmes de constitution de compétences humaines.

Des efforts concertés sont nécessaires pour s'assurer que les progrès dans ces régions se poursuivent. Faire face aux changements climatiques requiert des engagements nationaux et individuels afin de modifier des modes de vie qui ont conduit aux changements globaux. En tant que membres de la communauté mondiale, nous devons nous prononcer avec vigueur en faveur des efforts internationaux visant à réduire les émissions nocives de gaz à effet de serre. Gestionnaires des récifs et scientifiques doivent soumettre à leurs décideurs locaux et à leurs Parlementaires des rapports fréquents sur le blanchissement, exprimer leurs inquiétudes actuelles quant aux effets des changements climatiques sur les récifs et autres écosystèmes, et faire appel à une attention soutenue au problème dans les forums internationaux.

Références et Ressources

Blanchissement corallien, changements climatiques et récupération des coraux

Références

Bijlsma, L., Ehler, C.N., Klein, R.J.T., Kulshrestha, S.M., McLean, R.F., Mimura, N., Nicholls, R.J., Nurse, L., Perez Nieto, H., Stakhiv, E.Z., Turner, R.K. and Warrick, R.A. 1995. Coastal zones and small islands. In R.T. Watson, M.C. Zinyowera and R.H. Moss (eds) *Climate change 1995 – Impacts, adaptations and mitigations of climate change: scientific-technical analyses: the second assessment report of the Inter-Governmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.: 6–12.

Bradbury, R. and Seymour, R. 1997. Waiting for COTS. Proceedings of the Eighth International Coral Reef Symposium, 24–29 June 1996, Panama 2: 1357–1362.

Brown, B.E. 1987. Worldwide death of corals: natural cyclic events or man-made pollution? *Marine Pollution Bulletin* 18(1): 9–13.

Brown, B.E. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16 (suppl): S129–S138.

Brown, B.E., Dunne, R.P., Ambarsari, I., Le Tissier, M.D.A. and Satapoomin, U. 1999. Seasonal fluctuations in environmental factors and variations in symbiotic algae and chlorophyll pigments in four Indo-Pacific coral species. *Marine Ecology Progress Series* 91: 53–69.

Bryant, D., Burke, L., McManus, J. and Spalding, M. 1998. Reefs at Risk: A Map Based Indicator of Potential Threats to the World's Coral Reefs. World Resources Institute (WRI), Washington, D.C. 56 pp. Available online: www.wri.org/indictrs/reefrisk.htm

Convention on Biological Diversity (CBD). 1999. Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity Page. Expert consultation on bleaching, Manila, Philippines, 11–13 October 1999. Available online: www.biodiv.org/jm.html

CRC Reef Research Centre. 1997. Exploring Reef Science Page – Crown of Thorns Starfish on the Great Barrier Reef: the facts. Exploring Reef Science fact sheet: March Update 1997. Available online: www.reef.crc.org.au/4news/Exploring/feat15.html

Done, T.J. 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia* 247 (1–3): 121–132.

Done, T.J. 1994. Maintenance of biodiversity of coral reef systems through the management for resilience of populations. In Munro JL and Munro PE (eds) The Management of Coral Reef Resource Systems. ICLARM Conference Proceedings 44: 64–64.

Done, T.J. 1995. Ecological criteria for evaluating coral reefs and their implications for managers and researchers. *Coral Reefs* 14(4): 183–192.

Fitt, W.K., McFarland, F.K., Warner, M.E. and Chilcoat, G.C. 2000. Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching. *Limnology and Oceanography* 45(3): 677–685.

Glynn, P.W. 1990. *Global Ecological Consequences of the 1982–83 El Niño – Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam. 563 pp.

Glynn, P.W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs* 12: 1–17.

Glynn, P.W. 1996. Coral reef bleaching: facts, hypothesis and implications. *Global Change Biology* 2(6): 495–509.

Goreau, T.J. and Hayes, R.L. (1994) Coral bleaching and ocean hotspots. *Ambio* 23(3): 176–180.

