

CHAPITRE 5

OUTILS POUR LA RESTAURATION DES FORÊTS TROPICALES

Avec une proposition de projet mise en place et un accord de financement, il est temps de commencer à travailler. Dans ce chapitre, nous allons discuter de la manière de mettre en œuvre les cinq principaux outils pour la restauration des forêts: la protection, la RNA, la plantation d'espèces d'arbres «framework» («cadres»), l'approche de la diversité maximale et les peuplements d'arbres nourriciers (ou plantations comme catalyseurs). Dans le chapitre 3, nous avons montré que ces cinq outils de base sont rarement utilisés de manière isolée. Plus le degré de dégradation est élevé, plus ces outils doivent être associés pour obtenir un résultat satisfaisant. Dans les Chapitres 6 et 7, nous continuons à fournir plus de détails sur la culture et la plantation d'essences forestières autochtones.

«Le succès de la restauration d'un écosystème perturbé est le test de notre compréhension de cet écosystème.» Bradshaw (1987).

5.1 Protection

Il ne sert à rien de restaurer des sites qui ne peuvent pas être protégés contre les activités qui ont détruit la forêt originelle. Ainsi, empêcher la dégradation est fondamental pour tous les projets de restauration forestière, quel que soit le stade de la dégradation abordé. La protection a deux éléments de base: i) la prévention de l'empiètement supplémentaire et ii) l'élimination des éventuels obstacles à la régénération naturelle des forêts. Le premier implique la prévention de nouvelles activités humaines néfastes à la restauration du site, tandis que le second engage les communautés résidentes existantes dans la prévention des incendies, l'éloignement du bétail et la protection des animaux disperseurs de graines contre les chasseurs.

Prévention de l'empiètement

Les terres forestières inoccupées ont toujours attiré les personnes sans terre et à faible revenu. Dans le passé, le défrichement des forêts équivalait à un droit juridique de la propriété foncière et à un moyen de sortir de la pauvreté. Mais, dans les sociétés civiles modernes, et avec la croissance démographique exponentielle, «l'appropriation par la déforestation» n'est plus acceptable. La grande majorité des terres forestières tropicales est maintenant sous le contrôle de l'Etat, et il existe des lois pour empêcher leur exploitation à des fins personnelles. Malheureusement, l'application des lois forestières visant à exclure les personnes qui empiètent les forêts a souvent pour cibles des populations rurales pauvres. Elle est, de ce fait, fortement critiquée par les groupes de la défense des droits de l'homme, en particulier lorsque les sociétés et les riches propriétaires fonciers peuvent s'en sortir sans que l'empiètement des terres forestières ne soit puni. En fin de compte, ces problèmes ne peuvent être résolus que par une meilleure gouvernance forestière¹, mais plusieurs mesures concrètes peuvent être prises au niveau local pour prévenir de nouveaux empiètements.

Les villageois démunis, dont la plupart sont peu instruits, ignorent souvent la loi. Par conséquent, le simple fait de les conscientiser sur la loi et les sanctions imposées peut parfois suffire à les dissuader de l'empiètement des terres forestières (Thira & Sopheary, 2004). Des limites clairement définies, avec des signes visibles le long de celles-ci expliquant le statut de la zone protégée, contribuent aussi à faire en sorte que tout le monde soit au courant des restrictions juridiques et où elles s'appliquent.

L'empiètement tend à se produire le long des routes; dans ces conditions, l'empêchement de la construction de routes et/ou l'amélioration de la forêt protégée sont peut-être les moyens les plus efficaces pour prévenir ce phénomène (Cropper *et al.*, 2001), en particulier dans les zones reculées. Les postes de contrôle routier aux points d'entrée et de sortie des sites protégés peuvent aussi décourager l'empiètement.

Une présence humaine, par exemple, sous la forme de patrouilles inopinées, est peut-être l'ultime moyen d'empêcher l'empiètement sur la forêt. Le maintien d'un système de patrouille est cher, mais les gardes forestiers peuvent avoir de multiples tâches. Lors d'une patrouille, ils peuvent également récolter des graines sur les arbres fruitiers pour alimenter une pépinière, ou enregistrer des observations sur la faune, y compris sur les disperseurs de graines et les pollinisateurs. La technologie GPS peut être utilisée pour enregistrer la position des arbres semenciers et de la faune, ainsi que la couverture de la patrouille et les signes de l'empiètement. Lorsqu'elles sont intégrées dans les systèmes d'information géographique (SIG), ces données peuvent être partagées et utilisées pour prévoir les zones les plus menacées par l'empiètement. C'est le concept de «patrouille intelligente» préconisé par la Wildlife Conservation Society (Stokes, 2010).

La prévention de nouveaux empiètements par les communautés déjà installées au sein d'un paysage forestier dépend de la construction d'un sens profond de la gestion communautaire tant de la forêt restante que de la forêt restaurée. Les populations locales vont travailler

¹ www.iucn.org/about/work/programmes/forest/fp_our_work/fp_our_work_thematic/fp_our_work_flg

ensemble pour exclure les intrus si elles estiment que l'empiètement menace les intérêts de leur communauté. La foresterie communautaire, dans laquelle un comité villageois (plutôt qu'un organisme d'État) devient responsable de la gestion de la forêt restaurée, constitue un cas de «sens de la gestion communautaire», profond et partagé, parce que le comité villageois traite le cas de toute personne endommageant les ressources forestières de la communauté en utilisant les règles et la réglementation que la communauté s'est fixées. La pression des pairs remplace la nécessité de l'intervention des services répressifs de l'État. La foresterie communautaire est bien sûr impossible là où il n'y a pas de forêt. Ainsi, la perspective d'un contrôle des ressources forestières par la communauté (une fois que la forêt aura été restaurée) constitue une puissante motivation pour les populations locales de contribuer à des projets de restauration forestière.

Les communautés à proximité des sites de restauration peuvent également bénéficier de l'emploi direct par les projets de restauration. Les programmes de développement des moyens d'existence peuvent également être pourvus. Ces programmes tirent profit des avantages de la restauration forestière (par exemple, en développant l'écotourisme), réduisent la nécessité de défricher la forêt (par exemple, en intensifiant l'agriculture) ou réduisent l'exploitation des ressources forestières (par exemple, en introduisant le biogaz pour remplacer le bois de chauffage). Si de telles récompenses sont offertes uniquement à des communautés vivant dans les aires protégées, elles peuvent toutefois avoir pour conséquence d'attirer des intrus qui cherchent à accéder aux avantages de tels programmes de développement.

Lorsque les systèmes d'aires protégées ont été introduits pour la première fois, l'opinion générale était que les occupants humains devraient se retirer afin de maintenir la nature «intacte». Ce point de vue ne tenait pas compte du fait que la plupart des zones avaient en fait été occupées par les humains, à un degré plus ou moins élevé, bien avant qu'elles ne soient déclarées protégées. Le réinstallation forcée des occupants loin des aires protégées s'est fait dans la douleur. Dans la plupart des cas, une indemnisation insuffisante leur a été accordée (le cas échéant), les sites de réinstallation étaient de mauvaise qualité et le soutien promis pour l'agriculture, l'éducation et les soins de santé sur les sites de réinstallation ne se sont souvent pas matérialisés (Usher Danaïya, 2009). En outre, le vide laissé derrière quand les gens sont déplacés hors des aires protégées est souvent vite envahi par de nouveaux intrus.

Les populations locales qui connaissent bien les paysages forestiers pour y avoir vécu longtemps sont un grand atout pour les programmes de restauration forestière. Elles constituent une précieuse source de connaissances locales, en particulier en ce qui concerne la sélection des espèces d'arbres et la collecte de semences. Elles peuvent fournir la majeure partie de la main-d'œuvre nécessaire pour les tâches de restauration, à la fois dans la pépinière et dans les champs. Elles peuvent également mettre en œuvre des mesures de protection, telles que les patrouilles et assurer la permanence aux postes de contrôle routiers, comme un devoir civique.

Prévention des dégâts de feu

La protection des sites de restauration forestière contre le feu est essentielle pour le succès de cette opération. Dans les régions tropicales saisonnièrement sèches, la prévention des incendies est une activité annuelle, et même dans les régions tropicales humides, elle est nécessaire pendant les périodes de sécheresse. La plupart des feux sont allumés par les êtres humains, de sorte que la meilleure façon de les prévenir est de veiller à ce que tout le monde dans le voisinage soutienne le programme de restauration et comprenne la nécessité de ne pas allumer le feu. Mais, quels que soient les efforts consentis pour sensibiliser davantage à la prévention des incendies au sein des communautés locales, le feu reste une cause fréquente de l'échec des projets de restauration forestière. La plupart des autorités forestières locales ont des unités de lutte contre les incendies, mais elles ne peuvent pas être partout. Des initiatives communautaires locales de prévention des incendies constituent souvent un des moyens le plus efficace de s'attaquer à ce problème. Les mesures préventives comprennent la mise en place des pare-feu et l'organisation de patrouilles de sapeurs pompiers afin de détecter et éteindre les feux de forêt menaçant avant qu'ils ne puissent se propager vers des sites de restauration.

Encadré 5.1. Les réserves d'extraction.

Les réserves d'extraction fournissent aux communautés locales un intérêt direct dans la protection des forêts tropicales en leur permettant d'exploiter les produits forestiers non ligneux (PFNL) d'une manière durable. Elles établissent un lien entre les revenus des villageois et le maintien d'écosystèmes forestiers intacts. La survie de la forêt et les moyens de subsistance des villageois deviennent interdépendants.

Le concept a été lancé au Brésil dans les années 1980, quand les exploitants de caoutchouc et les syndicats locaux de travailleurs ruraux sollicitèrent la désignation de zones de l'Amazonie où ils pourraient exploiter l'hévéa des forêts pour soutenir le développement durable des communautés locales. Les réserves d'extraction ont été proposées comme zones de conservation dans lesquelles les communautés locales pourraient récolter les PFNL tels que les noix et le latex. Pour l'essentiel, la désignation de telles zones visait à concilier les questions que les décideurs politiques jugeaient traditionnellement incompatibles, à savoir protéger les forêts comme zones de conservation et permettre aux populations locales de les exploiter durablement.

En 1989, le gouvernement brésilien a officiellement intégré les réserves d'extraction dans sa politique nationale. La terre devait devenir la propriété du gouvernement dans le double but de sauvegarder les droits des populations locales et de préserver la biodiversité. Il a été décidé de mettre en place des réserves d'extraction uniquement à la demande des populations locales et là où une longue tradition d'utilisation des forêts était évidente. Les réserves d'extraction sont désormais une stratégie fédérale importante pour la conservation des forêts et le développement économique au sein des populations locales. Dans le cas des syndicats d'exploitants d'hévéa, sous la direction de Chico Mendes, il a été envisagé que la forêt resterait sur pied aux fins d'être utilisée aussi bien par les exploitants d'hévéa que par les populations locales qui souhaitaient récolter des PFNL.



Carte d'Acre montrant l'emplacement de la réserve d'extraction de Chico Mendes. (© UICN).

Encadré 5.1. (Suite).



Chico Mendes démontrant le procédé de récolte de l'hévéa pour produire le latex en 1988. (Photo: M. Smith, Miranda Productions Inc.)

La réserve d'extraction la plus connue en Amérique du Sud est la réserve de Chico Mendes dans l'État d'Acre en Amazonie occidentale, qui a une superficie de 980.000 ha. Chico Mendes lui-même a été assassiné en 1988, mais son héritage se perpétue dans plus de 20 réserves d'extraction couvrant environ 32.000 km². Dans la Réserve de Chico Mendes, les droits des populations locales, qui sont tributaires de la forêt, sont protégés. Mais, dans cette réserve et dans d'autres réserves d'extraction, l'UICN reconnaît que l'utilisation d'une «production forestière économiquement, écologiquement et socialement viable comme moteur de développement local» demeure un défi.

En dépit de ces efforts visant à protéger les forêts de l'Amazonie, le taux de déforestation en Amazonie a considérablement augmenté en 2010 et en 2011, et le Parlement brésilien a dû décider de l'assouplissement des lois environnementales qui protègent la forêt, en faveur des agriculteurs à la recherche de plus d'espace pour élever leur bétail. A titre d'illustration, il a été proposé que les agriculteurs soient autorisés à défricher 50% de la forêt sur leurs terres, alors que la loi existante leur permettait de défricher seulement 20%.

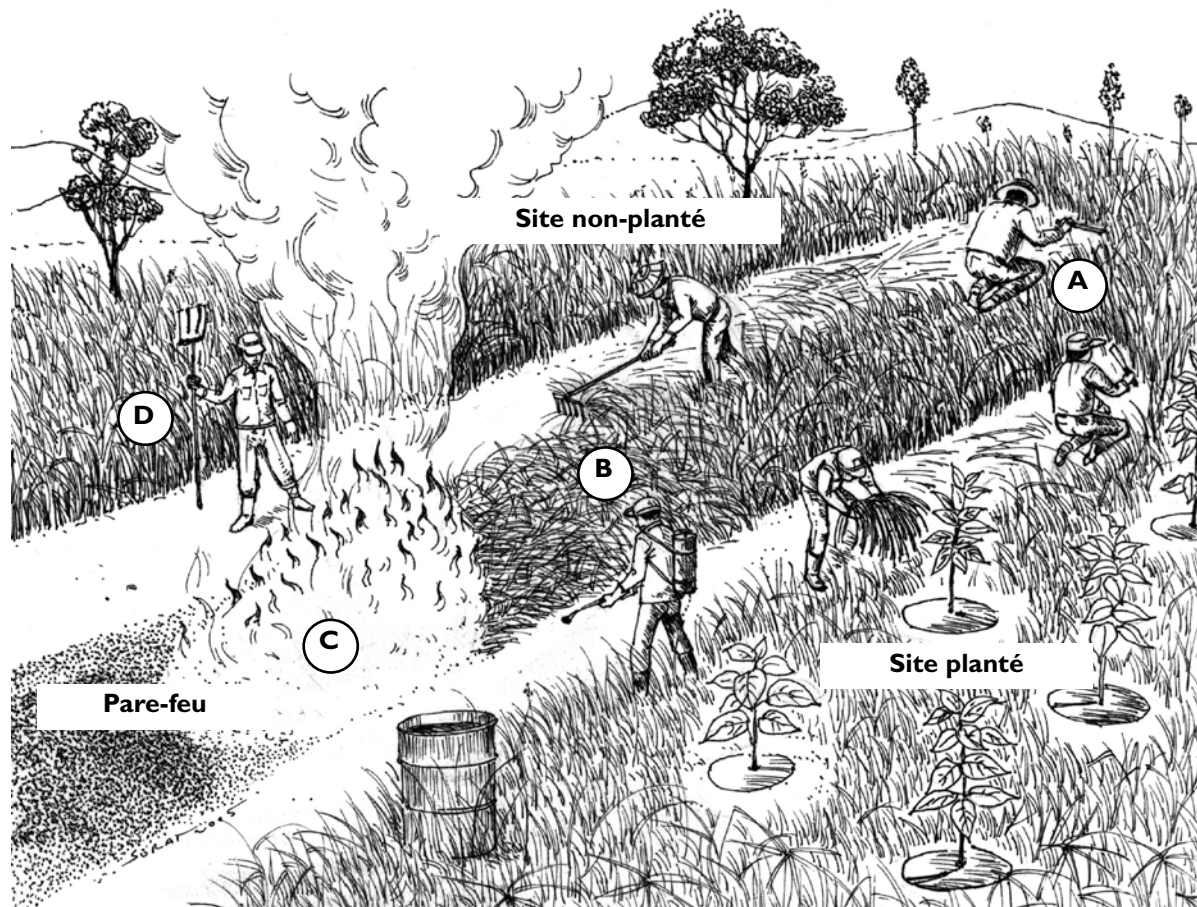


Edinaldo Flor da Silva et sa famille bénéficient des nouvelles unités de production d'hévéa, ce qui signifie qu'ils peuvent gagner davantage de leur produit durable. (Photo: © Sarah Hutchison/WWF/Sky Rainforest Rescue)

Pare-feu

Les pare-feu sont des bandes de terres sur lesquelles est éliminée la végétation combustible pour éviter la propagation du feu. Ils sont efficaces pour bloquer les feux modérés qui attaquent la couverture végétale. Les feux plus intenses projettent les débris enflammés, qui peuvent être transportés par le vent à travers les pare-feu pour commencer de nouveaux feux loin du lieu où le feu d'origine a été déclenché.

Mettez en place des pare-feu d'au moins 8 m de large autour des sites de restauration juste avant le début d'une saison sèche. La méthode la plus rapide consiste à couper toutes les graminées, tous les herbes et tous les arbustes (il ne faut pas couper les arbres) le long des deux bords du pare-feu. Amassez la végétation coupée au centre du pare-feu, laissez-la sécher pendant quelques jours, puis brûlez-la. De toute évidence, l'utilisation du feu pour prévenir les incendies peut être risquée. Assurez-vous de la disponibilité de beaucoup de gens munis de rabatteurs et de pulvérisateurs d'eau pour empêcher la fuite accidentelle du feu dans les zones environnantes. Le risque que le feu s'échappe est considérablement réduit par la combustion des pare-feu juste avant le début d'une saison chaude et sèche, lorsque la végétation environnante est trop humide pour brûler facilement. Les routes et les cours d'eau agissent comme des pare-feu naturels. Généralement, il n'est pas nécessaire d'établir des pare-feu le long des ruisseaux, mais il faudrait les mettre en place le long des routes, comme les incendies sont souvent déclenchés par des conducteurs qui lancent des mégots de cigarettes à partir de leurs véhicules.



L'utilisation du feu pour combattre le feu. (A) Désherbez deux bandes de végétation séparées d'au moins 8 m. (B) Amassez la végétation coupée au centre. (C) Laissez quelques jours pour permettre l'assèchement de la végétation coupée, puis (D) brûlez-la, en prenant bien soin d'éviter la propagation du feu en dehors du pare-feu.

Lutte contre les incendies

Organisez des équipes de veille pour alerter la population locale en cas de détection d'un incendie. Essayez de faire participer toute la communauté au programme de prévention des incendies, de sorte que chaque ménage mette à disposition un membre de sa famille pendant toutes les périodes de quelques semaines pour les tâches de prévention d'incendies. L'équipe de veille doit rester en état d'alerte jour et nuit tout au long de la saison sèche.

