

## Wood Harvesting

### Basic knowledge

#### Modules associés

- [Gestion des forêts plantées](#)
- [Planification de la gestion des forêts](#)
- [Santé et sécurité au travail dans les forêts](#)
- [Sylviculture dans les forêts naturelles](#)



**Le module sur l'Exploitation du bois fournit des directives aux gestionnaires forestiers sur les bonnes pratiques d'exploitation du bois. Il analyse les principaux aspects des opérations de récolte, y compris la planification, la construction des routes, la coupe, l'extraction, le transport et l'évaluation après récolte.**

**Le module fournit des informations de base et des données plus exhaustives sur la récolte du bois, ainsi que des liens vers des outils et études de cas présentant des exemples d'exploitation efficace.**



**Le module sur l'Exploitation du bois fournit des directives aux gestionnaires forestiers sur les bonnes pratiques d'exploitation du bois. Il analyse les principaux aspects des opérations de récolte, y compris la planification, la construction des routes, la coupe, l'extraction, le transport et l'évaluation après récolte.**

**Le module fournit des informations de base et des données plus exhaustives sur la récolte du bois, ainsi que des liens vers des outils et études de cas présentant des exemples d'exploitation efficace.**

L'exploitation du bois comprend la coupe, l'extraction, la transformation sur place ou sur la jetée et le chargement des arbres, troncs ou autres parties de l'arbre sur des camions. L'exploitation du bois a un impact durable sur la structure de la forêt et le fonctionnement de l'écosystème. Les opérations d'exploitation du bois et de transport des arbres respectueuses de l'environnement sont donc des éléments essentiels de la gestion durable des forêts. Les bonnes pratiques commencent par une planification soignée, mise en œuvre par des travailleurs formés et motivés, eux-mêmes dirigés par des superviseurs techniquement compétents. Six étapes sont particulièrement importantes dans la recherche de durabilité, à savoir: la planification, les routes, la coupe, l'extraction, le transport longue distance et l'évaluation après récolte.

D'une manière générale, la planification se fait à trois niveaux: stratégique, tactique et opérationnel. Les plans stratégiques couvrent de longues périodes et de vastes zones. Les plans tactiques portent sur des périodes plus brèves au niveau, par exemple, d'un paysage ou d'un bassin versant. Les plans opérationnels comprennent les actions nécessaires pour conduire les opérations.

Les routes construites à des fins d'exploitation sont classées normalement comme routes de débardage et vont de la jetée à la scierie ou au lieu d'embarcation, les routes de desserte servent à réduire les distances de débusquage/portage, les chemins forestiers pour l'extraction du bois vont de la souche à la jetée, et les routes d'accès sont destinées aux mouvements de la main-d'œuvre et du matériel ainsi qu'à établir la liaison avec les centres administratifs. Les mauvaises pratiques peuvent être très nuisibles et coûteuses, causant par exemple l'érosion et des glissements de terrain. Un personnel compétent devrait être recruté pour la planification et la construction des routes. Il faudrait aussi disposer de cartes adéquates. Les domaines importants comprennent le drainage, l'évitement des pentes escarpées et des zones sensibles et le franchissement des cours d'eau.

La coupe devrait être faite de façon à favoriser l'extraction et éviter d'endommager les arbres résiduels, c'est-à-dire une forme de transport du bois; cette technique est parfois appelée coupe dirigée. La coupe a lieu à l'aide de haches, scies, scies à chaîne, abatteuses-empileuses ou abatteuses-tronçonneuses.

L'extraction par traînage des troncs ou des billes sur le sol s'appelle débusquage. Le débusquage peut être fait par des hommes, des animaux de trait ou des machines appelées débusqueuses. Le débardage se rapporte au transport des troncs ou billes par des hommes

ou sur une remorque tirée par un animal ou une machine (porteur). Les débusqueuses et les porteurs peuvent être à roues ou à chenilles. Les tracteurs à chenilles (bulldozers) sont souvent utilisés pour le débusquage dans les forêts tropicales denses.

Il existe de nombreux systèmes d'exploitation forestière. Aucun n'est intrinsèquement meilleur ou pire. Ces systèmes sont classés de la manière suivante: exploitation par arbres entiers lorsque les arbres sont extraits et empilés sur la jetée ou l'engin avec toute la cime, exploitation par fûts entiers lorsque les cimes et les branches ont été éliminées avant l'extraction, et exploitation en bois court lorsque la coupe des cimes, l'ébranchage et le tronçonnage s'effectuent près de la souche. L'exploitation par arbres entiers est rarement entreprise. Celle par fûts entiers est la méthode la plus répandue pour le bois industriel, elle prédomine dans les opérations réalisées dans les forêts tropicales naturelles. L'exploitation en bois court va en augmentant. «L'exploitation à impact limité » dans les forêts denses se fait normalement en appliquant le système par fûts entiers avec extraction à l'aide de tracteurs à chenilles, débusqueuses ou câbles.