Goreau, T.J., McClanahan, T., Hayes, R. and Strong, A.E. 2000. Conservation of coral reefs after the 1998 global bleaching event. *Conservation Biology* 14(1): 5–15.

Hodgson, G. 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 38(5): 345–355.

Hoegh-Guldberg, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research* 50(8): 839–866.

Hoegh-Guldberg, O. and Jones, R. 1999. Photoinhibition and photoprotection in symbiotic dinoflagellates from reef-building corals. *Marine Ecology Progress Series* 183: 73–86.

Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase shifts and large scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265(5178): 1547–1551.

Hunter, C.L. and Evans, C.W. 1995. Coral reefs in Kaneohe Bay, Hawaii – 2 centuries of Western influence and 2 decades of data. *Bulletin of Marine Science* 57(2): 501–515.

Huppert, A. and Stone, L. 1998. Chaos in the Pacific's coral reef bleaching cycle. *American Naturalist* 152(3): 447–459.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1995. IPCC Second Assessment – Climate Change 1995: Summary for Policy Makers. Available online: www.ipcc.ch/pub/sarsum1.htm

Jameson, S.C., McManus, J.W. and Spalding, M.D. 1995. *State of the Reefs: Regional and Global Perspectives*. Washington, D.C. ICRI, U.S. Department of State. 24 pp.

Jones, R., Hoegh-Guldberg, O., Larkum, A.W.L. and Schreiber, U. 1998. Temperature induced bleaching of corals begins with impairment of dark metabolism in zooxanthellae. *Plant Cell and Environment* 21(12):1219–1230.

Linden, O. and Sporrong, N. 1999. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Reports and Presentations 1999*. CORDIO / SAREC Marine Science Program, Stockholm. 108 pp.

Masalu, D.C.P. 2000. Coastal and marine resource use conflicts and sustainable development in Tanzania. *Ocean and Coastal Management* 43: 475–494.

McClanahan, T.R., Done, T.J. and Polunin, N.V.C. In press. Resiliency of coral reefs. In L. Gunderson, C.S. Holling, B-O. Jansson and C. Folke (eds) Resilience and the Behaviour of Large Scale Ecosystems. John Wiley and Sons, New York.

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

Moran, P. 1997. Crown of Thorns Starfish – Questions and Answers. Online Reference Series, Australian Institute of Marine Science. Available online: www.aims.gov.au/pages/reflib/cot-starfish/pages/cot-000.html

Muscatine, L. 1990. The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. In Z. Dubinsky (ed.) *Coral Reefs: Ecosystems of the World*, Volume 25. Elsevier Science, Amsterdam: 75–87.

Mumby, P.J. 1999. Bleaching and hurricane disturbances to populations of coral recruits in Belize. *Marine Ecology Progress* Series 190: 27–35.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2000. Oceanic Research and Applications (ORA) Division – Marine Applications Science Team – Coral Reef Bleaching Page. Available online: www.orbit-net.nesdis.noaa.gov/orad/coral_bleaching_index.html

Richmond, R.H. 1997. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of coral reefs. In C. Birkeland (ed.) *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman and Hall, New York: 175–197.

Rowan, R. and Knowlton, N. 1995. Intraspecific diversity and ecological zonation in coral algal symbiosis. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 92(7): 2850–2853.

Rowan, R., Knowlton, N., Baker, A. and Jara, J. 1997. Landscape ecology of algal symbionts creates variation within episodes of coral bleaching. *Nature* 388(6639): 265–269.

Salvat, B. 1987. Human Impacts on Coral Reefs: Facts and Recommendations. Antenne Museum EPHE French Polynesia. 253 pp.

Schick, J.M., Lesser, M.P. and Jokiel, P.L. 1996. Ultraviolet radiation and coral stress. *Global Change Biology* 2(6):527–545.

Sebens, K.P. 1987. Coelenterata. In T.J. Pandian and F.J. Vernberg (eds) *Animal Energetics*. Academic Press, San Diego, California: 55–120.