Placez les outils de lutte contre les incendies et des bidons remplis d'eau à des endroits stratégiques autour du site planté. Les outils de lutte contre les incendies sont, entre autres, les extincteurs dorsaux pourvus de pulvérisateurs, les batteurs pour étouffer le feu, les râteliers pour enlever la végétation combustible à partir du front de feu et une trousse de premiers soins. Des branches d'arbres verts peuvent être utilisées comme rabatteurs d'incendie. Si un cours d'eau permanent passe à proximité, au-dessus du site de restauration, pensez à la pose de tuyaux ou conduites d'eau dans les sites de restauration. Cela peut accroître considérablement l'efficacité de la lutte contre les incendies, mais est très coûteux.

Les petits feux peuvent être éteints avec (A) des extincteurs dorsaux, (B) de simples outils tels que les râteliers pour retirer le combustible de l'itinéraire du feu, et (C) des rabatteurs pour éteindre les feux de petite taille. Les fûts à pétrole remplis d'eau peuvent être placés à des endroits stratégiques à travers le site à l'avance comme points de recharge des extincteurs dorsaux.



Seuls les incendies au sol de faible intensité et lents peuvent être contrôlés avec des outils manuels. Les incendies plus graves, en particulier ceux qui atteignent la cime des arbres, doivent être éteints par des pompiers professionnels avec un appui aérien. N'hésitez pas à communiquer avec les autorités locales de lutte contre les incendies si le feu est hors de contrôle, et prenez des précautions supplémentaires. Les incendies graves se déplacent très rapidement et peuvent facilement entraîner des pertes en vies humaines. Les unités de lutte contre les incendies de forêt des autorités forestières locales offrent souvent une formation en prévention des incendies et aux techniques de lutte contre les incendies à l'intention des populations locales. Elles peuvent être en mesure de fournir du matériel anti-incendie aux initiatives communautaires de prévention des incendies; entrez donc en contact avec votre unité locale de lutte contre des incendies de forêt pour avoir de l'aide.

Que peut-on faire en cas d'incendie effectif des sites de restauration?

Tout n'est pas perdu. Certaines espèces d'arbres peuvent re-pousser (ou produire des rejets) à partir de porte-greffe après avoir été brûlées (voir **Section 2.2**). Les branches brûlées et mortes permettent l'entrée de ravageurs et de pathogènes, si bien que les couper peut accélérer le rétablissement après l'incendie. Taillez les branches mortes, en laissant une souche ne dépassant pas 5 mm. Après le feu, la surface du sol noirci absorbe plus de chaleur, en provoquant une évaporation plus rapide de l'humidité du sol. Cela peut par la suite tuer les jeunes arbres qui ont survécu à l'incendie initial. Par conséquent, la pose d'un paillis de la végétation coupée ou du carton ondulé autour des jeunes arbres brûlés peut augmenter leurs chances de survie et de re-croissance.

Gestion du bétail

Les bovins, les chèvres, les moutons et d'autres animaux d'élevage peuvent complètement empêcher la régénération des forêts en broutant les jeunes arbres. En fin de compte, la décision de réduire le nombre de têtes de bétail ou de les supprimer complètement dépend de l'examen minutieux de leur valeur économique pour la communauté et de leur capacité à jouer un rôle utile dans la restauration des forêts, pour compenser les effets néfastes qu'elles ont sur les jeunes arbres. La gravité des dommages augmente évidemment avec la densité du cheptel.

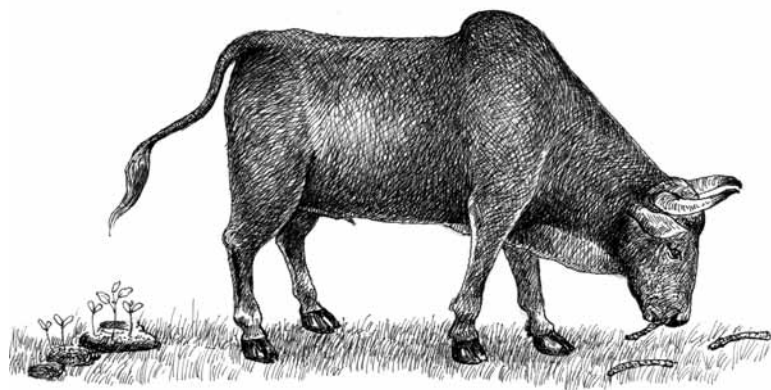
Dans la zone de conservation de Guanacaste (ACG), au Costa Rica, le bétail a joué un rôle positif dans les premières phases d'un projet de restauration forestière en broutant une espèce d'herbe exotique qui alimente les incendies, mais dès que les cimes d'arbres en voie de développement ont commencé à priver l'herbe de lumière, les bovins ont été progressivement supprimés (voir **Étude de cas 3**, p. 149). De même, dans les pâturages de montagne de la Colombie, où les herbes sont un obstacle majeur à la régénération des forêts, le pâturage du bétail a favorisé l'établissement d'arbustes, ce qui a créé un microclimat qui était plus propice à l'établissement d'essences forestières tropicales de montagne (Posada *et al.*, 2000).

Le bétail peut aussi faciliter la régénération naturelle des forêts en dispersant les graines d'arbres, en particulier dans les forêts où les espèces d'ongulés sauvages sont disparues (Janzen, 1981). Les têtes de bétail en liberté consomment souvent les fruits d'arbres dans les forêts et les déposent dans les aires ouvertes lors du broutement. Les espèces d'arbres dispersées par les bovins poussent le plus dans les forêts tropicales sèches et ont généralement des fruits secs, indéhiscents, brun-noir avec graines dures, avec un diamètre mesurant en moyenne 7,0 mm. La famille des Leguminosae contient plusieurs espèces d'arbres ayant des graines qui sont dispersées par le bétail; d'autres familles avec moins d'espèces d'arbres dont les graines peuvent être dispersées par le bétail comprennent les Caprifoliaceae, les Moraceae, les Myrtaceae, les Rosaceae, les Sapotaceae et Malvaceae. Les éleveurs des vallées centrales du Chiapas, au Mexique, utilisent délibérément le bétail pour planter des graines d'arbres (Ferguson, 2007).

Par conséquent, la gestion prudente du bétail peut avoir des effets bénéfiques pour la restauration des forêts, si la densité du cheptel est faible et si le feuillage des essences désirées est désagréable. Mais, même dans de telles circonstances, l'élevage peut réduire la richesse en espèces d'arbres dans les sites forestiers restaurés par un broutement sélectif.

L'impact du bétail peut être géré en attachant les animaux dans le champ pour limiter leurs mouvements ou en les excluant complètement. Des clôtures pour le bétail peuvent être érigées pour contenir les animaux durant les premières phases de la restauration forestière, mais ces clôtures doivent être maintenues jusqu'à ce que les cimes des arbres aient atteint une taille au-delà de la portée du bétail.

Au Népal, les villageois ne permettent pas souvent à leurs vaches de se promener librement dans leurs forêts communautaires. Pour favoriser la régénération rapide des forêts, les villageois gardent leurs vaches en dehors de la forêt. Ils coupent l'herbe et le fourrage des forêts pour nourrir leurs vaches. Cela alimente les vaches sans endommager les jeunes arbres en régénération et favorise également le désherbage efficace des parcelles forestières (Ghimire, 2005).



Les bovins peuvent agir en tant que «tondeuses à gazon vivantes» et peuvent disperser les graines, mais des populations denses étouffent la régénération de la forêt.

Protection des disperseurs de graines

Pour que la restauration des forêts soit un succès, avec un rétablissement acceptable de la biodiversité, la protection des arbres doit être complétée par la protection des animaux disperseurs de graines. La dispersion des graines à partir de la forêt intacte dans les sites de restauration est essentielle pour le retour d'essences forestières climatiques. La chasse aux animaux disperseurs de graines peut donc considérablement réduire le recrutement des espèces d'arbres. Il est inutile de restaurer l'habitat forestier pour attirer les disperseurs de graines s'il ne reste pas de disperseurs de graines à attirer.

De simples campagnes d'éducation peuvent être efficaces pour transformer les chasseurs en conservationnistes. Dans la localité de Ban Mae Sa Mai dans le nord de la Thaïlande, les enfants des tribus de colline étaient les principaux chasseurs; ainsi, ils capturaient les oiseaux dans les pièges et les tuaient avec des catapultes, parfois pour les manger, mais surtout pour le plaisir. Ils ciblaient particulièrement les bulbuls, principaux disperseurs de graines de la forêt dans les zones ouvertes. Une campagne de sensibilisation efficace (parrainée par Eden Project, Royaume-Uni) a entraîné les enfants à avoir de la passion pour l'observation des oiseaux, avec la possibilité de renforcer les capacités de certains d'entre eux pour devenir des guides pour écotouristes. Le projet a fourni des jumelles et des livres d'identification d'oiseaux et a organisé des voyages réguliers d'observation d'oiseaux. Les enfants ont mis en place leur propre réserve de petits oiseaux et la «police chargée des oiseaux», en utilisant la pression des pairs pour dissuader leurs camarades de classe de chasser. Ils ont également porté le message de la conservation à leurs parents à la maison. Les pièges d'oiseaux et les catapultes sont maintenant rarement visibles autour du village.

S.O.S. «Sauvons nos disperseurs de graines»: de simples campagnes d'éducation peuvent transformer les chasseurs d'oiseaux en guides ornithologiques. (Photos: T. Toktang).



5.2 Régénération naturelle «assistée» ou «accélérée» (RNA)

Qu'est-ce que la RNA?

La RNA est un ensemble d'activités, hormis la plantation d'arbres, qui améliorent les processus naturels de régénération de la forêt. Elle comprend les mesures de protection qui éliminent les obstacles à la régénération naturelle des forêts (par exemple, les incendies et l'élevage), déjà décrits dans la **Section 5.1**, ainsi que des actions supplémentaires pour i) «faciliter» ou «accélérer» la croissance de plantes issues de la régénération naturelle qui sont déjà établies dans le site de restauration (c.-à-d. les plantules, les jeunes arbres et les souches vivantes des essences forestières autochtones); et ii) encourager la dispersion des graines dans le site de restauration.

En partenariat avec le gouvernement philippin et les ONG communautaires, l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a soutenu une grande partie de la recherche qui a contribué à transformer le concept de RNA en une technique efficace et réalisable (voir **Encadré 5.2**). La FAO recommande maintenant la RNA comme une méthode d'amélioration de la mise en place des forêts secondaires par la protection et l'entretien des arbres semenciers et des plantules naturelles déjà présents dans la zone. Avec la RNA, les forêts secondaires et dégradées croissent plus vite qu'elles ne le feraient naturellement. Cette méthode améliore simplement les processus naturels déjà existants, de sorte qu'elle nécessite moins de

5.2 RÉGÉNÉRATION NATURELLE «ASSISTÉE» OU «ACCÉLÉRÉE» (RNA)

Encadré 5.2. Origines de la RNA.

Bien que les humains aient pendant longtemps manipulé la régénération naturelle des forêts, l'idée de sa promotion active pour restaurer les écosystèmes forestiers est relativement récente. Le concept formel de RNA — la régénération naturelle «accélérée» ou «assistée» — est apparu pour la première fois aux Philippines dans les années 1980 (Dalmacio, 1989). Un partenariat de longue date entre le Bureau régional de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) pour l'Asie et le Pacifique et la Bagong Pagasa (New Hope) Foundation (BPF), une petite ONG aux Philippines, joue depuis lors un rôle crucial pour propulser ce concept simple de l'obscurité à la lumière de la technologie de restauration des forêts tropicales.

Avec le concours de la Japan Overseas Forestry Consultants Association (JOFCA), BPF a mis en place un premier projet de RNA dans le village de Kandis, à Puerto Princesa, sur l'île de Palawan, aux Philippines, dans le but de restaurer 250 ha de bassin versant dégradé où prédominaient les graminées. La RNA a été testée à la fois comme une technique de restauration et comme un outil de développement pour l'amélioration des moyens de subsistance de 51 familles. Aux fins de restaurer la forêt, le projet a associé la RNA pour la restauration de la forêt avec la création de vergers. Les traitements étaient, entre autres, la prévention des incendies, le désherbage des anneaux de croissance de jeunes arbres et la mise sous presse de l'herbe. Les arbres pionniers, qui ont grandi rapidement après les traitements de désherbage, ont favorisé la régénération de 89 essences forestières (représentant 37 familles d'arbres), y compris de nombreuses espèces forestières climaciques. Les arbres forestiers ont été plantés aux côtés des caféiers et des arbres fruitiers domestiques pour fournir aux villageois des revenus. Après trois ans, un écosystème forestier autonome et durable a commencé à se développer. Le suivi systématique a révélé un rétablissement significatif de la biodiversité et l'amélioration des sols (Dugan, 2000).

Bien qu'il existe maintenant de nombreux projets de RNA couronnés de succès aux Philippines, très peu d'informations ont été initialement publiées pour permettre aux autres de tirer des enseignements des expériences des organisations telles que Bagong Pagasa. Par conséquent, la FAO a financé plusieurs projets visant à promouvoir la RNA pour la restauration des forêts dans plusieurs pays. Lancé en 2006, le projet «Promotion de l'application de la régénération naturelle assistée pour une restauration efficace des forêts à faible coûts²» a créé des sites de démonstration dans trois localités différentes des Philippines. Le projet s'est concentré sur la restauration de la forêt dans les prairies dégradées d'*Imperata cylindrica*, en utilisant la mise sous presse des mauvaises herbes pour libérer les semis d'arbres privés de lumière. Plus de 200 forestiers, membres d'ONG et représentants des communautés ont été formés aux méthodes de la RNA sur ces sites de démonstration. Selon les conclusions du projet, les coûts de la RNA représentent à peu près la moitié de ceux de la plantation d'arbres classique. En conséquence, le Philippines Department of Environment and Natural Resources (DENR) — Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles — a alloué 32 millions de dollars américains pour soutenir la mise en œuvre des techniques de la RNA sur environ 9.000 hectares. Le projet a suscité l'intérêt et le financement de l'industrie minière et des municipalités locales qui cherchent à compenser leurs empreintes de carbone (émissions de carbone). En collaboration avec la BPF, la FAO finance maintenant des essais similaires de RNA en Thaïlande, en Indonésie, en République Démocratique Populaire du Lao (Laos) et au Cambodge.



Patrick Dugan, président fondateur de Bagong Pagasa. En établissant des partenariats avec le gouvernement des Philippines (Ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles) et la FAO, la fondation a promu le concept de RNA bien au-delà de ses origines aux Philippines.

² www.fao.org/forestry/anr/59224/en/

CHAPITRE 5 OUTILS POUR LA RESTAURATION DES FORÊTS TROPICALES

travail que pour la plantation d'arbres et il n'y a pas les coûts de pépinières. Par conséquent, elle peut être un moyen à faible coût pour restaurer les écosystèmes forestiers. Shono *et al.* (2007) procèdent à un examen complet des techniques de la RNA.

La RNA et la plantation d'arbres ne doivent pas être considérées comme des alternatives à la restauration forestière s'excluant mutuellement. Le plus souvent, la restauration forestière associe la protection et la RNA avec une dose de plantation d'arbres. La technique d'étude du site, détaillée dans les **Sections 3.2 et 3.3**, peut être utilisée pour déterminer si la protection et la RNA utilisées ensemble sont suffisantes pour atteindre les objectifs de restauration ou si elles doivent être complétées par la plantation d'arbres et, si oui, savoir le nombre d'arbres qui devraient être plantés.

Dans quelle situation la RNA est-elle appropriée?

La protection + la RNA peuvent être suffisantes pour provoquer la restauration rapide et substantielle des forêts et le rétablissement de la biodiversité là où la dégradation des forêts est au stade 2. A ce stade de la dégradation, la densité des plantes issues de la régénération naturelle dépasse 3.100 pieds par hectare, et plus de 30 essences communes typiques de la forêt climacique cible (soit à peu près 10% du nombre estimé d'espèces d'arbres dans la forêt cible, si elle est connue) sont présentes. Là où la densité de plantes issues de la régénération naturelle est inférieure ou moins d'espèces d'arbres sont représentées, la RNA doit être utilisée en combinaison avec la plantation d'arbres (voir **Section 3.3**). En outre, une forêt intacte devrait subsister à quelques kilomètres du site de restauration proposé, pour constituer une source de graines pour le rétablissement des essences forestières climaciques, et les animaux disperseurs de graines devraient demeurer assez répandus (voir **Section 3.1**).

Certains adeptes de la RNA proposent son utilisation dans les prairies fortement dégradées, où la densité de plantes issues de la régénération (> 15 cm de hauteur) est seulement de 200 à 800 pieds par hectare (à partir du stade 3 de la dégradation, voir **Section 3.1**) (Shono *et al.*, 2007). L'application de la RNA de manière isolée dans de telles circonstances se traduit généralement par des forêts de faible valeur productive et écologique en raison de la dominance de quelques essences pionnières omniprésentes. Mais, même une forêt secondaire pauvre en espèces constitue une amélioration considérable, en termes de rétablissement de la biodiversité, sur les prairies dégradées qu'elle remplace; et la régénération de la forêt peut se poursuivre tant que les arbres semenciers et les disperseurs de graines subsistent dans le paysage.



(A) Près d'un an avant la prise de cette photographie (photo prise en mai 2007), les agriculteurs ont défriché illégalement la forêt sempervente de plaine de ce site situé dans la réserve forestière au sud de la Thaïlande pour établir une plantation d'hévéas. Beaucoup de sources de la régénération naturelle ont subsisté, dont les essences pionnières et climaciques, rendant le site idéal pour la restauration par la RNA. Des amas de paillage composés de carton ont été placés autour des jeunes arbres et des plantules restantes, les mauvaises herbes ont été coupées et l'engrais a été appliqué trois fois au cours de la saison des pluies. (B) Juste 6 mois plus tard, la fermeture de la canopée avait été réalisée (photo prise en novembre 2007). La plupart des espèces d'arbres de la canopée étaient des espèces pionnières, et donc le sous-bois a été enrichi par la plantation de gaules des essences forestières climaciques cultivées dans les pépinières.

Techniques de RNA

Réduction de la concurrence des mauvaises herbes

Le désherbage réduit la concurrence entre les arbres et la végétation herbacée, augmente la survie et accélère la croissance des arbres. Avant le désherbage, marquez clairement les plantules et les jeunes arbres avec des bâtons de couleur vive afin de les rendre plus visibles. Cela empêche qu'ils soient accidentellement piétinés ou coupés lors du désherbage.