Les évaluations après récolte comprennent la vérification que les normes opérationnelles ont été suffisantes et que les prescriptions juridiques et les politiques de gestion ont été respectées. Les interventions après récolte pourraient inclure la fermeture des chemins forestiers et la remise en état des zones exploitées et des jetées.

**Exploitation du bois contribue aux ODD:**





#### Modules associés

- [Gestion des forêts plantées](#)
- [Planification de la gestion des forêts](#)
- [Santé et sécurité au travail dans les forêts](#)
- [Sylviculture dans les forêts naturelles](#)

#### Exploitation du bois contribue aux ODD:







L'exploitation du bois comprend la coupe, l'extraction, la transformation sur place ou sur la jetée et le chargement des arbres, troncs ou autres parties de l'arbre sur des camions. L'exploitation du bois a un impact durable sur la structure de la forêt et le fonctionnement de l'écosystème. Les opérations d'exploitation du bois et de transport des arbres respectueuses de l'environnement sont donc des éléments essentiels de la gestion durable des forêts. Les bonnes pratiques commencent par une planification soignée, mise en œuvre par des travailleurs formés et motivés, eux-mêmes dirigés par des superviseurs techniquement compétents. Six étapes sont particulièrement importantes dans la recherche de durabilité, à savoir: la planification, les routes, la coupe, l'extraction, le transport longue distance et l'évaluation après récolte.

D'une manière générale, la planification se fait à trois niveaux: stratégique, tactique et opérationnel. Les plans stratégiques couvrent de longues périodes et de vastes zones. Les plans tactiques portent sur des périodes plus brèves au niveau, par exemple, d'un paysage ou d'un bassin versant. Les plans opérationnels comprennent les actions nécessaires pour conduire les opérations.

Les routes construites à des fins d'exploitation sont classées normalement comme routes de débardage et vont de la jetée à la scierie ou au lieu d'embarcation, les routes de desserte servent à réduire les distances de débusquage/portage, les chemins forestiers pour l'extraction du bois vont de la souche à la jetée, et les routes d'accès sont destinées aux mouvements de la main-d'œuvre et du matériel ainsi qu'à établir la liaison avec les centres administratifs. Les mauvaises pratiques peuvent être très nuisibles et coûteuses, causant par exemple l'érosion et des glissements de terrain. Un personnel compétent devrait être recruté pour la planification et la construction des routes. Il faudrait aussi disposer de cartes adéquates. Les domaines importants comprennent le drainage, l'évitement des pentes escarpées et des zones sensibles et le franchissement des cours d'eau.

La coupe devrait être faite de façon à favoriser l'extraction et éviter d'endommager les arbres résiduels, c'est-à-dire une forme de transport du bois; cette technique est parfois appelée coupe dirigée. La coupe a lieu à l'aide de haches, scies, scies à chaîne, abatteuses-empileuses ou abatteuses-tronçonneuses.

L'extraction par traînage des troncs ou des billes sur le sol s'appelle débusquage. Le débusquage peut être fait par des hommes, des animaux de trait ou des machines appelées débusqueuses. Le débardage se rapporte au transport des troncs ou billes par des hommes ou sur une remorque tirée par un animal ou une machine (porteur). Les débusqueuses et les porteurs peuvent être à roues ou à chenilles. Les tracteurs à chenilles (bulldozers) sont souvent utilisés pour le débusquage dans les forêts tropicales denses.

Il existe de nombreux systèmes d'exploitation forestière. Aucun n'est intrinsèquement meilleur ou pire. Ces systèmes sont classés de la manière suivante: exploitation par arbres entiers lorsque les arbres sont extraits et empilés sur la jetée ou l'engin avec toute la cime, exploitation par fûts entiers lorsque les cimes et les branches ont été éliminées avant l'extraction, et exploitation en bois court lorsque la coupe des cimes, l'ébranchage et le tronçonnage s'effectuent près de la souche. L'exploitation par arbres entiers est rarement entreprise. Celle par fûts entiers est la méthode la plus répandue pour le bois industriel, elle prédomine dans les opérations réalisées dans les forêts tropicales naturelles. L'exploitation en bois court va en augmentant. «L'exploitation à impact limité » dans les forêts denses se fait normalement en appliquant le système par fûts entiers avec extraction à l'aide de tracteurs à chenilles, débusqueuses ou câbles.