Spencer, T., Teleki, K.A., Bradshaw, C. and Spalding, M.D. 2000. Coral bleaching in the Southern Seychelles during the 1997–1998 Indian Ocean warming event. *Marine Pollution Bulletin* 40(7): 569–586.

Strong, A.E., Kearns, E.J. and Gjovig, K.K. 2000. Sea surface temperature signals from satellites – an update. *Geophysical Research Letters* 27(11): 1667–1670.

Turner, J.R., Klaus, R., Hardman, E., Fagoonee, I., Daby, D., Baghooli, R. and Persands, S. 2000a. The reefs of Mauritius. In D. Souter, D. Obura and O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000.* CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.

UNEP. 1999a. *Western Indian Ocean Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 79 pp.

UNEP. 1999b. *Pacific Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 65 pp.

UNEP. 1999c. *Caribbean Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 74 pp.

Veron, J.E.N. 1995. *Corals in Space and Time: The Biogeography and Evolution of the Scleractinia.* Cornell University Press, Ithica, New York. 321 pp.

Warner, M.E., Fitt, W.K., and Schmidt, G.W. 1996. The effects of elevated temperature on the photosynthetic efficiency of zooxanthellae in hospite from four different species of reef coral: a novel approach. *Plant, Cell and Environment* 19 (3): 291–299.

Wells, S. and Hanna, N. 1992. *Greenpeace Book of Coral Reefs*. Blandford, U.K. 160 pp.

Wilkinson, C.R. 1993. Coral reefs are facing widespread extinctions: can we prevent these through sustainable management practices? Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, 22–27 June 1992, Guam 1: 11–21.

Wilkinson, C.R. 1998. *Status of Coral Reefs of the World: 1998.* Australian Institute of Marine Science, Cape Ferguson, Queensland, Australia. 184 pp.

Wilkinson, C.R. and Buddemeier, R.W. 1994. Global Climate Change and Coral Reefs: Implications for People and Reefs. Report of the UNEP-IOC-ASPEI-IUCN Global Task Team on Coral Reefs. IUCN Gland, Switzerland. 124 pp.

Wilkinson, C.R., Linden, O., Cesar, H., Hodgson, G., Rubens, J. and Strong, A.E. 1999. Ecological and socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Indian Ocean: an ENSO impact and a warning of future change? *Ambio* 28: 188–196.

Williams, E.H. and Bunkley-Williams, L. 1990. The worldwide coral reef bleaching cycles and related sources of coral mortality. *Atoll Research Bulletin* 335: 1–71.

Ressources supplementaires

Aronson, R.B., Precht, W.F., MacIntyre, I.G. and Murdoch, T.J.T. 2000. Coral bleach-out in Belize. *Nature* 405(6782): 36.

Birkeland, C. 1997. *Life and Death of Coral Reefs.* New York: Chapman and Hall. 536 pp.

Brown, B.E. and Ogden, J.C. 1993. Coral bleaching. *Scientific American* 268(1): 64–70.

Cesar, H.S.J. 2000. *Collected Essays on the Economics of Coral Reefs*. Sida Press, Stockholm, Sweden.

Convention on Biological Diversity. 2000. Report of the Expert Consultation on Coral Bleaching. UNEP/CBD/SBSTTA/5/INF/11. Available online: www.biodiv.org/jm.html

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and VandenBelt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630): 253–260.

Davidson, O.G. 1998. *The Enchanted Braid: Coming to Terms with Nature on the Coral Reef*. John Wiley and Sons Inc., New York. 269 pp.

de Fontaubert, A.C., Downes, D.R. and Agardy, T. 1996. *Biodiversity in the Seas: Implementing the Convention on Biological Diversity in Marine and Coastal Habitats*. Gland, Switzerland: World Conservation Union. 86 pp.

Eakin, C.M. 1996. Where have all the carbonates gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982–1983 El Niño at Uva Island in the eastern Pacific. *Coral Reefs* 15(2): 109–119.