Désherbage des anneaux de croissance

Éliminez toutes les mauvaises herbes, y compris leurs racines, en utilisant des outils manuels dans un cercle de 50 cm de rayon autour de la base de toutes les plantules et tous les jeunes arbres. Arrachez à la main les mauvaises herbes (portez des gants) à proximité des plantules et des jeunes arbres, étant donné que déterrer les racines des mauvaises herbes avec des outils manuels peut endommager leur système racinaire. Puis, posez un paillis épais de mauvaises herbes coupées autour de chaque plantule et chaque jeune arbre, en laissant un espace d'au moins 3 cm entre le paillis et la tige pour aider à prévenir l'infection fongique. Lorsque les mauvaises herbes coupées ne donnent pas un volume suffisant de paillis, utilisez du carton ondulé comme paillis.

Mise sous presse ou aplatissage des mauvaises herbes

Supprimez l'ombre en aplatissant la végétation herbacée qui subsiste entre les plantes issues de la régénération naturelle exposées à l'aide d'une planche de bois (130 × 15 cm). Attachez une corde solide aux deux extrémités de la planche, en faisant une boucle assez longue pour la passer au-dessus de vos épaules (attachez des épaulettes pour votre confort). Placez la planche au-dessus de la canopée des mauvaises herbes et marchez dessus avec tout le poids du corps pour rabattre les tiges de graminées et d'herbes près de la base. Répétez cette action, en avançant à petits pas³. Le poids des plantes devrait les garder aplaties. Cette technique est particulièrement efficace lorsque la végétation est dominée par des graminées souples comme *Imperata*. Les anciennes graminées robustes, à tige dressée (par exemple, les *Phragmites*, *Saccharum*, *Thysanolaena* spp.) ne devraient pas être aplaties, car elles peuvent facilement produire des rejets à partir des nœuds le long de leurs tiges. La mise sous presse des mauvaises herbes est beaucoup plus facile que le désherbage; une personne expérimentée peut aplatir environ 1000 m² par jour.

La mise sous presse s'effectue mieux lorsque les mauvaises herbes ont environ 1 m de hauteur ou plus: les plantes plus courtes ont tendance à se redresser juste peu de temps après avoir été aplaties. Le meilleur moment pour aplatir l'herbe se situe habituellement à environ deux mois après le début des pluies, quand les tiges d'herbe se replient facilement. Avant de procéder à la mise sous presse sur une grande superficie, effectuez un test simple sur une petite surface. Aplatissez l'herbe et attendez la nuit. Si l'herbe se redresse le matin, attendez encore quelques semaines de plus avant d'essayer à nouveau. Aplatissez toujours les mauvaises herbes dans la même direction. Sur les pentes, aplatissez les graminées dans le sens de la descente. Si les plantes sont aplaties quand elles sont humides, l'eau sur les feuilles les aide à rester collées, de sorte qu'elles sont moins susceptibles de se redresser.

La mise sous presse efficace utilise la propre biomasse des mauvaises herbes pour les empêcher de germer et pour les éliminer. Les plantes se trouvant dans les couches inférieures de la



Tout d'abord, estampillez les sources de régénération naturelle des forêts.

La mise sous presse de l'herbe avec une planche de bois est particulièrement adaptée pour étouffer la croissance de l'herbe *Imperata* et pour libérer les plantes issues de la régénération naturelle de la concurrence.



³ www.fs.fed.us/psw/publications/documents/others/5.pdf and www.fao.org/forestry/anr/59221/en/

masse aplatie de la végétation meurent à cause du manque de lumière. Certaines plantes peuvent survivre et repousser, mais elles le font beaucoup plus lentement que si elles avaient été coupées. Par conséquent, la mise sous presse ne doit pas être répétée aussi souvent que le désherbage. La végétation aplatie étouffe la germination des graines de mauvaises herbes en bloquant la lumière. Elle protège également la surface du sol contre l'érosion et ajoute des éléments nutritifs au sol au fur et à mesure que les couches inférieures commencent à se décomposer. La mise sous presse des mauvaises herbes ouvre le site de restauration, en y facilitant le déplacement et le travail autour des jeunes arbres. Elle contribue également à réduire la gravité des incendies. Les plantes aplaties sont beaucoup moins inflammables que celles dressées en raison de l'absence de circulation d'air dans la masse aplatie de la végétation. Elles se consomment bel et bien, mais la hauteur de la flamme est plus faible et donc les cimes des arbres sont moins susceptibles d'être brûlées.

Là où la densité de plantes issues de la régénération naturelle est élevée, l'utilisation d'herbicides pour éliminer les mauvaises herbes n'est pas recommandée, car il est très difficile d'empêcher que la pulvérisation n'atteigne le feuillage des plantes de régénération naturelle.

Utilisation d'engrais

La plupart des plantules et des jeunes arbres atteignant environ 1,5 m de hauteur réagissent bien aux applications d'engrais, quelle que soit la fertilité des sols. L'épandage d'engrais augmente la survie et accélère la croissance et le développement des cimes. Cela entraîne la fermeture de la canopée et prive les mauvaises herbes de lumière plus tôt que si aucun engrais n'était appliqué, réduisant ainsi les coûts de travail pour le désherbage des anneaux de croissance et la mise sous presse de mauvaises herbes. Ainsi, bien que les engrais chimiques puissent être coûteux, ces coûts sont partiellement compensés dans le long terme par les économies de coûts de désherbage. Les engrais organiques, comme le fumier, peuvent être utilisés comme alternative moins coûteuse aux engrais chimiques. C'est probablement un gaspillage d'énergie et d'argent que d'appliquer de l'engrais à des arbustes et à des souches d'arbres, qui ont déjà développé des systèmes racinaires profonds.

Favoriser la germination de souches d'arbres

L'importance du recépage des souches d'arbres dans l'accélération de la fermeture de la canopée et la contribution à la richesse en espèces d'arbres dans les sites de restauration a été examinée dans la **Section 2.2**. Mais, outre le fait d'éviter que les souches d'arbres ne soient à nouveau coupées, brûlées ou broutées, presque aucun traitement pour améliorer leur possible rôle dans la RNA n'a été testé. Des expériences sur «la culture des souches d'arbres» pourraient tester l'efficacité de i) l'application de produits chimiques pour prévenir la carie fongique ou l'attaque par les termites, ii) l'application des hormones végétales pour stimuler la croissance des bourgeons et le recépage, et iii) l'élagage des nouvelles pousses qui sont faibles afin de libérer une plus grande quantité des ressources de la plante pour celles qui subsistent.

Coupe sélective des arbres issus de la régénération naturelle

Là où les peuplements denses d'une seule espèce dominent, l'auto-éclaircie se produit naturellement car les plus grands arbres priveront de lumière les plus petits. Ce processus peut être accéléré par la coupe sélective de certains des plus petits arbres (au lieu d'attendre qu'ils meurent de façon naturelle). Cette disparition offre des trouées de lumière dans lesquelles d'autres espèces d'arbres, moins répandues, peuvent s'établir, et devrait augmenter la richesse globale en espèces d'arbres.

Améliorer la dispersion de graines

L'importance de la dispersion de graines comme service écologique essentiel et gratuit qui assure la recolonisation des sites de restauration par des essences forestières climatiques a été soulignée tout au long du présent ouvrage (voir **Sections 2.2, 3.1 et 5.1**). Alors, comment peut-on l'améliorer?

5.2 RÉGÉNÉRATION NATURELLE «ASSISTÉE» OU «ACCÉLÉRÉE» (RNA)

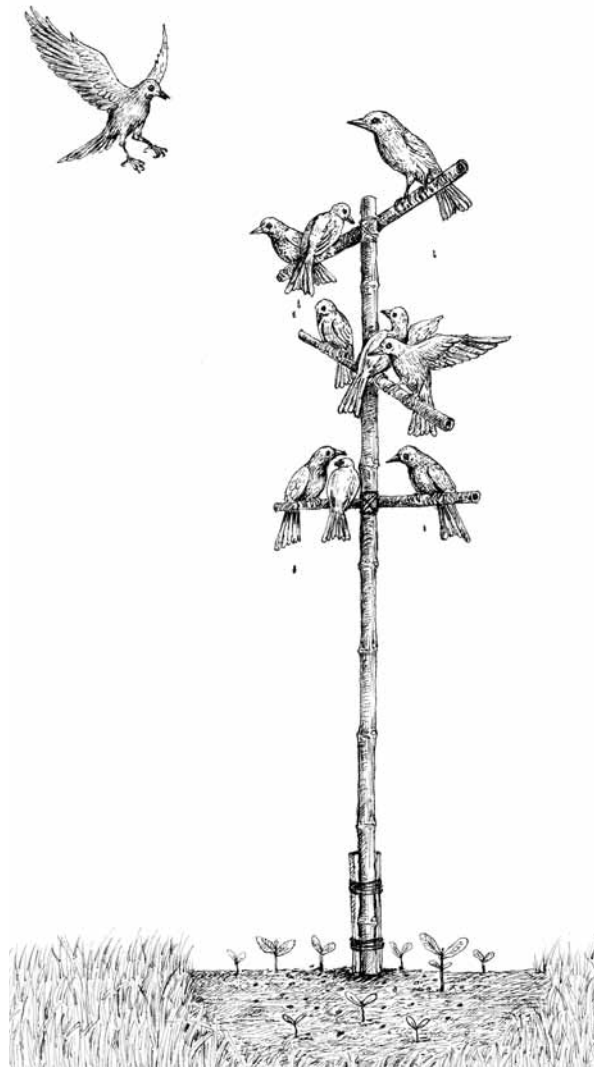
Les perchoirs artificiels pour oiseaux sont, en théorie, un moyen rapide et pas cher pour attirer les oiseaux et augmenter la dispersion de graines dans les sites de restauration. Les perchoirs sont habituellement des poteaux de 2 à 3 m de hauteur, pourvus de barres transversales pointant dans des directions différentes. Bien que la dispersion de graines augmente sous les perchoirs (Scott *et al.*, 2000; Holl *et al.*, 2000; Vicente *et al.*, 2010), l'établissement des plantules augmente uniquement si les conditions pour leur germination et leur croissance sont favorables sous les perchoirs. Les graines peuvent être mangées par des prédateurs ou alors les jeunes plants peuvent être dominés par les plantes herbacées (Holl 1998; Shiels & Walker 2003). Donc, le désherbage sous les perchoirs est nécessaire s'ils ne sont pas sur des sites à faible densité de mauvaises herbes.

Bien que les perchoirs artificiels attirent les oiseaux, ils le font moins efficacement que les arbres et les arbustes réels, qui fournissent l'avantage supplémentaire de priver de lumière les mauvaises herbes et donc améliorent les conditions de l'établissement des plantules. L'établissement d'une végétation structurellement variée, comprenant des arbustes fruitiers ou des arbres résiduels, est le meilleur moyen d'attirer les oiseaux et les animaux disperseurs de graines, mais cela prend du temps. Ainsi, les perchoirs artificiels pour oiseaux peuvent constituer une mesure échappatoire.

Dans les zones perturbées, la dispersion naturelle de graines est dominée par les essences forestières secondaires, souvent à partir des arbres donnant des fruits au sein du site dégradé même (Scott *et al.*, 2000). Par conséquent, les perchoirs peuvent augmenter la densité de plantes de régénération sans augmenter la richesse spécifique. Dans de telles circonstances, la dispersion de graines apportées par les oiseaux devrait être complétée par l'ensemencement direct des essences forestières climaciques moins répandues.

Limites de la RNA

La RNA agit uniquement sur les plantes issues de la régénération naturelle qui sont déjà présentes dans les sites déboisés. Elle peut permettre la fermeture rapide de la canopée, mais seulement lorsque les plantes issues de la régénération sont présentes à des densités suffisamment élevées. La plupart des arbres qui colonisent les zones dégradées sont d'un nombre limité d'espèces pionnières héliophiles répandues (voir **Section 2.2**), qui produisent des graines qui sont dispersées par le vent ou les oiseaux de petite taille. Ils ne représentent qu'une petite portion des espèces d'arbres qui poussent dans la forêt cible. Là où la faune reste répandue, les arbres «assistés» attireront les animaux disperseurs de graines, ce qui entraîne le recrutement d'espèces d'arbres. Mais, là où les animaux disperseurs de graines de grande taille sont disparus, la plantation d'essences forestières climaciques à grosses graines peut être la seule façon de transformer la forêt secondaire, créée par la RNA, en forêt climacique.



Les perchoirs artificiels pour oiseaux peuvent être utilisés pour augmenter la dispersion des graines d'arbres de la forêt intacte vers des sites de restauration.

5.3 La méthode des espèces «framework»

La plantation d'arbres devrait être utilisée pour compléter la protection et la RNA là où moins de 3.100 pieds d'arbres issues de la régénération naturelle peuvent être trouvés par hectare et/ou moins de 30 espèces d'arbres (soit environ 10% du nombre estimé d'espèces d'arbres dans la forêt cible, si elle est connue) sont représentées. La méthode des espèces «framework» (c.-à-d. «cadres») est la moins intensive des options de plantation d'arbres: elle exploite les mécanismes naturels (et gratuits) de dispersion de graines pour provoquer le rétablissement de la biodiversité. Cette méthode consiste à planter le plus petit nombre d'arbres nécessaires pour priver de lumière les mauvaises herbes (c.-à-d. pour assurer la «reconquête du site») et attirer les animaux disperseurs de graines.

Pour que cette méthode fonctionne, les vestiges du type forestier cible qui peuvent agir comme source de graines doivent exister à quelques kilomètres du site de restauration. Les animaux (surtout les oiseaux et les chauves-souris) qui sont capables de disperser les graines à partir des parcelles forestières résiduelles ou des arbres isolés sur le site de restauration doivent également rester assez répandus (voir **Section 3.1**). La méthode des espèces «framework» renforce la capacité de dissémination naturelle des graines pour obtenir rapidement le recrutement d'espèces d'arbres dans les parcelles de restauration. Par conséquent, les niveaux de biodiversité se rétablissent pour atteindre ceux typiques des écosystèmes forestiers climaciques sans nécessairement planter toutes les espèces d'arbres qui composent l'écosystème forestier cible. En outre, les arbres plantés rétablissent rapidement la structure et le fonctionnement des forêts, et créent les conditions pédologiques propices à la germination des graines d'arbres et à l'établissement des plantules. La méthode a d'abord été conçue en Australie, où elle a été initialement utilisée pour restaurer les sites dégradés à l'intérieur de la zone de la région tropicale humide du Queensland déclarée patrimoine mondial (voir **Encadré 3.1**). Depuis lors, elle a été adaptée pour être utilisée dans plusieurs pays de l'Asie du Sud-Est.

Qu'entend-on par espèces d'arbres «framework»?

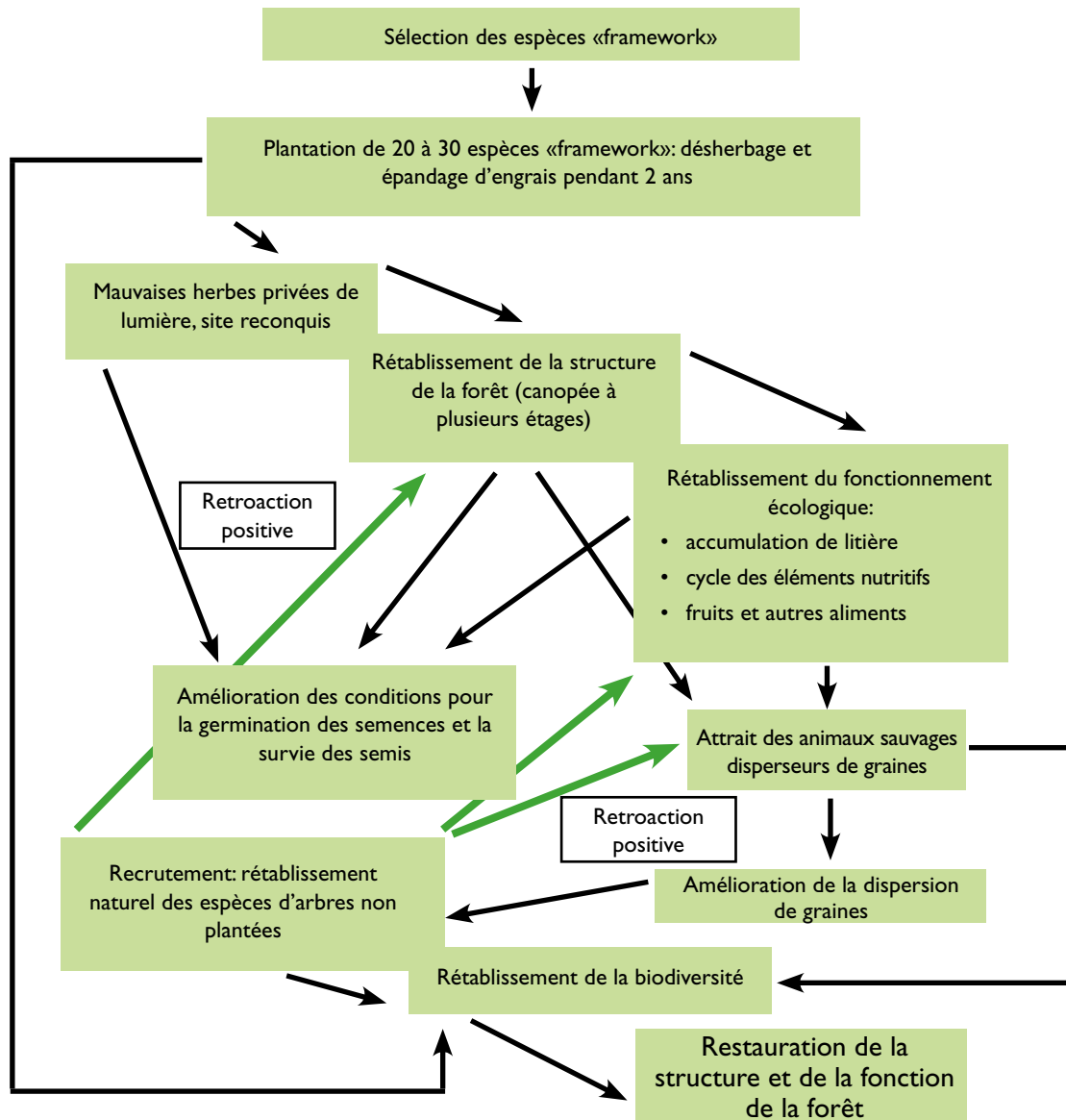
La méthode des espèces «framework» implique la plantation de mélanges de 20 à 30 (soit environ 10% du nombre estimé d'espèces d'arbres dans la forêt cible, si elle est connue) des essences forestières autochtones qui sont typiques de l'écosystème forestier cible et qui ont en commun les caractéristiques écologiques suivantes:

- des taux de survie élevés lorsqu'elles sont plantées sur des sites déboisés;
- une croissance rapide;
- des cimes denses et étendues qui privent de lumière les plantes herbacées;
- la production, à un jeune âge, de fleurs, de fruits, ou d'autres ressources qui attirent les animaux sauvages disperseurs de graines.

