

Forest Genetic Resources

Basic Knowledge

Modules associés

- [Agroforesterie](#)
- [Exploitation du bois](#)
- [Gestion des produits forestiers non ligneux](#)
- [Matériel forestier de reproduction](#)
- [Restauration des forêts](#)



Ce module est destiné aux gestionnaires de forêts et des zones de conservation, aux sylviculteurs, aux écologistes de la restauration, ainsi qu'aux autres experts concernés par la conservation et la gestion des ressources arboricoles ou travaillant avec des matériaux de plantation forestière. Le module offre des informations sur la conservation et la gestion des ressources génétiques forestières et fournit des liens vers d'autres matériels utiles.



Ce module est destiné aux gestionnaires de forêts et des zones de conservation, aux sylviculteurs, aux écologistes de la restauration, ainsi qu'aux autres experts concernés par la conservation et la gestion des ressources arboricoles ou travaillant avec des matériaux de plantation forestière. Le module offre des informations sur la conservation et la gestion des ressources génétiques forestières et fournit des liens vers d'autres matériels utiles.

Qu'est-ce que les ressources génétiques forestières?

Les ressources génétiques forestières sont les matériaux héréditaires au sein et entre les espèces arborescentes et les autres plantes ligneuses (FAO, 2014a). Les ressources génétiques forestières supportent le potentiel adaptatif des arbres leur permettant ainsi d'être, du point de vue de l'évolution, parmi les types d'organismes les plus efficaces de la planète. La pratique de la conservation génétique ne vise pas à conserver toutes les variantes génétiques (ou «génotypes») – cela serait, en effet, impossible parce que les individus des espèces se reproduisant par voie sexuée sont génétiquement uniques. Le but de la conservation génétique est plutôt de conserver le potentiel évolutif des espèces, ce qui implique de garantir la continuation et le fonctionnement des processus qui forment et préservent la diversité génétique. Les efforts de conservation peuvent aussi se concentrer sur la sauvegarde de traits particuliers (caractéristiques) des arbres et des autres plantes ligneuses comme, par exemple, la résistance aux ravageurs, aux maladies ou à la sécheresse.

Bien que les ressources génétiques soient souvent négligées dans la planification et la mise en œuvre de la gestion forestière, leur conservation est essentielle pour la durabilité des forêts. Il est donc essentiel pour les gestionnaires de forêts de comprendre à partir de quel moment le fait de négliger les aspects génétiques peut entraver la réalisation des objectifs de gestion forestière.

Qu'est-ce que les ressources génétiques forestières?

Les ressources génétiques forestières sont les matériaux héréditaires au sein et entre les espèces arborescentes et les autres plantes ligneuses (FAO, 2014a). Les ressources génétiques forestières supportent le potentiel adaptatif des arbres leur permettant ainsi d'être, du point de vue de l'évolution, parmi les types d'organismes les plus efficaces de la planète. La pratique de la conservation génétique ne vise pas à conserver toutes les variantes génétiques (ou «génotypes») – cela serait, en effet, impossible parce que les individus des espèces se reproduisant par voie sexuée sont génétiquement uniques. Le but de la conservation génétique est plutôt de conserver le potentiel évolutif des espèces, ce qui implique de garantir la continuation et le fonctionnement des processus qui forment et préservent la diversité génétique. Les efforts de conservation peuvent aussi se concentrer sur la sauvegarde de traits particuliers (caractéristiques) des arbres et des autres plantes ligneuses comme, par exemple, la résistance aux ravageurs, aux maladies ou à la sécheresse.

Bien que les ressources génétiques soient souvent négligées dans la planification et la mise en œuvre de la gestion forestière, leur conservation est essentielle pour la durabilité des forêts. Il est donc essentiel pour les gestionnaires de forêts de comprendre à partir de quel moment le fait de négliger les aspects génétiques peut entraver la réalisation des objectifs de gestion forestière.

Pourquoi les ressources génétiques sont-elles importantes?

Les arbres présentent des variations – au sein et entre les espèces – quant à leurs taux de croissance; à la forme de leurs tiges; à la production des semences; à la tolérance aux ravageurs, à la sécheresse, à la chaleur, à la salinité, et à la toxicité des métaux lourds; et à bien d'autres caractéristiques. La capacité des arbres à s'adapter aux changements environnementaux dépend du degré de variabilité génétique de leurs «traits adaptatifs» – des caractéristiques qui leur permettent de tolérer ou de résister aux nouveaux défis environnementaux.

La plupart des espèces arborescentes ont des niveaux élevés de diversité génétique, ce qui représente un potentiel énorme (et largement inexploité) d'amélioration des produits arboricoles comme les aliments, les fibres, le bois massif et le fourrage, et qui augmente les prestations des services environnementaux (tels que la régulation de l'approvisionnement en eau et la séquestration du carbone). Les programmes de sélection et d'amélioration génétique des arbres tentent de tirer parti de la variabilité génétique pour améliorer les traits utiles; ces programmes ont le potentiel d'apporter des améliorations aussi considérables en matière de production forestière que ce qui a été fait en matière de cultures alimentaires. Le temps requis, par contre, pour parvenir à ces améliorations est plus long pour les arbres que pour la plupart des cultures agricoles en raison de l'initiation tardive de la multiplication sexuée des arbres et de leur longévité. Aussi, il est fondamental d'évaluer, de conserver, de mettre à l'essai et d'utiliser la diversité génétique afin d'assurer la production future de biens et de services provenant des arbres.

Diversité génétique des arbres forestiers

La diversité génétique d'une espèce provient de mutations du code génétique, c'est à dire de l'ADN. Bien que la plupart des mutations soient délétères et sont rapidement éliminées par la sélection naturelle, les mutations bénéfiques peuvent conférer des avantages sélectifs aux individus porteurs des gènes variants. C'est pourquoi les porteurs de gènes bénéfiques sont plus « en forme » (ils sont capables de produire plus de descendants qui survivront) et mieux adaptés à leurs conditions environnementales par rapport aux individus non porteurs de ces gènes.

La diversité génétique est préservée par le flux génétique à travers le mouvement de pollen et de graines au sein et entre peuplements. Généralement, les peuplements plus grands conservent plus de diversité génétique que les peuplements plus petits; et, inversement, la diversité génétique est limitée par la taille et l'isolement des petits peuplements. L'isolement peut découler de la distance par rapport à d'autres peuplements de la même espèce ou d'obstacles physiques qui entravent le mouvement des pollinisateurs ou la dispersion des graines dans les paysages.

L'adaptation à des conditions qui varient le long de gradients environnementaux permet de préserver la diversité entre peuplements arborescents distincts et chevauchants. Il est donc important de bien connaître les modèles de variation des traits adaptatifs pour pouvoir sélectionner les sources de semences appropriées.

La plupart des espèces arborescentes sont croisées, ce qui veut dire que:

- les fleurs d'un arbre sont généralement pollinisées par un autre arbre;
- les espèces réagissent mal au croisement consanguin (l'accouplement entre espèces étroitement apparentées);
- les espèces présentent une diversité génétique élevée relativement à de nombreuses autres espèces.

