Forest Restoration

Basic knowledge

Modules associés

- Aires protégées
- Approches et outils participatifs
- Gestion de la faune sauvage
- Gestion des forêts plantées
- Gestion des incendies de végétation
- Planification de l'utilisation des terres
- Ravageurs forestiers
- Sylviculture dans les forêts naturelles

Restauration des forêts contribue aux ODD:

Bienvenue dans le module de restauration forestière, destiné aux personnes impliquées dans les programmes de restauration forestière.

Le module fournit des informations de base et des informations plus détaillées sur la restauration des forêts, ainsi que des liens vers des outils clés et des études de cas d’activités efficaces de restauration des forêts.

Bienvenue dans le module de restauration forestière, destiné aux personnes impliquées dans les programmes de restauration forestière.

Le module fournit des informations de base et des informations plus détaillées sur la restauration des forêts, ainsi que des liens vers des outils clés et des études de cas d’activités efficaces de restauration des forêts.

La restauration des forêts a bénéficié de beaucoup d'attention de la part des scientifiques et des décideurs en raison de sa contribution

potentielle à l'atténuation des effets du changement climatique (Shukla *et al*., 2019). Des solutions climatiques naturelles sont susceptibles favoriser plus d'un tiers du captage du carbone atmosphérique nécessaire pour limiter les risques de changement climatique au-dessus de 1,5°C (Griscom *et al.*, 2017). Les forêts constituent l'une des solutions climatiques naturelles les plus importantes. La régénération des forêts a également des liens étroits avec la biodiversité étant donné que, pour régénérer des forêts stables qui fournissent de multiples services écosystémiques, il faut avoir une compréhension fonctionnelle de la biodiversité qui sous-tend les fonctions de l'écosystème (Aerts et Honnay, 2011). La restauration des forêts est donc incluse dans la conversation entourant les décisions et les cibles des Objectifs de développement durable, la Convention sur la diversité biologique, la Décennie de la restauration de l'écosystème de l'ONU , et le Défi de Bonn. La restauration des forêts suit les processus de dégradation des forêts et de déforestation, qui sont par contre abordés dans des modules séparés de la boîte à outils de la Gestion durable des forêts.

Le concept de régénération des forêts et du paysage est récemment devenu prioritaire. Ce dernier concerne la restauration non seulement du couvert forestier dans un site particulier, mais considère aussi le site dans le contexte du paysage comme un tout; il inclut toutes les utilisations du sol et les personnes qui s'y trouvent. La restauration des forêts et des paysages est traitée dans un module séparé: le module sur la Restauration des forêts et des paysages porte sur la restauration de nombreux sites dans le contexte d'un paysage affecté à des usages multiples.

Le présent module se concentre donc sur la forêt et sa régénération au niveau des sites. Il est toutefois très important que, même lorsqu'il s'agit de régénération forestière sur un seul site, celui-ci soit considéré dans son contexte environnemental et social. Les principes directeurs sont exposés plus en détail, et le lecteur peut se reporter à des oeuvres de référence dans la section Outils de ce module. Des cas sont présentés pour différentes zones écologiques afin d'illustrer les concepts de restauration sur site.

La régénération des forêts englobe une grande diversité de points de départ et d'objectifs. Elle est considérée comme un moyen d'inverser la dégradation des forêts ou la perte de productivité des biens et des services écosystémiques comme les aliments, le bois, la biodiversité et l'eau. En raison de l'activité anthropique et d'autres processus naturels, ces types de besoin de restauration se retrouvent partout dans les forêts du monde, des zones arides aux forêts tropicales humides, des hautes latitudes et altitudes, des régions pauvres aux régions riches. Selon certaines estimations, les pertes économiques annuelles causées par la déforestation et la dégradation des terres étaient de 1 500-3 400 milliards d'EUR en 2008, soit 3,3-7,5 pour cent du PIB mondial à cette époque (Secrétariat ELD, 2015).

La régénération des forêts inclut:

- la réhabilitation, c'est-à-dire la restauration d'espèces, de structures ou de processus souhaités dans un écosystème existant;
- la reconstruction, c'est-à-dire la restauration des plantes indigènes sur des terres affectées à d'autres utilisations;
- la remise en état, c'est-à-dire la restauration de terres sévèrement dégradées dépourvues de végétation;
- un remplacement plus radical, à travers lequel les espèces ou les provinces inadaptées à un endroit donné et incapables de migrer sont remplacées par des espèces introduites, en fonction de l'évolution rapide du climat.

(Stanturf, Palik et Dumroese, 2014)

La régénération des forêts peut être comprise par rapport à la courbe de transition forestière présentée dans la figure 1. La réhabilitation est normalement effectuée afin de restaurer la productivité d'une forêt au stade dégradé tandis que la reconstruction ou la remise en état est effectuée dans des forêts qui sont tellement dégradées qu'elles ont cessé de fonctionner comme des forêts efficaces. Dans de nombreuses régions du monde, les terres abandonnées à la suite d'une exploitation agricole se régénéreront naturellement pour former des forêts secondaires qui sont, de par leur nature et composition, différentes des forêts qui les ont précédées. Une gestion active peut accélérer ce processus ou modifier la trajectoire de la succession pour que la structure ou la composition atteignent mieux certains objectifs de gestion. Les catastrophes, y compris les incendies et les vents forts, peuvent provoquer une perte de couverture forestière sur de grandes surfaces, ce qui peut nécessiter une restauration en vue d'accélérer le processus de régénération naturelle et le retour à des conditions plus productives.

La restauration des forêts a bénéficié de beaucoup d'attention de la part des scientifiques et des décideurs en raison de sa contribution potentielle à l'atténuation des effets du changement climatique (Shukla *et al*., 2019). Des solutions climatiques naturelles sont susceptibles favoriser plus d'un tiers du captage du carbone atmosphérique nécessaire pour limiter les risques de changement climatique au-dessus de 1,5°C (Griscom *et al.*, 2017). Les forêts constituent l'une des solutions climatiques naturelles les plus importantes. La régénération des forêts a également des liens étroits avec la biodiversité étant donné que, pour régénérer des forêts stables qui fournissent de multiples services écosystémiques, il faut avoir une compréhension fonctionnelle de la biodiversité qui sous-tend les fonctions de l'écosystème (Aerts et Honnay, 2011). La restauration des forêts est donc incluse dans la conversation entourant les décisions et les cibles des Objectifs de développement durable, la Convention sur la diversité biologique, la Décennie de la restauration de l'écosystème de l'ONU , et le Défi de Bonn. La restauration des forêts suit les processus de dégradation des forêts et de déforestation, qui sont par contre abordés dans des

modules séparés de la boîte à outils de la Gestion durable des forêts.

Le concept de régénération des forêts et du paysage est récemment devenu prioritaire. Ce dernier concerne la restauration non seulement du couvert forestier dans un site particulier, mais considère aussi le site dans le contexte du paysage comme un tout; il inclut toutes les utilisations du sol et les personnes qui s'y trouvent. La restauration des forêts et des paysages est traitée dans un module séparé: le module sur la Restauration des forêts et des paysages porte sur la restauration de nombreux sites dans le contexte d'un paysage affecté à des usages multiples.

Le présent module se concentre donc sur la forêt et sa régénération au niveau des sites. Il est toutefois très important que, même lorsqu'il s'agit de régénération forestière sur un seul site, celui-ci soit considéré dans son contexte environnemental et social. Les principes directeurs sont exposés plus en détail, et le lecteur peut se reporter à des oeuvres de référence dans la section Outils de ce module. Des cas sont présentés pour différentes zones écologiques afin d'illustrer les concepts de restauration sur site.

La régénération des forêts englobe une grande diversité de points de départ et d'objectifs. Elle est considérée comme un moyen d'inverser la dégradation des forêts ou la perte de productivité des biens et des services écosystémiques comme les aliments, le bois, la biodiversité et l'eau. En raison de l'activité anthropique et d'autres processus naturels, ces types de besoin de restauration se retrouvent partout dans les forêts du monde, des zones arides aux forêts tropicales humides, des hautes latitudes et altitudes, des régions pauvres aux régions riches. Selon certaines estimations, les pertes économiques annuelles causées par la déforestation et la dégradation des terres étaient de 1 500-3 400 milliards d'EUR en 2008, soit 3,3-7,5 pour cent du PIB mondial à cette époque (Secrétariat ELD, 2015).

La régénération des forêts inclut:

- la réhabilitation, c'est-à-dire la restauration d'espèces, de structures ou de processus souhaités dans un écosystème existant;
- la reconstruction, c'est-à-dire la restauration des plantes indigènes sur des terres affectées à d'autres utilisations;
- la remise en état, c'est-à-dire la restauration de terres sévèrement dégradées dépourvues de végétation;
- un remplacement plus radical, à travers lequel les espèces ou les provinces inadaptées à un endroit donné et incapables de migrer sont remplacées par des espèces introduites, en fonction de l'évolution rapide du climat.

(Stanturf, Palik et Dumroese, 2014)

La régénération des forêts peut être comprise par rapport à la courbe de transition forestière présentée dans la figure 1. La réhabilitation est normalement effectuée afin de restaurer la productivité d'une forêt au stade dégradé tandis que la reconstruction ou la remise en état est effectuée dans des forêts qui sont tellement dégradées qu'elles ont cessé de fonctionner comme des forêts efficaces. Dans de nombreuses régions du monde, les terres abandonnées à la suite d'une exploitation agricole se régénéreront naturellement pour former des forêts secondaires qui sont, de par leur nature et composition, différentes des forêts qui les ont précédées. Une gestion active peut accélérer ce processus ou modifier la trajectoire de la succession pour que la structure ou la composition atteignent mieux certains objectifs de gestion. Les catastrophes, y compris les incendies et les vents forts, peuvent provoquer une perte de couverture forestière sur de grandes surfaces, ce qui peut nécessiter une restauration en vue d'accélérer le processus de régénération naturelle et le retour à des conditions plus productives.

