

Mangroves Restoration and Management

Basic knowledge

Modules associés

- [Gestion des produits forestiers non ligneux](#)
- [Le changement climatique: adaptation et atténuation](#)
- Les forêts et l'eau
- [Réponses forestières aux catastrophes](#)
- [Restauration des forêts et des paysages](#)
- [Sylviculture dans les forêts naturelles](#)



Ce module fournit des orientations à l'intention des personnes intéressées par la conservation, la restauration et la gestion des mangroves. Il aborde le sujet d'un point de vue global, en tenant compte des rôles de la grande diversité de biens et de services fournis par les forêts de mangrove – des fruits de mer et du charbon de bois à la rétention des sédiments et à l'atténuation des surcotes provoquées par les tempêtes en mer. On trouve les mangroves sur les côtes mais leur influence s'étend souvent à l'intérieur des terres et très loin dans la mer.



Ce module fournit des orientations à l'intention des personnes intéressées par la conservation, la restauration et la gestion des mangroves. Il aborde le sujet d'un point de vue global, en tenant compte des rôles de la grande diversité de biens et de services fournis par les forêts de mangrove – des fruits de mer et du charbon de bois à la rétention des sédiments et à l'atténuation des surcotes provoquées par les tempêtes en mer. On trouve les mangroves sur les côtes mais leur influence s'étend souvent à l'intérieur des terres et très loin dans la mer.

Les mangroves sont des écosystèmes dominés par des arbres ou des arbustes à feuilles persistantes et tolérants au sel qui se situent dans des zones influencées par la marée le long de côtes abritées par des climats tropical, subtropical et doux et tempéré. Dans les 123 pays où elles sont présentes, les mangroves couvrent une surface estimée à 150 000 km² (15 millions d'hectares)[1]. Leurs structures, leur composition en espèces et leurs caractéristiques écologiques peuvent être très différentes, tout comme la manière dont elles sont utilisées ou valorisées par les êtres humains.

Les mangroves offrent un habitat aux crustacés et aux mollusques comestibles, des zones d'alevinage et d'alimentation pour les poissons et les crevettes, et des habitats pour les oiseaux et la faune sauvage. Les feuilles mortes et autres détritiques qui sont produits et lessivés par les forêts de mangrove sont une source d'alimentation pour les animaux tels que crabes, palourdes, huîtres et autres types de coquillages et pour les poissons osseux qui, ensemble, nourrissent des millions de personnes.

Les types de mangroves diffèrent en fonction de la salinité, de la profondeur et du débit de l'eau qui les façonne et les nourrit. Les substrats sur lesquels ils se développent (et sur lesquels ils influent en retour) sont également très variés, allant des débris de coraux à des argiles et des limons profonds enrichis d'abondante matière organique.

[1] Spalding, Kainuma and Collins (2010).

La dégradation et la destruction des écosystèmes

Les hommes convertissent les mangroves depuis plus de 500 ans. Aujourd'hui, les mangroves sont soumises à des pressions presque partout où elles sont présentes – par exemple, pour créer des bassins à crevettes et des champs de riz et pour des usages en amont comme les plantations de palmiers à huile et l'expansion urbaine, cette dernière représentant aujourd'hui dans certaines régions une sérieuse menace. Dans certains pays, les mangroves sont considérées comme des terres incultes et ne font pas partie du domaine forestier national, et ne sont par conséquent pas protégées par la législation forestière. Dans d'autres pays, les mangroves relèvent de la juridiction des départements forestiers qui se concentrent trop sur leurs ressources ligneuses au détriment d'autres produits et services écosystémiques.

La destruction massive et permanente des mangroves est seulement partiellement compensée par les efforts de restauration et de reforestation. En outre, l'élévation du niveau de la mer menace jusqu'à 25 pour cent des mangroves qui subsistent [2]. En temps normal, les mangroves s'adaptent à l'élévation du niveau de la mer en retenant les sédiments ou en se retirant plus à l'intérieur des terres et sur les

pentés. Mais aujourd'hui, de nombreuses mangroves sont menacées par l'élévation du niveau de la mer, car les barrages fluviaux et le détournement des rivières par des canaux bloquent leurs sources de sédiments, ou encore car leur migration vers les terres intérieures est empêchée par un relief escarpé ou par les infrastructures humaines telles que routes et digues.

[2] Alongi (2008).

Usages par l'homme

Les hommes utilisent les mangroves pour de nombreuses raisons. Par exemple, elles sont une source directe d'alimentation en coquillages, homards, crabes et organismes vivant dans les arbres et à la surface ou en-dessous de l'eau. Les arbres des mangroves sont coupés pour le bois de feu, le charbon et la construction de pontons et de maisons et sont aussi utilisés comme substrat pour l'élevage d'huîtres. Les feuilles de certaines espèces sont utilisées comme fourrage pour les chèvres et les moutons tandis que certaines zones servent pour le pâturage saisonnier des chameaux et d'autres animaux d'élevage. Les palmiers présents dans les mangroves sont parfois exploités pour la production d'alcool et leurs feuilles sont utilisées comme source de fibres et pour couvrir les maisons. Les avantages indirects des mangroves sont également très divers – par exemple, elles protègent les zones littorales des ouragans et des surcotes, servent de frayères pour les poissons osseux et retiennent les sédiments. À l'échelle mondiale, la valeur économique totale pour la seule production de crevettes, crabes et mollusques issus des mangroves est estimée à plus de 4 milliards d'USD par an [3].

[3] Ellison (2008).

Gestion polyvalente

Si la richesse des mangroves en matière de biodiversité est bien connue et que des approches intégrées en matière de gestion et de restauration sont reconnues comme de plus en plus nécessaires, de nombreuses politiques de gestion des mangroves continuent à mettre l'accent sur la récolte du bois pour le charbon, pour le matériel de construction et comme matière première dans la confection de la viscose. Dans la plupart des cas, néanmoins, les avantages directs et indirects cumulés des écosystèmes d'une mangrove intacte sont bien plus importants que les bénéfices financiers issus de la récolte du bois.

Des progrès ont été accomplis dans certaines régions pour gérer de manière durable les forêts de mangrove. Les rendements issus du bois diminuant après des récoltes répétées en coupe rase suggèrent néanmoins de porter davantage d'attention aux effets de la récolte du bois des mangroves sur les sols et les organismes du sol.

Carbone

La protection, la restauration et la gestion durable des mangroves peuvent contribuer à l'atténuation du changement climatique mondial. Les forêts de mangrove intactes stockent des quantités notables de carbone dans les arbres et leur sol et les mangroves qui se régénèrent sont capables de séquestrer rapidement le carbone.