À l'état naturel, donc, la plupart des espèces arborescentes disposent d'un potentiel considérable d'adaptation aux changements environnementaux et d'amélioration génétique des traits productifs, ce qui en augmente l'utilité pour les personnes.

Ressources génétiques forestières contribue aux ODD:





Pourquoi les ressources génétiques sont-elles importantes?

Les arbres présentent des variations – au sein et entre les espèces – quant à leurs taux de croissance; à la forme de leurs tiges; à la production des semences; à la tolérance aux ravageurs, à la sécheresse, à la chaleur, à la salinité, et à la toxicité des métaux lourds; et à bien d'autres caractéristiques. La capacité des arbres à s'adapter aux changements environnementaux dépend du degré de variabilité génétique de leurs «traits adaptatifs» – des caractéristiques qui leurs permettent de tolérer ou de résister aux nouveaux défis environnementaux.

La plupart des espèces arborescentes ont des niveaux élevés de diversité génétique, ce qui représente un potentiel énorme (et largement inexploité) d'amélioration des produits arboricoles comme les aliments, les fibres, le bois massif et le fourrage, et qui augmente les prestations des services environnementaux (tels que la régulation de l'approvisionnement en eau et la séquestration du carbone). Les programmes de sélection et d'amélioration génétique des arbres tentent de tirer parti de la variabilité génétique pour améliorer les traits utiles; ces programmes ont le potentiel d'apporter des améliorations aussi considérables en matière de production forestière que ce qui a été fait en matière de cultures alimentaires. Le temps requis, par contre, pour parvenir à ces améliorations est plus long pour les arbres que pour la plupart des cultures agricoles en raison de l'initiation tardive de la multiplication sexuée des arbres et de leur longévité. Aussi, il est fondamental d'évaluer, de conserver, de mettre à l'essai et d'utiliser la diversité génétique afin d'assurer la production future de biens et de services provenant des arbres.

Diversité génétique des arbres forestiers

La diversité génétique d'une espèce provient de mutations du code génétique, c'est à dire de l'ADN. Bien que la plupart des mutations soient délétères et sont rapidement éliminées par la sélection naturelle, les mutations bénéfiques peuvent conférer des avantages sélectifs aux individus porteurs des gènes variants. C'est pourquoi les porteurs de gènes bénéfiques sont plus «en forme» (ils sont capables de produire plus de descendants qui survivront) et mieux adaptés à leurs conditions environnementales par rapport aux individus non porteurs de ces gènes.

La diversité génétique est préservée par le flux génétique à travers le mouvement de pollen et de graines au sein et entre peuplements. Généralement, les peuplements plus grands conservent plus de diversité génétique que les peuplements plus petits; et, inversement, la diversité génétique est limitée par la taille et l'isolement des petits peuplements. L'isolement peut découler de la distance par rapport à d'autres peuplements de la même espèce ou d'obstacles physiques qui entravent le mouvement des pollinisateurs ou la dispersion des graines dans les paysages.

L'adaptation à des conditions qui varient le long de gradients environnementaux permet de préserver la diversité entre peuplements arborescents distincts et chevauchants. Il est donc important de bien connaître les modèles de variation des traits adaptatifs pour pouvoir sélectionner les sources de semences appropriées.

La plupart des espèces arborescentes sont croisées, ce qui veut dire que:

- les fleurs d'un arbre sont généralement pollinisées par un autre arbre;
- les espèces réagissent mal au croisement consanguin (l'accouplement entre espèces étroitement apparentées);
- les espèces présentent une diversité génétique élevée relativement à de nombreuses autres espèces.

À l'état naturel, donc, la plupart des espèces arborescentes disposent d'un potentiel considérable d'adaptation aux changements environnementaux et d'amélioration génétique des traits productifs, ce qui en augmente l'utilité pour les personnes.

Ressources génétiques forestières contribue aux ODD:



Modules associés

- [Agroforesterie](#)
- [Exploitation du bois](#)
- [Gestion des produits forestiers non ligneux](#)
- [Matériel forestier de reproduction](#)
- [Restauration des forêts](#)

In more depth

Comment se mesure la diversité génétique?

La variation génétique des traits des arbres peut être mesurée par des essais sur le terrain conçus pour distinguer la génétique des effets environnementaux au moyen d'analyses statistiques appropriées. Des essais de provenance et de progéniture ont été effectués pour de nombreuses espèces utilisées dans les plantations commerciales. Dans les essais de provenance, des semences prélevées sur plusieurs arbres individuels d'un peuplement sont plantées pour mieux connaître la variation à grande échelle entre différentes zones du vaste territoire géographique d'une espèce, et pour identifier les sources de semences qui conviennent le mieux à des sites spécifiques. Les essais de progéniture servent à déterminer la variation héritable des traits utiles et à identifier les individus les plus performants.

Bien que le terme «diversité génétique» soit généralement employé pour indiquer une variation génétique des traits, il fait également référence à la variabilité au niveau de l'ADN qui peut, le cas échéant, être associée à des différences mesurables des traits. La diversité génétique est généralement mesurée en utilisant des marqueurs moléculaires supposés être neutres par rapport à la sélection. Des progrès rapides ont été réalisés au cours des dernières années en matière de puissance des outils de génétique moléculaire tout en réduisant leurs coûts; à ce jour, toutefois, les éventuels liens entre marqueurs moléculaires et traits pouvant intéresser les sélectionneurs ne sont toujours pas connus. Aussi, des essais sur le terrain sont encore nécessaires pour estimer la variation génétique des traits présentant un intérêt pour l'adaptation aux modifications de l'environnement et l'amélioration des produits arboricoles.

Comment se mesure la diversité génétique?

La variation génétique des traits des arbres peut être mesurée par des essais sur le terrain conçus pour distinguer la génétique des effets environnementaux au moyen d'analyses statistiques appropriées. Des essais de provenance et de progéniture ont été effectués pour de nombreuses espèces utilisées dans les plantations commerciales. Dans les essais de provenance, des semences prélevées sur plusieurs arbres individuels d'un peuplement sont plantées pour mieux connaître la variation à grande échelle entre différentes zones du vaste territoire géographique d'une espèce, et pour identifier les sources de semences qui conviennent le mieux à des sites spécifiques. Les essais de progéniture servent à déterminer la variation héritable des traits utiles et à identifier les individus les plus performants.

Bien que le terme «diversité génétique» soit généralement employé pour indiquer une variation génétique des traits, il fait également référence à la variabilité au niveau de l'ADN qui peut, le cas échéant, être associée à des différences mesurables des traits. La diversité génétique est généralement mesurée en utilisant des marqueurs moléculaires supposés être neutres par rapport à la sélection. Des progrès rapides ont été réalisés au cours des dernières années en matière de puissance des outils de génétique moléculaire tout en réduisant leurs coûts; à ce jour, toutefois, les éventuels liens entre marqueurs moléculaires et traits pouvant intéresser les sélectionneurs ne sont toujours pas connus. Aussi, des essais sur le terrain sont encore nécessaires pour estimer la variation génétique des traits présentant un intérêt pour l'adaptation aux modifications de l'environnement et l'amélioration des produits arboricoles.