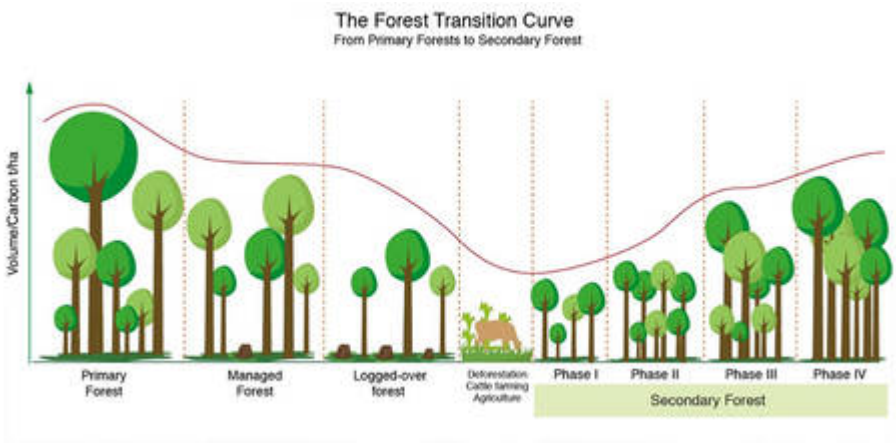


Figure 1. Les terres écologiquement propices à la forêt passent souvent d'une forêt primaire à un état de forêt improductive ou à un état non forestier à cause d'une gestion abusive. Dès lors, la régénération de la forêt peut accélérer la transition vers un état forestier productif

(source: https://www.forestryandclimate.com).

Lorsque l'on pense à la restauration des forêts en considérant la courbe de transition forestière, il est important de tenir compte des différences écologiques entre les types de forêt. Par exemple, les successions forestières progressent de manière assez différente dans les forêts tropicales humides par rapport aux forêts sèches: dans les forêts humides, le bois des arbres au stade pionnier est généralement peu dense et fragile alors que le bois des arbres qui se développent plus tard est plus dense et plus robuste. Dans les forêts sèches c'est tout le contraire: le bois des arbres pionniers est généralement très dense alors que le bois des arbres à des stades ultérieurs de succession est plus tendre et frêle (Poorter *et al.*, 2019). Cette différence s'explique par la variation de l'humidité ambiante de l'environnement provoquée par la couverture forestière et la concurrence des arbres. En outre, dans les forêts sèches, l'implantation d'arbres établis à partir de plantules est souvent moins rentable que le recours à l'ensemencement direct et à la régénération des porte-greffes.

Il existe de nombreuses façons pour les propriétaires et les gestionnaires forestiers de restaurer les forêts dont, notamment, la plantation, la régénération des semences, le prélèvement ou le contrôle des espèces moins recherchées, ou encore le désherbage pour réduire la concurrence. La régénération naturelle est sous-tendue par la protection contre les incendies ou contre le pâturage des animaux. La restauration des forêts ne se limite pas nécessairement aux systèmes forestiers naturels, puisque, dans de nombreux cas, soit à la suite d'une négligence, soit à la suite d'un bouleversement des conditions de vie normales dû à des troubles civil ou à des guerres, les forêts plantées se sont dégradées par manque de gestion ou manque de protection. Les plantations peuvent présenter des arbres surannés et incapables de remplir leur objectif initial, ou ne pas avoir assez d'arbres de culture pour les rendre financièrement viables. Dans certains cas, des plantations d'espèces exotiques peuvent être utilisées comme essences de soutien pour fournir un abri aux essences d'ombre ainsi qu'une source de revenus en vue de financer le processus de restauration. La section suivante de ce module explique plus en détail comment certaines de ces options peuvent être mises en oeuvre avec succès.

Figure 1. Les terres écologiquement propices à la forêt passent souvent d’une forêt primaire à un état de forêt improductive ou à un état non forestier à cause d'une gestion abusive. Dès lors, la régénération de la forêt peut accélérer la transition vers un état forestier productif (source: https://www.forestryandclimate.com).

Lorsque l'on pense à la restauration des forêts en considérant la courbe de transition forestière, il est important de tenir compte des différences écologiques entre les types de forêt. Par exemple, les successions forestières progressent de manière assez différente dans les forêts tropicales humides par rapport aux forêts sèches: dans les forêts humides, le bois des arbres au stade pionnier est généralement peu dense et fragile alors que le bois des arbres qui se développent plus tard est plus dense et plus robuste. Dans les forêts sèches c'est tout le contraire: le bois des arbres pionniers est généralement très dense alors que le bois des arbres à des stades ultérieurs de succession est plus tendre et frêle (Poorter *et al.*, 2019). Cette différence s'explique par la variation de l'humidité ambiante de l'environnement provoquée par la couverture forestière et la concurrence des arbres. En outre, dans les forêts sèches, l'implantation d'arbres établis à partir de plantules est souvent moins rentable que le recours à l'ensemencement direct et à la régénération des porte-greffes.

Il existe de nombreuses façons pour les propriétaires et les gestionnaires forestiers de restaurer les forêts dont, notamment, la plantation, la régénération des semences, le prélèvement ou le contrôle des espèces moins recherchées, ou encore le désherbage pour réduire la concurrence. La régénération naturelle est sous-tendue par la protection contre les incendies ou contre le pâturage des animaux. La restauration des forêts ne se limite pas nécessairement aux systèmes forestiers naturels, puisque, dans de nombreux cas, soit à la suite d'une négligence, soit à la suite d'un bouleversement des conditions de vie normales dû à des troubles civil ou à des guerres, les forêts plantées se sont dégradées par manque de gestion ou manque de protection. Les plantations peuvent présenter des arbres surannés et incapables de remplir leur objectif initial, ou ne pas avoir assez d'arbres de culture pour les rendre financièrement viables. Dans certains cas, des plantations d'espèces exotiques peuvent être utilisées comme essences de soutien pour fournir un abri aux essences d'ombre ainsi qu'une source de revenus en vue de financer le processus de restauration. La section suivante de ce module explique plus en détail comment certaines de ces options peuvent être mises en oeuvre avec succès.

Restauration des forêts contribue aux ODD:

Modules associés

- Aires protégées
- Approches et outils participatifs
- Gestion de la faune sauvage
- Gestion des forêts plantées
- Gestion des incendies de végétation
- Planification de l'utilisation des terres
- Ravageurs forestiers
- Sylviculture dans les forêts naturelles

In more depth

Les principes directeurs pour des initiatives de restauration forestière réussies, écologiquement solides, socialement acceptables et économiquement viables présentés dans les Notions de base, sont décrits de manière plus détaillée dans la présente section. Les lecteurs peuvent se référer aux sections Outils et Autres références pour des informations plus complètes sur ce sujet.

Les principes directeurs pour des initiatives de restauration forestière réussies, écologiquement solides, socialement acceptables et économiquement viables présentés dans les Notions de base, sont décrits de manière plus détaillée dans la présente section. Les lecteurs peuvent se référer aux sections Outils et Autres références pour des informations plus complètes sur ce sujet.

Identifier les sites viables à la restauration forestière

La taille des sites adaptés à la restauration des forêts peut varier, allant de vastes paysages aux propriétaires et gestionnaires multiples, à des forêts ou des sites plus petits gérés par un seul propriétaire. À l'échelle des sites, les décisions de gestion des propriétaires fonciers et des utilisateurs des forêts en matière de restauration seront guidées par leur intérêt privés, par les pressions et les considérations sociales au niveau local, ou par les réglementations et les incitations publiques concernant certains types de gestion.

Les décisions concernant la gestion de terres publiques et communautaires sont également motivées par une évaluation des coûts et des bénéfices. Par rapport aux terres de propriété privée, toutefois, ces décisions concernent un groupe plus vaste de décideurs. Il est aussi généralement nécessaire de mettre en place un mécanisme de gouvernance et de gestion pour équilibrer les différentes opinions et maintenir la cohérence de la gestion (Ostrom, 2009).

Les sites ou les paysages possibles adaptés à des projets de restauration forestière incluent:

- les forêts secondaires exploitées ou pauvres ayant besoin d'une régénération naturelle supplémentaire par le recours à des plantations d'enrichissement;
- les écosystèmes forestiers naturels dégradés dans les aires protégées à utiliser pour l'aménagement des bassins versants, la conservation de la vie sauvage, l'écotourisme, ou le développement communautaire;
- les habitats ou corridors faunistiques;
- les sites alluvionnaires le long des fleuves, des rivières et d'autres plans d'eau pour préserver les zones riveraines ou les côtes;
- les pentes raides menacées par l'érosion du sol et les glissements de terrain;
- les sites non productifs adaptés à la production de biens forestiers;
- les plantations de bois industriel non productives pouvant être converties en forêt naturelle ou semi-naturelle.

Si ces sites ont un potentiel de restauration, la demande des propriétaires et des gestionnaires des terres dépendra de leur perception des avantages de l'initiative. Ils choisiront les sites à restaurer qui offrent ces avantages et n'interviendront pas sur le reste des sites. Les avantages financiers, tels que ceux créés par l'emploi, les revenus tirés de l'exploitation de produits forestiers, l'écotourisme, et le paiement de services écosystémiques, sont les sources de motivation les plus évidentes et les plus mesurables qui poussent les parties prenantes à participer à des projets de restauration forestière. Les résidents locaux peuvent aussi considérer les avantages non financiers (comme l'amélioration de l'environnement et des infrastructures du village, le maintien des traditions culturelles, ou le profit politique) comme des raisons tout aussi importantes ou plus importantes pour restaurer les paysages forestiers.

Ceux qui souhaitent augmenter la proportion de gestionnaires et de propriétaires fonciers qui décident de remettre les terres en état disposent de nombreuses solutions; le défi consiste à mettre en œuvre ces incitations de manière rentable (tableau 1).