Boucliers biologiques côtiers

Les mangroves contribuent énormément à la protection des côtes contre le vent, les vagues et les embruns salés; cette fonction protectrice est apparue évidente, par exemple, lors du tsunami de 2004 dans l'Océan indien, du passage du typhon Haiyan dans le Pacifique et des surcotes provoquées par les différents ouragans de l'Atlantique. L'effet tampon des forêts de mangrove varie selon leur étendue et selon la hauteur et la densité des arbres, la topographie environnante et la bathymétrie et la nature des vagues.

Les difficultés de la restauration

Les efforts effectués pour la réhabilitation des mangroves sont souvent entravés par la mauvaise adéquation des espèces sélectionnées avec les conditions hydrologiques, la prédation des propagules, la mauvaise condition des sols (par exemple, des sols acides riches en sulfates, qui peuvent se développer suite à un drainage), les adventices, une focalisation excessive sur les arbres au détriment d'autres organismes, et les coûts, qui peuvent aller de quelques centaines de dollars par hectare à plus de 100 000 dollars par hectare. Néanmoins les coûts doivent être mesurés en regard des nombreux bénéfices apportés par des écosystèmes fonctionnels à un large éventail de parties prenantes.

Information

La disponibilité des connaissances sur la gestion et la restauration des mangroves s'accroît, tout comme l'expérience et la reconnaissance de l'importance de ces écosystèmes fondamentaux. Il reste néanmoins à exploiter des quantités énormes de connaissances locales et traditionnelles.

La gestion et la restauration des mangroves contribue aux ODD:

2 FAIM
«ZÉRO»



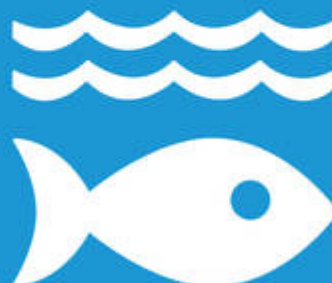
6 EAU PROPRE ET
ASSAINISSEMENT



13 MESURES RELATIVES
À LA LUTTE CONTRE
LES CHANGEMENTS
CLIMATIQUES



14 VIE
AQUATIQUE





Modules associés

- [Gestion des produits forestiers non ligneux](#)
- [Le changement climatique: adaptation et atténuation](#)
- Les forêts et l'eau
- [Réponses forestières aux catastrophes](#)
- [Restauration des forêts et des paysages](#)
- [Sylviculture dans les forêts naturelles](#)

Les mangroves sont des écosystèmes dominés par des arbres ou des arbustes à feuilles persistantes et tolérants au sel qui se situent dans des zones influencées par la marée le long de côtes abritées par des climats tropical, subtropical et doux et tempéré. Dans les 123 pays où elles sont présentes, les mangroves couvrent une surface estimée à 150 000 km² (15 millions d'hectares)[1]. Leurs structures, leur composition en espèces et leurs caractéristiques écologiques peuvent être très différentes, tout comme la manière dont elles sont utilisées ou valorisées par les êtres humains.

Les mangroves offrent un habitat aux crustacés et aux mollusques comestibles, des zones d'alevinage et d'alimentation pour les poissons et les crevettes, et des habitats pour les oiseaux et la faune sauvage. Les feuilles mortes et autres débris qui sont produits et lessivés par les forêts de mangrove sont une source d'alimentation pour les animaux tels que crabes, palourdes, huîtres et autres types de coquillages et pour les poissons osseux qui, ensemble, nourrissent des millions de personnes.

Les types de mangroves diffèrent en fonction de la salinité, de la profondeur et du débit de l'eau qui les façonne et les nourrit. Les substrats sur lesquels ils se développent (et sur lesquels ils influent en retour) sont également très variés, allant des débris de coraux à des argiles et des limons profonds enrichis d'abondante matière organique.

[1] Spalding, Kainuma and Collins (2010).

La dégradation et la destruction des écosystèmes

Les hommes convertissent les mangroves depuis plus de 500 ans. Aujourd'hui, les mangroves sont soumises à des pressions presque partout où elles sont présentes – par exemple, pour créer des bassins à crevettes et des champs de riz et pour des usages en amont comme les plantations de palmiers à huile et l'expansion urbaine, cette dernière représentant aujourd'hui dans certaines régions une sérieuse menace. Dans certains pays, les mangroves sont considérées comme des terres incultes et ne font pas partie du domaine forestier national, et ne sont par conséquent pas protégées par la législation forestière. Dans d'autres pays, les mangroves relèvent de la juridiction des départements forestiers qui se concentrent trop sur leurs ressources ligneuses au détriment d'autres produits et services écosystémiques.

La destruction massive et permanente des mangroves est seulement partiellement compensée par les efforts de restauration et de reforestation. En outre, l'élévation du niveau de la mer menace jusqu'à 25 pour cent des mangroves qui subsistent [2]. En temps normal, les mangroves s'adaptent à l'élévation du niveau de la mer en retenant les sédiments ou en se retirant plus à l'intérieur des terres et sur les pentes. Mais aujourd'hui, de nombreuses mangroves sont menacées par l'élévation du niveau de la mer, car les barrages fluviaux et le détournement des rivières par des canaux bloquent leurs sources de sédiments, ou encore car leur migration vers les terres intérieures est empêchée par un relief escarpé ou par les infrastructures humaines telles que routes et digues.

[2] Alongi (2008).

Usages par l'homme

Les hommes utilisent les mangroves pour de nombreuses raisons. Par exemple, elles sont une source directe d'alimentation en coquillages, homards, crabes et organismes vivant dans les arbres et à la surface ou en-dessous de l'eau. Les arbres des mangroves sont coupés pour le bois de feu, le charbon et la construction de pontons et de maisons et sont aussi utilisés comme substrat pour l'élevage d'huîtres. Les feuilles de certaines espèces sont utilisées comme fourrage pour les chèvres et les moutons tandis que certaines zones servent pour le pâturage saisonnier des chameaux et d'autres animaux d'élevage. Les palmiers présents dans les mangroves sont parfois exploités pour la production d'alcool et leurs feuilles sont utilisées comme source de fibres et pour couvrir les maisons. Les avantages indirects des mangroves sont également très divers – par exemple, elles protègent les zones littorales des ouragans et des surcotes, servent de frayères pour les poissons osseux et retiennent les sédiments. À l'échelle mondiale, la valeur économique totale pour la seule production de crevettes, crabes et mollusques issus des mangroves est estimée à plus de 4 milliards d'USD par an [3].