ICRI. 1998. *Renewed Call for Action: International Coral Reef Initiative 1998*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Queensland. 40 pp.

Souter, D., Obura, D. and Linden, O. 2000. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000.* CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden.

Spalding, M. and Grenfell, A.M. 1997. New estimates of global and regional coral reef areas. *Coral Reefs* 16(4): 225–230.

UNEP/IUCN. 1988a. *Coral Reefs of the World. Volume 1: Atlantic and Eastern Pacific.* UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/UNEP, Nairobi, Kenya. 373 pp.

UNEP/IUCN. 1988b. *Coral Reefs of the World. Volume 2: Indian Ocean, Red Sea and Gulf.* UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/UNEP, Nairobi, Kenya. 389 pp.

UNEP/IUCN. 1988c. *Coral Reefs of the World. Volume 3: Central and Western Pacific.* UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK/UNEP, Nairobi, Kenya. 329 pp.

Gestion des récifs corallien blanchis et gravement endommagés

Références

Alcock, D. 1999. Building coral viewing platforms on tourist pontoons. CRC Reef Research Centre Exploring Reef Science Page. Available online: www.reef.crc.org.au/4news/Exploring/feat49.html

Bak, R.P.M., Lambrechts, D.Y.M., Joenje, M., Nieuwland, G. and VanVeghel, M.L.J. 1996. Long-term changes on coral reefs in booming populations of a competitive colonial ascidian. *Marine Ecology Progress Series* 133(1–3): 303–306.

Bijlsma, L., Crawford, M., Ehler, C., Hoozemans, F., Jones, V., Klein, R., Miermet, B., Mimura, N., Misdorp, R., Nicholls, R., Ries, K., Spradley, J., Stive, M., de Vrees, L. and Westmacott, S. 1993. *World Coast Conference Report*. World Coast Conference 1993, Noordwijk, the Netherlands, 1–5 November 1993. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, National Institute for Coastal and Marine Management, Coastal Zone Management Centre, The Hague, Netherlands. 115 pp.

Cesar, H., Waheed, A., Saleem, M. and Wilhelminson, D. 2000. Assessing the impacts of the 1998 coral reef bleaching on tourism in Sri Lanka and Maldives. In D. Souter, D. Obura and O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*.CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.

Cicin-Sain, B. and Knecht, R.W. 1998. *Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices*. Island Press, USA. 517 pp.

Clark, J.R. 1996. Coastal Zone Management Handbook. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 694 pp.

Clark, S. and Edwards, A.J. 1995. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldives Islands. *Coral Reefs* 14(4): 201–213.

Clark, S. and Edwards, A.J. 1999. An evaluation of artificial reef structures as tools for marine habitat rehabilitation in the Maldives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 5–21.

Darwall, W.R.T. and Dulvey, N.K. 1996. An evaluation of the suitability of non-specialist volunteer researchers for coral reef fish surveys. Mafia Island, Tanzania – a case study. *Biological Conservation* 78(3): 223–231.

Done. T.J. 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia* 247 (1–3): 121–132.

Eckert, G.J. 1987. Estimates of adult and juvenile mortality for labrid fishes at One Tree Reef, Great Barrier Reef. *Marine Biology* 95(2): 167–171.

Edwards, A.J. and Clark, S. 1999. Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Marine Pollution Bulletin* 37(8–12): 474–487.

Eggleston, D.B. 1995. Recruitment in Nassau grouper *Epinephelus striatus*: post-settlement abundance, microhabitat features, and ontogenetic habitat shifts. *Marine Ecology Progress Series* 124(1–3): 9–22.

Ehler, C.N., Cicin-Sain, B., Knecht, R.W., South, R. and Weiher, R. 1997. Guidelines to assist policy makers and managers of coastal areas in the integration of coastal management programs and national climate-change action plans. *Ocean and Coastal Management* 37(1): 7–27.

English, S., Wilkinson, C. and Baker, V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Australian Institute of Marine Science, Queensland, Australia. 390 pp.