Réduire les coûts	Augmenter les recettes	Diminuer les risques
· Offrir des incitations fiscales pour favoriser les bonnes pratiques et les investissements · Créer des exigences réglementaires simplifiées pour les cultures arboricoles et les produits ligneux · Offrir ou subventionner des prêts pour la mise en place de certaines pratiques ou normes de gestion	· Fournir une meilleure assistance technique · Fournir des intrants subventionnés pour certains types de gestion · Sous-tendre les marchés et les échanges en matière de pollution et de paiement des services écosystémiques par des lois et des règlements	· Fournir une certification de la qualité des intrants · Améliorer la sécurité foncière · Créer une réglementation simple et juste qui soit appliquée de manière équitable · Réduire les incitations pernicieuses qui encouragent l'empiétement sur les terres forestières

Tableau 1. Options politiques indicatives pour favoriser la restauration des forêts: Les propriétaires fonciers et les gestionnaires entreprendront des activités de restauration s'ils en voient les avantages. Voici quelques solutions indicatives qui peuvent favoriser la restauration des forêts.

Ceux qui entreprennent des activités de gestion le feront s'ils estiment que les avantages l'emportent sur les coûts. Ces avantages, toutefois, ne devraient pas être perçus au détriment des voisins, de la société élargie, ou de l'environnement qui entoure la forêt.

Comprendre pourquoi la terre est dégradée

Une partie importante de l'identification des incitations appropriées pour la restauration des forêts consiste à comprendre pourquoi la forêt est dégradée aujourd'hui.

L'exploitation intensive des forêts et les perturbations connexes ont créé de vastes zones de forêt dégradée. Au niveau mondial, on estime que près de 900 millions d'hectares de terres forestières déboisées et dégradées sont biophysiquement aptes à être restaurées (Bastin *et al.*, 2019). Outre l'identification des zones ayant un potentiel biophysique de restauration, comprendre et traiter efficacement les facteurs de la déforestation et de la dégradation des forêts sur un site ou un paysage spécifiques est essentiel pour la réussite de tout plan de restauration forestière. Au niveau du site, les propriétaires fonciers peuvent comprendre les facteurs de la déforestation et de la dégradation mais ils ne disposent pas des outils ou des incitations nécessaires pour éviter, arrêter ou inverser ces facteurs. Des systèmes sains de gouvernement local, de vulgarisation et d'échanges entre propriétaires fonciers sur les problèmes et les solutions peuvent aider à surmonter ces obstacles. De même, les gouvernements locaux peuvent comprendre les facteurs de la déforestation et de la dégradation des terres publiques mais ils ne disposent pas des moyens pour gérer ces zones de manière efficace. Mettre les deux catégories de propriétaires fonciers en relation avec les bons types d'incitations peut améliorer les pratiques de gestion.

Les politiques publiques mal formulées ou dépassées expliquent en grande partie la dégradation des forêts. Un autre problème commun est celui des mécanismes de contrôle et d'application mal conçus et dénués de ressources. Pour une restauration réussie, il convient de s'assurer que les réglementations ne compliquent pas davantage la récolte de produits forestiers, que les propriétaires forestiers jouissent d'un titre de propriété, et que les règles relatives à l'utilisation des terres et des forêts sont accompagnées de mécanismes de contrôle et d'application bien gérés et rentables.

Bonne gouvernance et restauration des forêts

Les efforts de restauration et de réhabilitation des forêts ne seront durables que s'ils sont socialement acceptables. Une bonne gouvernance et le respect des droits de l'homme devraient donc sous-tendre les efforts de restauration des forêts, en particulier ceux qui sont initiés ou financés de l'extérieur. Au niveau du paysage, les efforts de restauration des forêts interagissent écologiquement et socio-économiquement avec les autres utilisations des terres comme l'agriculture, la vie urbaine, la production de l'eau, les infrastructures et l'industrie. En conséquence, ils devraient se fonder sur un processus de planification de l'utilisation des terres coordonné, transparent et participatif avec un engagement plein des parties prenantes associant agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

Au niveau local, les principales parties prenantes (par ex. les propriétaires des forêts, les communautés locales, les concessionnaires et les autorités forestières ou autres autorités responsables de l'utilisation des terres) devraient être associées dès le début à tout plan externe de restauration des forêts dans leur région. La planification et la mise en oeuvre devraient inclure un processus visant à assurer que les populations les plus vulnérables et les plus faibles (souvent, les femmes, les enfants et les pauvres) disposent des moyens pour participer à cette planification et aient une voix au chapitre. La participation des parties prenantes devrait prendre en compte la question du genre. Tant les hommes que les femmes sont des acteurs importants dans le processus de restauration des forêts; le rôle culturel et la dynamique de pouvoir des genres devraient être intégrés dans le processus de restauration forestière.

Définir les objectifs de gestion, les rôles et les responsabilités

En supposant que la gouvernance est bonne, la gestion des forêts sera plus efficace si les objectifs sont clairement définis et bien pesés. Il peut également être utile de décider des différents rôles et responsabilités pour s'engager dans la restauration, et pour la distribution équitable des incitations, des bénéfices et des coûts. Le changement fréquent de ces objectifs de gestion entraînera une augmentation des coûts et rendra la réalisation des bénéfices moins certaine. Étant donné que la gestion forestière se déroule sur des échelles temporelles plus vastes, et parfois sur de grandes surfaces de terrain, il est généralement utile de définir minutieusement les objectifs de gestion. Au niveau local, les principales parties prenantes (par ex. les propriétaires des forêts, les communautés locales, les concessionnaires et les autorités forestières ou autres autorités responsables de l'utilisation des terres) devraient être associées dès le début à tout plan externe de restauration des forêts dans leur région. Ceci permettra d'éviter les erreurs et les incompréhensions qui font grimper les coûts ou échouer l'initiative. La définition des objectifs devrait aussi impliquer la consultation du gestionnaire avec les propriétaires, les voisins, le gouvernement, et les experts concernés, le cas échéant. En principe, le gouvernement local et régional élaborera une réglementation transparente et bien pensée en avance et l'appliquera de manière cohérente sur une longue période, en réduisant les frais de transaction et en créant une situation équitable pour les propriétaires des forêts.

Les forêts peuvent être restaurées pour de multiples objectifs combinés. Ceux-ci devraient être définis et priorisés au début, et être régulièrement mis à jour dans le cadre d'une gestion adaptative. Notamment en ce qui concerne les terrains forestiers communs et publics,

un processus de priorisation est parfois nécessaire en définissant les objectifs de gestion, pour réconcilier les objectifs en concurrence ou incompatibles ainsi que la limitation des ressources.

Si les objectifs de gestion sont clairs et acceptés par toutes les parties concernées, leur réalisation dépend probablement surtout d'un bon plan mis en oeuvre dans le cadre d'une gestion adaptative. Dans le domaine de la gestion des forêts, cela implique généralement de créer une carte des compartiments, et de déterminer quand et où les activités sylvicoles ont lieu dans ces compartiments.

1. Préparer une carte de l'utilisation des terres

Une cartographie des caractéristiques biophysiques et sylvicoles permettra de déterminer la faisabilité et l'adéquation des différentes techniques de restauration. Les caractéristiques qu'il est utile de cartographier sont: la surface de forêt résiduelle (par ex. primaire, secondaire et dégradée); les fonctions de la forêt; la superficie et la qualité des terres agricoles; la superficie des terres inutilisées et dégradées; les superficies environnementales prioritaires; les superficies d'importance biologique et culturelle; la possibilité d'accès routiers. L'acte de produire et de perfectionner la carte constitue une excellente opportunité de mener une discussion structurée sur les activités de gestion.

2. Choisir une méthode de restauration

Le choix des méthodes de restauration dépendra de l'objectif de la restauration, du temps et de l'argent disponibles, ainsi que du potentiel écologique du site. Par exemple, la stabilisation rapide d'un sol nu est possible en utilisant des essences de plantation mais c'est un processus coûteux qui nécessite du personnel, l'accès au site et du matériel de plantation. Des méthodes moins intensives comme la régénération naturelle assistée, l'ensemencement direct, ou l'exclusion de la faune et du bétail peuvent être rentables lorsqu'une réponse rapide n'est pas nécessaire. De multiples méthodes peuvent être utilisées au sein de la même région pour réaliser des objectifs de gestion plus vastes (tableau 2).

Tableau 2. Objectifs, méthodes et références de restauration sélectionnés

Objectif	Méthodes et références sélectionnées
Reboisement	· Foresterie commerciale: (Evans et Turnbull, 2004; Lamb et Gilmour, 2003) · Utilisation de la régénération naturelle assistée: (FAO, 2019) · Systèmes Taungya: (Menzies, 1988)
Remise en état des forêts dégradées	· Approches paysagères: (Lamb et Gilmour, 2003) · Plantation d'enrichissement: (Hadengganan *et al.*, 1995; Schulze, 2008)
Transformation de la forêt dégradée	· Pour augmenter la diversité biologique: (Carnus *et al.*, 2006; Lamb, 1998) · Pour augmenter la diversité structurelle: (O'Hara, 2014)
Bonification ou réhabilitation de sites contaminés	· Phytoremédiation: (Favas *et al.*, 2014) · Sites exploités (Adam *et al.*, 2017)
Accroissement de la diversité des produits des forêts endomagées	· Dégâts causés par les tempêtes (Pischedda, 2004)
Restauration forestière à partir de perturbations graves	· Incendies: (Ager, Vaillant et McMahan, 2013; Moore, 2005) · Restauration de l'hydropériode et des côtes, y compris la restauration de la fonction des sites: (Lewis et Brown, 2014)

Source: modifié à partir de Stanturf, Palik et Dumrose (2014)

Dans les forêts dégradées et exploitées qui comportent encore des espèces arboricoles de valeur, les méthodes de régénération naturelle méritent d'être envisagées. Ces méthodes sont particulièrement prometteuses si des plantules (ou d'autres formes de repousse naturelle, telles que des racines ou des pousses de souches) sont déjà présents sur le site, ce qui indique que les conditions du site sont propices à la régénération naturelle. Le succès d'une approche axée sur la régénération naturelle sera déterminé par la production suffisante de matériel de reproduction (comme les graines) par la souche parentale à des moments favorables, par la lutte contre les plantes adventices, et par la réceptivité du site à l'établissement des plantules au moment de la dispersion des graines (par ex. certaines graines ne peuvent s'établir que sur un sol minéral nu). La figure 2 donne un aperçu de la régénération naturelle assistée et des conditions grâce auxquelles la régénération naturelle a plus de chances de réussir.