[3] Ellison (2008).

Gestion polyvalente

Si la richesse des mangroves en matière de biodiversité est bien connue et que des approches intégrées en matière de gestion et de restauration sont reconnues comme de plus en plus nécessaires, de nombreuses politiques de gestion des mangroves continuent à mettre l'accent sur la récolte du bois pour le charbon, pour le matériel de construction et comme matière première dans la confection de la viscosité. Dans la plupart des cas, néanmoins, les avantages directs et indirects cumulés des écosystèmes d'une mangrove intacte sont bien plus importants que les bénéfices financiers issus de la récolte du bois.

Des progrès ont été accomplis dans certaines régions pour gérer de manière durable les forêts de mangrove. Les rendements issus du bois diminuant après des récoltes répétées en coupe rase suggèrent néanmoins de porter davantage d'attention aux effets de la récolte du bois des mangroves sur les sols et les organismes du sol.

Carbone

La protection, la restauration et la gestion durable des mangroves peuvent contribuer à l'atténuation du changement climatique mondial. Les forêts de mangrove intactes stockent des quantités notables de carbone dans les arbres et leur sol et les mangroves qui se régénèrent sont capables de séquestrer rapidement le carbone.

Boucliers biologiques côtiers

Les mangroves contribuent énormément à la protection des côtes contre le vent, les vagues et les embruns salés; cette fonction protectrice est apparue évidente, par exemple, lors du tsunami de 2004 dans l'Océan indien, du passage du typhon Haiyan dans le Pacifique et des surcotes provoquées par les différents ouragans de l'Atlantique. L'effet tampon des forêts de mangrove varie selon leur étendue et selon la hauteur et la densité des arbres, la topographie environnante et la bathymétrie et la nature des vagues.

Les difficultés de la restauration

Les efforts effectués pour la réhabilitation des mangroves sont souvent entravés par la mauvaise adéquation des espèces sélectionnées avec les conditions hydrologiques, la prédation des propagules, la mauvaise condition des sols (par exemple, des sols acides riches en sulfates, qui peuvent se développer suite à un drainage), les adventices, une focalisation excessive sur les arbres au détriment d'autres organismes, et les coûts, qui peuvent aller de quelques centaines de dollars par hectare à plus de 100 000 dollars par hectare. Néanmoins les coûts doivent être mesurés en regard des nombreux bénéfices apportés par des écosystèmes fonctionnels à un large éventail de parties prenantes.

Information

La disponibilité des connaissances sur la gestion et la restauration des mangroves s'accroît, tout comme l'expérience et la reconnaissance

de l'importance de ces écosystèmes fondamentaux. Il reste néanmoins à exploiter des quantités énormes de connaissances locales et traditionnelles.

La gestion et la restauration des mangroves contribue aux ODD:



15 VIE
TERRESTRE



In more depth

Les types d'écosystèmes

Il est difficile de généraliser sur les mangroves en raison des nombreuses conditions géomorphologiques et hydrologiques dans lesquelles elles se développent et des différents antécédents liés aux perturbations naturelles ou humaines. Lorsque les mangroves se développent sur les plaines inondables de rivières riches en sédiments, elles ont tendance à s'étendre et à être productives. À l'opposé, certaines mangroves se développent sur des débris de coraux, où les vagues lessivent continuellement les sédiments fins. Les mangroves peuvent être caractérisées selon qu'elles sont dominées par l'espèce *Avicennia* ou par des espèces de la famille des Rhizophoracées (*Rhizophora* sous les tropiques américains et *Rhizophora*, *Bruguiera* et *Ceriops* sous les tropiques asiatiques, par exemple). Plusieurs systèmes de classification des mangroves existent, qui offrent un éclairage utile pour leur gestion et leur restauration.

Les types d'écosystèmes

Il est difficile de généraliser sur les mangroves en raison des nombreuses conditions géomorphologiques et hydrologiques dans lesquelles elles se développent et des différents antécédents liés aux perturbations naturelles ou humaines. Lorsque les mangroves se développent sur les plaines inondables de rivières riches en sédiments, elles ont tendance à s'étendre et à être productives. À l'opposé, certaines mangroves se développent sur des débris de coraux, où les vagues lessivent continuellement les sédiments fins. Les mangroves peuvent être caractérisées selon qu'elles sont dominées par l'espèce *Avicennia* ou par des espèces de la famille des Rhizophoracées (*Rhizophora* sous les tropiques américains et *Rhizophora*, *Bruguiera* et *Ceriops* sous les tropiques asiatiques, par exemple). Plusieurs systèmes de classification des mangroves existent, qui offrent un éclairage utile pour leur gestion et leur restauration.

Perte des écosystèmes

Le taux de perte des mangroves a baissé ces dix dernières années d'environ deux pour cent par année, bien que ce taux soit bien plus élevé dans certains pays, notamment en Asie [4]. Le taux mondial moyen de perte reste alarmant, malgré des améliorations dans certains pays grâce à la restauration.

Les mangroves sont détruites principalement par l'élevage de crevettes (l'aquaculture) ou sont aménagées pour fournir un espace aux établissements humains, à l'agriculture et aux infrastructures, comme les aéroports. Les mangroves sont converties à l'agriculture à un taux à peine plus bas qu'elles ne l'étaient il y a dix ans – malgré l'évidence frappante de la viabilité financière généralement faible de cette utilisation des terres. Les propositions de conversion des mangroves à d'autres fins devraient être étudiées avec attention et le défrichement illégal doit être empêché et dûment pénalisé. Des bassins d'aquaculture abandonnés, courants en de nombreux endroits des tropiques, sont souvent aptes à une restauration, mais les efforts en la matière peuvent être contrariés car les sols se sont dégradés et le débit d'eau bloqué. Éviter le défrichement des forêts de mangrove pour quelque usage que ce soit est préférable à une ultérieure réhabilitation coûteuse. Les mangroves sont également dégradées par l'exploitation excessive des ressources, dont l'étendue, moins bien mesurée, est sans doute importante.

[4] Bankespoor, Dasgupt et Lange (2016).

Gestion polyvalente

Des populations diverses vivent sur les zones côtières - des communautés pauvres et géographiquement isolées aux citoyens aisés -, et tout aussi variées sont les valeurs attribuées aux mangroves et à leur territoire marin et rural. Si la récolte de bois est importante à la fois pour la subsistance et les revenus, la plupart des populations qui dépendent des mangroves tirent leurs revenus de la pêche et des activités qui y sont liées. Certaines des espèces de poissons importantes à la pêche commerciale, la pêche de subsistance ou la pêche sportive passent la plupart de leur vie dans les mangroves, et bien d'autres utilisent les mangroves au stade larvaire ou juvénile.