Dans les régions tropicales saisonnièrement sèches, où les feux de végétation en saison sèche représentent un danger tout au long de l'année, une caractéristique supplémentaire souhaitée des espèces «framework» est la résilience à la combustion. En cas d'échec des mesures de prévention des incendies, le succès des plantations de restauration des forêts peut dépendre de la capacité des arbres plantés à repousser à partir la partie basse du tronc après que le feu a brûlé leurs parties aériennes (c.-à-d. le recépage, voir **Section 2.2**).

Sur le plan pratique, la propagation des espèces «framework» devrait être facile et l'idéal serait que leurs graines germent rapidement et de manière synchrone, avec une croissance ultérieure de jeunes arbres vigoureux à une taille convenable (30–50 cm de hauteur) en moins d'un an. En outre, là où la restauration forestière doit apporter des avantages aux communautés locales, les critères économiques tels que la productivité et la valeur des produits et des services écologiques fournis par chaque espèce peuvent être pris en compte.

Fonctionnement de la méthode des espèces «framework»



Les arbres «framework» sont-ils des espèces pionnières ou climaciques?

Les mélanges d'espèces d'arbres «framework» sélectionnées pour la plantation devraient inclure les espèces pionnières et les espèces climaciques (ou des espèces qui représentent toutes les «guildes» de succession expliquées à la **Section 2.2**, si elles sont connues). La succession forestière peut être «court-circuitée» par la plantation juxtaposée d'arbres pionniers et climaciques en une seule étape. Mais, pour parvenir à la fermeture rapide de la canopée, Goosem et Tucker (1995) recommandent qu'au moins 30% des arbres plantés soient des espèces pionnières.

De nombreuses essences forestières climaciques se développent bien dans les conditions ouvertes et ensoleillées des zones déboisées, mais elles ne parviennent pas à coloniser ces zones de façon naturelle en raison de l'absence de la dispersion de graines. Les espèces d'arbres climaciques ont souvent des graines qui sont dispersées par de grands animaux et la raréfaction des grands

mammifères sur de vastes zones empêche la dispersion de ces arbres dans les sites déboisés. En intégrant certains d'entre eux parmi les arbres qui sont plantés, il est possible de contourner cette limite et d'accélérer la régénération de la forêt climacique.

Les arbres pionniers plantés apportent la plus grande contribution à la fermeture précoce de la canopée et à l'ombrage sur les plantes herbacées. Le point à partir duquel les cimes des arbres dominent la pelouse herbacée s'appelle «reconquête du site». Les essences pionnières arrivent à maturité de façon précoce et certaines peuvent commencer à fleurir et à porter des fruits seulement 2 à 3 ans après la plantation. Le nectar des fleurs, les fruits charnus, et les emplacements pour les perchoirs, les nids et les juchoirs créés au sein de la cime des arbres attirent la faune de la forêt avoisinante. La diversité des animaux augmente de façon spectaculaire à mesure que les nouveaux arbres s'établissent et, surtout, beaucoup d'animaux fréquentant les sites de restauration portent avec eux des graines d'arbres de la forêt climacique. En outre, le sol forestier frais, ombragé, humide, riche en humus et exempt de mauvaises herbes, créé sous la canopée des arbres plantés, offre des conditions idéales pour la germination des graines.

Les espèces pionnières commencent à mourir après 15 à 20 ans, en créant des trouées de lumière. Celles-ci permettent aux jeunes arbres de nouvelles espèces d'arbres de croître et de remplacer les essences pionnières plantées dans la canopée forestière. Si l'on plantait uniquement les espèces pionnières de courte durée, elles pourraient mourir avant l'établissement d'un nombre suffisant de nouvelles espèces d'arbres, ce qui conduirait à la possibilité de ré-invasion du site par les mauvaises herbes herbacées (Lamb, 2011). Les essences climaciques plantées forment un sous-bois qui empêche cela. Elles ajoutent également la diversité et quelques-unes des caractéristiques structurelles et des niches de la forêt climacique dès le début du projet de restauration.

Essences rares ou menacées de disparition

Les espèces d'arbres rares ou menacées de disparition sont peu susceptibles d'être recrutées dans les sites de restauration de leur propre chef, parce que la source de leurs semences est probablement limitée et elles peuvent avoir perdu leurs principaux mécanismes de dispersion de graines. L'intégration de ces espèces dans les plantations de restauration forestière peut aider à prévenir leur disparition, même s'il leur manque certaines caractéristiques «framework». Les informations sur les espèces d'arbres en voie de disparition dans le monde sont rassemblées par le World Conservation Monitoring Centre du Programme des Nations Unies pour l'environnement⁴.

Sélection des essences «framework»

La sélection des espèces «framework» se fait en deux étapes: i) la présélection, en se basant sur les connaissances actuelles, aux fins d'identifier les espèces «framework» qui seront soumises aux essais, et ii) les expériences dans les pépinières et les essais dans les champs pour confirmer les traits «framework». Au début d'un projet, des informations détaillées sur chaque espèce sont susceptibles d'être rares. La présélection doit être fondée sur les sources d'information existantes et sur l'étude de la forêt cible. Avec la multiplication progressive des résultats des expériences en pépinière et des essais en champ, la liste des espèces d'arbres «framework» acceptables peut être progressivement affinée (voir **Section 8.5**). La sélection des espèces «framework» s'améliore peu à peu à chaque plantation, les espèces aux mauvais rendements étant abandonnées et de nouvelles espèces testées.

Parmi les sources d'information pour les présélections, figurent: i) les flores, ii) les résultats de l'étude de la forêt cible (voir **Section 3.2**), iii) les connaissances locales et autochtones et iv) des documents scientifiques et/ou des rapports de projet décrivant tous les travaux faits précédemment dans la zone (**Tableau 5.1**).

⁴ www.earthsendangered.com/plant_list.asp

5.3 LA MÉTHODE DES ESPÈCES «FRAMEWORK»



Dans la méthode des espèces «framework», les essences pionnières (colorées en bleu) et les espèces climaciques (en rouge) sont plantées les unes aux côtés des autres à une distance de 1,8 m en une seule étape, «court-circuitant» ainsi la succession, tout en préservant les arbres naturels et les jeunes arbres (en vert).



Les arbres pionniers plantés croissent rapidement et dominent la canopée supérieure. Ils commencent à fleurir et porter des fruits quelques années après la plantation. Cela attire les animaux disperseurs de graines. Les essences climaciques plantées forment un sous-bois, tandis que les semis des espèces «recrutées» (c'est-à-dire non plantées) (apportées par la faune attirée) poussent sur le sol de la forêt.



Après 10 à 20 ans, quelques-uns des arbres pionniers plantés commencent à mourir, en fournissant des trouées de lumière dans lesquelles les espèces recrutées peuvent se développer. Les essences climaciques croissent et dominent de la canopée forestière et la structure de la forêt, le fonctionnement écologique et les niveaux de biodiversité tendent vers ceux de la forêt climacique.

Tableau 5.1. La présélection et la sélection finale des essences «framework» (ou «cadres») reposent sur une gamme variée de différentes sources d'informations*.

		Présélection			Sélection finale	
Caractéristique «framework»	Flores	Étude de la forêt cible	Connaissances autochtones	Documents et rapports de précédents projets	Recherche en pépinière (voir Section 6.6)	Essais en champ (voir Sections 7.5 et 7.6)
Autochtones, non-domestiquées, adaptées à l'habitat ou à l'altitude	Souvent indiquées dans les descriptions de plantes dans les ouvrages de botanique	Énumérez les essences à partir de l'étude de la forêt cible	Peu fiables: les villageois ne parviennent pas à distinguer les espèces autochtones des espèces exotiques	Les EIE et les précédentes études pour les plans de gestion de la conservation énumèrent souvent les essences locales	-	-
Forts taux de survie et de croissance	-	-	Demandez aux habitants de la zone les essences qui survivent bien et croissent rapidement dans les champs en jachère	Peu probables, sauf pour les essences économiques dans les précédents projets forestiers	Évaluez la survie et la croissance des plantules poussant dans les pépinières	Suivez un échantillon d'arbres plantés de chaque espèce pour la survie et la croissance (Section 7.5)
Une cime dense et étendue prive les mauvaises herbes de lumière	Peu d'ouvrages couvrent la structure de la cime des arbres	Observez la structure de la cime des arbres dans la forêt cible	-	-	La taille des feuilles et l'architecture de la cime peuvent être indiquées par les jeunes arbres en pépinière	Suivez un échantillon d'arbres plantés de chaque espèce pour la largeur de la cime et la réduction de la couverture herbacée au-dessous
Attirent la faune	Fruits charnus ou fleurs riches en nectar indiqués dans les descriptions taxonomiques	Observez le type de fruits et les animaux mangeant les fruits ou les fleurs dans la forêt	Les villageois connaissent souvent les essences qui attirent les oiseaux	-	-	Étude phénologique des arbres après la plantation
Résilience au feu	-	Étudiez les arbres dans les zones récemment brûlées	Les villageois connaissent souvent les essences qui se rétablissent après un incendie dans les champs en jachère	-	-	Là où les mesures de prévention des incendies échouent, étudiez les arbres dans les parcelles consommées immédiatement après un incendie et 1 an après
Propagation facile	-	-	-	Peu probables, sauf les essences économiques dans les projets forestiers	Expériences de germination et suivi des plantules	-
Essences climaciques ou à grosses graines	Souvent indiquées dans les descriptions des plantes dans la littérature botanique	Observez les fruits et les graines des arbres dans la forêt cible	-	-	-	-

*L'organisation et l'intégration de ces informations sont discutées dans la Section 5.

5.3 LA MÉTHODE DES ESPÈCES «FRAMEWORK»

Les flores peuvent fournir des données taxonomiques de base sur les espèces testées ainsi que sur leur convenance aux conditions propres au site telles que le type de forêt cible en cours de restauration ou l'altitude (en termes d'intervalle). Elles indiquent également si une espèce produit des fruits charnus ou des fleurs riches en nectar qui sont susceptibles d'attirer la faune.

L'étude de la forêt cible (voir **Section 3.2**) fournit une grande quantité d'informations originales utiles pour la sélection des espèces d'arbres «framework» susceptibles d'être soumises à des essais, y compris une liste des essences autochtones; elle répertorie également les espèces ayant des fleurs riches en nectar, des fruits charnus ou des cimes denses formant une couronne capable de priver de lumière les mauvaises herbes. Les études phénologiques fournissent des informations sur les espèces d'arbres qui attirent les animaux disperseurs de graines. Les études des connaissances botaniques des populations locales (ethnobotanique) peuvent également fournir un aperçu de la capacité des arbres à agir comme espèces «framework». Lors de la réalisation de telles études, il est important de travailler avec les communautés qui connaissent bien l'histoire de la forêt pour avoir vécu à proximité de celle-ci pendant longtemps, en particulier celles qui pratiquent l'agriculture itinérante (sur brûlis). Les agriculteurs de ces communautés connaissent généralement les espèces d'arbres qui colonisent facilement les champs en jachère et qui croissent rapidement et les espèces d'arbres qui attirent la faune. Les résultats de telles études doivent toutefois être examinés de façon critique. Parfois, les populations locales fournissent des renseignements qui, selon eux, plairaient aux chercheurs plutôt que des informations basées sur des expériences réelles. La superstition et les croyances traditionnelles peuvent aussi fausser l'évaluation objective des capacités d'une espèce d'arbre. Par conséquent, les informations d'ordre ethnobotanique ne sont fiables que si elles sont fournies de façon indépendante par les membres de plusieurs communautés différentes vivant dans différents milieux culturels. Pour concevoir des enquêtes ethnobotaniques efficaces, veuillez vous référer à Martin (1995).

La population locale sait également si d'autres chercheurs jouent un rôle actif dans la zone et les organismes ou les institutions dont ils sont issus. Les organes en charge des forêts et les autorités des aires protégées effectuent souvent des études de la biodiversité, bien que les résultats puissent se trouver dans des rapports non publiés. Contactez ces organismes et demandez à avoir accès à ces rapports. L'herbier local ou national pourrait aussi avoir des spécimens d'arbres provenant du site de votre projet. Parcourir les étiquettes de l'herbier peut révéler beaucoup d'informations utiles. Si des projets de développement ont été réalisés à proximité du site de votre projet, il est probable que l'étude d'impact environnemental (EIE), comprenant une étude de la végétation, ait été réalisée. Donc, il est recommandé de contacter l'organisme qui a réalisé l'EIE. Si des étudiants chercheurs sont actifs dans la zone, alors les universités peuvent aussi être une source d'informations plus détaillées. Enfin, il y a toujours l'Internet. Le simple fait de taper le nom du site de votre projet dans un moteur de recherche pourrait révéler d'importantes sources d'informations supplémentaires.

Les listes des essences «framework» testées ne sont actuellement disponibles que pour l'Australie (Goosem & Tucker, 1995) et la Thaïlande (FORRU, 2006). Mais, les espèces d'arbres des mêmes genres que ceux indiqués pour l'Australie et la Thaïlande pourraient aussi produire de bons résultats dans d'autres pays, de sorte que l'intégration de certaines d'entre elles dans les essais initiaux des espèces «framework» en vaut la peine. Deux essences pantropicales méritent une mention spéciale: les figuiers (*Ficus spp.*) et les légumineuses (*Leguminosae*). Les espèces autochtones au sein de ces deux taxons produisent presque toujours de bons résultats comme les espèces «framework». Les figuiers ont des systèmes racinaires denses et robustes qui leur permettent de survivre, même dans de très mauvaises conditions. Les figues qu'ils produisent sont une source alimentaire irrésistible pour un large éventail d'espèces animales disperseuses de graines. Les arbres légumineux se développent souvent rapidement et ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique dans les nodules de leurs racines contenant des bactéries symbiotiques, ce qui conduit à l'amélioration rapide des conditions du sol.

La gestion du site

Tout d'abord, mettez en œuvre les mesures de protection habituelles décrites à la **Section 5.1**, en particulier les mesures de prévention du feu et de la chasse aux animaux disperseurs de graines. Deuxièmement, protégez et entretenez les plantes issues de la régénération naturelle existantes en utilisant les techniques de RNA décrites à la **Section 5.2**. Troisièmement, plantez suffisamment d'espèces d'arbres «framework» pour porter le nombre total des espèces sur le site (y compris les plantes issues de la régénération naturelle) à environ 30 (soit près de 10% du nombre estimé d'espèces d'arbres dans la forêt cible, si elle est connue), séparées par une distance d'environ 1,8 m ou de la même distance de plantes issues de la régénération naturelle: cela portera la densité totale des arbres sur le site à près de 3.100 pieds/ha.

Il est recommandé de procéder au désherbage fréquent et à l'application d'engrais aussi bien aux arbres plantés qu'aux jeunes arbres issus de la régénération naturelle pendant les deux premières saisons pluvieuses. Le désherbage empêche les herbes et les graminées, en particulier les vignes, d'étouffer les arbres plantés, en permettant leurs cimes de se développer au-dessus de la canopée des mauvaises herbes. L'épandage d'engrais accélère la croissance des arbres, ce qui entraîne la fermeture rapide de la canopée. Enfin, procédez au suivi de la survie et de la croissance des arbres plantés, et du rétablissement de la biodiversité dans les sites de restauration, de sorte que le choix des essences «framework» pour les plantations futures puisse s'améliorer en permanence.

Pour de plus amples informations sur la plantation, et la gestion post-plantation, ainsi que le suivi des arbres «framework», voir **Chapitre 7**.

L'ensemencement direct comme alternative à la plantation d'arbres

Certaines essences «framework» peuvent être plantées directement aux champs à partir des semences. L'ensemencement direct consiste en:

- la collecte des graines d'arbres autochtones dans l'écosystème forestier cible et, si nécessaire, leur stockage jusqu'à l'ensemencement;
- la plantation des graines dans le site de restauration au moment optimal de l'année pour une meilleure germination;
- la manipulation des conditions sur le terrain, afin de maximiser la germination.

L'ensemencement direct est relativement peu coûteux, car il n'y a pas de frais de pépinière ni de plantation (Doust *et al.*, 2006; Engel & Parrotta, 2001). Le transport des semences vers le site de restauration est évidemment plus facile et moins cher que le transport par camion des plants, faisant en sorte que cette méthode soit particulièrement adaptée aux sites moins accessibles. Les arbres établis par ensemencement direct ont généralement un meilleur développement racinaire et croissent plus rapidement que les jeunes arbres cultivés en pépinière (Tunjai, 2011), car leurs racines ne sont pas enfermées dans un récipient. L'ensemencement direct peut être mis en œuvre en combinaison avec les techniques de RNA et de plantation d'arbres conventionnelle aux fins d'augmenter la densité et la richesse spécifique des plantes issues de la régénération naturelle. En plus d'établir les essences «framework», l'ensemencement direct peut être utilisé avec la méthode de la diversité maximale ou pour établir des peuplements d'«arbres nourriciers», mais il ne fonctionne pas avec toutes les espèces d'arbres. Des expériences sont nécessaires pour déterminer les espèces qui peuvent être mises en place par ensemencement direct et celles qui ne le peuvent pas.

Possibles obstacles à l'ensemencement direct

Dans la nature, un très faible pourcentage de graines d'arbres dispersées germe et un nombre encore plus réduit de plantules survivent pour devenir des arbres matures. Il en va de même concernant l'ensemencement direct (Bonilla-Moheno & Holl, 2010; Cole *et al.*, 2011). Les plus grandes menaces aux graines semées et aux plants sont les suivantes: i) la dessiccation,

ii) la prédation des graines, en particulier par les fourmis et les rongeurs (Hau, 1997) et iii) la concurrence des plantes herbacées (voir **Section 2.2**). En luttant contre ces facteurs, il est possible d'améliorer les taux de germination et de survie des plantules par rapport à ceux des graines dispersées naturellement.

Le problème de la dessiccation peut être résolu par la sélection d'espèces d'arbres dont les graines sont tolérantes ou résistantes à la dessiccation (c'est-à-dire celles munies d'un tégument épais) et en enterrant les graines ou en posant le paillis sur les points d'ensemencement (Woods & Elliott, 2004).