Conservation des ressources génétiques forestières

Les ressources génétiques forestières peuvent être conservées sur place («in situ») ou en dehors de l'habitat naturel d'une espèce, dans des banques de gènes («ex situ»). Des deux méthodes, la conservation in situ est généralement la solution privilégiée car elle permet aux processus d'évolution naturelle de continuer en s'adaptant aux conditions changeantes. La conservation ex situ est, cependant, nécessaire si les espèces ou les peuplements sont menacés à l'état sauvage. De nombreux pays et des organisations internationales maintiennent des banques de semences d'arbres forestiers mais les souches sont généralement celles d'espèces qui produisent des semences «orthodoxes». Plusieurs espèces arborescentes des zones tropicales humides, en particulier, comme les dipterocarpacees du Sud-est asiatique, sont «récalcitrantes» (le contraire d'orthodoxe, dans ce sens), c'est à dire que leurs semences ne peuvent pas être entreposées à des conditions conventionnelles dans des banques de semences sans une perte rapide de leur viabilité. Des banques de gènes vivants (parcelles d'arbres plantés conçues pour conserver la diversité génétique) ont été établies pour certaines espèces, mais elles demandent beaucoup de place et doivent être entretenues durant de longues périodes.

La conservation *in situ* des ressources génétiques forestières est compatible avec l'utilisation durable des ressources – pour autant que les aspects génétiques soient pris explicitement en compte dans la gestion des forêts. Les aires protégées établies à d'autres fins ne sont peut-être pas à même de conserver les ressources génétiques qui sont prioritaires pour certaines espèces arborescentes. En effet, les ressources génétiques forestières peuvent parfois être conservées de manière plus efficace dans des forêts aménagées plutôt que dans des aires protégées. Les réserves génétiques spécifiquement établies pour conserver les ressources génétiques, comme celles des pays européens surveillées par le [programme EUFORGEN](#), constituent la solution idéale; en revanche, peu de pays ont ce type de réserves.

Les éléments clés de la conservation de la diversité génétique des forêts sont:

- le maintien de peuplements de taille suffisante pour faciliter le croisement entre individus non apparentés et préserver la variation génétique au sein des peuplements;
- le bon fonctionnement des processus génétiques qui affectent la diversité, tels que le flux génétique et la sélection naturelle, et la réduction des dérives génétiques qui causent la perte d'allèles (formes alternatives de gènes) d'une génération à l'autre à travers l'erreur d'échantillonnage.

La taille effective d'un peuplement est un concept important pour la gestion et la conservation de la diversité génétique car elle permet d'indiquer d'éventuels problèmes génétiques de manière bien plus précise que la taille du peuplement recensé (le nombre effectif d'individus), et qu'elle est presque toujours plus petite. La taille effective d'un peuplement correspond à la taille recensée si:

- le peuplement a le même nombre de mâles et de femelles, se reproduisant tous à un rythme qui ne varie pas plus que de manière aléatoire;
- l'accouplement est tout aussi probable entre deux individus et a lieu de manière aléatoire;
- le nombre d'individus reproducteurs est constant d'une génération à l'autre, et seulement une génération est en âge de se reproduire à un moment donné.

La taille effective d'un peuplement d'espèces arborescentes est toujours susceptible d'être considérablement plus petite que le peuplement recensé car, même si les autres conditions sont remplies, les cycles de vie longs des arbres donnent lieu à des générations chevauchantes. La probabilité d'une consanguinité et la perte aléatoire d'allèles augmente à mesure que la taille effective du peuplement diminue. La consanguinité, et plus particulièrement l'autopollinisation (sa forme la plus extrême), est nocive pour la plupart des espèces arborescentes qui présentent généralement de nombreux allèles récessifs délétères. Une première manifestation de la consanguinité est souvent la réduction de la fertilité; les plantules et les baliveaux consanguins peuvent également présenter des taux de croissance plus faibles et une moindre résistance aux agressions biotiques et abiotiques.

La taille effective d'un peuplement diminue par rapport à la taille recensée à mesure que le degré de parenté du peuplement augmente. C'est pourquoi, plus la taille effective du peuplement est petite par rapport à la taille recensée, plus la superficie nécessaire pour sa conservation sera grande.

L'analyse des menaces qui pèsent sur les ressources génétiques, ainsi que la hiérarchisation des espèces et des peuplements jouent un rôle majeur dans l'élaboration des stratégies de conservation des ressources génétiques forestières. Quelques-unes des menaces les plus importantes au niveau mondial sont la surexploitation, le pâturage du bétail, l'expansion agricole, et le changement climatique.

À ce jour, la plupart des activités de conservation des ressources génétiques forestières se déroule *in situ* (alors que la conservation des ressources génétiques des cultures agricoles se déroule généralement *ex situ*). En dehors de quelques exceptions, les espèces arborescentes sont encore sauvages; c'est pourquoi, répertorier la variabilité d'un ensemble de provenances d'une espèce arborescente impose de prélever un échantillon plus grand que celui qu'il faudrait prélever pour répertorier la diversité d'un nombre semblable de variétés culturelles. En principe, les stratégies de conservation des ressources génétiques forestières devraient combiner des réserves génétiques (visant spécifiquement la conservation des ressources génétiques d'espèces arborescentes cibles) et des pratiques de gestion des forêts bien conçues afin d'assurer la préservation du potentiel évolutif d'espèces arborescentes importantes et menacées. La mise en œuvre de ce type de stratégie implique de changer les modèles de conservation et de renforcer les capacités de divers intervenants.

Principales considérations génétiques pour la gestion des ressources forestières en forêts naturelles

Il est tout à fait possible de conserver les ressources génétiques tout en récoltant les produits forestiers ligneux et non-ligneux, mais il faut veiller à gérer les forêts en évitant tout effet préjudiciable. La plupart des pratiques et des directives de gestion durable ne tiennent pas explicitement compte du rôle des ressources génétiques dans la durabilité sur le long terme.

Le type de produit récolté, et la façon dont il est récolté, sont importants. La récolte de produits ligneux tue les arbres, mais elle est habituellement réservée aux arbres qui ont déjà atteint la maturité reproductive et qui ont déjà répandu leurs semences. La récolte des fruits, de l'écorce et des feuilles affecte les arbres de différentes manières, et les conséquences pour les ressources génétiques sont liées en grande partie à l'intensité de la récolte. Il est plutôt inhabituel que la récolte de fruits tue les arbres à moins que les branches et les arbres ne soient complètement coupés lors d'une récolte ponctuelle. Si, toutefois, toute la production fruitière est récoltée chaque année, il n'y aura guère de régénération. De la même manière, la récolte trop intensive d'écorces peut avoir les mêmes effets destructeurs que la coupe d'arbres.

Même en adoptant des pratiques d'exploitation à faible impact, l'abattage peut provoquer une réduction importante de la diversité génétique, avec des conséquences pour l'adaptabilité et la persistance à long-terme d'une espèce. L'abattage sélectif réduit la densité du peuplement et, par là même, la distance entre les grands arbres – qui contribuent probablement plus que les petits à la reproduction du

peuplement. Selon les espèces, les pollinisateurs seront moins enclins à se déplacer entre des arbres très dispersés, ce qui peut entraîner des niveaux plus élevés d'autopollinisation. Dans le cas de nombreuses espèces arborescentes, les connaissances en matière de reproduction, de pollinisateurs et de génétique sont incomplètes; il est donc parfois difficile de prévoir un régime d'exploitation qui ne réduise pas les capacités de reproduction d'un peuplement d'arbres.