Les évaluations après récolte comprennent la vérification que les normes opérationnelles ont été suffisantes et que les prescriptions juridiques et les politiques de gestion ont été respectées. Les interventions après récolte pourraient inclure la fermeture des chemins forestiers et la remise en état des zones exploitées et des jetées.

## In more depth

Ci-dessous figurent des informations sur un certain nombre de questions clés concernant l'exploitation forestière et le génie forestier. L'accent est mis sur les questions relatives aux forêts tropicales. Pour des directives plus détaillées sur les opérations forestières, il est recommandé aux lecteurs de consulter un code de pratiques approprié, par exemple le Code modèle FAO des pratiques d'exploitation forestière de 1996. Les codes des pratiques sont normalement un ensemble très utile d'informations et d'expériences.

Ci-dessous figurent des informations sur un certain nombre de questions clés concernant l'exploitation forestière et le génie forestier. L'accent est mis sur les questions relatives aux forêts tropicales. Pour des directives plus détaillées sur les opérations forestières, il est recommandé aux lecteurs de consulter un code de pratiques approprié, par exemple le Code modèle FAO des pratiques d'exploitation forestière de 1996. Les codes des pratiques sont normalement un ensemble très utile d'informations et d'expériences.

### **Planification de l'exploitation**

On ne saurait insister suffisamment sur le rôle de la planification dans la gestion durable des forêts. Ci-dessous figurent de brèves notes introductives sur la planification. Il existe une panoplie de publications et d'autres outils disponibles outre ceux suggérés par le présent module.

Des plans d'exploitation significatifs/censés ? reposent sur une bonne compréhension des objectifs du plan de gestion, des systèmes d'exploitation disponibles et de la logistique nécessaire. Il faut aussi des informations sur les caractéristiques du lieu.

La planification se fait, de manière générale, à trois niveaux : stratégique, tactique et opérationnel. Les **plans stratégiques** s'étendent sur de longues périodes et de vastes espaces et peuvent comprendre, par exemple, les directives de gestion, la construction des installations et l'intensité de la gestion. Les **plans tactiques** concernent des périodes plus courtes, normalement au niveau d'un paysage ou d'un bassin versant. Ils peuvent être considérés comme la mise en œuvre des plans stratégiques. Les **plans opérationnels** comprennent les actions nécessaires pour conduire les opérations sur le terrain.

Les Systèmes d'information géographique (SIG) sont désormais utilisés dans les systèmes de planification. Ils permettent de tenir compte de plusieurs facteurs simultanément dans un processus de planification. La conception des navigateurs SIG et des enregistreurs de données numériques a considérablement amélioré les SIG ces dernières années.

### **Coupe**

La coupe devrait être considérée comme le transport du bois, lorsque comptent les premiers mètres, qui sont aussi les plus coûteux. Faciliter l'extraction est donc un souci primaire. En outre, la coupe ne devrait pas endommager les billes. Les dommages aux peuplements résiduels devraient aussi être évités.

Les arbres sont coupés à la main à l'aide de haches, tronçonneuses ou scies à archet. Une partie de l'ébranchage se fait parfois à la hache ou à la machette. La scie à archet a largement remplacé la tronçonneuse pour les arbres jusqu'à 30 cm de diamètre. La majorité de la coupe dans les forêts se fait aujourd'hui à la scie, à chaîne.

On peut classer d'une manière générale les techniques de coupe comme suit :

- Coupe non contrôlée. Aucune tentative n'est faite pour influencer la direction de la chute de l'arbre, les normes de sécurité et les techniques de travail rationnelles sont ignorées.
- Coupe semi-contrôlée. Les bûcherons ont une certaine idée de la direction que prendra la chute mais n'influencent pas l'angle. Les règles de base sont observées comme la coupe rudimentaire d'entailles et de traits d'abattage.
- Coupe contrôlée/organisée. Les entailles de direction sont bien exécutées, les traits d'abattage bien placés et les charnières compatibles avec les directions d'abattage désirées.
- Coupe dirigée. Les bûcherons sont pleinement capables d'abattre les arbres dans la direction voulue qui pourrait s'écarter considérablement de l'inclinaison naturelle. Les aspects opérationnels et sylvicoles sont pris en compte. Des outils supplémentaires comme les coins d'abattage et les treuils sont utilisés.
- Coupe à haute technicité. Coupe entièrement mécanisée utilisant des abatteuses-empileuses ou abatteuses-tronçonneuses et des techniques/machines de pointe. Ce système n'est généralement pas adapté aux grands arbres.