Les populations locales pêchent différents crustacés et mollusques qui vivent dans les sols de mangrove pour leur subsistance et la vente. Même des pêcheries apparemment éloignées des mangroves (par exemple, celles qui se basent sur des espèces caractéristiques des récifs coralliens et des herbiers marins) bénéficient d'une meilleure qualité d'eau fournie par la rétention des sédiments dans des mangroves saines. Il a été abondamment démontré que les systèmes intégrés de foresterie-pêche-aquaculture constituent des alternatives viables économiquement et respectueuses de l'environnement plutôt que les récoltes en coupe rase des forêts de mangrove pour l'aquaculture. Pour justifier les efforts pour protéger et restaurer les mangroves et les utiliser de manière durable, il faut prendre en considération tout l'éventail des biens et des services écosystémiques qu'elles procurent aux bénéficiaires, qui vont des utilisateurs de subsistance aux adeptes de l'écotourisme.

Un rôle de bouclier biologique

Dans la mesure où environ un tiers de la population mondiale vit dans des régions côtières, la protection qu'offrent les mangroves contre les surcotes, les tsunamis et les vents violents est fondamentale et ce d'autant plus que les prévisions indiquent une augmentation de leur intensité en raison du changement climatique, cumulée avec l'élévation du niveau de la mer. Le rôle bénéfique de bouclier biologique qu'offrent les mangroves peut être considérable; ces avantages varient en fonction de l'étendue de la forêt, de la densité et de la hauteur de ses arbres et de la topographie, de la bathymétrie et des caractéristiques des vagues et du vent. En comparaison avec les méthodes d'ingénierie lourde qui sont couramment employées pour la protection côtière des communautés, comme l'installation de brise-lames et de digues immergés, préserver et restaurer les mangroves est en général bien plus économique et pérenne; en outre, des mangroves saines apportent bien plus de biens et services écosystémiques que ces infrastructures lourdes.

Le coût de restauration des mangroves pour servir à des fins de bouclier biologique contre les vagues est de deux à six fois inférieur au coût d'installation de digues immergées, qui est une pratique courante [5]. Protéger des mangroves encore intactes de la déforestation et de la dégradation est même une approche encore plus économique pour la protection des zones côtières de basse altitude, où les installations humaines augmentent souvent rapidement. La fonction de protection des zones côtières des mangroves augmente avec l'élévation du niveau de la mer, qui ne menace cependant qu'environ un quart de toutes les mangroves [6]. Certaines mangroves pourraient être privées de sédiments à cause de l'élévation du niveau de la mer et certaines peuvent être empêchées de «migrer» vers un terrain plus approprié par la topographie locale ou les infrastructures humaines.

[5] Narayan *et al.* (2016)

[6] Alongi (2008)

Bilan carbone

Les mangroves comptent parmi les écosystèmes les plus productifs au monde et contiennent d'énormes quantités de carbone dans leur biomasse et dans leurs sols – estimées à 1 028 MgCO_{2-e} par hectare (à une profondeur de un mètre dans le sol). Ce stockage du carbone, tout comme le rapide taux d'absorption du carbone par les arbres de la mangrove, devrait être pris en compte lors des décisions sur la protection, l'exploitation et la gestion des mangroves. Les émissions de carbone dues au degré élevé de destruction des mangroves sont estimées à 0,25 PgCO₂ par an, nombre supérieur aux émissions annuelles totales de l'Espagne. Le coût économique marginal au niveau mondial des dommages environnementaux a été estimé à 41 USD par MgCO₂ émis dans l'atmosphère. Ainsi, mettre un terme à la destruction des mangroves permettrait d'économiser environ 9,8 milliards d'USD par an dans le monde.

Traitement des eaux usées

La capacité des mangroves à retenir les sédiments et absorber les nutriments les rend adaptées au traitement organique des eaux usées, bien qu'elles accumulent dans leur organisme des métaux lourds pouvant endommager les tissus et entraîner des perturbations dans la chaîne alimentaire. Les effluents issus des bassins d'élevage intensif de crevettes peuvent être traités de manière efficace par les mangroves; on estime cependant que de 2 à 22 hectares de forêt de mangrove sont nécessaires pour filtrer organiquement les déchets générés par un hectare de bassins d'élevage de crevettes [7].

[7] Walters *et al.* (2008)

Planification participative pour une gestion durable des mangroves

Les nombreuses utilisations des mangroves – qui vont du tourisme à la pêche sportive, à la protection contre l'érosion du littoral ou contre les dégâts provoqués par les tempêtes et à l'exploitation commerciale des ressources en bois et en poisson – indiquent que le zonage peut être une approche efficace de gestion des écosystèmes à l'échelle du territoire. Le succès d'une telle approche demande la participation de la totalité des parties prenantes et leur adhésion au principe du consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause, de manière à ce que la gestion ne désavantage pas les populations marginalisées. Un autre avantage d'une approche ouverte à tous est que les utilisateurs des mangroves détiennent un grand savoir local et traditionnel qui, associé à la recherche scientifique, peut contribuer à la restauration et à la gestion des mangroves. Les zones tampons des forêts protégées sont particulièrement importantes le long des cours d'eau et dans les zones susceptibles d'être touchées par des tempêtes, l'érosion et la sécheresse. Les mangroves situées à proximité de zones d'habitats densément peuplées doivent être réservées à des activités pédagogiques et de loisir (et pour apporter des services écosystémiques et assurer des fonctions de protection), tout comme les mangroves relativement intactes.

Restauration

Les interventions de restauration des mangroves se classent selon leur intensité. Dans les cas les plus simples, l'arrêt de l'abattage du bois et d'autres pressions dans une forêt de mangrove peut leur permettre de se régénérer naturellement; à l'autre extrémité, plus intense, les

efforts de restauration peuvent avoir recours à une reconfiguration hydrologique du débit d'eau et des dépôts de sédiments, suivie par la plantation manuelle de jeunes plants élevés en pépinière. Le coût des interventions est très varié, allant d'environ 200 USD par hectare à plus de 200 000 USD par hectare.