Franklin, H., Muhando, C.A. and Lindahl, U. 1998. Coral culturing and temporal recruitment patterns in Zanzibar, Tanzania. *Ambio* 27(8): 651–655.

Francis, J., Semesi, A.K. and Daffa, J. 1997. Integrated coastal zone management in Tanzania. In O. Lindén and C.G. Lundin (eds) *The Journey from Arusha to Seychelles: successes and failures in integrated coastal zone management in Eastern Africa and island states*. Proc. Second Policy Conference on Integrated Coastal Zone Management in Eastern Africa and Island States, Seychelles, 23–25 October 1996: 195–211.

Francis, J., van Zwol, C., Sadacharan, D. and Mohamed, S. 1999. *Marine Protected Areas Management: a framework for capacity building in the Western Indian Ocean region*. Proceedings of the Regional Planning Workshop on the Training Needs for Marine Protected Areas Management. Zanzibar, Tanzania, 31 May–3 June, 1999. Coastal Zone Management Center, The Netherlands, The World Bank, and the Institute of Marine Sciences, University of Dar es Salaam, Tanzania. 49 pp.

Gibson, J., McField, M. and Wells, S. 1998. Coral reef management in Belize: and approach through integrated coastal zone management. *Ocean and Coastal Management* 39: 229–244.

Goreau, T.J., McClanahan, T., Hayes, R. and Strong, A.E. 2000. Conservation of coral reefs after the 1998 global bleaching event. *Conservation Biology* 14(1): 5–15.

Hatziolos, M.E. 1997. A World Bank framework for ICZM with special emphasis on Africa. *Ocean and Coastal Management* 37(3): 281–294.

Heeger, T., Cashman, M. and Sotto, F. 1999. *Coral farming as alternative livelihood, for sustainable natural resource management and coral reef rehabilitation*. Proceedings of Oceanology International 99, Pacific Rim, Singapore: 171–186.

Heeger, T., Sotto, F., Gatus, J.J. and Laron, C. 2000. *Community-based coral farming for reef rehabilitation, biodiversity conservation and as a livelihood option for fisherfolk*. Proc. ADSEA, SEAFDEC Philippines.

Hilbertz, W.H., Fletcher, D. and Krausse, C. 1977. Mineral accretion technology: applications for architecture and aquaculture. *Industrial Forum* 8: 75–84.

Hilbertz, W.H. 1981. The electrodepostion of minerals in seawater for the construction and maintenance of artificial reefs. In D.Y. Aska (ed.) *Artificial Reefs: Conference Proceedings*. Florida Sea Grant College: 123–148.

Hodgson, G. 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 38(5): 345–355.

Hodgson, G. 2000. Coral reef monitoring and management using Reef Check. *Integrated Coastal Zone Management* 1(1): 169–179.

Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase shifts and large scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265(5178): 1547–1551.

Kelleher, G. 1999. *Guidelines for marine protected areas*. IUCN, Gland, Switzerland. 107 pp.

Lewis, A.R. 1997. Recruitment and post-recruit immigration affect the local population size of coral reef fishes. *Coral Reefs* 16(3): 139–149.

Lindahl, U. 1998. Low-tech rehabilitation of degraded coral reefs through transplantation of staghorn corals. *Ambio* 27(8): 645–650.

Lindén, O. and Lundin, C.G. 1997. *The Journey from Arusha to Seychelles: successes and failures of integrated coastal zone management in Eastern Africa and island states*. Proc. 2nd Policy Conference on Integrated Coastal Zone Management in Eastern Africa and Island States, Seychelles, 23–25 October, 1996.

McClanahan, T.R., Hendrick, V., Rodrigues, M.J. and Polunin, N.V.C. 1999. Varying responses of herbivorous and invertebrate-feeding fishes to macroalgal reduction on a coral reef. *Coral Reefs* 18(3): 195–203.