Un autre aspect à prendre en compte est le statut des espèces exploitées dans la succession. Même si des limites de diamètre ont été fixées pour s'assurer que les arbres abattus ont bien dépassé l'étape de la première reproduction, la régénération ne sera pas assurée parce qu'elle dépend des besoins en lumière des plantules et des baliveaux ainsi que des conditions correspondantes dans le peuplement. Les essences de lumière ne se régénèrent pas à l'ombre. La banque de graines du sol n'est efficace que pour les graines qui restent viables pour des périodes prolongées, ce qui n'est pas le cas de nombreuses espèces arborescentes; même si le couvert est suffisamment éclairci pendant la coupe pour permettre à la lumière de passer, il pourrait ne pas y avoir de graines disponibles pour assurer la régénération. Ces considérations démontrent que la conservation efficace des ressources génétiques forestières impose de connaître la biologie et l'écologie reproductive des espèces. Ces dernières, en effet, peuvent avoir des besoins différents en matière de régénération, et il faudra en tenir compte afin d'assurer l'adaptabilité et la persistance à long terme des espèces touchées, ainsi que la conservation efficace des ressources génétiques forestières.

La sélection dysgénique – à travers laquelle la coupe entraîne une modification (non intentionnelle) indésirable de la qualité génétique sur une ou plusieurs générations – est depuis longtemps une source de préoccupations pour les gestionnaires des forêts. Ce concept tient à l'idée qu'éliminer les arbres de meilleure qualité (en raison, par exemple, de leur forme ou de leurs taux de croissance) en laissant les autres entraîne une évolution génétique de traits importants suite à l'augmentation relative des contributions reproductives des arbres de qualité médiocre. Il est plus probable que cette situation se produise pour les arbres intolérants à l'ombre qui ont tendance à laisser derrière eux moins de régénération au moment de la coupe. Le degré de gravité du problème est toutefois largement débattu, et des connaissances supplémentaires sont nécessaires sur ce sujet.

Considérations génétiques pour l'établissement de forêts plantées

La plantation forestière se fait pour plusieurs raisons, depuis la production à petite échelle et industrielle de bois à la réhabilitation de paysages, à la conservation et à l'agroforesterie. Quelles que soient les finalités, il faut disposer d'une quantité suffisante de semences (ou d'une quelque forme de propagule) aux qualités physiologiques et génétiques élevées. La plupart des plantations industrielles utilisent des matériels génétiquement améliorés et leur filière semencière est bien établie; pour d'autres plantations, par contre, le matériel de plantation est prélevé de la nature.

En ce qui concerne la qualité génétique des semences prélevées dans la nature, il y a trois considérations prioritaires dont l'importance varie selon les finalités de la plantation:

1. La source des semences doit être bien adaptée au site de plantation – cela ne signifie pas nécessairement qu'il faut utiliser les semences les plus proches géographiquement du site ciblé car d'autres facteurs peuvent réduire aptitude de ce matériel.
2. Les semences doivent provenir d'un nombre suffisant d'arbres pour en assurer la diversité génétique.
3. Les arbres semenciers ne doivent pas être étroitement apparentés pour éviter de prélever des graines consanguines.

Des initiatives ambitieuses de réhabilitation des forêts ont été lancées récemment dans différentes régions du monde; dans de nombreux cas, toutefois, l'organisation de l'approvisionnement en semences est à la traîne. Bien que la réhabilitation poursuive plusieurs objectifs et adopte plusieurs méthodes, la forêt régénérée doit être autonome, c'est-à-dire que les fonctions de l'écosystème doivent être réhabilitées de façon à assurer la reproduction en cours et la régénération des espèces arborescentes souhaitées. Il faut donc faire attention aux caractéristiques génétiques des sources semencières pour s'assurer que le matériel de plantation soit bien adapté aux conditions du site et qu'il soit suffisamment varié pour en faciliter l'adaptation à des conditions en constante évolution à travers la sélection naturelle.

Pour s'assurer que les sources semencières soient bien adaptées aux sites de plantation, il est conseillé de mener des tests de provenance aux sites d'essai qui prennent en compte l'ensemble des conditions environnementales rencontrées dans les aires de réhabilitation ciblées. Si l'on ne dispose pas de données sur les tests de provenance et que l'on n'a pas le temps d'effectuer des essais sur le terrain, la meilleure solution reste de s'approvisionner dans des zones aux conditions environnementales similaires à celles des aires de réhabilitation ciblées (voir aussi [Matériel forestier de reproduction](#)).

Problèmes associés à la récolte de semences de petits peuplements

Si un peuplement d'arbres est isolé et présente une petite quantité d'arbres reproductifs sur plusieurs générations, la taille effective du peuplement est probablement bien plus petite que le peuplement recensé. La population a pu être sujette à une dérive génétique, et les arbres ont pu devenir de plus en plus apparentés dans chaque génération, menant à de la consanguinité.

Un individu produit à travers la reproduction sexuée recueillera la moitié de l'ADN de chacun de ses deux géniteurs. La proportion dans laquelle les allèles reçus de chaque géniteur est la même dépend de l'« homozygotie » d'un individu – plus les géniteurs sont étroitement apparentés, plus l'homozygotie de la progéniture est élevée. Ainsi, le produit d'un croisement consanguin est une homozygotie plus importante que prévue, ce qui peut être nocif en raison d'une accumulation d'allèles délétères qui n'ont pas été éliminés à travers la sélection naturelle. D'autre part, il a été constaté qu'une hétérozygotie importante (la mesure dans laquelle les allèles d'un gène donnés hérités de deux géniteurs sont différents) est positivement associée aux capacités de survie, de croissance et de reproductivité pour certaines espèces arborescentes. Il faudrait donc, autant que possible, éviter de prélever les semences des peuplements présentant moins de 500 individus matures.

Lorsque des semences sont prélevées sur un petit nombre d'arbres dans un site, même si le peuplement est grand, elles ne représenteront qu'un petit échantillon de la diversité génétique disponible, et la forêt plantée qui en résultera aura une diversité génétique inférieure à celle du peuplement source si l'on n'utilise pas de sources semencières supplémentaires. Cela peut constituer un goulet d'étranglement génétique et peut conduire au croisement consanguin ainsi qu'à la perte de potentiel adaptatif dans les générations suivantes. L'effet d'étranglement peut être exacerbé par la variabilité de la production de semences dans les arbres semenciers, ce qui réduit encore la taille effective du peuplement source. Le problème sera davantage amplifié si les arbres plantés deviennent ensuite des sources de germoplasmes pour de futures plantations.