Dans les sites dégradés sans sources de régénération naturelle, ou lorsqu'une gestion plus intensive a été choisie pour atteindre les objectifs de gestion, il peut être nécessaire de planter des arbres, des arbustes et des espèces herbacées pour réussir la restauration de la forêt. La plantation d'arbres est l'une des activités les plus couramment identifiées dans les projets de restauration forestière, mais elle n'est pas aussi simple et facile qu'il n'y parait et n'est en aucun cas la fin du processus de restauration - l'engagement à long terme de toutes les parties prenantes pour gérer et entretenir une forêt est essentiel pour réussir. La plantation peut également être appliquée dans les forêts

secondaires dégradées ou totalement exploitées en plantant ou en semant directement des espèces d'arbres indigènes dans les trouées naturelles ou le long des lignes de plantation dans les peuplements existants, une pratique connue sous le nom de plantation d'enrichissement. Enfin, la plantation est souvent appropriée lorsque l'objectif est d'augmenter la production de bois ou pour d'autres objectifs de gestion avec une analyse de rentabilité claire sur le marché privé. La plantation d'arbres peut ne pas être appropriée dans les zones où les ressources en eau, la pression foncière, ou la capacité à entretenir le peuplement sont limitées.

Facteurs de réussite de la régénération naturelle assistée/régénération naturelle gérée par l'exploitant

Les approches de régénération naturelle sont plus susceptibles de réussir lorsque les conditions suivantes sont remplies:

• La couche superficielle reste sur place ou est enrichie.

• Des fragments de forêt, de préférence grands et bien conservés, se trouvent à proximité du site cible.

• La repousse de la végétation naturelle favorise la croissance précoce rapide et la stabilisation du sol.

• Les graines des espèces ligneuses pionnières et tardives sont présentes dans la banque de graines et dans les pluies de semences.

• Les espèces indigènes communes et rares sont capables de coloniser à long terme.

• La suppression des plantes adventices se fait rapidement après l'abandon du site.

• Une faune diversifiée (insectes et vertébrés) qui assure la pollinisation et la dispersion des semences est présente dans le paysage.

• La protection contre les incendies fréquents qui favorisent les herbes résistantes au feu est assurée.

• La chasse et la récolte excessive de litière et de produits forestiers sont interdites.

• Le site est protégé contre le pâturage et le défrichage lié à une utilisation agricole des terres.

Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, une aide est nécessaire pour surmonter les obstacles à la régénération naturelle. Les possibilités de gestion qui peuvent catalyser la régénération naturelle incluent:

• la suppression active des plantes adventices/graminées;

• la gestion des espèces envahissantes;

• la protection des sites contre les incendies et la récolte précoce;

• la protection contre le pâturage (par des enclos ou d'autres formes de contrôle);

• la fourniture de perchoirs et d'aires de repos pour les oiseaux disperseurs et les chauves-souris;

• la plantation de semences ou de plantules élevés en pépinière d'espèces utiles non présentes dans la pluie de semences.

Dans certains cas, des espèces d'implantation rapide qui renforcent la fertilité des sols et privent les plantes adventices ou les graminées de lumière peuvent être plantées pour commencer l'établissement de la forêt.

Source: Chazdon (2016)

Figure 2. Conditions et actions de gestion pour une régénération naturelle réussie.

Le choix de la méthode de restauration devrait donc dépendre de l'objectif de la restauration, des moyens disponibles, et d'une évaluation équilibrée des avantages et des inconvénients des options possibles pour atteindre ces objectifs avec les moyens du moment.

3. Établir des calendriers réalistes et planifier les besoins financiers

Les efforts de restauration sont des investissements à long terme qui préparent la voie à une gestion durable des forêts et des terres. Ils nécessitent une prise de conscience et une diligence en matière de politique et de planification afin d'atténuer les risques écologiques et socio-économiques qui y sont associés. Certains coûts et calendriers indicatifs de restauration impliquant une replantation en gros servent à illustrer la question.

Les coûts de la restauration forestière varient considérablement en fonction des coûts locaux et des techniques de restauration utilisées. Se référer au tableau 1 de Shono, Cadaweng et Durst, (2007) pour une comparaison des avantages des différentes approches de restauration. Les coûts des pépinières comprennent la construction et l'équipement des pépinières, les matériaux consommables, et la main d'œuvre (salaires et traitements). La quantité totale de travail requise pour la préparation du site, la plantation, le désherbage, l'application des engrais, la replantation et le suivi de la première à la troisième année après les activités de plantation est estimée à 50-150 personnes-jour par hectare en excluant la prévention des incendies, qui est généralement nécessaire pour trois à six mois par an, selon la durée de la saison sèche. Par conséquent, le coût total d'un projet réussi de restauration forestière à grande échelle qui implique la plantation d'arbres, y compris la production de plantules ainsi que tous les matériaux et la main d'œuvre pour la plantation, le maintien et la surveillance pendant trois ans, sera probablement de 1 000 à 3 000 USD par hectare (Evans et Turnbull, 2004, tableau 6.1; FAO et CNULCD, 2015, tableau 2; Hitimana, 2019, communication personnelle).

Bien que les coûts varient énormément, la restauration des forêts constitue un investissement considérable, et une protection à long terme est donc essentielle. Une erreur commune est malheureusement celle de sous-estimer le temps total nécessaire pour mettre en œuvre les projets de restauration des forêts. Les reconnaissances du site du projet devraient commencer deux ou trois ans avant les opérations de sylviculture. Si les arbres sont cultivés localement à partir de semences, la construction d'une pépinière et la collecte des semences doit commencer au moins deux ans avant la première plantation. Les campagnes de restauration des forêts à grande échelle avec l'objectif ambitieux de replanter des surfaces vastes sont susceptibles d'échouer si elles ne prennent pas en compte la capacité limitée des opérations de terrain. Il est généralement préférable de planter de petites surfaces tous les ans sur plusieurs années plutôt que de planter une grande surface en une seule saison et de voir un grand nombre d'arbres plantés mourir par manque de soins culturaux.

Surveiller et maintenir la gestion forestière

Quel que soit le type de restauration forestière entreprise, la surveillance et la maintenance (les soins culturaux) sont une composante essentielle du succès de ce genre de projet. Elles devraient faire partie de la planification et des ressources allouées. Toute initiative de surveillance devrait se développer autour de trois questions fondamentales:

1. Qu'est-ce qu'on a l'intention de faire?
2. Est-ce qu'on l'a fait?
3. Est-ce que ça a marché?

En d'autres mots, le but de la surveillance est d'établir si les interventions de gestion planifiées ont été mises en œuvre et ont eu les effets escomptés. Cela permet au gestionnaire d'adapter les interventions (sylviculture, dans ce cas) pour que les objectifs escomptés soient atteints.

La maintenance est liée à la surveillance, et une bonne partie de la surveillance des progrès peut être effectuée en allant sur place pour faire la maintenance nécessaire. Dans le domaine de la restauration forestière, la maintenance comporte des opérations sylvicoles supplémentaires qui maintiennent la forêt sur la trajectoire prévue vers la condition forestière souhaitée. Pour illustrer ces différents points, le tableau 3 fournit des indications sur les critères de maintenance et de surveillance des forêts plantées.

Tableau 3 Orientations indicatives sur la surveillance et le maintien des forêts plantées

Période après la plantation	Action de surveillance et de maintien
1-2 semaines	Contrôler la qualité de la plantation; redresser les plantules mal plantées.
3-6 mois	Surveiller les taux de croissance et de survie des arbres régénérés naturellement et plantés; éliminer les plantes adventices et appliquer les engrais, et répéter l'opération le cas échéant.
Début de la saison sèche	Couper les pares-feux; construire des tours d'observation des incendies; organiser des brigades de prévention des incendies; clôturer la zone si de vastes populations de ruminants et de brouteurs sont attendues.
Fin de la saison sèche	Surveiller la croissance et la survie des arbres naturellement régénérés et plantés, et déterminer la nécessité de replanter.
6-12 mois	Replanter les surfaces où la plantation a échoué (le cas échéant)

Période après la plantation	Action de surveillance et de maintien
Années suivantes	Lutter contre les plantes adventices et les espèces grimpantes le long des lignes de plantation; contrôler l'ombrage; appliquer les engrais, selon le cas; utiliser le brûlage contrôlé si nécessaire; éclaircir et élaguer quand nécessaire.

Les activités de maintenance incluent aussi les traitement sylvicoles suivants:

Lutte contre les plantes adventices. Une croissance dense des plantes adventices retardera la croissance des plantules naturellement régénérées et plantées - et peut en provoquer la mort - du fait de la concurrence pour l'humidité, les nutriments et la lumière. La lutte contre les plantes adventices permet aux arbres établis récemment de survivre et de pousser en minimisant les effets néfastes d'autres plantes sur les arbres à conserver. En cas de désherbage chimique, il faudra respecter la réglementation, les instructions de mise en œuvre du fabriquant, et prendre les mesures adéquates pour protéger les travailleurs et l'environnement.

Le brûlage contrôlé, dans lequel un feu de faible intensité est utilisé pour contrôler la croissance du sous-étage, peut représenter une solution efficace pour lutter contre les risques d'incendie par compartiments lorsque les arbres à conserver sont assez grands pour résister au feu.

Entretien et éclaircissage. L'entretien et l'éclaircissage dans les peuplements régénérés naturellement et plantés sont des opérations sylvicoles qui visent à améliorer la qualité du peuplement en éliminant ou en supprimant la végétation indésirable, dont les plantes grimpantes et les vignes, et à abattre les arbres mal formés, endommagés ou malades. L'objectif est d'augmenter le développement de la couronne et la croissance du diamètre des arbres désirables, de concentrer l'accroissement futur sur les arbres les mieux formés, et d'améliorer la stabilité du peuplement en donnant plus d'espace de croissance aux racines et aux couronnes des arbres finaux potentiels. Les opérations d'entretien et d'éclaircissage sont des facteurs décisifs dans la réalisation des objectifs de production. Les méthodes d'éclaircissage pouvant être utilisées par les travailleurs forestiers sont nombreuses, comme par exemple l'éclaircie géométrique, l'annélation et le débroussaillement, ainsi que plusieurs autres méthodes (systématiques, sélectives). Pour plus d'informations sur l'entretien des forêts plantées, se référer à l'exemple au chapitre 16 de la publication de Evans et Turnbull, Plantation Forestry in the Tropics(Evans et Turnbull, 2004).Il existe une très grande diversité d'opérations d'entretien et d'éclaircissage possibles dans la sylviculture. Pour une introduction générale à la sylviculture et l'éclaircissage, se référer à Ashton et Kelty, (2018).