L'enterrement des graines peut également réduire la prédation des graines en rendant les semences plus difficiles à trouver. Les traitements de pré-ensemencement qui accélèrent la germination peuvent réduire le temps disponibles pour les prédateurs de graines pour trouver les graines. Une fois que la germination commence, la valeur nutritionnelle des graines et l'attrait qu'elles exercent sur les prédateurs diminuent rapidement. Mais les traitements qui brisent le tégument de la graine et exposent les cotylédons augmentent parfois le risque de dessiccation ou rendent les graines plus attrayantes pour les fourmis (Woods & Elliott, 2004). Il pourrait également être intéressant d'étudier la possibilité d'utiliser des produits chimiques pour repousser les prédateurs de graines. Les carnivores qui se nourrissent de rongeurs (par exemple, les rapaces ou les chats sauvages) devraient être considérés comme de précieux atouts sur les sites de RNA. La prévention de la chasse de ces animaux peut aider à lutter contre les rongeurs et à réduire la prédation des graines.

Les plantules qui germent à partir de graines sont minuscules par rapport aux jeunes arbres plantés, cultivés dans les pépinières, ainsi le désherbage autour des plants est particulièrement important et il doit être effectué avec un soin particulier. Ce désherbage méticuleux peut augmenter considérablement le coût de l'ensemencement direct (Tunjai, 2011).

Essences appropriées pour l'ensemencement direct

Les essences qui ont tendance à s'établir avec succès par ensemencement direct sont généralement celles qui ont de grosses graines sphériques (>0,1 g de matière sèche), avec une teneur moyenne en humidité (36–70%) (Tunjai, 2012). Les grosses graines ont de grandes réserves alimentaires, de sorte qu'elles peuvent survivre plus longtemps que les petites graines, et produire des plants plus robustes. Les prédateurs de graines ont du mal à manipuler les grosses graines, rondes ou sphériques, surtout si ces graines ont aussi un tégument dur et lisse.

Les espèces d'arbres de la famille des Légumineuses sont les plus fréquemment reconnues comme étant convenables à l'ensemencement direct. Les graines de Légumineuses ont généralement des téguments durs et lisses, ce qui les rend résistantes à la dessiccation et la prédation. La capacité d'un grand nombre d'espèces de Légumineuses à fixer l'azote peut leur donner un avantage concurrentiel sur les mauvaises herbes. Les espèces d'arbres de plusieurs autres familles ont également montré des résultats prometteurs qui sont énumérés dans le **Tableau 5.2** (Tunjai, 2011).

Les rapports publiés sur l'ensemencement direct ont tendance à se concentrer sur les essences pionnières (Engel & Parrotta, 2001) parce que leurs plantules se développent rapidement, mais les essences forestières climaciques peuvent également s'établir avec succès par l'ensemencement direct. En fait, parce qu'elles ont généralement de grosses graines et de grandes réserves énergétiques, les graines d'arbres forestiers climaciques peuvent être particulièrement adaptées à l'ensemencement (Hardwick, 1999; Cole *et al.*, 2011; Sansevero *et al.*, 2011). Avec la disparition des vertébrés disperseurs de grosses graines sur une grande partie de leurs anciennes aires de répartition, l'ensemencement direct peut être le seul moyen pour que les grosses graines de certaines essences climaciques puissent atteindre les sites de restauration (remplacement efficace des rôles autrefois joués par ces animaux par le travail des humains).



Les carnivores, comme ce chat léopard (*Felis bengalensis*), peuvent aider à lutter contre les rongeurs prédateurs de graines, de sorte que leur capture ou leur abattage dans les sites de restauration devrait être fortement découragé.

Tableau 5.2. Rapports des espèces et techniques pour un ensemencement direct à succès à partir des expériences à travers les tropiques. (Préparé par Panitnarn Tunjai.)

Région	Période optimale pour l'ensemencement	Type de forêt	Altitude (m)	Espèces à succès	Méthodes recommandées	Références
Sud de la Thaïlande	Début de la saison pluvieuse	Forêt sempervirente de plaine	<100	<i>Artocarpus dadah</i> (Moraceae), <i>Calleya atropurpurea</i> (Leguminosae), <i>Vitex pinnata</i> (Lamiaceae), <i>Palaquium obovatum</i> (Sapotaceae) et <i>Diospyros oblonga</i> (Ebenaceae)	Tube pour empêcher le déplacement des graines; pas de paillage ni d'engrais au cours des deux premières années	Tunjai, 2012
Nord de la Thaïlande	Début de la saison pluvieuse	Forêt sèche à diptérocarpacées	300–400	<i>Azela xylocarpa</i> (Leguminosae) et <i>Schiëchera oleosa</i> (Sapindaceae)	Pas de désherbage après première année; scarification pour accélérer ou maximiser la germination pour les deux essences à tégument dur	Tunjai, 2012
		Forêt sempervirente de montagne	1.200–1.300	<i>Balakata baccata</i> (Euphorbiaceae), <i>Syzygium fruticosum</i> (Myrtaceae), <i>Aquilaria crasna</i> (Thymelaeaceae), <i>Sarcosperma arboreum</i> (Sapotaceae) et <i>Choerospondias axillaris</i> (Anacardiaceae)	Pas de désherbage après l'ensemencement au cours de la première année	
Nord de la Thaïlande	Début de la saison pluvieuse	Forêt sempervirente de montagne	1.200–1.300	<i>Choerospondias axillaris</i> (Anacardiaceae), <i>Sapindus rarak</i> (Sapindaceae) et <i>Lithocarpus elegans</i> (Fagaceae)	Enfouissement; traitement de pré-ensemencement pour accélérer ou maximiser la germination	Woods & Elliott, 2004
Cambodge	Saison humide	Décidue	85	<i>Azela xylocarpa</i> (Leguminosae), <i>Albizia lebbek</i> (Leguminosae) et <i>Leucaena leucocephala</i> (Leguminosae)	Labour du sol par un tracteur et application du fumier de vache avant l'ensemencement	Cambodia Tree Seed Project, 2004
Hong Kong	Début de la saison pluvieuse.	Forêt tropicale semi-sempervirente	200–550	<i>Triadica cochinchinensis</i> (Euphorbiaceae), <i>Microcos paniculata</i> (Malvaceae) et <i>Choerospondias axillaris</i> (Anacardiaceae)	Enfouissement des graines 1 à 2 cm au-dessous de la surface du sol	Hau, 1999
Australie	Saison pluvieuse	Vignes mésophylles et notophylles complexe	121–1.027	<i>Acacia celsa</i> (Leguminosae), <i>Acacia aulacocarpa</i> (Leguminosae), <i>Alphitonia petriei</i> (Rhamnaceae), <i>Aleurites rockinghamensis</i> (Euphorbiaceae), <i>Cryptocarya oblata</i> (Lauraceae) et <i>Homalanthus novoguineensis</i> (Euphorbiaceae)	Enfouissement des graines; désherbage mécanique et chimique avant l'ensemencement et deux applications d'herbicide (glyphosate) à 1 mois d'intervalle par la suite. Mise en place plus régulière lorsqu'on utilise des espèces à grosses graines	Doust et al., 2006 et 2008

5.3 LA MÉTHODE DES ESPÈCES «FRAMEWORK»

Tableau 5.2. (Suite).

Région	Période optimale pour l'ensemencement	Type de forêt	Altitude (m)	Espèces à succès	Méthodes recommandées	Références
Brésil	Début de la saison pluvieuse	Forêt saisonnièrement semi-décidue	464–775	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Leguminosae) et <i>Schizolobium parahyba</i> (Leguminosae)	Herbicide (glyphosate) avant l'ensemencement; traitement localisé supplémentaire et désherbage manuel autour des semis	Engel & Parrotta, 2001
Brésil	Fin de la saison pluvieuse	Forêt saisonnièrement semi-décidue	574	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Leguminosae) et <i>Schizolobium parahyba</i> (Leguminosae)	Labour en profondeur pour préparer des lignes de semis de 40 cm de profondeur	Siddique et al., 2008
Brésil	Fin de la saison pluvieuse	Terre ferme	N/D	<i>Caryocar villosum</i> (Caryocaraceae) and <i>Parkia multijuga</i> (Leguminosae)	Plantation des essences pionnières à grosses graines	Camargo et al., 2002
Brésil	Début de la saison pluvieuse	Forêt équatoriale sempervirente humide	—	<i>Spondias mombin</i> (Anacardiaceae), <i>Parkia gigantacarpa</i> (Leguminosae), <i>Caryocar glabrum</i> (Caryocaraceae), <i>Caryocar villosum</i> (Caryocaraceae), <i>Coussia</i> sp. (Chrysobalanaceae), <i>Bertholletia excelsa</i> (Lecythidaceae), <i>Carapa guianensis</i> (Meliaceae) et 27 autres espèces	Sur une mine à ciel ouvert: labour profond à 90 cm, ajout de 15 cm de terre végétale; ensemencement le long des lignes alternées de 2 x 2 m créées par le labour	Knowles & Parrotta, 1995
Costa Rica	Début de la saison pluvieuse	Forêt de montagne	1.110–1.290	<i>Garcinia intermedia</i> (Clusiaceae)	Semez les graines de fin de succession après l'établissement des arbres à croissance rapide et fixateurs d'azote	Cole et al., 2011
Mexique	—	Forêt saisonnièrement semi-sempervirente	—	<i>Brosimum alicastrum</i> (Moraceae), <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Leguminosae) et <i>Manilkara zapota</i> (Sapotaceae)	Semez les graines dans une forêt de succession précoce (8–15 ans) ou dans une forêt de référence (>50 ans)	Bonilla-Moheno & Holl, 2010
Mexique	Début de la saison pluvieuse	Forêt saisonnièrement tropicale	—	<i>Swietenia macrophylla</i> (Meliaceae)	Enfouissement des graines à 0,5 cm de la surface du sol, désherbage et brûlis pour nettoyer les sites	Negros & Hall, 1996
Jamaïque	Début de la saison pluvieuse	Sèche	140	<i>Eugenia</i> sp. (Myrtaceae) et <i>Calyptanthes pallens</i> (Myrtaceae)	Semez les graines sous l'ombre avec des suppléments d'humidité.	McLaren & McDonald, 2003
Ouganda	Début de la saison pluvieuse	Forêt sempervirente semi-décidue	1.250–1.827	<i>Strombosia scheffleri</i> (Olacaceae), <i>Craterispermum laurinum</i> (Rubiaceae), <i>Musanga leo-errerae</i> (Urticaceae) et <i>Furttumia africana</i> (Apocynaceae)	Ameublissement du sol avant l'ensemencement	Muhanguzi et al., 2005

Ensemencement aérien

L'ensemencement aérien est une extension logique de l'ensemencement direct. Il peut être utile lorsque l'ensemencement direct doit être appliqué à de très grandes superficies, pour la restauration des sites escarpés inaccessibles, ou lorsque la main-d'œuvre est une denrée rare. Beaucoup de choix des espèces et de traitements de pré-ensemencement développés pour l'ensemencement direct peuvent s'appliquer aussi bien à l'ensemencement aérien.

La Chine est un exemple dans ce domaine, avec la conduite de dizaines de programmes de recherche sur l'ensemencement aérien depuis les années 1980 et après avoir appliqué la méthode à des millions d'hectares pour établir des plantations de conifères en particulier et pour inverser la désertification. Pour éviter la prédation des graines, l'enterrement de ces derniers n'est pas une option avec l'ensemencement aérien. Donc, le Forestry Research Institute de la province du Guangdong a mis au point «R8», un répulsif chimique pour éloigner les prédateurs de graines. De même, l'Institut de recherche forestière de Beipiao, Province de Liaoning, a mis au point un agent à usages multiples qui repousse les prédateurs de graines, empêche la dessiccation des graines, améliore l'enracinement, et augmente la résistance des semis à la maladie (Nuyun & Jingchun, 1995).

Les précédentes expériences d'ensemencement aérien pour la foresterie en Amérique et en Australie (en général pour établir des monocultures de pins ou d'eucalyptus) consistaient à lâcher des graines, soit non protégées soit incorporées dans des granulés d'argile, à partir d'un vol par avion ou par hélicoptère (Hodgson and McGhee, 1992). Un moyen plus efficace pour un mélange d'espèces d'arbres autochtones pourrait consister à placer les graines dans un projectile biodégradable qui est capable de pénétrer la couverture des mauvaises herbes et de déposer les graines dans la surface du sol. En plus de la graine elle-même, de tels projectiles pourraient contenir un gel polymère (pour éviter la dessiccation des semences), des granulés qui permettent une libération lente de l'engrais, des produits chimiques qui repoussent les prédateurs et des inoculations microbiennes (Nair & Babu, 1994), qui, ensemble, permettraient de maximiser la capacité de germination des graines, la survie et la croissance des plantules. Un drone aérien qui est capable de déverser précisément jusqu'à 4 kg de graines par vol grâce à la technologie GPS est actuellement à l'étude (Hobson, comm. pers.). Un drone permet un ensemencement à faible coût, offre la possibilité de procéder au suivi plus fréquemment, et permet le suivi des zones difficiles d'accès.

L'un des principaux obstacles à la réussite de l'ensemencement aérien de grands sites inaccessibles est l'incapacité d'effectuer le désherbage efficace, avec pour corollaire l'incapacité de protéger les plantules de la concurrence des herbes et des graminées. La pulvérisation d'herbicides par voie aérienne relève de la routine dans l'agriculture et pourrait être utilisée pour débarrasser les sites de restauration de mauvaises herbes au départ, à condition qu'il existe très peu de plantes issues de la régénération naturelle à préserver. Cependant, après la germination des graines d'arbres, des pulvérisations d'herbicides par voie aérienne tueraient les jeunes plants d'arbres ainsi que les mauvaises herbes. Il faut des herbicides spécifiques qui peuvent tuer les mauvaises herbes sans tuer les plantes issues de la régénération naturelle ni les plants qui germent à partir de graines déversées par voie aérienne.

Limites de la méthode des espèces «framework»

Pour le rétablissement de la richesse spécifique des arbres, la méthode des espèces «framework» dépend des vestiges forestiers à proximité pour fournir i) une source diversifiée de graines et ii) un habitat pour les animaux disperseurs de graines. Mais, quel doit être le degré de proximité du vestige forestier le plus proche? Dans les sites forestiers fragmentés à feuilles persistantes de hautes terres dans le nord de la Thaïlande, des mammifères de taille moyenne, comme la civette, peuvent disperser les graines de certaines espèces d'arbres forestiers sur un rayon de 10 km. Ainsi, cette technique peut éventuellement fonctionner à quelques kilomètres de vestiges de la forêt, mais de toute évidence, plus le site de restauration est proche du vestige de la forêt climacique, plus rapide sera le rétablissement de la biodiversité. Si les sources de graines ou les disperseurs de graines sont absents du paysage, le rétablissement de la richesse spécifique des arbres ne se produira pas, à moins que la quasi-totalité des espèces d'arbres de la forêt d'origine soient replantées, soit sous la forme de graines soit sous la forme de jeunes arbres cultivés en pépinières. Il s'agit de l'approche de la «diversité maximale» pour la restauration des forêts.

Encadré 5.3. «Rainforestation»

La «*Rainforestation*» partage de nombreuses similitudes avec la méthode des espèces «framework» de la restauration des forêts, en particulier l'accent mis sur la plantation d'espèces d'arbres autochtones à des densités élevées pour priver de lumière les plantes herbacées et rétablir les services écologiques, la structure de la forêt et l'habitat de la faune. Mais, la méthode de «*Rainforestation*» a été adaptée à la situation écologique et socio-économique particulière des Philippines. Avec la croissance démographique la plus rapide et la plus dense parmi les pays d'Asie du Sud (à l'exception de Singapour), passant de 27 millions d'habitants en 1960 à 92 millions (soit 313 hbts/km²) aujourd'hui, un taux de croissance annuel de 2,1%⁵, la déforestation a laissé moins de 7% du pays couvert de forêts anciennes. Avec un si grand nombre d'espèces endémiques des Philippines, lesquelles sont menacées d'extinction en raison de la diminution de la couverture de la forêt primaire, la restauration des forêts a manifestement un rôle majeur à jouer dans la conservation de la biodiversité. D'autre part, avec une telle intensité de la pression humaine, il faut des méthodes de restauration qui génèrent également des revenus monétaires.

«En introduisant l'idée 'plantons pour nos forêts', les agriculteurs ont toujours dit que nous devons également penser à l'amélioration de leur agriculture, alors pourquoi ne pas intégrer un volet 'moyens de subsistance'? La «Rainforestation» est une stratégie de restauration de la forêt, mais en même temps, elle peut être un moyen d'améliorer les revenus des agriculteurs, de sorte que vous devez les améliorer par l'intégration des cultures ... de cette manière, elle devient un système d'exploitation agricole.» Paciencia Milan (Interview de 2011).

Les arbres pionniers sont généralement plantés lors de la première année; cette plantation est suivie par celle des essences climaciques sciaphiles (parfois, les diptérocarpacées) qui sont plantées dans le sous-bois au cours de la deuxième année. Les densités de plantation varient selon les objectifs du projet: par exemple, pour la production de bois, 400 arbres/ha (25% de pionniers à 75% d'arbres climaciques); pour l'agroforesterie, 600 à 1.000 arbres/ha (en fonction de la canopée des arbres fruitiers intégrés); et pour la conservation de la faune, 2.500 arbres/ha. Parce que les essences de diptérocarpacées dispersées par le vent dominent les forêts des Philippines et que la forêt primaire restante est souvent réduite en fragments éloignés, la dispersion des graines de la forêt dans les sites de restauration par les animaux est moins évidente dans la «*Rainforestation*» qu'elle ne l'est dans la méthode des espèces «framework».

Le concept de «*Rainforestation*» a été conjointement mis au point par le professeur Paciencia Milan de Visaya State University (VSU, anciennement State College Visayas of Agriculture) et le Dr Josef Margraf de la GTZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) dans le cadre du ViSCA-GTZ Applied Tropical Ecology Program (Programme d'écologie tropicale appliquée entre ViSCA et la GTZ). Les premières parcelles d'essai ont été créées en 1992 sur 2,4 ha de prairies d'*Imperata* au sein du campus de VSU qui avait des parcelles de café, de cacao et de banane et des portions de pâturages.