L'échec des projets de restauration des mangroves est principalement dû à une mauvaise adéquation des espèces sélectionnées avec les conditions hydrologiques (par exemple, la fréquence et la profondeur des inondations par les marées). Il est primordial que les interventions éventuelles de restauration soient évaluées en détail avant leur mise en œuvre; les évaluations peuvent tenir compte des éléments végétaux (par exemple, la densité des arbres et la sélection des espèces), du développement de la faune, de la fonction de l'écosystème (la séquestration du carbone, par exemple) et des possibilités pour leur utilisation durable. Les crabes et les mollusques herbivores sont dans l'ensemble sensibles à la dégradation des écosystèmes et sont donc de bons indicateurs de succès d'une restauration. De nombreux problèmes peuvent être évités en engageant les services des populations locales dans toutes les phases de la gestion des mangroves: leur savoir et leur expérience peuvent considérablement contribuer au succès des interventions.

Par le passé, la restauration des mangroves avait en général pour objectifs la production de bois et la stabilisation du littoral, mais aujourd'hui, des approches intégrées qui encouragent des usages multiples pour des utilisateurs multiples sont défendues et mises à l'essai. On sait très bien comment planter et cultiver des forêts de mangrove, mais des erreurs coûteuses surviennent encore lorsque les directeurs de projets échouent à apprendre des expériences précédentes. En outre, une focalisation excessive sur la croissance des arbres peut conduire à la seule plantation d'arbres plutôt qu'à des écosystèmes fonctionnels capables d'offrir des habitats aux crabes, mollusques, poissons et autres organismes, dont de nombreuses populations locales dépendent. Par chance, même les monocultures d'arbres plantés se développent dernièrement en écosystèmes relativement divers lorsque sont évitées les coupes rases et autres formes intensives d'abattage du bois.

Pratiques sylvicoles

La coupe rase des forêts de mangrove pour le charbon et les autres produits forestiers se poursuit, souvent avec l'aval des gouvernements, car elle est plus rentable financièrement pour les exploitants que les systèmes de coupes sélectives ou progressives. Les dommages environnementaux provoqués par les coupes rases peuvent être réduits en laissant des bandes d'arbres de rétention le long des cours d'eau, en limitant les coupes rases à de petites parcelles et en replantant les zones qui n'arrivent pas à se régénérer naturellement. Même dans les zones les mieux gérées, les rendements – issus du bois et des mollusques et crustacés comestibles – diminuent à chaque coupe rase successive, de même que la biodiversité. En outre, les canaux souvent creusés pour faciliter l'extraction du bois peuvent avoir des répercussions hydrologiques sur le long terme. Avant d'approuver une coupe rase, les autorités doivent tenir compte des autres options en sylviculture et du large éventail des services écosystémiques qu'apportent les mangroves.

Planter des arbres dans les mangroves

Lorsqu'une mangrove a peu de chance de se régénérer de manière naturelle après un abattage en raison d'un manque de semences locales ou d'autres propagules, des interventions peuvent être nécessaires pour remettre la forêt en état. Plusieurs options, différentes selon leurs coûts et leurs chances de réussite, sont possibles. Si les espèces prioritaires proviennent de la famille des Rhizophoracées, qui produisent des propagules allongées et flottantes, une des options est de collecter ces propagules dans les zones voisines et de les insérer dans les sédiments; c'est une technique souvent efficace lorsque les conditions hydrologiques (c'est-à-dire la profondeur des inondations par marées et la densité du débit d'eau) sont favorables et lorsque les jeunes plants ne sont pas endommagés par les débris forestiers qui peuvent se déplacer autour par la marée. Si la saison où les propagules sont disponibles est plus courte que la saison de plantation, les propagules peuvent être plantées en sacs ou en tubes, cultivées en pépinière et transplantées au moment opportun. Les pépinières sont souvent utilisées dans la restauration des mangroves, notamment pour les espèces dont les jeunes plants sont petits et cryptovivipares (par exemple, *Avicennia* spp.) et les espèces propagées par la semence (par exemple, *Sonneratia* spp.). Lorsqu'ils ont été transplantés correctement, les jeunes plants poussent bien et peuvent atteindre des taux de survie élevés; néanmoins, le coût de cette approche peut être élevé, les opérations de pépinière pouvant être onéreuses et les travailleurs ne pouvant transporter plus de quelques plants à la fois.

Adventices, parasites et espèces exotiques

Dans certains endroits, les efforts effectués dans la gestion et la restauration des mangroves peuvent être entravés par la présence d'adventices indigènes ou d'espèces exotiques invasives qui ont été introduites par accident ou délibérément à des fins aquacoles ou sylvicoles. La fougère géante des mangroves (*Acrostichum* spp.), par exemple, peut proliférer dans les zones déboisées et concurrencer les arbres des mangroves plantés ou régénérés naturellement. Le palmier des mangroves, *Nypa fruticans*, originaire d'Asie du Sud-Est, où il est très utilisé par les populations locales, est un envahisseur agressif en Afrique occidentale, où ses usages sont moins appréciés. De la même manière, l'introduction d'espèces de poisson non indigènes comme le tilapia africain a causé des problèmes dans les mangroves en Asie et en Amérique du Sud.

Régimes fonciers

Les mangroves sont souvent sujettes à une ambiguïté juridictionnelle, du fait de leur présence aux marges des terres et de la mer et qu'elles produisent à la fois des ressources terrestres et marines. Le chevauchement des responsabilités peut mener à une mauvaise gestion, à des conflits de gestion et au mépris des fonctions écosystémiques et des besoins de certaines parties prenantes. La tendance historique à placer les mangroves sous la juridiction des départements forestiers (qui sont susceptibles de favoriser indûment la production de bois) est en train de changer et il existe dorénavant une meilleure collaboration entre les institutions et davantage d'efforts sont fournis pour inclure les parties prenantes locales dans les processus de décision. Par le passé, de nombreux projets de développement des mangroves ont vu le jour malgré les protestations des utilisateurs traditionnels, dont les revendications selon des pratiques coutumières n'étaient pas reconnues par l'État. De nombreux pays prennent aujourd'hui des mesures pour tenir compte de ces revendications coutumières.

Disponibilité des connaissances

L'accès aux informations concernant l'écologie et la gestion des mangroves s'accroît, suite aux services fournis par le Système mondial de base de données et d'information sur les mangroves (GLOMIS), créé et maintenu par le secrétariat de la Société internationale des écosystèmes de mangrove (ISME) au Japon avec l'appui de centres régionaux situés au Brésil, aux Fidji, au Ghana et en Inde. L'initiative [Mangroves for the Future](#) joue un rôle de centre d'échange de l'information sur les mangroves. Le portail «[Tropical Coastal Ecosystems Portal](#)» est une excellente source de cartes sur les mangroves et de listes et descriptions d'espèces. La disponibilité croissante des données obtenues par les images satellites à haute résolution (Landsat et SPOT, par exemple), les radars à synthèse d'ouverture et les lasers pénétrant la canopée (par exemple, les systèmes aéroportés LiDAR) facilite le suivi de la restauration et de la protection des mangroves.