Faire des investissements à long terme qui réduisent les risques

Outre la restauration des sites, les secteurs publics et privés peuvent réduire les risques et augmenter les possibilités de réussite en matière de restauration forestière en investissant dans leurs citoyens et employés. Cela signifie qu'ils doivent disposer de bons forestiers et former des non-spécialistes qui vivent et travaillent dans le secteur agricole ou dans les zones rurales: le secteur public peut le faire en maintenant des écoles de foresterie et des services de vulgarisation qui peuvent former du personnel qualifié; les employeurs du secteur forestier peuvent le faire en investissant dans le développement professionnel. Les risques climatiques et les incertitudes sont encore des points à prendre en considération dans le cas d'investissements à long terme comme la foresterie, et les démarches au niveau des sites et à plus grande échelle pour atténuer les risques ont leur rôle à jouer.

1. Renforcement des capacités et formation

Le renforcement régulier des capacités est essentiel pour améliorer la planification, la gestion et la prise de décisions techniques en matière de restauration des forêts. Les groupes clés à cibler sont les suivants:

- les administrateurs des agences responsables, afin qu'ils puissent planifier et budgétiser des programmes efficaces;
- les forestiers, afin qu'ils puissent gérer et mettre en œuvre efficacement les travaux dans la forêt;
- les propriétaires fonciers et les populations rurales, afin qu'ils puissent comprendre et entreprendre les activités de restauration.

L'élaboration d'un programme de vulgarisation forestière et son organisation exigent une compréhension du sujet, de la situation de la population cible, des ressources disponibles, et des principes de l'éducation des adultes. Ces dernières années, il y a eu une transition vers des programmes de vulgarisation qui accentuent et favorisent l'échange et l'apprentissage entre pairs plutôt que la création d'un vaste réseau de vulgarisateurs. Cette transition devrait être complétée de programmes de certification professionnelle en foresterie dans des établissements d'enseignement supérieur.

2. Gestion des risques

Le changement climatique est susceptible de présenter de nouveaux risques pour les projets de restauration forestière: par exemple, les pluies imprévisibles entraveront la restauration, et l'augmentation des vents et des orages provoqueront plus de dégâts que par le passé. Des interventions spécifiques pour construire une résilience écologique et socioéconomique sont énoncées dans deux publications de la FAO: les Directives relatives au changement climatique à l'intention des gestionnaires forestiers et les Directives mondiales pour restaurer

la résilience des paysages forestiers dans les terres arides.

Au-delà des risques supplémentaires posés par le changement climatique et l'incertitude, les propriétaires et gestionnaires forestiers ont toujours été confrontés au risque lié à la gestion des arbres qui prennent du temps à mûrir. Ces risques peuvent être atténués:

- du point de vue financier, en réduisant les impôts et le coût des prêts;
- du point de vue écologique, en plantant des mélanges d'espèces dans les paysages ou dans un compartiment;
- du point de vue technologique, en plantant des arbres génétiquement améliorés qui mûrissent plus vite ou qui résistent à certains risques.

Aider les propriétaires fonciers à réduire leur vulnérabilité aux risques augmentera leur engagement dans la restauration des forêts.

Identifier les sites viables à la restauration forestière

La taille des sites adaptés à la restauration des forêts peut varier, allant de vastes paysages aux propriétaires et gestionnaires multiples, à des forêts ou des sites plus petits gérés par un seul propriétaire. À l'échelle des sites, les décisions de gestion des propriétaires fonciers et des utilisateurs des forêts en matière de restauration seront guidées par leur intérêt privés, par les pressions et les considérations sociales au niveau local, ou par les réglementations et les incitations publiques concernant certains types de gestion.

Les décisions concernant la gestion de terres publiques et communautaires sont également motivées par une évaluation des coûts et des bénéfices. Par rapport aux terres de propriété privée, toutefois, ces décisions concernent un groupe plus vaste de décideurs. Il est aussi généralement nécessaire de mettre en place un mécanisme de gouvernance et de gestion pour équilibrer les différentes opinions et maintenir la cohérence de la gestion (Ostrom, 2009).

Les sites ou les paysages possibles adaptés à des projets de restauration forestière incluent:

- les forêts secondaires exploitées ou pauvres ayant besoin d'une régénération naturelle supplémentaire par le recours à des plantations d'enrichissement;
- les écosystèmes forestiers naturels dégradés dans les aires protégées à utiliser pour l'aménagement des bassins versants, la conservation de la vie sauvage, l'écotourisme, ou le développement communautaire;
- les habitats ou corridors faunistiques;
- les sites alluvionnaires le long des fleuves, des rivières et d'autres plans d'eau pour préserver les zones riveraines ou les côtes;
- les pentes raides menacées par l'érosion du sol et les glissements de terrain;
- les sites non productifs adaptés à la production de biens forestiers;
- les plantations de bois industriel non productives pouvant être converties en forêt naturelle ou semi-naturelle.

Si ces sites ont un potentiel de restauration, la demande des propriétaires et des gestionnaires des terres dépendra de leur perception des avantages de l'initiative. Ils choisiront les sites à restaurer qui offrent ces avantages et n'interviendront pas sur le reste des sites. Les avantages financiers, tels que ceux créés par l'emploi, les revenus tirés de l'exploitation de produits forestiers, l'écotourisme, et le paiement de services écosystémiques, sont les sources de motivation les plus évidentes et les plus mesurables qui poussent les parties prenantes à participer à des projets de restauration forestière. Les résidents locaux peuvent aussi considérer les avantages non financiers (comme l'amélioration de l'environnement et des infrastructures du village, le maintien des traditions culturelles, ou le profit politique) comme des raisons tout aussi importantes ou plus importantes pour restaurer les paysages forestiers.

Ceux qui souhaitent augmenter la proportion de gestionnaires et de propriétaires fonciers qui décident de remettre les terres en état disposent de nombreuses solutions; le défi consiste à mettre en œuvre ces incitations de manière rentable (tableau 1).

Réduire les coûts	Augmenter les recettes	Diminuer les risques
· Offrir des incitations fiscales pour favoriser les bonnes pratiques et les investissements · Créer des exigences réglementaires simplifiées pour les cultures arboricoles et les produits ligneux · Offrir ou subventionner des prêts pour la mise en place de certaines pratiques ou normes de gestion	· Fournir une meilleure assistance technique · Fournir des intrants subventionnés pour certains types de gestion · Sous-tendre les marchés et les échanges en matière de pollution et de paiement des services écosystémiques par des lois et des règlements	· Fournir une certification de la qualité des intrants · Améliorer la sécurité foncière · Créer une réglementation simple et juste qui soit appliquée de manière équitable · Réduire les incitations pernicieuses qui encouragent l'empiétement sur les terres forestières

Tableau 1. Options politiques indicatives pour favoriser la restauration des forêts: Les propriétaires fonciers et les gestionnaires

entreprendront des activités de restauration s'ils en voient les avantages. Voici quelques solutions indicatives qui peuvent favoriser la restauration des forêts.

Ceux qui entreprennent des activités de gestion le feront s'ils estiment que les avantages l'emportent sur les coûts. Ces avantages, toutefois, ne devraient pas être perçus au détriment des voisins, de la société élargie, ou de l'environnement qui entoure la forêt.

Comprendre pourquoi la terre est dégradée

Une partie importante de l'identification des incitations appropriées pour la restauration des forêts consiste à comprendre pourquoi la forêt est dégradée aujourd'hui.

L'exploitation intensive des forêts et les perturbations connexes ont créé de vastes zones de forêt dégradée. Au niveau mondial, on estime que près de 900 millions d'hectares de terres forestières déboisées et dégradées sont biophysiquement aptes à être restaurées (Bastin *et al.*, 2019). Outre l'identification des zones ayant un potentiel biophysique de restauration, comprendre et traiter efficacement les facteurs de la déforestation et de la dégradation des forêts sur un site ou un paysage spécifiques est essentiel pour la réussite de tout plan de restauration forestière. Au niveau du site, les propriétaires fonciers peuvent comprendre les facteurs de la déforestation et de la dégradation mais ils ne disposent pas des outils ou des incitations nécessaires pour éviter, arrêter ou inverser ces facteurs. Des systèmes sains de gouvernement local, de vulgarisation et d'échanges entre propriétaires fonciers sur les problèmes et les solutions peuvent aider à surmonter ces obstacles. De même, les gouvernements locaux peuvent comprendre les facteurs de la déforestation et de la dégradation des terres publiques mais ils ne disposent pas des moyens pour gérer ces zones de manière efficace. Mettre les deux catégories de propriétaires fonciers en relation avec les bons types d'incitations peut améliorer les pratiques de gestion.

Les politiques publiques mal formulées ou dépassées expliquent en grande partie la dégradation des forêts. Un autre problème commun est celui des mécanismes de contrôle et d'application mal conçus et dénués de ressources. Pour une restauration réussie, il convient de s'assurer que les réglementations ne compliquent pas davantage la récolte de produits forestiers, que les propriétaires forestiers jouissent d'un titre de propriété, et que les règles relatives à l'utilisation des terres et des forêts sont accompagnées de mécanismes de contrôle et d'application bien gérés et rentables.

Bonne gouvernance et restauration des forêts

Les efforts de restauration et de réhabilitation des forêts ne seront durables que s'ils sont socialement acceptables. Une bonne gouvernance et le respect des droits de l'homme devraient donc sous-tendre les efforts de restauration des forêts, en particulier ceux qui sont initiés ou financés de l'extérieur. Au niveau du paysage, les efforts de restauration des forêts interagissent écologiquement et socio-économiquement avec les autres utilisations des terres comme l'agriculture, la vie urbaine, la production de l'eau, les infrastructures et l'industrie. En conséquence, ils devraient se fonder sur un processus de planification de l'utilisation des terres coordonné, transparent et participatif avec un engagement plein des parties prenantes associant agriculture, foresterie et autres affectations des terres.