McClanahan, T.R. and Pet-Soede, L. 2000. Kenyan coral reef fish, fisheries and economics – trends and status after the 1998 coral mortality. In S. Westmacott, H. Cesar and L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.

Medley, P.A., Gaudian, G. and Wells, S. 1993. Coral reef fisheries stock assessment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 3(3): 242–285.

Meyer, T. and Schillak, L. 2000. Mineral substrates for artificial reefs – a new technology for integrated coastal zone management: experiences and approaches; *Integrated Coastal Zone Management* 1(1): 233–238.

Muhando, C. 1999. Assessment of the extent of damage, socioeconomic effects, mitigation and recovery in Tanzania. In O. Lindén and N. Sporrong (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Reports and Presentations* 1999 CORDIO/ SAREC Marine Science Program, Stockholm: 43–47.

Mumby, P.J., Harborne, A.R., Raines, P.S. and Ridley, J.M. 1995. A critical assessment of data derived from Coral Cay Conservation volunteers. *Bulletin of Marine Science* 56(3): 737–751.

Pet-Soede, L. 2000. The effects of coral bleaching on fisheries in the Indian Ocean. In S. Westmacott, H. Cesar and L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.

Post, J.C. and Lundin, C.G. 1996. *Guidelines for integrated coastal zone management*. The World Bank, USA. 16 pp.

Quod, J.P., Turquet, J., Conejero, S., Ralijaona, C. 2000. Ciguatera risk assessment in the Indian Ocean following the 1998 coral bleaching event. In D. Souter, D. Obura and O. Lindén (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000*. CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO programme.

ReefBall. 2000. ReefBall Homepage. Available online: www.reefball.com

Rilov, G. and Benayahu, Y. 1998. Vertical artificial structures as an alternative habitat for coral reef fishes in disturbed environments. *Marine Environmental Research* 45(4–5): 431–451.

Roberts, C. 1998. Source, sinks and the design of marine reserve networks. *Fisheries* 23(7): 16–19.

Robertson, D.R. and Gaines, S.D. 1986. Interference competition structures habitat use in a local assemblage of coral reef surgeonfishes. *Ecology* 67(5): 1372–1383.

Salm, R.V. and Clark, J.R. 1984. *Marine and Coastal Protected Areas: A Guide for Planners and Managers*. IUCN, Gland, Switzerland. 302 pp.

Schillak, L. and Meyer. T. 1999. *ARCON – a new technology for the submerse production of artificial reefs as tool for the management of sublittoral habitats*. Proceedings of the 7th International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats (7th CARAH), 7–11 October 1999, San Remo, Italy: 318–328.

Schmitt, E.F. and Sullivan, K.M. 1996. Analysis of a volunteer method for collecting fish presence and abundance data in the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science* 59(2): 404–416.

Souter, D., Obura, D. and Linden, O. 2000. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000.* CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden.

Spurgeon, J. 1999. The Socioeconomic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation. *Marine Pollution Bulletin* 37(8–12): 373–382.

Turner, J.R., Klaus, R., Hardman, E., Fagoonee, I., Daby, D., Baghooli, R. and Persands, S. 2000a. The reefs of Mauritius. In D. Souter, D. Obura and O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000.* CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.

Turner, J.R., Klaus, R. and Engelhardt, U. 2000b. The reefs of the Seychelles Granitic Islands. In D. Souter, D. Obura and O. Linden (eds) *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean: Status Report 2000.*CORDIO/SAREC Marine Science, Sweden CORDIO Programme.

UNEP. 1999a. *Western Indian Ocean Environment Outlook*. United Nations Environment Programme. 79 pp.

van Treeck, P. and Schuhmacher, H. 1998. Mass diving tourism – a new dimension calls for new management approaches. *Marine Pollution Bulletin* 37(8–12): 499–504.

van Treeck, P. and Schuhmacher, H. 1999. Artificial reefs created by electrolysis and coral transplantation: An approach ensuring the compatibility of environmental protection and diving tourism. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49 (suppl): 75–81.

van Veghel, M.L.J. and De Meyer, K. 1993. Abundance and temporal dynamics of the tropical compound ascidian *Trididemnum solidum* along the coast of Bonaire. Reef Care, Curaçao and the Bonaire Marine Park. 12 pp.