Perte des écosystèmes

Le taux de perte des mangroves a baissé ces dix dernières années d'environ deux pour cent par année, bien que ce taux soit bien plus élevé dans certains pays, notamment en Asie [4]. Le taux mondial moyen de perte reste alarmant, malgré des améliorations dans certains pays grâce à la restauration.

Les mangroves sont détruites principalement par l'élevage de crevettes (l'aquaculture) ou sont aménagées pour fournir un espace aux établissements humains, à l'agriculture et aux infrastructures, comme les aéroports. Les mangroves sont converties à l'agriculture à un taux à peine plus bas qu'elles ne l'étaient il y a dix ans – malgré l'évidence frappante de la viabilité financière généralement faible de cette utilisation des terres. Les propositions de conversion des mangroves à d'autres fins devraient être étudiées avec attention et le défrichage illégal doit être empêché et dûment pénalisé. Des bassins d'aquaculture abandonnés, courants en de nombreux endroits des tropiques, sont souvent aptes à une restauration, mais les efforts en la matière peuvent être contrariés car les sols se sont dégradés et le débit d'eau bloqué. Éviter le défrichage des forêts de mangrove pour quelque usage que ce soit est préférable à une ultérieure réhabilitation coûteuse. Les mangroves sont également dégradées par l'exploitation excessive des ressources, dont l'étendue, moins bien mesurée, est sans doute importante.

[4] Bankespoor, Dasgupt et Lange (2016).

Gestion polyvalente

Des populations diverses vivent sur les zones côtières - des communautés pauvres et géographiquement isolées aux citadins aisés -, et tout aussi variées sont les valeurs attribuées aux mangroves et à leur territoire marin et rural. Si la récolte de bois est importante à la fois pour la subsistance et les revenus, la plupart des populations qui dépendent des mangroves tirent leurs revenus de la pêche et des activités qui y sont liées. Certaines des espèces de poisson importantes à la pêche commerciale, la pêche de subsistance ou la pêche sportive passent la plupart de leur vie dans les mangroves, et bien d'autres utilisent les mangroves au stade larvaire ou juvénile.

Les populations locales pêchent différents crustacés et mollusques qui vivent dans les sols de mangrove pour leur subsistance et la vente. Même des pêcheries apparemment éloignées des mangroves (par exemple, celles qui se basent sur des espèces caractéristiques des récifs coralliens et des herbiers marins) bénéficient d'une meilleure qualité d'eau fournie par la rétention des sédiments dans des mangroves saines. Il a été abondamment démontré que les systèmes intégrés de foresterie-pêche-aquaculture constituent des alternatives viables économiquement et respectueuses de l'environnement plutôt que les récoltes en coupe rase des forêts de mangrove pour l'aquaculture. Pour justifier les efforts pour protéger et restaurer les mangroves et les utiliser de manière durable, il faut prendre en considération tout l'éventail des biens et des services écosystémiques qu'elles procurent aux bénéficiaires, qui vont des utilisateurs de subsistance aux adeptes de l'écotourisme.

Un rôle de bouclier biologique

Dans la mesure où environ un tiers de la population mondiale vit dans des régions côtières, la protection qu'offrent les mangroves contre les surcotes, les tsunamis et les vents violents est fondamentale et ce d'autant plus que les prévisions indiquent une augmentation de leur intensité en raison du changement climatique, cumulée avec l'élévation du niveau de la mer. Le rôle bénéfique de bouclier biologique qu'offrent les mangroves peut être considérable; ces avantages varient en fonction de l'étendue de la forêt, de la densité et de la hauteur de ses arbres et de la topographie, de la bathymétrie et des caractéristiques des vagues et du vent. En comparaison avec les méthodes d'ingénierie lourde qui sont couramment employées pour la protection côtière des communautés, comme l'installation de brise-lames et de digues immergés, préserver et restaurer les mangroves est en général bien plus économique et pérenne; en outre, des mangroves saines apportent bien plus de biens et services écosystémiques que ces infrastructures lourdes.

Le coût de restauration des mangroves pour servir à des fins de bouclier biologique contre les vagues est de deux à six fois inférieur au coût d'installation de digues immergées, qui est une pratique courante [5]. Protéger des mangroves encore intactes de la déforestation et de la dégradation est même une approche encore plus économique pour la protection des zones côtières de basse altitude, où les installations humaines augmentent souvent rapidement. La fonction de protection des zones côtières des mangroves augmente avec l'élévation du niveau de la mer, qui ne menace cependant qu'environ un quart de toutes les mangroves [6]. Certaines mangroves pourraient être privées de sédiments à cause de l'élévation du niveau de la mer et certaines peuvent être empêchées de «migrer» vers un terrain plus approprié par la topographie locale ou les infrastructures humaines.

[5] Narayan *et al.* (2016)

[6] Alongi (2008)

Bilan carbone

Les mangroves comptent parmi les écosystèmes les plus productifs au monde et contiennent d'énormes quantités de carbone dans leur biomasse et dans leurs sols – estimées à 1 028 MgCO_{2-e} par hectare (à une profondeur de un mètre dans le sol). Ce stockage du carbone, tout comme le rapide taux d'absorption du carbone par les arbres de la mangrove, devrait être pris en compte lors des décisions sur la protection, l'exploitation et la gestion des mangroves. Les émissions de carbone dues au degré élevé de destruction des mangroves sont estimées à 0,25 PgCO₂ par an, nombre supérieur aux émissions annuelles totales de l'Espagne. Le coût économique marginal au niveau mondial des dommages environnementaux a été estimé à 41 USD par MgCO₂ émis dans l'atmosphère. Ainsi, mettre un terme à la destruction des mangroves permettrait d'économiser environ 9,8 milliards d'USD par an dans le monde.

Traitement des eaux usées

La capacité des mangroves à retenir les sédiments et absorber les nutriments les rend adaptées au traitement organique des eaux usées, bien qu'elles accumulent dans leur organisme des métaux lourds pouvant endommager les tissus et entraîner des perturbations dans la chaîne alimentaire. Les effluents issus des bassins d'élevage intensif de crevettes peuvent être traités de manière efficace par les mangroves; on estime cependant que de 2 à 22 hectares de forêt de mangrove sont nécessaires pour filtrer organiquement les déchets générés par un hectare de bassins d'élevage de crevettes [7].