Au niveau local, les principales parties prenantes (par ex. les propriétaires des forêts, les communautés locales, les concessionnaires et les autorités forestières ou autres autorités responsables de l'utilisation des terres) devraient être associées dès le début à tout plan externe de restauration des forêts dans leur région. La planification et la mise en oeuvre devraient inclure un processus visant à assurer que les populations les plus vulnérables et les plus faibles (souvent, les femmes, les enfants et les pauvres) disposent des moyens pour participer à cette planification et aient une voix au chapitre. La participation des parties prenantes devrait prendre en compte la question du genre. Tant les hommes que les femmes sont des acteurs importants dans le processus de restauration des forêts; le rôle culturel et la dynamique de pouvoir des genres devraient être intégrés dans le processus de restauration forestière.

Définir les objectifs de gestion, les rôles et les responsabilités

En supposant que la gouvernance est bonne, la gestion des forêts sera plus efficace si les objectifs sont clairement définis et bien pesés. Il peut également être utile de décider des différents rôles et responsabilités pour s'engager dans la restauration, et pour la distribution équitable des incitations, des bénéfices et des coûts. Le changement fréquent de ces objectifs de gestion entraînera une augmentation des coûts et rendra la réalisation des bénéfices moins certaine. Étant donné que la gestion forestière se déroule sur des échelles temporelles plus vastes, et parfois sur de grandes surfaces de terrain, il est généralement utile de définir minutieusement les objectifs de gestion. Au niveau local, les principales parties prenantes (par ex. les propriétaires des forêts, les communautés locales, les concessionnaires et les autorités forestières ou autres autorités responsables de l'utilisation des terres) devraient être associées dès le début à tout plan externe de restauration des forêts dans leur région. Ceci permettra d'éviter les erreurs et les incompréhensions qui font grimper les coûts ou échouer l'initiative. La définition des objectifs devrait aussi impliquer la consultation du gestionnaire avec les propriétaires, les voisins, le gouvernement, et les experts concernés, le cas échéant. En principe, le gouvernement local et régional élaborera une réglementation transparente et bien pensée en avance et l'appliquera de manière cohérente sur une longue période, en réduisant les frais de transaction et en créant une situation équitable pour les propriétaires des forêts.

Les forêts peuvent être restaurées pour de multiples objectifs combinés. Ceux-ci devraient être définis et priorisés au début, et être régulièrement mis à jour dans le cadre d'une gestion adaptative. Notamment en ce qui concerne les terrains forestiers communs et publics, un processus de priorisation est parfois nécessaire en définissant les objectifs de gestion, pour réconcilier les objectifs en concurrence ou incompatibles ainsi que la limitation des ressources.

Si les objectifs de gestion sont clairs et acceptés par toutes les parties concernées, leur réalisation dépend probablement surtout d'un bon plan mis en oeuvre dans le cadre d'une gestion adaptative. Dans le domaine de la gestion des forêts, cela implique généralement de créer une carte des compartiments, et de déterminer quand et où les activités sylvicoles ont lieu dans ces compartiments.

1. Préparer une carte de l'utilisation des terres

Une cartographie des caractéristiques biophysiques et sylvicoles permettra de déterminer la faisabilité et l'adéquation des différentes techniques de restauration. Les caractéristiques qu'il est utile de cartographier sont: la surface de forêt résiduelle (par ex. primaire, secondaire et dégradée); les fonctions de la forêt; la superficie et la qualité des terres agricoles; la superficie des terres inutilisées et dégradées; les superficies environnementales prioritaires; les superficies d'importance biologique et culturelle; la possibilité d'accès routiers. L'acte de produire et de perfectionner la carte constitue une excellente opportunité de mener une discussion structurée sur les activités de gestion.

2. Choisir une méthode de restauration

Le choix des méthodes de restauration dépendra de l'objectif de la restauration, du temps et de l'argent disponibles, ainsi que du potentiel écologique du site. Par exemple, la stabilisation rapide d'un sol nu est possible en utilisant des essences de plantation mais c'est un processus coûteux qui nécessite du personnel, l'accès au site et du matériel de plantation. Des méthodes moins intensives comme la régénération naturelle assistée, l'ensemencement direct, ou l'exclusion de la faune et du bétail peuvent être rentables lorsqu'une réponse rapide n'est pas nécessaire. De multiples méthodes peuvent être utilisées au sein de la même région pour réaliser des objectifs de gestion plus vastes (tableau 2).

Tableau 2. Objectifs, méthodes et références de restauration sélectionnés

Objectif	Méthodes et références sélectionnées
Reboisement	· Foresterie commerciale: (Evans et Turnbull, 2004; Lamb et Gilmour, 2003) · Utilisation de la régénération naturelle assistée: (FAO, 2019) · Systèmes Taungya: (Menzies, 1988)
Remise en état des forêts dégradées	· Approches paysagères: (Lamb et Gilmour, 2003) · Plantation d'enrichissement: (Hadengganan *et al.*, 1995; Schulze, 2008)
Transformation de la forêt dégradée	· Pour augmenter la diversité biologique: (Carnus *et al.*, 2006; Lamb, 1998) · Pour augmenter la diversité structurelle: (O'Hara, 2014)
Bonification ou réhabilitation de sites contaminés	· Phytoremédiation: (Favas *et al.*, 2014) · Sites exploités (Adam *et al.*, 2017)
Accroissement de la diversité des produits des forêts endomagées	· Dégâts causés par les tempêtes (Pischedda, 2004)
Restauration forestière à partir de perturbations graves	· Incendies: (Ager, Vaillant et McMahan, 2013; Moore, 2005) · Restauration de l'hydropériode et des côtes, y compris la restauration de la fonction des sites: (Lewis et Brown, 2014)

Source: modifié à partir de Stanturf, Palik et Dumrose (2014)

Dans les forêts dégradées et exploitées qui comportent encore des espèces arboricoles de valeur, les méthodes de régénération naturelle méritent d'être envisagées. Ces méthodes sont particulièrement prometteuses si des plantules (ou d'autres formes de repousse naturelle, telles que des racines ou des pousses de souches) sont déjà présents sur le site, ce qui indique que les conditions du site sont propices à la régénération naturelle. Le succès d'une approche axée sur la régénération naturelle sera déterminé par la production suffisante de matériel de reproduction (comme les graines) par la souche parentale à des moments favorables, par la lutte contre les plantes adventices, et par la réceptivité du site à l'établissement des plantules au moment de la dispersion des graines (par ex. certaines graines ne peuvent s'établir que sur un sol minéral nu). La figure 2 donne un aperçu de la régénération naturelle assistée et des conditions grâce auxquelles la régénération naturelle a plus de chances de réussir.

Dans les sites dégradés sans sources de régénération naturelle, ou lorsqu'une gestion plus intensive a été choisie pour atteindre les objectifs de gestion, il peut être nécessaire de planter des arbres, des arbustes et des espèces herbacées pour réussir la restauration de la forêt. La plantation d'arbres est l'une des activités les plus couramment identifiées dans les projets de restauration forestière, mais elle n'est

pas aussi simple et facile qu'il n'y parait et n'est en aucun cas la fin du processus de restauration - l'engagement à long terme de toutes les parties prenantes pour gérer et entretenir une forêt est essentiel pour réussir. La plantation peut également être appliquée dans les forêts secondaires dégradées ou totalement exploitées en plantant ou en semant directement des espèces d'arbres indigènes dans les trouées naturelles ou le long des lignes de plantation dans les peuplements existants, une pratique connue sous le nom de plantation d'enrichissement. Enfin, la plantation est souvent appropriée lorsque l'objectif est d'augmenter la production de bois ou pour d'autres objectifs de gestion avec une analyse de rentabilité claire sur le marché privé. La plantation d'arbres peut ne pas être appropriée dans les zones où les ressources en eau, la pression foncière, ou la capacité à entretenir le peuplement sont limitées.

Facteurs de réussite de la régénération naturelle assistée/régénération naturelle gérée par l'exploitant

Les approches de régénération naturelle sont plus susceptibles de réussir lorsque les conditions suivantes sont remplies:

• La couche superficielle reste sur place ou est enrichie.

• Des fragments de forêt, de préférence grands et bien conservés, se trouvent à proximité du site cible.

• La repousse de la végétation naturelle favorise la croissance précoce rapide et la stabilisation du sol.

• Les graines des espèces ligneuses pionnières et tardives sont présentes dans la banque de graines et dans les pluies de semences.

• Les espèces indigènes communes et rares sont capables de coloniser à long terme.

• La suppression des plantes adventices se fait rapidement après l'abandon du site.

• Une faune diversifiée (insectes et vertébrés) qui assure la pollinisation et la dispersion des semences est présente dans le paysage.

• La protection contre les incendies fréquents qui favorisent les herbes résistantes au feu est assurée.

• La chasse et la récolte excessive de litière et de produits forestiers sont interdites.

• Le site est protégé contre le pâturage et le défrichage lié à une utilisation agricole des terres.

Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, une aide est nécessaire pour surmonter les obstacles à la régénération naturelle. Les possibilités de gestion qui peuvent catalyser la régénération naturelle incluent:

• la suppression active des plantes adventices/graminées;

• la gestion des espèces envahissantes;

• la protection des sites contre les incendies et la récolte précoce;

• la protection contre le pâturage (par des enclos ou d'autres formes de contrôle);

• la fourniture de perchoirs et d'aires de repos pour les oiseaux disperseurs et les chauves-souris;

• la plantation de semences ou de plantules élevés en pépinière d'espèces utiles non présentes dans la pluie de semences.

Dans certains cas, des espèces d'implantation rapide qui renforcent la fertilité des sols et privent les plantes adventices ou les graminées de lumière peuvent être plantées pour commencer l'établissement de la forêt.