En admettant que les semences sont prélevées en faisant attention à la variété des sources, le système pour distribuer correctement la diversité génétique aux sites de plantation (qui peuvent être petits et disséminés dans le paysage) devra être bien conçu et mis en œuvre. S'assurer que le matériel de plantation est varié et bien adapté aux sites de plantation n'est pas une question sans importance: les mesures à adopter vont du contrôle moléculaire des peuplements, du matériel de pépinière et des arbres établis pour vérifier que le système fonctionne bien à chaque étape, à des études plus faciles et moins coûteuses sur la variabilité de la production de semences, les taux de germination, ainsi que la survie et la vigueur des arbres après plantation.

Principales considérations génétiques pour la gestion des arbres hors forêt

La nécessité de gérer la diversité génétique des arbres dans les paysages agricoles augmente à mesure que la superficie de forêt intacte diminue et que la superficie des terres agricoles s'élargit. La conservation génétique in situ dans les aires protégées et dans les forêts aménagées ne comprend pas les peuplements confinés aux paysages agricoles primaires – les arbres plantés par les agriculteurs ou conservés dans les systèmes agroforestiers et les parcelles naturelles. De la même façon, la conservation ex situ dans les zones tropicales exclut de nombreuses espèces arborescentes de valeur en raison de la difficulté et du coût lié au stockage des semences des arbres tropicaux. La conservation des ressources génétiques forestières, de par leur utilisation dans les exploitations agricoles, où les arbres poussent aussi en dehors de leurs habitats naturels mais à l'intérieur de leur aire de répartition naturelle, joue un rôle complémentaire potentiellement important. La survie à long-terme de certaines espèces (comme les espèces de la savane agroforestière en Afrique subsaharienne) peut dépendre de la bonne gestion de leurs ressources génétiques dans les paysages agricoles.

Un des problèmes importants qui se pose quant à la conservation des ressources génétiques forestières dans les paysages agricoles est la fragmentation des peuplements d'arbres et les effets de cette fragmentation sur le flux génétique ou la viabilité d'un peuplement. Si la régénération est entravée par un flux génétique inadéquat dans et entre les peuplements d'arbres, ces peuplements risquent de disparaître à la mort des arbres matures. D'autre part, certaines espèces arborescentes sont adaptées à des faibles densités de peuplement et, dans quelques cas, le flux génétique peut même être stimulé par un espace plus ouvert entre les arbres. La clé de la conservation des ressources génétiques forestières dans les paysages agricoles est donc de connaître la biologie et l'écologie reproductives des espèces, y compris leurs systèmes d'accouplement et leurs modes de pollinisation, ce qui entrave le flux génétique, et les conséquences éventuelles de changements dans la matrice paysagère.

Les généralisations sont sujettes à discussions: selon un point de vue extrême, les arbres isolés des paysages agricoles sont des «morts sur pied» sans aucune perspective apparente de reproduction. Cependant, des situations de pollinisation et de dispersion de graines à longue distance ont été observées pour plusieurs espèces arborescentes; dans certains cas, en outre, une régénération naturelle a lieu dans les légumineuses lorsque les conditions sont favorables (plutôt que de manière continue). C'est pourquoi les arbres individuels isolés peuvent être importants en tant que dépôts génétiques et tremplins pour préserver le flux génétique, du moins pour certaines espèces.

Lorsque la fragmentation du paysage perturbe le flux génétique, cela peut mener au croisement consanguin, qui peut à son tour affaiblir les rendements des semences et la vigueur des plants. Les essences fruitières dioïques (les arbres qui produisent soit des fleurs mâles soit des fleurs femelles, mais pas les deux ensemble) évoluent parfois difficilement dans les systèmes agroforestiers car les arbres non-producteurs (les essences qui ne produisent pas de fruits parce qu'elles manquent d'organes reproductifs femelles) peuvent être largement supprimés, ce qui réduira la taille effective du peuplement et induira une augmentation du croisement consanguin dans les générations suivantes. D'autre part, lorsqu'il a été établi que la pollinisation croisée est nécessaire à la production de fruits, les agriculteurs ont plus

tendance à reconnaître la valeur du maintien de la connectivité, augmentant ainsi considérablement l'efficacité de la conservation génétique. En général, l'importance de conserver la diversité génétique est plus perceptible pour les paysages agricoles que pour les forêts intactes tout simplement parce que les agriculteurs reconnaissent l'utilité des arbres.

Bien que des arbres productifs soient maintenus dans les paysages agroforestiers, leur régénération peut être limitée par la production des cultures ou par le pâturage entre les arbres matures. Cela signifie que pour conserver la viabilité des peuplements d'espèces arborescentes importantes dans les paysages agricoles, les gestionnaires devront concevoir des stratégies permettant aux espèces prioritaires de se reproduire et de se régénérer pour garantir leur survie.

Conservation des ressources génétiques forestières

Les ressources génétiques forestières peuvent être conservées sur place («in situ») ou en dehors de l'habitat naturel d'une espèce, dans des banques de gènes («ex situ»). Des deux méthodes, la conservation in situ est généralement la solution privilégiée car elle permet aux processus d'évolution naturelle de continuer en s'adaptant aux conditions changeantes. La conservation ex situ est, cependant, nécessaire si les espèces ou les peuplements sont menacés à l'état sauvage. De nombreux pays et des organisations internationales maintiennent des banques de semences d'arbres forestiers mais les souches sont généralement celles d'espèces qui produisent des semences «orthodoxes». Plusieurs espèces arborescentes des zones tropicales humides, en particulier, comme les diptérocarpacées du Sud-est asiatique, sont «récalcitrantes» (le contraire d'orthodoxe, dans ce sens), c'est à dire que leurs semences ne peuvent pas être entreposées à des conditions conventionnelles dans des banques de semences sans une perte rapide de leur viabilité. Des banques de gènes vivants (parcelles d'arbres plantés conçues pour conserver la diversité génétique) ont été établies pour certaines espèces, mais elles demandent beaucoup de place et doivent être entretenues durant de longues périodes.

La conservation *in situ* des ressources génétiques forestières est compatible avec l'utilisation durable des ressources – pour autant que les aspects génétiques soient pris explicitement en compte dans la gestion des forêts. Les aires protégées établies à d'autres fins ne sont peut-être pas à même de conserver les ressources génétiques qui sont prioritaires pour certaines espèces arborescentes. En effet, les ressources génétiques forestières peuvent parfois être conservées de manière plus efficace dans des forêts aménagées plutôt que dans des aires protégées. Les réserves génétiques spécifiquement établies pour conserver les ressources génétiques, comme celles des pays européens surveillées par le [programme EUFORGEN](#), constituent la solution idéale; en revanche, peu de pays ont ce type de réserves.

Les éléments clés de la conservation de la diversité génétique des forêts sont:

- le maintien de peuplements de taille suffisante pour faciliter le croisement entre individus non apparentés et préserver la variation génétique au sein des peuplements;
- le bon fonctionnement des processus génétiques qui affectent la diversité, tels que le flux génétique et la sélection naturelle, et la réduction des dérives génétiques qui causent la perte d'allèles (formes alternatives de gènes) d'une génération à l'autre à travers l'erreur d'échantillonnage.