Une parcelle de démonstration de la *Rainforestation* d'origine de 19 ans, plantée en 1992 dans la réserve forestière de 625 ha de VSU sur les pentes inférieures du mont Pangasugan (50 m d'altitude). Prairies d'*Imperata* à l'origine, le site abrite désormais la forêt qui a une structure complexe et une flore et une faune très diversifiées, y compris le Tarsier des Philippines menacé d'extinction.

⁵ Les chiffres de 2010 à l'adresse www.prb.org/Publications/Datasheets/2010/2010wpds.aspx

Encadré 5.3. (Suite).

La «*Rainforestation*» a rapidement évolué du concept original d'une approche écologique de restauration de la forêt tropicale vers la «*Rainforestation Farming*» ou «agriculture dans une forêt à canopée fermée et à forte diversité», conçue pour répondre aux besoins économiques des populations locales par l'intégration de la culture des arbres fruitiers et autres cultures aux côtés des arbres forestiers. Le principe fondamental est que «plus la structure d'un système agricole tropical est proche d'une forêt tropicale naturelle, plus ce système est durable». L'objectif de la «*Rainforestation Farming*» est de soutenir la production alimentaire des forêts tropicales, tout en conservant la biodiversité et le fonctionnement écologique de la forêt. L'idée est de remplacer les formes les plus destructrices de l'agriculture itinérante sur brûlis par des systèmes agricoles écologiquement plus durables et plus rentables.

De 1992 à 2005, VSU a créé 25 champs de démonstration de la «*Rainforestation*» sur divers types de sols sur l'île de Leyte, et les a suivis en collaboration avec les habitants de la zone. La «*Rainforestation*» a non seulement fourni des revenus aux agriculteurs, mais elle a aussi rétabli les écosystèmes forestiers à forte biodiversité et amélioré la qualité des sols. La technique s'est maintenant diversifiée en trois principaux types (avec 10 sous-types) pour différentes objectifs: i) la conservation de la biodiversité et la protection de l'environnement (par exemple, l'introduction des zones tampons et des corridors naturels dans les aires protégées, la prévention des glissements de terrain ou la stabilisation des berges); ii) la production de bois et les agro-écosystèmes, et iii) des projets dans les zones urbaines (par exemple, l'embellissement de routes ou l'introduction des parcs). Différentes espèces d'arbres et techniques de gestion sont recommandées pour optimiser la conservation et/ou les rendements économiques de chaque sous-type de projet, mais l'utilisation des essences forestières autochtones reste au cœur du concept de «*Rainforestation*».

«La Rainforestation ne doit pas avoir pour seul objectif la restauration des forêts. Elle peut être utilisée à d'autres fins, à condition de planter les arbres autochtones.» Paciencia Milan (Interview de 2011).



Un champ de «*Rainforestation*» communautaire de 15 ans enregistré, créé en 1996 dans une plantation âgée de cocotiers par la plantation de 2.123 arbres/ha, dont 8 espèces de diptérocarpacées et un sous-étage d'arbres fruitiers sciaphiles (par exemple, le mangoustan ou durian). Les bénéfices sont répartis entre les membres de la communauté proportionnellement à leur degré de bénévolat dans le domaine de la main-d'œuvre.

Encadré 5.3. (Suite).

La «*Rainforestation*» a été acceptée comme stratégie nationale pour la restauration des forêts par le Ministère philippin de l'Environnement et des Ressources Naturelles (circulaire 2004-06). Des pépinières des espèces autochtones et des parcelles de démonstration de la «*Rainforestation*» sont actuellement mises en place pour développer davantage la technique dans plus de 20 universités d'Etat et des établissements d'enseignement supérieur à travers les Philippines, avec l'appui de la Philippines Foundation Tropical Forest Conservation et du Philippine Forestry Education Network. L'Environmental Leadership & Training Initiative, en collaboration avec la Rain Forest Restoration Initiative et Forru-CMU, travaille avec ces institutions afin de promouvoir l'adoption des protocoles de recherche et de suivi normalisés pour faciliter la création d'une base de données nationale des espèces d'arbres autochtones, et l'adaptation de la «*Rainforestation*» à la myriade de milieux sociaux et environnementaux des Philippines.

Sources: Milan *et al.* (non datées et interview 2001); Schulte (2002).

Pour les dernières informations, veuillez vous connecter sur le portail d'information sur la Rainforestation à l'adresse www.rainforestation.ph/

5.4 Méthodes de la diversité maximale

Le terme «méthode de la diversité maximale» a été inventé par Goosem et Tucker (1995), qui définissent cette approche comme un ensemble de «tentatives pour recréer autant que possible la diversité d'origine (avant destruction)». La méthode tente effectivement de recréer la composition spécifique des arbres de la forêt climacique par une préparation intensive du site et une opération unique de plantation d'arbres, en neutralisant simultanément les obstacles à l'habitat et à la dispersion. Pour les sites des régions tropicales humides du Queensland, en Australie, Goosem et Tucker (1995) ont recommandé la préparation intensive du site, comprenant le labour profond, le paillage et l'irrigation, au besoin, suivie par la plantation d'une soixantaine de jeunes arbres de 50 à 60 cm de hauteur, la plupart étant des arbres climaciques, espacés de 1,5 m.

«La méthode est bien adaptée aux petites plantations, où la gestion intensive est possible, et aux zones isolées de la végétation autochtone, qui pourraient fournir des semences.»
Goosem & Tucker (1995).

La méthode de la diversité maximale devient applicable lorsque la dispersion naturelle des graines a tellement diminué qu'elle n'est plus capable de rétablir la richesse spécifique des arbres à un taux acceptable dans un site de restauration. C'est peut-être parce que trop peu d'individus ou d'espèces d'arbres semenciers subsistent au sein des périmètres de dissémination des graines des sites de restauration ou parce que les animaux disperseurs de graines sont devenus rares ou disparus de la zone. L'absence de ce service gratuit de dispersion des graines doit donc être compensée par la plantation de la majorité, sinon de la totalité, des espèces d'arbres qui composent la forêt climacique cible; ce qui garantit une grande richesse spécifique et une représentation des espèces d'arbres à dispersion limitée dès le début du processus de restauration.

«Les gens qui plantent des arbres remplacent les oiseaux disperseurs de graines.»

Par conséquent, les méthodes de diversité maximale de la restauration des forêts sont beaucoup plus intensives et coûteuses que celles des espèces «framework». La différence de coûts entre les deux méthodes peut être considérée comme la valeur monétaire de la perte des mécanismes de dispersion des graines.

Les dépenses sont élevées à toutes les étapes du processus. D'abord, de nombreux travaux de recherche sont nécessaires pour parvenir à un type de plantation efficace, et la recherche est coûteuse. La collecte et la propagation de graines de la gamme complète des espèces d'arbres qui composent l'écosystème forestier climacique cible sont techniquement difficiles et coûteuses.

Les îlots boisés restaurés suivant cette méthode ont tendance à être isolés de la forêt naturelle; aussi sont-elles malheureusement affectées par tous les problèmes de fragmentation décrits à la **Section 4.3**. Des efforts de gestion peuvent être nécessaires pour i) réduire les effets de bordure (par exemple, par une plantation dense, dans les zones tampons, d'arbustes et de petits arbres comme brise-vent, voir **Section 4.4**) et ii) conserver les petites populations végétales et animales qui pourraient finir par coloniser de telles parcelles forestières.

Les essences forestières climaciques plantées se développent lentement, de sorte les arbres plantés doivent être proches les uns des autres pour compenser le retard de la fermeture de la canopée et l'ombrage sur les plantes herbacées (voir **Encadré 5.4**). Par comparaison avec la RNA et la méthode des espèces «framework», le retard de la fermeture de la canopée signifie que la lutte contre les mauvaises herbes doit se poursuivre plus longtemps. En outre, il faut de nombreuses années pour que les arbres climaciques arrivent à maturité et produisent des graines à partir desquelles les jeunes arbres climaciques du sous-bois peuvent se développer. Entre temps, les parcelles de restauration peuvent être envahies par les mauvaises herbes ligneuses indésirables (Goosem & Tucker, 1995), qui finissent par entrer en concurrence avec les plants issus des arbres climaciques plantés. L'éradication de ce sous-bois indésirable fait également augmenter les coûts.

En raison de ses coûts élevés, la méthode de la diversité maximale n'a été mise en œuvre que par des organismes ayant des ressources financières et/ou l'obligation légale de le faire, en particulier les sociétés minières, d'autres grandes entreprises et les collectivités locales urbaines.

Les sociétés minières figurent parmi les premiers à expérimenter la méthode de la diversité maximale, principalement en raison des obligations faites par la loi de remettre les mines à ciel ouvert des zones forestières tropicales dans leur état d'origine. En travaillant dans une mine de bauxite à ciel ouvert dans le centre de l'Amazonie, Knowles et Parrotta (1995) ont reconnu la nécessité de sélectionner la gamme la plus large possible des espèces d'arbres autochtones pour leur éventuelle intégration dans les programmes de reboisement, «là où la succession naturelle est retardée par des obstacles physiques, chimiques et/ou biologiques», dans le but de «reproduire, de façon accélérée, les processus naturels de succession forestière qui conduisent à des écosystèmes forestiers complexes et autonomes».

«En intégrant une large gamme d'espèces d'arbres dans le programme de sélection... indépendamment de leur valeur commerciale ... il est beaucoup plus probable de rétablir des forêts diversifiées qui ressemblent aux forêts naturelles et fonctionnent comme ces dernières.» Knowles & Parrotta (1995)

Même si la forêt primaire a poussé près de la mine, les disperseurs de graines ont rarement visité les sites de restauration, car les opérations minières qui s'y déroulaient ont créé des obstacles tels que les terrains découverts abandonnés et des routes à fort trafic. Donc, la méthode des espèces types, dont le succès dépend de la dispersion naturelle des graines, n'aurait pas facilité le recrutement d'espèces d'arbres.

Par conséquent, Knowles et Parrotta ont systématiquement passé au crible 160 espèces d'arbres (environ 76%) de la forêt tropicale humide sempervirente à proximité de la mine, afin de développer un système de sélection des espèces qui étaient adaptées aux plantations regroupant plusieurs espèces sur une échelle opérationnelle. Ils ont mis au point un système de classement des espèces (une approche similaire est décrite dans la **Section 8.5**) qui reposait sur le pouvoir germinatif des graines, le type de matériel de plantation et les taux de croissance au début. Les espèces d'arbres recommandées pour les plantations initiales ont été classées en espèces «héliophiles très appropriées» et «convenables», même si, au départ, elles étaient tolérantes à l'ombre (59 taxons (37% des espèces testées) et 30 taxons (19%), respectivement). Les 71 taxons

5.5 AMÉLIORATION DU SITE ET PEUPELEMENTS D'ARBRES NOURRICIERS

sciaphiles restants représentaient près de la moitié des espèces d'arbres de l'écosystème forestier cible, et donc Knowles et Parrotta ont recommandé de planter ces espèces environ 5 ans plus tard, une fois que les arbres plantés initialement auraient créé l'ombre et les conditions du sol propices à leur établissement. Ainsi, Knowles et Parrotta ont essentiellement préconisé une méthode de la diversité maximale à deux étapes, en utilisant principalement les espèces pionnières héliophiles pour créer les conditions nécessaires à l'ajout, par la suite, de l'ensemble des autres espèces d'arbres qui étaient représentatives de l'écosystème forestier cible.

Les sites de restauration ont été nivelés et recouverts de 15 cm de terre végétale en un an de déforestation et d'extraction de la bauxite. Ils ont été labourés à une profondeur de 90 cm (1 m entre les lignes de labour) et les propagules d'arbres (semis direct (voir **Tableau 5.1**), les semis naturels ou les plants produits en pépinière) ont été plantés le long des lignes de labour alternées, et séparés par des intervalles de 2 × 2 m (2.500 plants par ha). Au moins 70 espèces ont été plantées dans un système qui faisait en sorte que les arbres de la même espèce ne soient pas plantés côte à côte.

La méthode de la diversité maximale est aussi particulièrement adaptée à la foresterie urbaine, ce qui ajoute de la biodiversité aux paysages urbains et offre aux citoyens une rare opportunité d'entrer en contact avec la nature. Les autorités urbaines ont la responsabilité de prendre soin des parcs, des jardins et des bords de route et ont des budgets assez consistants pour financer des opérations d'aménagement des paysages importants. Sur les sites urbains, les coûts élevés des techniques de la diversité maximale sont justifiés par l'usage intensif et l'appréciation des forêts urbaines par des populations denses, ainsi que par la grande valeur des terrains. Lors de la plantation d'arbres sur des terrains urbains, il est important de veiller à ce que ces arbres ne perturbent pas les câbles électriques ni les conduites d'eau. Les aspects esthétiques, comme l'attractivité des essences plantées, doivent également être pris en compte (Goosem & Tucker, 1995).

En résumé, la méthode de la diversité maximale peut être mise en œuvre au moyen des plantations constituées surtout des essences forestières climaciques uniquement ou au moyen des plantations en deux étapes, à commencer principalement par les arbres pionniers et suivis, après la fermeture de la canopée, par la plantation des essences climaciques sciaphiles dans le sous-bois. L'objectif est de planter la plupart des espèces d'arbres qui constituent la forêt climacique cible. Cependant, les difficultés de collecte de semences et les capacités limitées des pépinières ont à ce jour limité les essais de la diversité maximale de 60–90 espèces d'arbres. La plupart des espèces devraient être représentées par au moins 20 à 30 arbres par hectare. Une plus grande attention peut être accordée i) aux espèces à grosses graines; ii) aux «espèces clé de voûte» (par exemple, *Ficus spp.*) et iii) aux espèces en voie de disparition, vulnérables ou rares, afin d'augmenter la valeur de conservation de la biodiversité de l'action. Habituellement, les méthodes de plantation et d'entretien qui sont utilisées pour la méthode des espèces «framework» (c.-à-d. le désherbage, le paillage et l'épandage d'engrais, voir **Section 7.3**) peuvent également être utilisées pour la méthode de la diversité maximale (Lamb, 2011, pp 342–3), même si une préparation plus intensive du site, comme le labour profond, peut être nécessaire dans les sites fortement dégradés (Goosem & Tucker, 1995; Knowles & Parrotta, 1995).

5.5 Amélioration du site et les peuplements d'arbres nourriciers

Sur les sites dont la dégradation est au stade 5, où les conditions pédologiques et microclimatiques se sont détériorées au-delà du point où ils peuvent abriter l'établissement des plantules, l'amélioration du site devient une condition préalable au processus de restauration forestière. Le tassement et l'érosion du sol sont généralement les principaux problèmes, mais l'exposition à des conditions chaudes, sèches, ensoleillées et venteuses peut également empêcher l'établissement d'arbres, même lorsque les conditions du sol ne sont pas aussi dégradées. L'amélioration du site peut consister au travail du sol qui est plus souvent associé à l'agriculture et à la foresterie commerciale (comme dans la méthode de Miyawaki, voir **Encadré 5.4**), et/ou à l'établissement des plantations d'essences très résilientes pour améliorer le sol et modifier le microclimat —

Encadré 5.4. La méthode de Miyawaki.

L'une des premières formes de la méthode de la diversité maximale, et peut-être la plus célèbre d'entre elles, est la méthode de Miyawaki, inventée par le Dr Akira Miyawaki, professeur émérite de l'Université nationale de Yokohama, au Japon et directeur de l'IGES-Centre Japonais pour les Etudes Internationales en Ecologie (JISE). Mise au point dans les années 1970, la méthode est basée sur 40 années d'études de la végétation naturelle perturbée, partout dans le monde. Elle a d'abord été utilisée pour restaurer les forêts sur des centaines de sites au Japon, et a ensuite été modifiée avec succès pour une application aux forêts tropicales au Brésil⁶, en Malaisie⁷ et au Kenya⁸.

La méthode de Miyawaki, ou «forêt autochtone par des arbres autochtones», est basée sur le concept de «végétation naturelle potentielle» (VNP) (synonyme de «type forestier cible»): l'idée est que la végétation de tout site perturbé peut être prévue à partir des conditions actuelles du site, telles que la végétation, le sol, la topographie et le climat au moment de l'étude du site. Par conséquent, la restauration commence par des études détaillées du sol et une cartographie de la végétation (en utilisant des méthodes phytosociologiques), qui sont combinées pour produire une carte d'unités de la VNP à travers le site de restauration. La carte de la VNP est ensuite utilisée pour sélectionner les espèces d'arbres à planter et pour préparer la proposition de projet (Miyawaki, 1993).

La prochaine étape consiste à récolter les graines, dans la zone, des essences faisant partie de(s) la VNP(s). Les plantules de toutes les espèces dominantes de(s) la (les) VNP, et autant d'espèces associées (en particulier les espèces en milieu et en fin de succession) que possibles sont cultivés à une hauteur oscillant entre 30 et 50 cm dans des récipients en pépinières pour la plantation. La préparation du site peut consister en l'utilisation des engins de terrassement pour niveler le site ou l'arranger en terrasses et le développement d'une couche de 20 à 30 cm de bonne terre végétale, par le mélange de la paille, du fumier ou d'autres types de compost organique dans les couches supérieures du sol. Sur les sites érodés, la terre végétale est importée des chantiers de construction urbains. Le sol est ensuite mis sous la forme de monticules pour augmenter l'aération. Jusqu'à 90 espèces d'arbres sont plantées, au hasard, à des densités très élevées, 2 à 4 arbres/m². Après la plantation, le site est désherbé (et les mauvaises herbes sont entassées et appliquées comme paillis) pendant un maximum de trois ans, au bout desquels la fermeture de la canopée est obtenue et l'entretien cesse.

«Après trois ans, l'absence de gestion est la meilleure gestion» (Miyawaki, 1993).



Le Professeur Akira Miyawaki (en chapeau vert) pose avec des enfants impliqués dans la plantation d'arbres au Kenya dans le cadre d'un projet utilisant sa technique désormais célèbre. (Photo: Prof. K. Fujiwara.)

⁶ www.mitsubishicorp.com/jp/en/csr/contribution/earth/activities03/activities03-04.html

⁷ Actuellement grâce à un projet collaboration entre l'UPM, Universiti Malaysia Sarawak et JISE, qui est parrainé par la société Mitsubishi.

⁸ www.mitsubishicorp.com/jp/en/pr/archive/2006/.../0000002237_file1.pdf

5.5 AMÉLIORATION DU SITE ET PEUPELEMENTS D'ARBRES NOURRICIERS

Encadré 5.4. (Suite).