Source: Chazdon (2016)

Figure 2. Conditions et actions de gestion pour une régénération naturelle réussie.

Le choix de la méthode de restauration devrait donc dépendre de l'objectif de la restauration, des moyens disponibles, et d'une évaluation équilibrée des avantages et des inconvénients des options possibles pour atteindre ces objectifs avec les moyens du moment.

3. Établir des calendriers réalistes et planifier les besoins financiers

Les efforts de restauration sont des investissements à long terme qui préparent la voie à une gestion durable des forêts et des terres. Ils nécessitent une prise de conscience et une diligence en matière de politique et de planification afin d'atténuer les risques écologiques et socio-économiques qui y sont associés. Certains coûts et calendriers indicatifs de restauration impliquant une replantation en gros servent à illustrer la question.

Les coûts de la restauration forestière varient considérablement en fonction des coûts locaux et des techniques de restauration utilisées. Se référer au tableau 1 de Shono, Cadaweng et Durst, (2007) pour une comparaison des avantages des différentes approches de restauration. Les coûts des pépinières comprennent la construction et l'équipement des pépinières, les matériaux consommables, et la main d'œuvre (salaires et traitements). La quantité totale de travail requise pour la préparation du site, la plantation, le désherbage, l'application des engrais, la replantation et le suivi de la première à la troisième année après les activités de plantation est estimée à 50-150 personnes-jour par hectare en excluant la prévention des incendies, qui est généralement nécessaire pour trois à six mois par an, selon la durée de la saison sèche. Par conséquent, le coût total d'un projet réussi de restauration forestière à grande échelle qui implique la plantation d'arbres, y compris la production de plantules ainsi que tous les matériaux et la main d'œuvre pour la plantation, le maintien et la surveillance pendant trois ans, sera probablement de 1 000 à 3 000 USD par hectare (Evans et Turnbull, 2004, tableau 6.1; FAO et CNULCD, 2015, tableau 2; Hitimana, 2019, communication personnelle).

Bien que les coûts varient énormément, la restauration des forêts constitue un investissement considérable, et une protection à long terme est donc essentielle. Une erreur commune est malheureusement celle de sous-estimer le temps total nécessaire pour mettre en œuvre les projets de restauration des forêts. Les reconnaissances du site du projet devraient commencer deux ou trois ans avant les opérations de sylviculture. Si les arbres sont cultivés localement à partir de semences, la construction d'une pépinière et la collecte des semences doit commencer au moins deux ans avant la première plantation. Les campagnes de restauration des forêts à grande échelle avec l'objectif ambitieux de replanter des surfaces vastes sont susceptibles d'échouer si elles ne prennent pas en compte la capacité limitée des opérations de terrain. Il est généralement préférable de planter de petites surfaces tous les ans sur plusieurs années plutôt que de planter une grande surface en une seule saison et de voir un grand nombre d'arbres plantés mourir par manque de soins culturaux.

Surveiller et maintenir la gestion forestière

Quel que soit le type de restauration forestière entreprise, la surveillance et la maintenance (les soins culturaux) sont une composante essentielle du succès de ce genre de projet. Elles devraient faire partie de la planification et des ressources allouées. Toute initiative de surveillance devrait se développer autour de trois questions fondamentales:

1. Qu'est-ce qu'on a l'intention de faire?
2. Est-ce qu'on l'a fait?
3. Est-ce que ça a marché?

En d'autres mots, le but de la surveillance est d'établir si les interventions de gestion planifiées ont été mises en œuvre et ont eu les effets escomptés. Cela permet au gestionnaire d'adapter les interventions (sylviculture, dans ce cas) pour que les objectifs escomptés soient atteints.

La maintenance est liée à la surveillance, et une bonne partie de la surveillance des progrès peut être effectuée en allant sur place pour faire la maintenance nécessaire. Dans le domaine de la restauration forestière, la maintenance comporte des opérations sylvicoles supplémentaires qui maintiennent la forêt sur la trajectoire prévue vers la condition forestière souhaitée. Pour illustrer ces différents points, le tableau 3 fournit des indications sur les critères de maintenance et de surveillance des forêts plantées.

Tableau 3 Orientations indicatives sur la surveillance et le maintien des forêts plantées

Période après la plantation	Action de surveillance et de maintien
1-2 semaines	Contrôler la qualité de la plantation; redresser les plantules mal plantées.
3-6 mois	Surveiller les taux de croissance et de survie des arbres régénérés naturellement et plantés; éliminer les plantes adventices et appliquer les engrais, et répéter l'opération le cas échéant.
Début de la saison sèche	Couper les pares-feux; construire des tours d'observation des incendies; organiser des brigades de prévention des incendies; clôturer la zone si de vastes populations de ruminants et de brouteurs sont attendues.
Fin de la saison sèche	Surveiller la croissance et la survie des arbres naturellement régénérés et plantés, et déterminer la nécessité de replanter.
6-12 mois	Replanter les surfaces où la plantation a échoué (le cas échéant)

Période après la plantation	Action de surveillance et de maintien
Années suivantes	Lutter contre les plantes adventices et les espèces grimpantes le long des lignes de plantation; contrôler l'ombrage; appliquer les engrais, selon le cas; utiliser le brûlage contrôlé si nécessaire; éclaircir et élaguer quand nécessaire.

Les activités de maintenance incluent aussi les traitement sylvicoles suivants:

Lutte contre les plantes adventices. Une croissance dense des plantes adventices retardera la croissance des plantules naturellement régénérées et plantées - et peut en provoquer la mort - du fait de la concurrence pour l'humidité, les nutriments et la lumière. La lutte contre les plantes adventices permet aux arbres établis récemment de survivre et de pousser en minimisant les effets néfastes d'autres plantes sur les arbres à conserver. En cas de désherbage chimique, il faudra respecter la réglementation, les instructions de mise en œuvre du fabriquant, et prendre les mesures adéquates pour protéger les travailleurs et l'environnement.

Le brûlage contrôlé, dans lequel un feu de faible intensité est utilisé pour contrôler la croissance du sous-étage, peut représenter une solution efficace pour lutter contre les risques d'incendie par compartiments lorsque les arbres à conserver sont assez grands pour résister au feu.

Entretien et éclaircissage. L'entretien et l'éclaircissage dans les peuplements régénérés naturellement et plantés sont des opérations sylvicoles qui visent à améliorer la qualité du peuplement en éliminant ou en supprimant la végétation indésirable, dont les plantes grimpantes et les vignes, et à abattre les arbres mal formés, endommagés ou malades. L'objectif est d'augmenter le développement de la couronne et la croissance du diamètre des arbres désirables, de concentrer l'accroissement futur sur les arbres les mieux formés, et d'améliorer la stabilité du peuplement en donnant plus d'espace de croissance aux racines et aux couronnes des arbres finaux potentiels. Les opérations d'entretien et d'éclaircissage sont des facteurs décisifs dans la réalisation des objectifs de production. Les méthodes d'éclaircissage pouvant être utilisées par les travailleurs forestiers sont nombreuses, comme par exemple l'éclaircie géométrique, l'annélation et le débroussaillement, ainsi que plusieurs autres méthodes (systématiques, sélectives). Pour plus d'informations sur l'entretien des forêts plantées, se référer à l'exemple au chapitre 16 de la publication de Evans et Turnbull, Plantation Forestry in the Tropics(Evans et Turnbull, 2004).Il existe une très grande diversité d'opérations d'entretien et d'éclaircissage possibles dans la sylviculture. Pour une introduction générale à la sylviculture et l'éclaircissage, se référer à Ashton et Kelty, (2018).

Faire des investissements à long terme qui réduisent les risques

Outre la restauration des sites, les secteurs publics et privés peuvent réduire les risques et augmenter les possibilités de réussite en matière de restauration forestière en investissant dans leurs citoyens et employés. Cela signifie qu'ils doivent disposer de bons forestiers et former des non-spécialistes qui vivent et travaillent dans le secteur agricole ou dans les zones rurales: le secteur public peut le faire en maintenant des écoles de foresterie et des services de vulgarisation qui peuvent former du personnel qualifié; les employeurs du secteur forestier peuvent le faire en investissant dans le développement professionnel. Les risques climatiques et les incertitudes sont encore des points à prendre en considération dans le cas d'investissements à long terme comme la foresterie, et les démarches au niveau des sites et à plus grande échelle pour atténuer les risques ont leur rôle à jouer.

1. Renforcement des capacités et formation

Le renforcement régulier des capacités est essentiel pour améliorer la planification, la gestion et la prise de décisions techniques en matière de restauration des forêts. Les groupes clés à cibler sont les suivants:

- les administrateurs des agences responsables, afin qu'ils puissent planifier et budgétiser des programmes efficaces;
- les forestiers, afin qu'ils puissent gérer et mettre en œuvre efficacement les travaux dans la forêt;
- les propriétaires fonciers et les populations rurales, afin qu'ils puissent comprendre et entreprendre les activités de restauration.

L'élaboration d'un programme de vulgarisation forestière et son organisation exigent une compréhension du sujet, de la situation de la population cible, des ressources disponibles, et des principes de l'éducation des adultes. Ces dernières années, il y a eu une transition vers des programmes de vulgarisation qui accentuent et favorisent l'échange et l'apprentissage entre pairs plutôt que la création d'un vaste réseau de vulgarisateurs. Cette transition devrait être complétée de programmes de certification professionnelle en foresterie dans des établissements d'enseignement supérieur.

2. Gestion des risques

Le changement climatique est susceptible de présenter de nouveaux risques pour les projets de restauration forestière: par exemple, les pluies imprévisibles entraveront la restauration, et l'augmentation des vents et des orages provoqueront plus de dégâts que par le passé. Des interventions spécifiques pour construire une résilience écologique et socioéconomique sont énoncées dans deux publications de la FAO: les Directives relatives au changement climatique à l'intention des gestionnaires forestiers et les Directives mondiales pour restaurer

la résilience des paysages forestiers dans les terres arides.