[7] Walters *et al.* (2008)

Planification participative pour une gestion durable des mangroves

Les nombreuses utilisations des mangroves – qui vont du tourisme à la pêche sportive, à la protection contre l'érosion du littoral ou contre les dégâts provoqués par les tempêtes et à l'exploitation commerciale des ressources en bois et en poisson – indiquent que le zonage peut être une approche efficace de gestion des écosystèmes à l'échelle du territoire. Le succès d'une telle approche demande la participation de la totalité des parties prenantes et leur adhésion au principe du consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause, de manière à ce que la gestion ne désavantage pas les populations marginalisées. Un autre avantage d'une approche ouverte à tous est que les utilisateurs des mangroves détiennent un grand savoir local et traditionnel qui, associé à la recherche scientifique, peut contribuer à la restauration et à la gestion des mangroves. Les zones tampons des forêts protégées sont particulièrement importantes le long des cours d'eau et dans les zones susceptibles d'être touchées par des tempêtes, l'érosion et la sécheresse. Les mangroves situées à proximité de zones d'habitats densément peuplées doivent être réservées à des activités pédagogiques et de loisir (et pour apporter des services écosystémiques et assurer des fonctions de protection), tout comme les mangroves relativement intactes.

Restauration

Les interventions de restauration des mangroves se classent selon leur intensité. Dans les cas les plus simples, l'arrêt de l'abattage du bois et d'autres pressions dans une forêt de mangrove peut leur permettre de se régénérer naturellement; à l'autre extrémité, plus intense, les

efforts de restauration peuvent avoir recours à une reconfiguration hydrologique du débit d'eau et des dépôts de sédiments, suivie par la plantation manuelle de jeunes plants élevés en pépinière. Le coût des interventions est très varié, allant d'environ 200 USD par hectare à plus de 200 000 USD par hectare.

L'échec des projets de restauration des mangroves est principalement dû à une mauvaise adéquation des espèces sélectionnées avec les conditions hydrologiques (par exemple, la fréquence et la profondeur des inondations par les marées). Il est primordial que les interventions éventuelles de restauration soient évaluées en détail avant leur mise en œuvre; les évaluations peuvent tenir compte des éléments végétaux (par exemple, la densité des arbres et la sélection des espèces), du développement de la faune, de la fonction de l'écosystème (la séquestration du carbone, par exemple) et des possibilités pour leur utilisation durable. Les crabes et les mollusques herbivores sont dans l'ensemble sensibles à la dégradation des écosystèmes et sont donc de bons indicateurs de succès d'une restauration. De nombreux problèmes peuvent être évités en engageant les services des populations locales dans toutes les phases de la gestion des mangroves: leur savoir et leur expérience peuvent considérablement contribuer au succès des interventions.

Par le passé, la restauration des mangroves avait en général pour objectifs la production de bois et la stabilisation du littoral, mais aujourd'hui, des approches intégrées qui encouragent des usages multiples pour des utilisateurs multiples sont défendues et mises à l'essai. On sait très bien comment planter et cultiver des forêts de mangrove, mais des erreurs coûteuses surviennent encore lorsque les directeurs de projets échouent à apprendre des expériences précédentes. En outre, une focalisation excessive sur la croissance des arbres peut conduire à la seule plantation d'arbres plutôt qu'à des écosystèmes fonctionnels capables d'offrir des habitats aux crabes, mollusques, poissons et autres organismes, dont de nombreuses populations locales dépendent. Par chance, même les monocultures d'arbres plantés se développent dernièrement en écosystèmes relativement divers lorsque sont évitées les coupes rases et autres formes intensives d'abattage du bois.

Pratiques sylvicoles

La coupe rase des forêts de mangrove pour le charbon et les autres produits forestiers se poursuit, souvent avec l'aval des gouvernements, car elle est plus rentable financièrement pour les exploitants que les systèmes de coupes sélectives ou progressives. Les dommages environnementaux provoqués par les coupes rases peuvent être réduits en laissant des bandes d'arbres de rétention le long des cours d'eau, en limitant les coupes rases à de petites parcelles et en replantant les zones qui n'arrivent pas à se régénérer naturellement. Même dans les zones les mieux gérées, les rendements – issus du bois et des mollusques et crustacés comestibles – diminuent à chaque coupe rase successive, de même que la biodiversité. En outre, les canaux souvent creusés pour faciliter l'extraction du bois peuvent avoir des répercussions hydrologiques sur le long terme. Avant d'approuver une coupe rase, les autorités doivent tenir compte des autres options en sylviculture et du large éventail des services écosystémiques qu'apportent les mangroves.

Planter des arbres dans les mangroves

Lorsqu'une mangrove a peu de chance de se régénérer de manière naturelle après un abattage en raison d'un manque de semences locales ou d'autres propagules, des interventions peuvent être nécessaires pour remettre la forêt en état. Plusieurs options, différentes selon leurs coûts et leurs chances de réussite, sont possibles. Si les espèces prioritaires proviennent de la famille des Rhizophoracées, qui produisent des propagules allongées et flottantes, une des options est de collecter ces propagules dans les zones voisines et de les insérer dans les sédiments; c'est une technique souvent efficace lorsque les conditions hydrologiques (c'est-à-dire la profondeur des inondations par marées et la densité du débit d'eau) sont favorables et lorsque les jeunes plants ne sont pas endommagés par les débris forestiers qui peuvent se déplacer autour par la marée. Si la saison où les propagules sont disponibles est plus courte que la saison de plantation, les propagules peuvent être plantées en sacs ou en tubes, cultivées en pépinière et transplantées au moment opportun. Les pépinières sont souvent utilisées dans la restauration des mangroves, notamment pour les espèces dont les jeunes plants sont petits et cryptovivipares (par exemple, *Avicennia* spp.) et les espèces propagées par la semence (par exemple, *Sonneratia* spp.). Lorsqu'ils ont été transplantés correctement, les jeunes plants poussent bien et peuvent atteindre des taux de survie élevés; néanmoins, le coût de cette approche peut être élevé, les opérations de pépinière pouvant être onéreuses et les travailleurs ne pouvant transporter plus de quelques plants à la fois.