Les premiers essais tropicaux utilisant la méthode de Miyawaki ont débuté en 1991 dans le campus de Bintulu (Sarawak) de l'«Universiti Pertanian Malaysia» (actuellement connu sous le nom de Universiti Putra Malaysia (UPM))⁸. Dix-huit ans plus tard, les parcelles restaurées par la méthode de Miyawaki ont montré une meilleure structure forestière et les arbres plantés étaient plus grands, avaient un diamètre à hauteur de poitrine d'homme (DBH) plus large et une plus grande surface au niveau de la base par rapport à celles de la forêt secondaire issue de la régénération naturelle qui se trouvait à proximité (Heng *et al.*, 2011). Le rétablissement de la faune du sol est particulièrement rapide (Miyawaki, 1993). Cependant, les expériences dans le nord du Brésil ont moins bien réussi: des espèces pionnières économiques à croissance rapide ont été utilisées dans le mélange d'espèces et elles ont à la fois rapidement dépassé et ralenti la croissance des espèces autochtones en fin de succession qui étaient ainsi plus vulnérables aux coups de vent (au déracinement) (Miyawaki & Abe, 2004). Bien que la densité de plantation élevée se traduise par une fermeture rapide de la canopée, elle peut parfois avoir des effets indésirables. La concurrence entre les arbres plantés de la canopée peut entraîner une mortalité initiale élevée et un faible DHP (plus de 70% des arbres avaient un DHP de moins de 10 cm lorsqu'on les mesurait 18 ans après la plantation (Heng *et al.*, 2011)).



Des parcelles vieilles de 16 ans restaurées par la méthode de Miyawaki au Campus de Bintulu de l'«Universiti Pertanian Malaysia» (UPM). Les arbres plantés avec un espacement réduit entre eux se sont bien développés, en créant une canopée principale à plusieurs niveaux (à gauche) et en éliminant complètement les mauvaises herbes (à droite). (Photos: Mohd Zaki Hamzah.)

Le caractère intensif de la méthode de Miyawaki (en particulier la nécessité des études du site menées par un expert, la préparation mécanique du site et les densités de plantation très élevées) signifie qu'elle est parmi les plus chères de toutes les techniques de restauration forestière. Dans ces conditions, elle est fortement tributaire du parrainage des sociétés riches (par exemple, Mitsubishi⁹, Yokohama¹⁰, Toyota¹¹) et son utilisation se limite essentiellement au «re-verdissement» de petits sites industriels ou urbains de grande valeur, à des fins récréatives et d'amélioration des conditions climatiques. Les avantages engrangés par les sociétés commanditaires sont, entre autres, l'amélioration des relations publiques, en particulier la promotion d'une «image verte». Au Japon, cette méthode est également préconisée pour sa capacité à atténuer les catastrophes dans les zones urbaines.

⁹ www.mitsubishicorp.com/jp/en/csr/contribution/earth/activities03/

¹⁰ yrc-pressroom.jp/english/html/200891612mg001.html

¹¹ www.toyota.co.th/sustainable_plant_end/ecoforest.html

méthode connue sous le nom de peuplement d'«arbres nourriciers» (également connue sous le nom de «plantations en tant que catalyseurs» (Parrotta *et al.*, 1997a) ou d'«écosystèmes nourriciers» (Parrotta, 1993).

Des sites miniers à ciel ouvert offrent probablement les exemples extrêmes de dégradation de site. Le remplacement de la terre végétale et le labour profond des sites miniers ont déjà été mentionnés dans la **Section 5.4** dans le cadre de la méthode de la diversité maximale. Le labour profond, parfois connu sous le nom de sous-solage, consiste à creuser de minces sillons (jusqu'à 90 cm de profondeur, séparés d'environ 1 m) dans le sol avec de fortes dents étroites, sans retourner le sol. Le labour profond ouvre simplement les sols qui se sont compactés (par exemple, à cause du piétinement par les machines ou le bétail) permettant à l'eau et à l'oxygène de pénétrer dans le sous-sol, où les racines des arbres plantés croîtront par la suite. Il est réalisé par de lourds engins, et il n'est donc possible que sur des sites relativement plats et accessibles, et il est très coûteux¹². Le relèvement est un autre traitement physique qui peut améliorer les conditions pédologiques en aérant le sol et en réduisant le risque d'engorgement.

L'ajout de matières organiques comme la paille et d'autres déchets organiques (même l'écorce d'orange provenant d'une usine de jus a été testée au cours du projet ACG (voir **Encadré 5.2**) (Janzen, 2000)) améliore la structure, le drainage, l'aération et l'état nutritionnel du sol et favorise le rétablissement rapide de la faune du sol.

Le paillage vert (ou «engrais vert») est une méthode biologique d'amélioration des sols. Il consiste à semer les graines de légumineuses herbacées sur le site de restauration, à récolter leurs graines, puis à faucher les plantes. On laisse les plantes mortes se décomposer sur le sol ou on les enfouit dans les couches supérieures du sol avec des houes ou des charrues. On peut acheter les espèces commerciales de légumineuses dans les magasins de fournitures agricoles, mais une approche plus économique et plus écologique (bien qu'elle exige beaucoup de temps) consiste à sélectionner un mélange d'espèces de légumineuses herbacées qui poussent naturellement dans la zone et à récolter leurs graines pour les semer sur le site de restauration. Si les graines sont ensuite récoltées sur les plantes avant de les faucher, la réserve de graines s'accumule progressivement avec chaque cycle de paillage vert, et en fin de compte, les graines peuvent être utilisées pour d'autres sites. Il peut être nécessaire de répéter cette méthode pendant plusieurs années avant que le sol ne soit prêt pour abriter les jeunes plants. Le paillage vert peut inhiber la croissance des mauvaises herbes sans utiliser les herbicides, protéger la surface du sol contre l'érosion, améliorer la structure, le drainage, l'aération et l'état nutritionnel du sol, et faciliter le rétablissement de la macrofaune et de la microfaune du sol.

L'application d'engrais chimiques améliore également l'état nutritionnel du sol, mais n'apporte pas à la structure du sol ni à la faune les avantages offerts par les matières organiques. Plusieurs techniques, notamment l'observation des symptômes visuels de carence en éléments nutritifs, les analyses chimiques du sol et/ou des feuilles, et les essais en pot sur l'omission en nutriments, peuvent être employées pour déterminer les éléments nutritifs du sol qui sont en nombre insuffisant (Lamb, 2011, pp 214–9). Cependant, la plupart de ces techniques sont coûteuses et nécessitent une expertise spécialisée. Si elles sont jugées impossibles ou trop coûteuses, l'application d'un engrais à usage général (NPK 15:15:15 à 50–100 g par arbre) devrait résoudre la plupart des problèmes de carences en éléments nutritifs.

D'autres occasions d'appliquer des traitements des sols se présentent lorsque des trous sont creusés pour la plantation d'arbres. C'est une pratique courante sur les sites fortement dégradés d'ajouter du compost dans les trous avant la plantation d'arbres (environ 50:50 mélange avec du remblai à partir du trou de plantation). Les gels polymères hydroabsorbants peuvent également être ajoutés aux trous de plantation: 5 g de granulés séchés mélangés avec le remblai ou, dans les sols secs, deux tasses à thé pleines d'un gel hydraté. Différents types de gel sont disponibles et la terminologie utilisée pour les désigner se confuse et est souvent inconsistante; par conséquent, il est recommandé de discuter des options avec votre fournisseur agricole et de

¹² www.nynrm.sa.gov.au/Portals/7/pdf/LandAndSoil/10.pdf

5.5 AMÉLIORATION DU SITE ET PEUPELEMENTS D'ARBRES NOURRICIERS

lire les instructions sur l'emballage du produit. La pose de paillis autour des arbres plantés aide également à préserver l'humidité du sol, ajoute des éléments nutritifs et crée des conditions favorables à la faune du sol.

Les sols fortement dégradés n'ont sans doute pas beaucoup de souches de micro-organismes qui sont nécessaires pour de hauts rendements de toutes les espèces d'arbres en cours de plantation (en particulier les bactéries *Rhizobium* ou *Frankia* fixatrices d'azote qui forment des relations symbiotiques avec les légumineuses, et les champignons mycorhiziens qui permettent d'améliorer l'absorption des éléments nutritifs pour la plupart des essences tropicales). Le mélange d'une poignée de terre de l'écosystème forestier cible avec du compost ajouté aux trous de plantation est probablement le moyen le plus simple et le moins coûteux pour déclencher le rétablissement de la microflore du sol.

Une autre possibilité consiste à inoculer les arbres en pépinière. La simple introduction du sol forestier dans le terreau de remplissage fait généralement en sorte que les arbres soient infectés par les micro-organismes bénéfiques. Cependant, la recherche semble indiquer que l'application d'inoculum obtenu par culture de micro-organismes récoltés sur des arbres adultes a un potentiel supplémentaire pour accélérer la croissance des arbres. Par exemple, Maia et Scotti (2010) ont montré que l'inoculation de l'*Inga vera* des arbres légumineux qui est largement utilisé pour la restauration des forêts riveraines au Brésil, avec des rhizobiums, réduit les besoins en engrais de près de 80% et améliore la croissance. Les souches de rhizobium sont produites à des fins commerciales pour les cultures de légumineuses agricoles, mais elles ne peuvent pas nécessairement être utilisées pour les arbres forestiers, car les différentes espèces de légumineuses exigent différentes souches de rhizobium pour une fixation d'azote optimale (Pagano, 2008). Il est peu probable que les souches spécifiques de rhizobium requises pour les espèces d'arbres en cours de plantation seront disponibles sur le marché. La fabrication de la souche implique la collecte des bactéries à partir des mêmes espèces d'arbres et leur culture dans un laboratoire. Il en va de même pour les champignons mycorhiziens. L'application d'un mélange d'espèces de champignons mycorhiziens ubiquistes, produits à des fins commerciales, avec des plants d'arbres forestiers cultivés en pépinière dans le nord de la Thaïlande n'a pas réussi à produire des avantages (Philachanh, 2003).

La plantation d'arbres «nourriciers» (Lamb, 2011, pp 340–1) peut améliorer les conditions du site, ouvrant, par la suite, la voie à des pratiques de restauration pour rétablir la biodiversité. Par un rétablissement rapide d'une canopée fermée et la chute de litière, les plantations peuvent créer des conditions plus fraîches, plus ombragées et plus humides au-dessus et au-dessous de la surface du sol. Cela devrait conduire à l'accumulation de l'humus et des nutriments du sol et, finalement, à des meilleures conditions pour la germination des graines et l'établissement des plantules des essences moins tolérantes (Parrotta *et al.*, 1997a)¹³. Ces plantations sont également capables de produire du bois et d'autres produits forestiers à un stade précoce dans le processus de restauration.

Les peuplements d'arbres nourriciers sont généralement composés d'une seule (ou juste quelques-unes des) espèces pionnières à croissance rapide, qui est (sont) tolérante(s) aux conditions pédologiques et microclimatiques difficiles imposées sur les sites dont la dégradation se situe au stade 5, et qui est (sont) également capable(s) d'améliorer le sol. Les espèces d'arbres autochtones sont préférables en raison de leur capacité à favoriser le rétablissement de la biodiversité plus rapidement que les espèces exotiques (Parrotta *et al.*, 1997a). Une étude de la flore des arbres de la zone révèle habituellement des essences pionnières autochtones qui poussent aussi bien que les espèces exotiques importées.

¹³ Un numéro spécial de *Forest Ecology and Management* (Vol. 99, n° 1–2) publié en 1997 a été consacré au potentiel des plantations d'arbres comme «catalyseurs» de la restauration des forêts tropicales. En utilisant «les plantations d'arbres» dans leur sens large (des monocultures à la diversité maximale), les 22 communications qui y figurent sont devenues des documents essentiels pour ceux qui sont impliqués dans la restauration des forêts tropicales.

CHAPITRE 5 OUTILS POUR LA RESTAURATION DES FORÊTS TROPICALES

Néanmoins, les essences exotiques peuvent être utilisées comme arbres nourriciers à condition de remplir les conditions suivantes:

- 1) être incapables de produire des plants viables, et devenir ainsi de mauvaises herbes ligneuses et...
- 2) soit, être des espèces pionnières héliophiles à courte durée, qui seront ombragées par les essences forestières climaciques introduites par la suite ou...
- 3) être délibérément abattues (par exemple, être récoltées ou écorce enlevée et laissée en place aux fins de décomposition) après avoir contribué à l'amélioration du site, et la bonne mise en place des jeunes arbres qui remplacent les arbres.

Par exemple, l'utilisation de *Gmelina arborea*, espèce exotique, dans le projet ACG (voir **Étude de cas 3**, p. 149) était justifiée parce que ses plants qui préfèrent le soleil n'ont pas pu s'établir sous son propre couvert et ses grosses graines dispersées par les animaux n'étaient pas disséminées en dehors de la plantation. En revanche, l'utilisation de *Acacia mangium*, autre espèce exotique, dans la plantation d'arbres en Indonésie est devenue un problème majeur pour la restauration forestière. Dans l'avenir les plantules de cette espèce dominent rapidement les zones autour des plantations. Leur retrait des futurs sites de restauration forestière va coûter très cher. Il en va de même pour *Leucaena leucocephala* en Amérique du Sud et dans les régions tropicales du nord de l'Australie. Les plantules d'espèces exotiques peuvent être plus faciles à obtenir à partir des pépinières commerciales. Mais si vous ne savez pas si l'espèce considérée ne répond pas aux critères sus énumérés, il est préférable d'examiner la flore des arbres de la forêt cible pour une alternative indigène.

Les essences de la plantation devraient être des essences pionnières héliophiles (comme beaucoup d'essences commerciales), extrêmement robustes et de courte durée. En général, de meilleurs résultats ont été obtenus avec les espèces feuillues qu'avec les conifères. Les plants doivent être de la plus haute qualité (Parrotta et al., 1997a).

Les légumineuses (c.-à-d. les membres de la famille des Leguminosae) et les espèces de figuiers autochtones (*Ficus spp.*) produisent presque toujours de bonnes espèces de peuplements d'arbres nourriciers ainsi que des espèces d'arbres «framework» utiles (**Section 5.3**). Les racines du figuier sont capables d'envahir et de briser les sols compactés et même les rochers sur les sites les plus dégradés, tandis que la capacité de nombreuses espèces d'arbres légumineux à fixer l'azote peut améliorer rapidement l'état nutritionnel du sol. La plantation de mélanges de figuiers et de légumineuses comme peuplements d'arbres nourriciers pourrait, par conséquent, améliorer à la fois la structure physique et la fertilité des sols, sans nécessairement avoir recours aux traitements physiques du sol, intensifs et coûteux, décrits ci-dessus, ou à l'application d'engrais azoté.

Lors de l'établissement d'une plantation d'arbres classique, il est agréable de suivre les pratiques classiques de production forestière. Mais, le type et la gestion de peuplements d'arbres nourriciers pour la restauration forestière nécessitent une approche plus réfléchie. La fermeture de la canopée est le premier objectif de la plantation, et l'espacement entre les arbres plantés devrait ainsi être plus réduit que dans le cas de la foresterie commerciale (Parrotta et al., 1997a). Si possible, trouvez des arbres de la même espèce plantés à proximité, et essayez de déterminer à peu près la largeur de leurs cimes au bout de 2 à 3 ans de croissance. Cela fournira la distance de plantation nécessaire pour la fermeture de la couronne au bout de 2 à 3 ans. Lamb (2011) recommande une densité de plantation de 1.100 arbres par hectare. Le couvert devrait être suffisamment dense pour priver les mauvaises herbes de lumière, mais pas si dense pour inhiber la croissance des arbres plantés par la suite ou pour empêcher la colonisation du site par les nouvelles essences dispersées par voie naturelle.

La foresterie conventionnelle exige le désherbage intensif ou la «propreté» de plantations. Si les plantes herbacées ne menacent pas la survie des jeunes arbres des arbres nourriciers plantés au début (sur les sites au stade 5, la dégradation limite généralement même la croissance des mauvaises herbes), le désherbage n'est donc pas nécessaire. Même en cas de nécessité, le désherbage doit cesser dès que les cimes des jeunes arbres plantés ont atteint une hauteur

5.5 AMÉLIORATION DU SITE ET PEUPELEMENTS D'ARBRES NOURRICIERS



supérieure à celle de la couverture herbacée. Sur les sites où la dispersion de nouvelles graines pourrait encore être possible, un désherbage excessif entravera la croissance des plantules d'arbres qui cherchent à s'établir.

Avec l'amélioration des conditions du site, les arbres nourriciers peuvent être enlevés et remplacés par la plantation d'un plus large éventail d'essences forestières autochtones. Cela devrait se faire progressivement pour empêcher l'envahissement de la terre désormais fertile par les plantes herbacées qui aiment la lumière. Si les arbres nourriciers font partie des espèces commerciales, les arbres abattus peuvent fournir des revenus aux participants au projet sur plusieurs années. Lors de l'éclaircissage, il est recommandé de prendre des précautions afin de ne pas perturber le sous-étage et donc d'endommager la biodiversité accumulée. Le débardage des grumes d'une plantation sans endommager le sous-bois n'est pas facile, c'est le moins que l'on puisse dire, mais diverses techniques d'exploitation forestière à «impact minimum» ou «à impact réduit» (par exemple, en utilisant des animaux au lieu des machines) sont actuellement encouragées (Putz *et al.*, 2008).

Là où la dispersion des semences dans un site de restauration peut être encore possible, il est recommandé de planter les espèces d'arbres «framework» au fur et à mesure que les arbres nourriciers sont progressivement enlevés: les espèces pionnières «framework» pour remplacer les arbres nourriciers et les espèces climaciques «framework» pour constituer le sous-bois. Mais, dans la plupart des sites de restauration dont la dégradation se situe au stade 5, les sources de graines et/ou les animaux disperseurs de graines auront été éliminés de la zone environnante, de sorte que le rétablissement de la biodiversité nécessite la méthode de la diversité maximale.

L'utilisation de peuplements d'arbres nourriciers ne se confie pas nécessairement à la dégradation au stade 5, aux conditions pédologiques difficiles. Ces peuplements ont souvent été utilisés sur des sites moins fortement dégradés, où la dispersion naturelle des graines fonctionne toujours,

Si les figuiers peuvent germer dans les blocs d'Angkor Wat au Cambodge et les briser par la suite, ils n'éprouveront aucune difficulté à pénétrer même les sols les plus fortement dégradés.