La taille effective d'un peuplement est un concept important pour la gestion et la conservation de la diversité génétique car elle permet d'indiquer d'éventuels problèmes génétiques de manière bien plus précise que la taille du peuplement recensé (le nombre effectif d'individus), et qu'elle est presque toujours plus petite. La taille effective d'un peuplement correspond à la taille recensée si:

- le peuplement a le même nombre de mâles et de femelles, se reproduisant tous à un rythme qui ne varie pas plus que de manière aléatoire;
- l'accouplement est tout aussi probable entre deux individus et a lieu de manière aléatoire;
- le nombre d'individus reproducteurs est constant d'une génération à l'autre, et seulement une génération est en âge de se reproduire à un moment donné.

La taille effective d'un peuplement d'espèces arborescentes est toujours susceptible d'être considérablement plus petite que le peuplement recensé car, même si les autres conditions sont remplies, les cycles de vie longs des arbres donnent lieu à des générations chevauchantes. La probabilité d'une consanguinité et la perte aléatoire d'allèles augmente à mesure que la taille effective du peuplement diminue. La consanguinité, et plus particulièrement l'autopollinisation (sa forme la plus extrême), est nocive pour la plupart des espèces arborescentes qui présentent généralement de nombreux allèles récessifs délétères. Une première manifestation de la consanguinité est souvent la réduction de la fertilité; les plantules et les baliveaux consanguins peuvent également présenter des taux de croissance plus faibles et une moindre résistance aux agressions biotiques et abiotiques.

La taille effective d'un peuplement diminue par rapport à la taille recensée à mesure que le degré de parenté du peuplement augmente. C'est pourquoi, plus la taille effective du peuplement est petite par rapport à la taille recensée, plus la superficie nécessaire pour sa conservation sera grande.

L'analyse des menaces qui pèsent sur les ressources génétiques, ainsi que la hiérarchisation des espèces et des peuplements jouent un rôle majeur dans l'élaboration des stratégies de conservation des ressources génétiques forestières. Quelques-unes des menaces les plus importantes au niveau mondial sont la surexploitation, le pâturage du bétail, l'expansion agricole, et le changement climatique.

À ce jour, la plupart des activités de conservation des ressources génétiques forestières se déroule *in situ* (alors que la conservation des ressources génétiques des cultures agricoles se déroule généralement *ex situ*). En dehors de quelques exceptions, les espèces arborescentes sont encore sauvages; c'est pourquoi, répertorier la variabilité d'un ensemble de provenances d'une espèce arborescente impose de prélever un échantillon plus grand que celui qu'il faudrait prélever pour répertorier la diversité d'un nombre semblable de variétés culturelles. En principe, les stratégies de conservation des ressources génétiques forestières devraient combiner des réserves génétiques (visant spécifiquement la conservation des ressources génétiques d'espèces arborescentes cibles) et des pratiques de gestion des forêts bien conçues afin d'assurer la préservation du potentiel évolutif d'espèces arborescentes importantes et menacées. La mise en œuvre de ce type de stratégie implique de changer les modèles de conservation et de renforcer les capacités de divers intervenants.

Principales considérations génétiques pour la gestion des ressources forestières en forêts naturelles

Il est tout à fait possible de conserver les ressources génétiques tout en récoltant les produits forestiers ligneux et non-ligneux, mais il faut veiller à gérer les forêts en évitant tout effet préjudiciable. La plupart des pratiques et des directives de gestion durable ne tiennent pas explicitement compte du rôle des ressources génétiques dans la durabilité sur le long terme.

Le type de produit récolté, et la façon dont il est récolté, sont importants. La récolte de produits ligneux tue les arbres, mais elle est habituellement réservée aux arbres qui ont déjà atteint la maturité reproductive et qui ont déjà répandu leurs semences. La récolte des fruits, de l'écorce et des feuilles affecte les arbres de différentes manières, et les conséquences pour les ressources génétiques sont liées en grande partie à l'intensité de la récolte. Il est plutôt inhabituel que la récolte de fruits tue les arbres à moins que les branches et les arbres ne soient complètement coupés lors d'une récolte ponctuelle. Si, toutefois, toute la production fruitière est récoltée chaque année, il n'y aura guère de régénération. De la même manière, la récolte trop intensive d'écorces peut avoir les mêmes effets destructeurs que la coupe d'arbres.

Même en adoptant des pratiques d'exploitation à faible impact, l'abattage peut provoquer une réduction importante de la diversité génétique, avec des conséquences pour l'adaptabilité et la persistance à long-terme d'une espèce. L'abattage sélectif réduit la densité du peuplement et, par là même, la distance entre les grands arbres – qui contribuent probablement plus que les petits à la reproduction du peuplement. Selon les espèces, les pollinisateurs seront moins enclins à se déplacer entre des arbres très dispersés, ce qui peut entraîner des niveaux plus élevés d'autopollinisation. Dans le cas de nombreuses espèces arborescentes, les connaissances en matière de reproduction, de pollinisateurs et de génétique sont incomplètes; il est donc parfois difficile de prévoir un régime d'exploitation qui ne réduise pas les capacités de reproduction d'un peuplement d'arbres.

Un autre aspect à prendre en compte est le statut des espèces exploitées dans la succession. Même si des limites de diamètre ont été fixées pour s'assurer que les arbres abattus ont bien dépassé l'étape de la première reproduction, la régénération ne sera pas assurée parce qu'elle dépend des besoins en lumière des plantules et des baliveaux ainsi que des conditions correspondantes dans le peuplement. Les essences de lumière ne se régénèrent pas à l'ombre. La banque de graines du sol n'est efficace que pour les graines qui restent viables pour des périodes prolongées, ce qui n'est pas le cas de nombreuses espèces arborescentes; même si le couvert est suffisamment éclairci pendant la coupe pour permettre à la lumière de passer, il pourrait ne pas y avoir de graines disponibles pour assurer la régénération. Ces considérations démontrent que la conservation efficace des ressources génétiques forestières impose de connaître la biologie et l'écologie reproductive des espèces. Ces dernières, en effet, peuvent avoir des besoins différents en matière de régénération, et il faudra en tenir compte afin d'assurer l'adaptabilité et la persistance à long terme des espèces touchées, ainsi que la conservation efficace des ressources génétiques forestières.

La sélection dysgénétique – à travers laquelle la coupe entraîne une modification (non intentionnelle) indésirable de la qualité génétique sur une ou plusieurs générations – est depuis longtemps une source de préoccupations pour les gestionnaires des forêts. Ce concept tient à l'idée qu'éliminer les arbres de meilleure qualité (en raison, par exemple, de leur forme ou de leurs taux de croissance) en laissant les autres entraîne une évolution génétique de traits importants suite à l'augmentation relative des contributions reproductives des arbres de qualité médiocre. Il est plus probable que cette situation se produise pour les arbres intolérants à l'ombre qui ont tendance à laisser derrière eux moins de régénération au moment de la coupe. Le degré de gravité du problème est toutefois largement débattu, et des connaissances supplémentaires sont nécessaires sur ce sujet.