Au-delà des risques supplémentaires posés par le changement climatique et l'incertitude, les propriétaires et gestionnaires forestiers ont toujours été confrontés au risque lié à la gestion des arbres qui prennent du temps à mûrir. Ces risques peuvent être atténués:

- du point de vue financier, en réduisant les impôts et le coût des prêts;
- du point de vue écologique, en plantant des mélanges d'espèces dans les paysages ou dans un compartiment;
- du point de vue technologique, en plantant des arbres génétiquement améliorés qui mûrissent plus vite ou qui résistent à certains risques.

Aider les propriétaires fonciers à réduire leur vulnérabilité aux risques augmentera leur engagement dans la restauration des forêts.

E-learning

Introduction à la restauration des forêts et des paysages

La dégradation des forêts et des paysages a des conséquences non seulement sur le climat mondial, mais aussi sur la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des communautés. La restauration des forêts et des paysages (RFP) est un processus...

Élaborer des plans d'affaires bancables pour des entreprises forestières durables

Ce cours a été développé pour améliorer l'accès à l'investissement et à d'autres formes de financement des petits producteurs, de leurs organisations et des petites et moyennes entreprises. Faciliter cet accès permet à ces parties prenantes de tirer des avantages socio-économiques de leur participation à la valorisation des filières forestières tout en complétant les ressources des canaux officiels et en contribuant à la réalisation des Objectifs de Développement Durable (ODDs).

Introduction à la restauration des forêts et des paysages

La dégradation des forêts et des paysages a des conséquences non seulement sur le climat mondial, mais aussi sur la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des communautés. La restauration des forêts et des paysages (RFP) est un processus...

Élaborer des plans d'affaires bancables pour des entreprises forestières durables

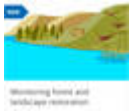
Ce cours a été développé pour améliorer l'accès à l'investissement et à d'autres formes de financement des petits producteurs, de leurs organisations et des petites et moyennes entreprises. Faciliter cet accès permet à ces parties prenantes de tirer des avantages socio-

économiques de leur participation à la valorisation des filières forestières tout en complétant les ressources des canaux officiels et en contribuant à la réalisation des Objectifs de Développement Durable (ODDs).

Suivi de la restauration des forêts et des paysages

Afin d'atteindre les engagements pris par les pays en matière de restauration des paysages dégradés, des investissements publics et privés sont nécessaires tout au long du cycle d'une intervention de RFP pour soutenir sa mise en œuvre...

Suivi de la restauration des forêts et des paysages



Afin d'atteindre les engagements pris par les pays en matière de restauration des paysages dégradés, des investissements publics et privés sont nécessaires tout au long du cycle d'une intervention de RFP pour soutenir sa mise en œuvre...

Le financement durable de la restauration des forêts et des paysages

Pour respecter les engagements nationaux des pays en matière de restauration des paysages dégradés, des investissements publics et privés adéquats sont nécessaires pour soutenir les différentes étapes du cycle de la RFP.

Le financement durable de la restauration des forêts et des paysages

Pour respecter les engagements nationaux des pays en matière de restauration des paysages dégradés, des investissements publics et privés adéquats sont nécessaires pour soutenir les différentes étapes du cycle de la RFP.

Further learning

Aguilar-Garavito, M., Barrera, J. & Rondón-Camacho, D. 2008. *Experiencias de restauración ecológica en Colombia: entre la sucesión y los disturbios*. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.

Adam, M.B., Angel, P., Barton, C., Burger, J., Davis, J., French, M., Graves, D., Groninger, J.W., Strahm, B., Sweigard, R., Hall, N., Keiffer, C.H., Larkin, J., McCarthy, B., Miller, C., Mizel, J., Skousen, J., Wood, P. & Zipper, C. 2017. The Forestry Reclamation Approach: Guide to Successful Reforestation of Mined Lands. *United States Department of Agriculture* (May): 119.

Ager, A.A., Vaillant, N.M. & McMahan, A. 2013. Restoration of fire in managed forests: A model to prioritize landscapes and analyze tradeoffs. *Ecosphere*, 4(2): 1–19.

Ashton, M.S. & Kelty, M.J. 2018. *The practice of silviculture: applied forest ecology*. Hoboken, NJ, Wiley.

Brancalion, P.H.S., Viani, R.A.G., Calmon, M., Carrascosa, H. & Rodrigues, R.R. 2013. How to Organize a Large-Scale Ecological Restoration Program? The Framework Developed by the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. *Journal of Sustainable Forestry*, 32(7): 728–744.

Bruenig, E.F. & Geldenhuys, C.J. 1996. Conservation and Management of Tropical Rainforests: an Integrated Approach to Sustainability. *South African Forestry Journal*, 177(1): 61.

Carnus, J.-M., Parrotta, J., Brockerhoff, E., Arbez, M., Jactel, H., Kremer, A., Lamb, D., O'Hara, K. & Walters, B. 2006. Planted forests and biodiversity. *Journal of Forestry*, 104(2): 65–77.

Ceccon, E. & Martinez-Garza, C. 2016. *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. Ciudad de Mexico, Universidad Nacional Autónoma de México. 580 pp.

Chavez-Tafur, J. & Zagt, R.J. (eds.). 2014. *Towards productive landscapes*, 56. Tropenbos International, Wageningen, the Netherlands.

Chazdon, R.L. & Guariguata, M.R. 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica*, 48(6): 716–730.

Chirwa, P.W., Larwanou, M., Syampungani, S. & Babalola, F.D. 2015. Management and restoration practices in degraded landscapes of Eastern Africa and requirements for up-scaling. *International Forestry Review*, 17(3): 20–30.

Chirwa, P.W., Larwanou, M., Syampungani, S. & Babalola, F.D. 2015. Management and restoration practices in degraded landscapes of Southern Africa and requirements for up-scaling. *International Forestry Review*, 17(3): 31–42.

Dewees, P., Place, F., Scherr, S.J. & Buss, C. 2011. *Investing in trees and landscape restoration in Africa: what, where, and how.* Program on Forests (PROFOR). Washington, DC, USA.

Evans, J. (ed.). 2009. *Planted forests: uses, impacts, and sustainability.* CAB International and FAO.

Evans, J. and Turnbull, J.W. 2004. *Plantation Forestry in the Tropics*, 3rd edn. Oxford University Press, Oxford.

FAO. 2003. *Bringing back the forests. Policies and practices for degraded lands and forests.* RAP Publication

FAO. 2011. *Assessing forest degradation. Towards the development of globally applicable guidelines.* Forest Resources Assessment Working Paper 177. Rome, Italy.

ITTO. 2020. ITTO guidelines for forest landscape restoration in the tropics. ITTO Policy Development Series No. 23. International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama, Japan. *(forthcoming)*

IUFRO. 2007. IUFRO Conference on forest landscape restoration. Proceedings. Seoul, Republic of Korea.

Lamb, D. 1998. Large?scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology*, 6(3): 271-279.

Lamb, D. 2011. *Regreening the bare hills.* Springer Science & Business Media.

Lamprecht, H. 1989. *Silviculture in the tropics. Tropical forest ecosystems and their tree species - possibilities and methods for their long-term utilization*. TZ-Verlag.

Mansourian, S., Vallauri, D., Dudley and N. (eds.) & WWF International. 2005. *Forest restoration in landscapes: beyond planting trees.* Springer, New York.

Matthews, J.D. 1989 *Silvicultural Systems*. Oxford University Press. Chapters 19 & 20

Menzies, N. 1988. Three hundred years of Taungya: A sustainable system of forestry in south China. *Human Ecology*, 16(4): 361–376.

Moore, P. 2005. Forest landscape restoration after fires. *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*: 331–338.

O'Hara, K. 2014. *Multiaged Silviculture: Managing for Complex Forest Stand Structures.* Oxford University Press, Oxford.

Pretzsch, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth, and Yield: From Measurement to Model*. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. 1-39 pp.

Rizvi, A.R., Baig, S., Barrow, E. & Kumar, C. 2015. Synergies between Climate Mitigation and Adaptation in Forest Landscape Restoration. Gland, Switzerland: IUCN.

Saenger, P. (2002) Mangrove Silviculture and Restoration. *In*: *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Springer, Dordrecht

Sapkota, L.M., Jihadah, L., Sato, M., Greijmans, M., Wiset, K., Aektasaeng, N., Daisai, A. & Gritten, D. 2019. Translating global commitments into action for successful forest landscape restoration: Lessons from Ing watershed in northern Thailand. *Land Use Policy* (November 2018): 104063.

Sayer, J.A. and Maginnis, S. (eds.). 2005. *Forests in landscapes. Ecosystem approaches to sustainability.* IUCN and Earthscan, UK.

Stanturf J.A., Palik B.J. & Dumroese R.K. 2014 Contemporary forest restoration: A review emphasizing function. *Forest Ecology and Management* 331 (2014): 292–323

Stanturf, J.A., Kant, P., Lillesø, J.-P.B., Mansourian, S., Kleine, M., Graudal, L. & Madsen, P. 2015. *Forest Landscape Restoration as a Key Component of Climate Change Mitigation and Adaptation IUFRO World Series Volume 34*. 1-75 pp.

Web links

The Global Partnership of Forest and Landscape Restoration (GPFLR)
http://www.forestlandscaperestoration.org/case-studies.html
Last accessed 21.11.2020.

ITTO - Project/activity search. 2004-2014.
https://www.itto.int/project_search
Last accessed 27.11.2020.

Credits

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

Initiator(s): Walter Kollert - FAO, Forestry Division

Contributor(s): Cesar Sabogal - FAO, Forestry Division

Reviewer(s): CATIE; CIFOR; ITTO; IUFRO; Tropenbos International

This module was revised in 2017 to strengthen gender considerations.

Initiator(s): Gender Team in Forestry

Reviewer(s): Walter Kollert

This module was partially revised in 2020.

Initiator(s): Benjamin Caldwell - FAO, Forestry Division

Contributor(s): Kenichi Shono - FAO, Forestry Division; Hubertus J van Hensbergen – Independent consultant

Reviewer(s): Tiina Vahanen, Sheila Wertz-Kanounnikoff - FAO, Forestry Division; John Stanturf - Independent consultant; CATIE; CIFOR; ITTO; IUFRO; Tropenbos International