Walters, J.S., Maragos, J., Siar, S. and White, A.T. 1998. *Participatory Coastal Resource Assessment: A Handbook for Community Workers and Coastal Resource Managers.* Coastal Resource Management Project and Silliman University, Cebu City, Philippines. 113 pp.

Watson, R.T., Zinyowera, M.C. and Moss, R.H. 1996. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, New York. 889 pp.

Wells, S.M. 1995. *Reef Assessment and Monitoring using Volunteers and Non-Professionals*. University of York and Coral Cay Conservation, U.K. 57 pp.

Westmacott, S. and Lawton, C. 2000. The impact of coral bleaching on tourism in Seychelles. In S. Westmacott, H. Cesar and L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean*. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.

Westmacott, S., Cesar, H. and Pet-Soede, L. 2000a. *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean.* Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.

Westmacott, S., Ngugi, I. and Andersson, J. 2000b. Assessing the impacts of the 1998 coral reef bleaching on tourism in Tanzania and Kenya. In S. Westmacott, H. Cesar and L. Pet-Soede (eds) *Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean.* Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme.

White, A.T. and Cruz-Trinidad, A. 1998. The values of the Philippine coastal resources: why protection and management is critical? Coastal Resource Management Project, Cebu City, Philippines. 69 pp.

Whitmarsh, D. (1997) Artificial reefs: the law and the profits. *Marine Pollution Bulletin* 34(1): 2–3.

Wilhelmsson, D., Ohman, M.C., Stahl, H. and Shelsinger, Y. 1998. Artificial reefs and dive tourism in Eilat, Israel. *Ambio* 27(8): 764–766.

Wilkinson, C. 1998. *Status of Coral Reefs of the World: 1998.* Australian Institute of Marine Science, Queensland, Australia. 184 pp.

Ressources supplementaires

Brown. B.E. 1997. Integrated Coastal Management: South Asia. Department of Marine Sciences and Coastal Management, University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, UK.

Conand, C., Bigot, L., Chabanet, P. and Quod, J.P. 1997. Manuel méthodologique pour le suivi de l'état de santé des récifs coralliens du Sud-Ouest de l'océan Indien. Manuel technique PRE-COI/UE. 27 pp.

McClanahan, T.R., Glaesel, H., Rubens, J. and Kiambo, R. 1997. The effects of traditional fisheries management on fisheries yields and the coral-reef ecosystems of southern Kenya. *Environmental Conservation* 24(2): 105–120.

Pastorok, R.A. and Bilyard, G. 1985. Effects of sewage pollution on coral reef communities. *Marine Ecology Progress Series* 21(1–2): 175–189.

Pickering, H., Whitmarsh, D. and Jensen, A. 1998. Artificial reefs as a tool to aid rehabilitation of coastal ecosystems: investigating the potential. *Marine Pollution Bulletin* 37(8–12): 505–514.

Russ, G.R. and Alcala, A.C. 1996. Do marine reserves export adult fish biomass? Evidence from Apo Island, central Philippines. *Marine Ecology Progress Series* 132(1–3): 1–9.

Rogers, C.S., Garrison, G., Grober, R., Hillis, Z.M. and Franke, M.A. 1994. Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic. United States National Park Service, U. S. Virgin Islands.

Polunin, N.V.C. and Roberts, C.M. 1996. *Reef Fisheries*. London, Chapman and Hall. 477 pp.