Considérations génétiques pour l'établissement de forêts plantées

La plantation forestière se fait pour plusieurs raisons, depuis la production à petite échelle et industrielle de bois à la réhabilitation de paysages, à la conservation et à l'agroforesterie. Quelles que soient les finalités, il faut disposer d'une quantité suffisante de semences (ou

d'une quelconque forme de propagule) aux qualités physiologiques et génétiques élevées. La plupart des plantations industrielles utilisent des matériels génétiquement améliorés et leur filière semencière est bien établie; pour d'autres plantations, par contre, le matériel de plantation est prélevé de la nature.

En ce qui concerne la qualité génétique des semences prélevées dans la nature, il y a trois considérations prioritaires dont l'importance varie selon les finalités de la plantation:

1. La source des semences doit être bien adaptée au site de plantation – cela ne signifie pas nécessairement qu'il faut utiliser les semences les plus proches géographiquement du site ciblé car d'autres facteurs peuvent réduire l'aptitude de ce matériel.
2. Les semences doivent provenir d'un nombre suffisant d'arbres pour en assurer la diversité génétique.
3. Les arbres semenciers ne doivent pas être étroitement apparentés pour éviter de prélever des graines consanguines.

Des initiatives ambitieuses de réhabilitation des forêts ont été lancées récemment dans différentes régions du monde; dans de nombreux cas, toutefois, l'organisation de l'approvisionnement en semences est à la traîne. Bien que la réhabilitation poursuive plusieurs objectifs et adopte plusieurs méthodes, la forêt régénérée doit être autonome, c'est-à-dire que les fonctions de l'écosystème doivent être réhabilitées de façon à assurer la reproduction en cours et la régénération des espèces arborescentes souhaitées. Il faut donc faire attention aux caractéristiques génétiques des sources semencières pour s'assurer que le matériel de plantation soit bien adapté aux conditions du site et qu'il soit suffisamment varié pour en faciliter l'adaptation à des conditions en constante évolution à travers la sélection naturelle.

Pour s'assurer que les sources semencières soient bien adaptées aux sites de plantation, il est conseillé de mener des tests de provenance aux sites d'essai qui prennent en compte l'ensemble des conditions environnementales rencontrées dans les aires de réhabilitation ciblées. Si l'on ne dispose pas de données sur les tests de provenance et que l'on n'a pas le temps d'effectuer des essais sur le terrain, la meilleure solution reste de s'approvisionner dans des zones aux conditions environnementales similaires à celles des aires de réhabilitation ciblées (voir aussi [Matériel forestier de reproduction](#)).

Problèmes associés à la récolte de semences de petits peuplements

Si un peuplement d'arbres est isolé et présente une petite quantité d'arbres reproductifs sur plusieurs générations, la taille effective du peuplement est probablement bien plus petite que le peuplement recensé. La population a pu être sujette à une dérive génétique, et les arbres ont pu devenir de plus en plus apparentés dans chaque génération, menant à de la consanguinité.

Un individu produit à travers la reproduction sexuée recueillera la moitié de l'ADN de chacun de ses deux géniteurs. La proportion dans laquelle les allèles reçus de chaque géniteur est la même dépend de l'«homozygotie» d'un individu – plus les géniteurs sont étroitement apparentés, plus l'homozygotie de la progéniture est élevée. Ainsi, le produit d'un croisement consanguin est une homozygotie plus importante que prévue, ce qui peut être nocif en raison d'une accumulation d'allèles délétères qui n'ont pas été éliminés à travers la sélection naturelle. D'autre part, il a été constaté qu'une hétérozygotie importante (la mesure dans laquelle les allèles d'un gène donné hérités de deux géniteurs sont différents) est positivement associée aux capacités de survie, de croissance et de reproductivité pour certaines espèces arborescentes. Il faudrait donc, autant que possible, éviter de prélever les semences des peuplements présentant moins de 500 individus matures.

Lorsque des semences sont prélevées sur un petit nombre d'arbres dans un site, même si le peuplement est grand, elles ne représenteront qu'un petit échantillon de la diversité génétique disponible, et la forêt plantée qui en résultera aura une diversité génétique inférieure à celle du peuplement source si l'on n'utilise pas de sources semencières supplémentaires. Cela peut constituer un goulet d'étranglement génétique et peut conduire au croisement consanguin ainsi qu'à la perte de potentiel adaptatif dans les générations suivantes. L'effet d'étranglement peut être exacerbé par la variabilité de la production de semences dans les arbres semenciers, ce qui réduit encore la taille effective du peuplement source. Le problème sera davantage amplifié si les arbres plantés deviennent ensuite des sources de germoplasmes pour de futures plantations.

En admettant que les semences sont prélevées en faisant attention à la variété des sources, le système pour distribuer correctement la diversité génétique aux sites de plantation (qui peuvent être petits et disséminés dans le paysage) devra être bien conçu et mis en œuvre. S'assurer que le matériel de plantation est varié et bien adapté aux sites de plantation n'est pas une question sans importance: les mesures à adopter vont du contrôle moléculaire des peuplements, du matériel de pépinière et des arbres établis pour vérifier que le système fonctionne bien à chaque étape, à des études plus faciles et moins coûteuses sur la variabilité de la production de semences, les taux de germination, ainsi que la survie et la vigueur des arbres après plantation.

Principales considérations génétiques pour la gestion des arbres hors forêt

La nécessité de gérer la diversité génétique des arbres dans les paysages agricoles augmente à mesure que la superficie de forêt intacte diminue et que la superficie des terres agricoles s'élargit. La conservation génétique in situ dans les aires protégées et dans les forêts

aménagées ne comprennent pas les peuplements confinés aux paysages agricoles primaires – les arbres plantés par les agriculteurs ou conservés dans les systèmes agroforestiers et les parcelles naturelles. De la même façon, la conservation ex situ dans les zones tropicales exclut de nombreuses espèces arborescentes de valeur en raison de la difficulté et du coût lié au stockage des semences des arbres tropicaux. La conservation des ressources génétiques forestières, de par leur utilisation dans les exploitations agricoles, où les arbres poussent aussi en dehors de leurs habitats naturels mais à l'intérieur de leur aire de répartition naturelle, joue un rôle complémentaire potentiellement important. La survie à long-terme de certaines espèces (comme les espèces de la savane agroforestière en Afrique subsaharienne) peut dépendre de la bonne gestion de leurs ressources génétiques dans les paysages agricoles.

Un des problèmes importants qui se pose quant à la conservation des ressources génétiques forestières dans les paysages agricole est la fragmentation des peuplements d'arbres et les effets de cette fragmentation sur le flux génétique ou la viabilité d'un peuplement. Si la régénération est entravée par un flux génétique inadéquat dans et entre les peuplements d'arbres, ces peuplements risquent de disparaître à la mort des arbres matures. D'autre part, certaines espèces arborescentes sont adaptées à des faibles densités de peuplement et, dans quelques cas, le flux génétique peut même être stimulé par un espace plus ouvert entre les arbres. La clé de la conservation des ressources génétiques forestières dans les paysages agricoles est donc de connaître la biologie et l'écologie reproductives des espèces, y compris leurs systèmes d'accouplement et leurs modes de pollinisation, ce qui entrave le flux génétique, et les conséquences éventuelles de changements dans la matrice paysagère.