CHAPITRE 5 OUTILS POUR LA RESTAURATION DES FORÊTS TROPICALES

comme une alternative plus simple et moins coûteuse à la méthode des espèces «framework». L'utilisation de plantations d'essences exotiques, telles que *Gmelina arborea*, à proximité d'une forêt survivante au Costa Rica est décrite dans **l'étude de cas 3**. Une espèce autochtone, *Omalanthus novoguineensis*, a été utilisée avec un succès similaire en Australie pour attirer les oiseaux disperseurs de graines se trouvant dans la forêt à proximité des sites de restauration (Tucker, comm. pers.). Les plantations de *Eucalyptus camaldulensis*, espèce exotique, n'ont pas, cependant, facilité la régénération des forêts autochtones (Miombo) dans les montagnes d'Ulumba au Malawi (Bone et al., 1997).

Au Costa Rica, une culture nourricière de *Gmelina arborea*, espèce exotique, a stimulé l'établissement d'arbres autochtones et généré des revenus de l'abattage au bout de 8 ans.



5.6 Coûts et avantages

La question ci-après est souvent posée aux praticiens de la restauration des forêts : «Pourquoi ne plantez-vous uniquement des espèces économiques?» La réponse à cette question est : «Il n'y a pas, d'un côté, les espèces d'arbres économiques et, de l'autre, les espèces non-économiques». Tous les arbres séquestrent le carbone et produisent de l'oxygène, tous contribuent à la stabilité des bassins versants et tous sont constitués d'un combustible hautement inflammable. La question n'est pas de savoir si la restauration des forêts est d'ordre économique, mais si les avantages économiques peuvent être convertis en flux monétaires.

Quel est le coût de la restauration des forêts?

Très peu de rapports sur les coûts de la restauration des forêts ont été publiés (**Tableau 5.3**). Une telle situation traduit à la fois la difficulté de mener à bien des comparaisons significatives de coûts et peut-être aussi une mauvaise tenue des comptes parmi les praticiens de la restauration des forêts et/ou leur réticence à divulguer des informations d'ordre financier. La comparaison des coûts entre les méthodes et les lieux est complexifiée par les fluctuations des taux de change, l'inflation et les variations considérables des coûts de la main-d'œuvre et des matériaux. Les coûts sont fortement liés à la localité (zone) et à la période. Mais, le calcul des coûts précis n'est pas nécessaire pour montrer une évidence : les coûts de la restauration augmentent, lorsqu'on passe du stade 1 au stade 5 de la dégradation, car l'intensité des méthodes requises augmente.

Tableau 5.3. Exemples de coûts publiés pour différentes méthodes de restauration forestière.

Stade de dégradation	Méthode	Pays	Coût publié (\$US/ha)	Date	Référence	Coûts actuels \$US/ha* ¹⁴
Stade 1	Protection	Thaïlande	–	–	Estimation	300–350
Stade 2	RNA (Encadré 5.2)	Philippines	579	2006–09	Bagong Pagasa Foundation, 2009	638–739
	RNA (Castillo, 1986)	Philippines	500–1.000	1983–85	Castillo, 1986	1.777–3.920
Stade 3	Méthode des espèces «framework» (Section 5.3)	Thaïlande	1.623	2006	FORRU, 2006	2.071
Stade 4	Diversité maximale avec amélioration du site minier (Section 5.4)	Brésil	2.500	1985	Parrotta <i>et al.</i> , 1997b	8,890
	Méthode de Miyawaki (Box 5.4)	Thaïlande	9.000	2009	Toyota, pers. comm.	9.922
Stade 5	Amélioration du site et peuplements d'arbres nourriciers	–	–	–	Indisponible	?

* Coûts totaux pour l'ensemble de la période, nécessaires pour un système autonome

Valeur potentielle des avantages

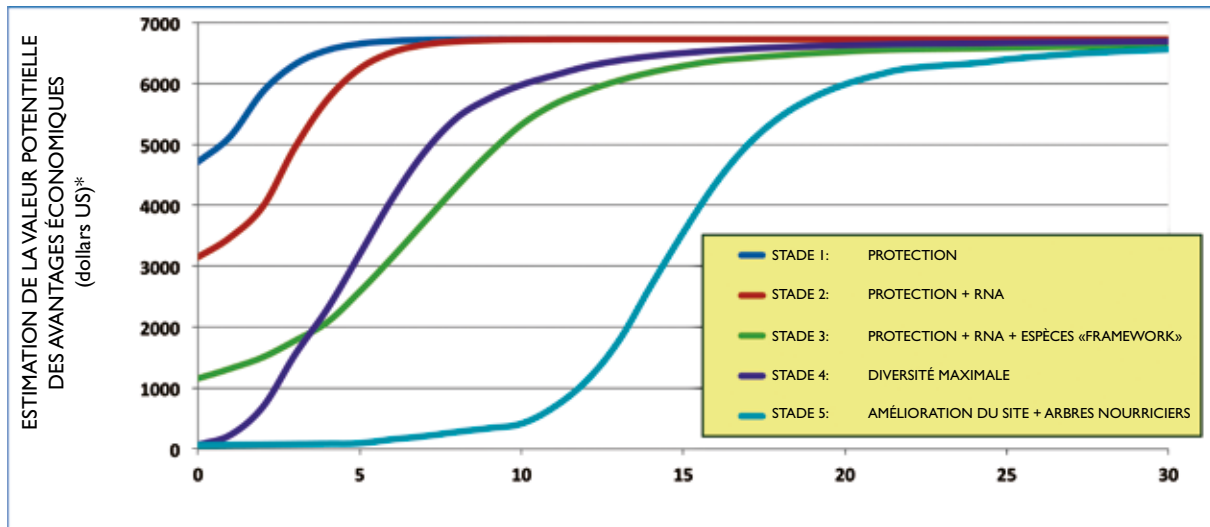
La valeur économique potentielle des avantages de la réalisation d'un écosystème forestier climacique, en termes de services écologiques et de diversité des produits forestiers, est la même, indépendamment du point de départ. L'étude de l'économie des écosystèmes et de la biodiversité (EEB, 2009)¹⁵ situe la valeur moyenne annuelle des forêts tropicales entièrement restaurées à 6.120 dollars américains/ha/an en 2009 (**Tableau 1.2**), ce qui équivaut aujourd'hui à 6.747 dollars américains, en tenant compte de l'inflation. Même les méthodes de restauration forestière les plus coûteuses n'excèdent pas 10.000 dollars américains/ha au total, de sorte que la valeur des avantages potentiels d'une forêt restaurée compense largement les coûts de mise en place en quelques années après être parvenu à l'état de forêt climacique.

La rapidité des avantages qui en résultent dépend, cependant, du stade de dégradation initiale et des méthodes de restauration utilisées. Plus le stade de dégradation est avancé, le temps nécessaire pour réaliser la gamme complète des avantages potentiels augmente, passant de quelques années à plusieurs décennies. Par conséquent, le rendement des investissements est tardif. La réalisation de l'ensemble des potentiels avantages monétaires de la restauration forestière n'est possible que s'ils sont commercialisés et que si les gens sont prêts à en payer le prix. Les mécanismes de commercialisation des produits forestiers et de l'écotourisme ou de vente des crédits de carbone et les « Paiements pour Services Environnementaux » (PSE) nécessitent tous beaucoup de développement et un investissement initial avant la réalisation éventuelle de l'ensemble du potentiel monétaire des forêts restaurées (voir **Chapitre 1**).

¹⁴ Estimations faites en appliquant un taux constant de 5% d'inflation annuelle.

¹⁵ www.teebweb.org/

CHAPITRE 5 OUTILS POUR LA RESTAURATION DES FORÊTS TROPICALES



Courbes hypothétiques représentant l'augmentation des potentielles retombées économiques, au fil du temps, des cinq principales approches de restauration forestière. La restauration d'un site dont la dégradation se situe au stade 1 produit des avantages considérables dès le départ, alors que les projets de restauration des sites dont la dégradation se situe aux stades 4 et 5 commencent par ne produire aucun avantage. Sur ces sites, l'augmentation initiale de possibles avantages économiques est lente, jusqu'à ce que la fermeture de la canopée favorise un afflux d'espèces recrutées, ce qui augmente le taux d'accumulation des avantages (par exemple, une plus grande biodiversité conduit à plus de produits forestiers, ou la litière de feuilles améliore la capacité du sol à retenir de l'eau). Plus l'accumulation des avantages se rapproche du maximum, le taux d'augmentation ralentit parce que la réalisation des quelques retombées finales prend du temps (en raison de leur dépendance à l'égard des processus environnementaux lents ou du retour d'espèces rares). Notez qu'avec la méthode de la diversité maximale, il est possible d'obtenir plus rapidement des avantages économiques parce que plus d'espèces d'arbres sont plantées au début. Avec la dégradation au stade 5, l'amélioration du site et la culture des arbres nourriciers produisent de faibles avantages économiques jusqu'à l'établissement d'un peuplement d'arbres plus variés.

Dégradation	Coûts de restauration	Augmentation progressive des avantages	Ensemble des avantages qui en résultent
Stade 1	FAIBLE	FAIBLE	RAPIDE
Stade 2	↓	↓	↓
Stade 3	↓	↓	↓
Stade 4	↓	↓	↓
Stade 5	ÉLEVÉS	FORTE	TARDIF

Résumé des coûts et avantages économiques de la restauration des différents stades de la dégradation forestière.

ETUDE DE CAS 3

Aire de Conservation de Guanacaste (ACG)

Pays: Costa Rica

Type de forêt: Une mosaïque comprenant la forêt tropicale sèche, la forêt tropicale humide, et des fragments de forêts de nuages entourées de pâturages.

Propriété: Le Fonds de conservation des forêts sèches de Guanacaste (GDFCF) a financé l'achat de 13.500 hectares de forêt à des propriétaires privés.

Gestion et utilisation communautaires: Pâturage pour bétail et possibilité d'exploiter le «peuplement d'arbres nourriciers» de *Gmelina arborea*.

Niveau de dégradation: déboisée à l'exception des fragments de forêt pour l'élevage et les cultures agricoles.

L'un des premiers grands projets de restauration des forêts en Amérique centrale, reposant sur des travaux scientifiques, se poursuit dans l'Aire de conservation de Guanacaste (ACG) dans le nord-ouest du Costa Rica (www.gdfcf.org/). Initié en grande partie par le biologiste américain Daniel Janzen et sa femme Hallwachs Winnie, le projet est devenu un exemple classique de la façon dont la restauration forestière au niveau d'un paysage peut être réalisée, principalement à travers les mesures de protection décrites à la **Section 5.1**, puis en laissant la nature suivre son cours.

Le site du projet, Hacienda Santa Rosa (le second ranch espagnol fondé au Costa Rica) a été déboisé dans son ensemble, à l'exception des fragments de sa forêt tropicale sèche, à partir de la fin des années 1500, et a été utilisé principalement pour l'élevage des mules et des bovins, la viande sauvage, l'eau pour l'irrigation, et les terres cultivées. L'axe routier interaméricain a été percé au cœur de ce site dans les années 1940 et l'herbe de pâturage jaragua (*Hyparrhenia rufa*) qui s'y trouve a été importée de l'Afrique orientale. Cette herbe a fourni une grande partie du combustible des incendies causés par l'homme, chaque année pendant la saison sèche, ce qui a effectivement bloqué la succession forestière, parce que les éleveurs voulaient des pâturages «propres». Le résultat est un mélange de forêt sèche, de forêt tropicale et de fragments de forêt de nuages entourés de pâturages.

En 1971, le Parc National de Santa Rosa de 10.000 ha a été désigné. Dans les années 1990, l'expansion de 165.000 ha de l'ACG est devenue une partie du nouveau Système national des aires de conservation (SINAC), l'une des 11 unités de conservation qui couvrent environ 25% du Costa Rica. Les bovins et les chevaux ont été retirés, mais cela a permis à l'herbe Jaragua de pousser pour atteindre 2 m de hauteur, ce qui alimentait les feux dévorants qui consumaient, chaque année, les arbres et les vestiges forestiers. Faute d'arrêter les feux, il n'y aurait bientôt plus de vestiges forestiers laissés pour fournir les semences d'arbres nécessaires à la restauration.

En septembre 1985, Janzen et Hallwachs ont rédigé un plan pour la survie à long terme de la forêt sèche de Santa Rosa, qui est devenu le Projecto Parque Nacional Guanacaste (Project du Parc National de Guanacaste) (PPNG). Le projet avait pour missions de: i) permettre que les graines provenant des vestiges de la forêt restaurent 700 km² de la forêt sèche originale pour «maintenir à perpétuité toutes les espèces animales et végétales et leurs habitats qui occupaient le site à l'origine»; ii) «offrir un menu de biens matériels» à la société, et iii) fournir un site d'étude pour la recherche écologique et assurer une «revitalisation des offres intellectuelle et culturelle du monde naturel».

«La recette technologique pour la restauration de ce vaste écosystème de forêt sèche était évidente: acheter de vastes exploitations bovines et agricoles peu rentables, à côté de Santa Rosa, et les relier aux forêts humides de l'Est, arrêter les incendies, l'agriculture, et la chasse et l'exploitation forestière occasionnelles, et laisser la nature reprendre ses droits» (Janzen, 2002).

Les résidents de la province de Guanacaste ont été embauchés pour prévenir les incendies, mais avec l'herbe qui poussait si haut, il était difficile de lutter contre les incendies avec des outils manuels. Une grande partie de la solution était de ramener le bétail. Au cours des cinq premières années du projet, les pâturages de la forêt de l'ACG à restaurer ont été loués comme terres de pâturage pour un maximum de 7.000 têtes de bétail à la fois. Les têtes de bétail ont agi comme des «tondeuses biologiques», en maintenant les quantités de combustibles à un niveau si bas permettant au programme de lutte contre les incendies et de gérer des feux moins sévères. Les bovins ont été retirés une fois que les arbres établis par voie naturelle ont poussé au point de priver l'herbe de la lumière.

La plantation d'arbres a également été essayée dans quelques sites sélectionnés pendant quelques années. Pourtant, elle a été abandonnée, car la régénération forestière naturelle à partir de graines, qui étaient dispersées par le vent et les vertébrés dans les sites de restauration à partir des parcelles éparses de forêts secondaires, dépassait largement les efforts et les dépenses liés à la plantation d'arbres.

Cependant, dans la partie boisée de l'ACG, la régénération naturelle des pâturages abandonnés était beaucoup plus lente. Par rapport à la forêt sèche, moins d'espèces végétales étaient dispersées par le vent, moins d'animaux disperseurs de graines s'aventuraient en dehors de la forêt vers les pâturages de la forêt tropicale, et la survie des plantules d'arbres a été entravée par les conditions chaudes, sèches et ensoleillées des pâturages. Dans ces zones, une approche de «peuplement d'arbres nourriciers» (voir la **Section 5.5**) a été employée, à l'aide de plantations abandonnées des espèces de bois d'œuvre exotiques, *Gmelina arborea*. Les canopées denses de plantations de *G. arborea* ont privé les graminées de lumière au bout de 3 à 5 ans et le sous-bois rempli d'un peuplement diversifié d'arbres, d'arbustes et de vignes de la forêt tropicale humide, qui ont été introduits sous forme de graines par de petits vertébrés de la forêt tropicale voisine. Après une rotation de 8 à 12 années, les grumes de *G. arborea* auraient pu être récoltées et les souches tuées avec l'herbicide, en générant des revenus pour soutenir le projet. Par manque d'acheteurs, l'ACG a pourtant choisi de laisser les arbres mourir de vieillesse à l'âge de 15–20 ans. Ces essais ont démontré que, si les sources de semences forestières et les animaux disperseurs de graines subsistent à proximité, les pâturages de la forêt tropicale pourraient facilement être transformés en jeune forêt tropicale en les plantant avec *G. arborea*, puis en abandonnant la forêt (plutôt que de tailler et d'élaguer les arbres comme c'est le cas avec une plantation).

Dans les années 1980, lorsque Janzen et Hallwachs ont initié le projet, la restauration forestière était une idée nouvelle, une innovation par rapport à la notion classique selon laquelle les parcs nationaux avaient été créés uniquement pour protéger la forêt existante. Le projet a été désapprouvé par plusieurs ONG de protection de la nature, dont la survie dépendait en grande partie du slogan «une fois que la forêt tropicale est abattue, elle disparaît à jamais», qui leur permettait de collecter de fonds. Aujourd'hui, les attitudes ont changé. Les publications de l'ACG et de Janzen sont considérées comme des événements marquants dans la science de la restauration des forêts tropicales. Ayant fermement établi un bon nombre des pratiques nécessaires à la restauration des forêts tropicales au Costa Rica, il est maintenant urgent de déterminer la manière d'assurer et de maintenir des conditions politiques et sociologiques stables. Ce qui permet de mettre en œuvre de telles techniques ailleurs sur une base durable et prévisible, et de savoir la manière de maintenir le financement annuel suffisant afin de soutenir le personnel et les opérations nécessaires à la conservation de toute grande végétation:

«La principale technique de gestion consiste à arrêter les agressions — le feu, la chasse, l'exploitation forestière, l'agriculture — et à laisser le biote ré-envahir l'ACG. L'approche sociologique clé était d'obtenir l'accord du projet au niveau local, national et international ... La question n'est pas de savoir si une forêt tropicale peut être restaurée, mais plutôt de savoir si la société permettra la réalisation de cette restauration» (Janzen, 2002).

Abrégé de Janzen (2000, 2002) www.gdrc.org/articles/Janzen_2000_longmarchfor_ACG.pdf

CASE STUDY 3 – AREA DE CONSERVACION GUANACASTE (ACG)



(A) Les limites forestières de Jaragua étaient caractéristiques de dizaines de milliers d'hectares de l'ACG au début du processus de restauration (photo prise en décembre 1980). Agé d'au moins 200 ans, le pâturage était autrefois occupé par les herbes autochtones qui étaient brûlées tous les 1 à 3 ans. La forêt secondaire de vieux chênes a conservé plus de 100 espèces d'arbres. (B) La même vue (photo prise en novembre 2000) après 17 ans de prévention des incendies. La canopée de la forêt de chênes est encore visible et la main de Winnie Hallwach se situe à 2 m au-dessus du sol. La régénération est dominée par *Rehdera trinervis* (Verbenaceae), un arbre moyen dont les graines sont dispersées par le vent, mélangé avec 70 autres espèces ligneuses. Une telle invasion des pâturages par la forêt à la suite de la prévention des incendies est maintenant caractéristique de dizaines de milliers d'hectares de l'ACG. (Photos: Daniel Janzen.)