Adventices, parasites et espèces exotiques

Dans certains endroits, les efforts effectués dans la gestion et la restauration des mangroves peuvent être entravés par la présence d'adventices indigènes ou d'espèces exotiques invasives qui ont été introduites par accident ou délibérément à des fins aquacoles ou sylvicoles. La fougère géante des mangroves (*Acrostichum* spp.), par exemple, peut proliférer dans les zones déboisées et concurrencer les arbres des mangroves plantés ou régénérés naturellement. Le palmier des mangroves, *Nypa fruticans*, originaire d'Asie du Sud-Est, où il est très utilisé par les populations locales, est un envahisseur agressif en Afrique occidentale, où ses usages sont moins appréciés. De la même manière, l'introduction d'espèces de poisson non indigènes comme le tilapia africain a causé des problèmes dans les mangroves en Asie et en Amérique du Sud.

Régimes fonciers

Les mangroves sont souvent sujettes à une ambiguïté juridictionnelle, du fait de leur présence aux marges des terres et de la mer et qu'elles produisent à la fois des ressources terrestres et marines. Le chevauchement des responsabilités peut mener à une mauvaise gestion, à des conflits de gestion et au mépris des fonctions écosystémiques et des besoins de certaines parties prenantes. La tendance historique à placer les mangroves sous la juridiction des départements forestiers (qui sont susceptibles de favoriser indûment la production de bois) est en train de changer et il existe dorénavant une meilleure collaboration entre les institutions et davantage d'efforts sont fournis pour inclure les parties prenantes locales dans les processus de décision. Par le passé, de nombreux projets de développement des mangroves ont vu le jour malgré les protestations des utilisateurs traditionnels, dont les revendications selon des pratiques coutumières n'étaient pas reconnues par l'État. De nombreux pays prennent aujourd'hui des mesures pour tenir compte de ces revendications coutumières.

Disponibilité des connaissances

L'accès aux informations concernant l'écologie et la gestion des mangroves s'accroît, suite aux services fournis par le Système mondial de base de données et d'information sur les mangroves (GLOMIS), créé et maintenu par le secrétariat de la Société internationale des écosystèmes de mangrove (ISME) au Japon avec l'appui de centres régionaux situés au Brésil, aux Fidji, au Ghana et en Inde. L'initiative [Mangroves for the Future](#) joue un rôle de centre d'échange de l'information sur les mangroves. Le portail «[Tropical Coastal Ecosystems Portal](#)» est une excellente source de cartes sur les mangroves et de listes et descriptions d'espèces. La disponibilité croissante des données obtenues par les images satellites à haute résolution (Landsat et SPOT, par exemple), les radars à synthèse d'ouverture et les lasers pénétrant la canopée (par exemple, les systèmes aéroportés LiDAR) facilite le suivi de la restauration et de la protection des mangroves.

Further learning

- Ajonina, G., Kairo, G.J., Grimsditch, G., Sembres, T., Chuyong, G., Mibog, D.E., Nyambane, A. & FitzGerald, C. 2014. [Carbon pools and multiple benefits of mangroves in Central Africa: assessment for REDD+](#).
- Ajonina, G., Abdoulaye Ndiame, A. & Kairo, J. 2008. [Current status and conservation of mangroves in Africa: an overview](#). *World Rainforest Movement Bulletin*, 133.
- Alongi, D. 2008. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1–13.
- Blankespoor, B., Dasgupta, S. & Lange, G-M. 2016. [Mangroves as protection from storm surges in a changing climate](#). World Bank Policy Research Working Paper No. 7596.
- Bosire, J.O., Dahdough-Guebas, F., Walton, M., Crona, B.I., Lewis III, R.R., Field, C., Kairo, J.G. & Koedam, N. 2008. Functionality of restored mangroves: a review. *Aquatic Botany*, 89: 251–259.
- Ellison, A.M. 2000. Mangrove restoration: do we know enough? *Restoration Ecology*, 8: 219–229.
- Ellison, A.M. 2008. Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: moving beyond roving banditry. *Journal of Sea Research*, 59: 2–15.
- FAO. 2014. *The youth guide to the ocean*, edited by C. Hattam, T. Hooper, A. Gordes & R. Sessa. First edition. Rome.
- Faridah-Hanum, I., Latiff, A., Hakeem, K.R. & ?zturk, M., eds. 2014. *Mangrove ecosystems of Asia: status, challenges and management strategies*. New York, Springer-Verlag.
- Field, C.D. 1998. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Marine Pollution Bulletin*, 37: 383–392.
- Forbes, K. & Broadhead, J. 2006. [The role of coastal forests in the mitigation of tsunami impacts](#). RAP Publication 2007/1. Bangkok, FAO.
- Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M. & Scholten, L. 2006. [Mangrove guidebook for Southeast Asia](#). RAP Publication 2006/07.
- Gilman, E. & Ellison, J. 2007. Efficacy of alternative low-cost approaches to mangrove restoration, American Samoa. *Estuaries and Coasts*, 33(4): 641–651.
- Kauffman, J.B. & Donato, D.C. 2012. *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*. Working Paper No. 86. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Lewis, R.R. 2009. Methods and criteria for successful mangrove forest restoration. In M. Gerardo, E. Perillo, E. Wolanski, D.R. Cahoon & M.M. Brinson, eds. *Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach*. Elsevier.
- McGranahan, G., Balk, D. & Anderson, B. 2007. The rising tide: assessing the risks of climate change to human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, 19: 17–37.
- Narayan, S., Beck, S.M.W., Reguero, B.G., Losada, I.J., van Wesenbeeck, B., Pontee, N., Sanchirico, J.N., Ingram, J.C., Lange, G.M. & Burks-Copes, K.A. 2016. [The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences](#). *PLoS One*, 11: e0154735.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J.W., Kauffman, J.B., Marbà, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D. & Baldera, A. 2012. [Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems](#). *PLoS One*, 7(9): e43542.
- Saenger, P. 2002. *Mangrove ecology, silviculture and conservation*. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. 2010. *World atlas of mangroves*. London, Earthscan.
- Van Lavieren, H., Spalding, M., Alongi, D.M., Kainuma, M., Clüsener-Godt, M. & Adeel, Z. 2012. *Securing the future of mangroves*.

Policy brief. United Nations University.

Walters, B.B., Ronnback, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E. & Dahdouh-Guebas, F. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, 89: 220–236.

Credits

This module was developed with the kind collaboration of the following people and/or institutions:

Initiator(s): Francis 'Jack' Putz - University of Florida

Contributor(s): Ken Shono - FAORAP, George Chuyong - University of Buea, Cameroon and Serena Fortuna - FAO, Forestry Department