Les généralisations sont sujettes à discussions: selon un point de vue extrême, les arbres isolés des paysages agricoles sont des «morts sur pied» sans aucune perspective apparente de reproduction. Cependant, des situations de pollinisation et de dispersion de graines à longue distance ont été observées pour plusieurs espèces arborescentes; dans certains cas, en outre, une régénération naturelle a lieu dans les légumineuses lorsque les conditions sont favorables (plutôt que de manière continue). C'est pourquoi les arbres individuels isolés peuvent être importants en tant que dépôts génétiques et tremplins pour préserver le flux génétique, du moins pour certaines espèces.

Lorsque la fragmentation du paysage perturbe le flux génétique, cela peut mener au croisement consanguin, qui peut à son tour affaiblir les rendements des semences et la vigueur des plants. Les essences fruitières dioïques (les arbres qui produisent soit des fleurs mâles soit des fleurs femelles, mais pas les deux ensemble) évoluent parfois difficilement dans les systèmes agroforestiers car les arbres non-producteurs (les essences qui ne produisent pas de fruits parce qu'elles manquent d'organes reproductifs femelles) peuvent être largement supprimés, ce qui réduira la taille effective du peuplement et induira une augmentation du croisement consanguin dans les générations suivantes. D'autre part, lorsqu'il a été établi que la pollinisation croisée est nécessaire à la production de fruits, les agriculteurs ont plus tendance à reconnaître la valeur du maintien de la connectivité, augmentant ainsi considérablement l'efficacité de la conservation génétique. En général, l'importance de conserver la diversité génétique est plus perceptible pour les paysages agricoles que pour les forêts intactes tout simplement parce que les agriculteurs reconnaissent l'utilité des arbres.

Bien que des arbres productifs soient maintenus dans les paysages agroforestiers, leur régénération peut être limitée par la production des cultures ou par le pâturage entre les arbres matures. Cela signifie que pour conserver la viabilité des peuplements d'espèces arborescentes importantes dans les paysages agricoles, les gestionnaires devront concevoir des stratégies permettant aux espèces prioritaires de se reproduire et de se régénérer pour garantir leur survie.

Further Learning

Boffa, J. 2000. West African agroforestry parklands: keys to conservation and sustainable management. *Unasylva*, 51: 11–17.

Boshier, D.H., Gordon, J.E. & Barrance, A.J. 2004. Prospects for *in situ* tree conservation in Mesoamerican dry forest agro-ecosystems. In: G.W. Frankie, A. Mata & S.B. Vinson, eds. *Biodiversity conservation in Costa Rica: learning the lessons in the seasonal dry forest*, pp. 210–226. Berkeley, USA, University of California Press.

Boshier, D.H. 2004. Agroforestry systems: important components in conserving the genetic viability of native tropical tree species? In: G. Schroth, G. Fonseca, C.A. Harvey, C. Gascon, H.L. Vasconcelos & A.M.N. Izac, eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*, pp. 290–314. USA, Island Press.

Bozzano, M., Jalonen, R., Thomas, E., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordács, S., Smith, P. & Loo, J. 2014. [Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species](#). Thematic Study 10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Bioversity International.

Dawson, I.K., Lengkeek, A., Weber, J.C. & Jamnadass, R. 2009. Managing genetic variation in tropical trees: linking knowledge with action in agroforestry ecosystems for improved conservation and enhanced livelihoods. *Biodiversity and Conservation*, 18: 969–986.

Dawson, I.K., Vinceti, B., Weber, J.C., Neufeldt, H., Russell, J.R., Lengkeek, A.G. et al. 2011. Climate change and tree genetic resource management: maintaining and enhancing the productivity and value of smallholder tropical agroforestry landscapes. *Agroforestry Systems*, 81: 67–78.

Dawson, I.K., Guariguata, M.R., Loo, J., Weber, J.C., Lengkeek, A., Bush, D., Cornelius, J., Guarino, L., Kindt, R., Orwa, C., Russell, J. & Jamnadass, R. 2013. What is the relevance of smallholders' agroforestry systems for conserving tropical tree species and genetic diversity in *in situ*, *in situ* and *ex situ* settings? A review. *Biodiversity and Conservation*, 22: 301–324.

FAO, DFSC & IPGRI. 2001. *Forest genetic resources conservation and management. Vol. 2: In managed natural forests and protected areas (in situ)*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), DANIDA Forest Seed Center (DFSC) and International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).

FAO, FLD & IPGRI. 2004. *Forest genetic resources conservation and management. Vol. 1: Overview, concepts and some systematic approaches*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Forest and Landscape Denmark (FLD) and International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).

FAO, FLD & IPGRI. 2004. *Forest genetic resources conservation and management. Vol. 3: In plantations and genebanks (ex situ)*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Forest and Landscape Denmark (FLD) and International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).

FAO. 2014a. [State of the World's Forest Genetic Resources](#). Rome.

FAO. 2014b. [Global Plan of Action for Conservation, Management and Development of Forest Genetic Resources](#). Rome.

Finkeldey, R. 2005. *An introduction to tropical forest genetics*. Göttingen, Germany, Georg-August-University Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding.

Geburek, T. & Turok, J., eds. 2005. *Conservation and management of forest genetic resources in Europe*. Zvolen, Slovakia, Arbora Publishers.

Hubert, J. & Cottrell, J. 2007. [The role of forest genetic resources in helping British forests respond to climate change](#). Forestry Commission Information Note FCIN086.

IUCN Species Survival Commission. 2008. *Strategic planning for species conservation: an overview*. Version 1.0. Gland, Switzerland, International Union for Conservation of Nature (IUCN).

Jalonen, R., Hong, L.T., Lee, S.L., Loo, J. & Snook, L. 2014. [Integrating genetic factors into management of tropical Asian production forests: a review of current knowledge](#). *Forest Ecology and Management*, 315: 191–201.

Jennings, S.B., Brown, N.D., Boshier, D.H., Whitmore, T.C. & Lopes, J.d.C.A. 2001. Ecology provides a pragmatic solution to the maintenance of genetic diversity in sustainably managed tropical rain forests. *Forest Ecology and Management*, 154: 1–10.

Koskela, J., Lefèvre, F., Schueler, S., Kraigher, H., Olrik, D.C., Hubert, J. et al. 2013. Translating conservation genetics into management: pan-European minimum requirements for dynamic conservation units of forest tree genetic diversity. *Biological Conservation*, 157: 39–49.

Koskela, J. & Lefèvre, F. 2013. Genetic diversity of forest trees. In: D. Kraus & F. Krumm, eds. [*Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*](#), pp. 232–241. Freiburg, Germany, European Forest Institute.

Ledig, F.T. 1992. Human impacts on genetic diversity in forest ecosystems. *Oikos*, 63: 87–108.

Loo, J., Souvannavong, O. & Dawson, I., eds. 2014. [Global forest genetic resources: taking stock](#). Special issue. *Forest Ecology and Management*, 333: 1–98.

McNeely, J.A. & Schroth, G. 2006. Agroforestry and biodiversity conservation: traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity and Conservation*, 15: 549–554.

Credits

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

Initiator(s): Judy Loo - Bioversity

Reviewer(s): David Boshier - Oxford University; Jarkko Koskela - FAO; Carlos Navarro