Sites Web

Caribbean Coastal Marine Productivity Program (CARICOMP): isis.uwimona.edu.jm/centres/cms/caricomp

CARICOMP 1999 Report: www.unesco.org/csi/pub/papers/papers3.htm

CEDAM: www.cedam.org

Convention on Biological Diversity: www.biodiv.org/jm.html

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES): www.cites.org

Coral Assessment protocols and methods: www.coral.noaa.gov/methods.html

Coral Cay Conservation: www.coralcay.org

Coral Health, Assessment and Monitoring Page: www.coral.aoml.noaa.gov

Coral Reef Degradation in the Indian Ocean (CORDIO): www.cordio.org

Earthwatch: www.earthwatch.org

Frontier: www.frontierprojects.ac.uk

Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN): www.coral.noaa.gov/gcrmn

ICM Bibliography by Island Resources Foundation: www.irf.org/irczrefs.html

ICM websites collected by Newcastle University: www.ncl.ac.uk/tcmweb/tcm/czmlinks.htm

International Coral Reef Initiative (ICRI): www.environnement.gouv.fr/icri

International Maritime Organisation (IMO): www.imo.org

Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity: www.biodiv.org/jm.html

Ocean hot spots: www.psbsgi1.nesdis.noaa.gov:8080/PSB/EPS/SST/climohot.html

Raleigh International: www.raleigh.org.uk

Reef Base: www.cgiar.org/iclarm/resprg/reefbase/framet

Reef Check: www.reefcheck.org

REEF: Reef Environmental Education Foundation: www.reef.org

Reef Keeper International: www.reefkeeper.org/

Contacts et Adresses Utiles

CORDIO (Coral Reef Degradation in the Indian Ocean)
Contact person: Dr. Olof Lindén
Timmermon,
61060 Tystberga, Sweden
Tel: + 46 156 31077
Fax: + 46 156 31087
olof.linden@cordio.org
www.cordio.org

Coral Reef Alliance (CORAL)
2014 Shattuck Avenue,
Berkeley, CA 94704-1117 U.S.A.
Tel: +1 510 848 0110
Fax: +1 510 848 3720
Toll-free: 1-888-CORAL REEF
info@coral.org
www.coral.org

IUCN Eastern African Regional Office
Contact person: Sue Wells
P.O. Box 68200,
Nairobi, Kenya
Tel: +254 2 890605
Fax: +254 2 890615
smw@iucnearo.org
www.iucn.org

IUCN Washington
Contact person: John Waugh
1630 Connecticut Ave., N.W. – Third Floor,
Washington, D.C. 20009, U.S.A.
Tel: +1 202 387 4826
Fax: +1 202 387 4823
jwaugh@iucnus.org
www.iucnus.org

The Secretariat of the Convention on Biological Diversity
World Trade Center
393 St Jacques Street, Office 300,
Montreal, Quebec, Canada H2Y 1N9
Tel: +1 514 288 2220
Fax: +1 514 288 6588
secretariat@biodiv.org
www.biodiv.org

Secretariat for Eastern African Coastal Area Management (SEACAM)
874, Av. Amílcar Cabral, 1st floor,
Caixa Postal 4220,
Maputo, Mozambique
Tel: +258 1 300641/2
Fax: +258 1 300638
seacam@virconn.com
www.seacam.mz

U.S. Agency for International Development (USAID)
Ronald Reagan Building
Washington, D.C. 20523-0016, U.S.A.
Tel: +1 202 712 4810
Fax: +1 202 216 3524
pinquiries@usaid.gov
www.usaid.gov

World Bank CORDIO programme
contact person: Indu Hewawasam
Environment Group – Africa Region,
The World Bank,
1818 H Street,
N.W. Washington D.C. 20433, U.S.A.
Tel: +1 202 473 5559
Fax: +1 202 473 8185
ihewawasam@worldbank.org
www.worldbank.org

World Conservation Monitoring Centre
219 Huntingdon Road,
Cambridge CB3 0DL, U.K.
Tel: +44 1223 277314
Fax: +44 1223 277136
www.wcmc.org.uk

World Wide Fund for Nature (WWF)
WWF International,
Ave du Mont Blanc,
CH 1196 Gland, Switzerland
Tel: +41 22 364 9111
Fax: + 41 22 364 5358
www.panda.org