Les compétences nécessaires pour la coupe organisée ou dirigée doivent être apprises sur le terrain, de préférence sous la surveillance d'instructeurs spécialisés. Il existe des directives pour les « cas typiques », par exemple des arbres avec ou sans inclinaison, avec ou sans contreforts, avec un angle d'inclinaison de 45° ou 90°. Toutefois, il n'existe en réalité que des « cas uniques ».

### **Extraction**

L'extraction est le déplacement des troncs, de la forêt jusqu'au bord de la route ou à une jetée. Elle s'effectue normalement à l'aide des techniques décrites ci-dessous.

#### **Extraction basée sur le terrain**

La planification préliminaire de l'extraction améliore son efficacité, renforce la sécurité et réduit les dommages au sol et aux arbres résiduels.

Le mode de travail dans une forêt naturelle est influencé/déterminé par le terrain, les coûts de construction de la route et de la jetée, le système sylvicole et le volume à extraire par hectare. Certains systèmes d'organisation de l'extraction peuvent être distingués : parallèle, radial, rayonnant, aléatoire, en arrête de hareng et ramifié. Dans des terrains escarpés, les chemins forestiers parallèles et ramifiés sont normalement préférés. Il faut, si possible, abattre les arbres de façon que les machines d'extraction n'aient pas besoin de quitter le chemin forestier. L'espacement des chemins forestiers varie en fonction de l'état du lieu et des taux d'extraction, mais il est généralement plus large que dans les forêts plantées.

Les chemins forestiers devraient être signalés ou ouverts avant le début de la coupe pour assurer qu'ils sont carrossables et pour aider les bûcherons à choisir les directions de l'abattage. Il faudrait éviter les coudes/virages courts.

Dans les forêts plantées les chemins forestiers peuvent être plus ou moins parallèles avec un espacement de 30 à 60 m en général.

#### **Extraction par câble**

Dans le débardage par câble, un ou deux câbles suspendus sont utilisés pour transporter les billes de la forêt à une jetée. Les câbles sont actionnés par une machine de treuillage installée au niveau d'une jetée ou à l'extrémité opposée du système de câblage.

En règle générale, les systèmes de débardage par câble sont plus coûteux que ceux basés au sol dans les zones où le débusquage est possible. Les dommages au sol sont comparativement faibles avec ce système. Un personnel compétent est indispensable à tous les niveaux de l'opération.

Les systèmes de débardage par câble se divisent en téléphérage et câblage aérien. Dans le débardage par téléphérage les billes ou les arbres sont trainés de la souche jusqu'à la jetée. La distance dépasse rarement les 300 m. Ce système est adapté à la coupe rase.

Dans les systèmes de câblage aérien/câble-grue, l'une ou les deux extrémités des billes ou des arbres sont suspendues pendant le transport. Cette technique est très efficace et réduit les perturbations du terrain. Un câble aérien est monté sur un arbre pylône et ancré à l'extrémité opposée de la trajectoire du câble. Un chariot à roues coulisse le long du câble aérien pour transporter les chargements jusqu'aux jetées et retourner les colliers étrangleurs vides au lieu de l'abattage. Les chargements sont fixés au chariot par un câble appelé ligne de débardage. Les distances des jetées peuvent être beaucoup plus grandes que pour les systèmes de téléphérage.

#### **Exploitation des forêts plantées dans les zones tropicales**

Les forêts plantées sont normalement plutôt uniformes en termes de taille et de propriétés de l'arbre. Plus les arbres sont petits et homogènes plus il y aura d'options d'exploitation par rapport aux forêts denses, par exemple. Changer les systèmes d'exploitation pour passer des systèmes par fûts entiers aux systèmes en bois court ou vice-versa est compliqué car les camions devront être transformés ou remplacés et les machines de manutention des billes et les routines à la scierie devront changer.

Les dommages causés au peuplement résiduel ne représentent pas un problème lors de la coupe finale mais peuvent l'être dans les opérations de récolte intermédiaires. La coupe dirigée vers des chemins forestiers pré-alignés réduit les dommages. La coupe et l'extraction devraient commencer à la fin des chemins forestiers. Ces derniers peuvent être alignés parallèlement. Les chemins forestiers destinés à l'extraction peuvent être alignés à une distance de plus de 30 m. Ceux pour l'abattage mécanique devront avoir un espacement de 20 à 25 m.

Les plantations ne sont pas nécessairement des forêts de production. L'exploitation devrait être compatible avec les fonctions de la plantation.

#### **Choix de la technologie adaptée**

L'exploitation peut s'effectuer à l'aide de différentes méthodes et systèmes. Le niveau approprié dépend d'un certain nombre de facteurs souvent liés à la culture, à la structure des coûts, à la logistique et à la main-d'œuvre. Quelques exemples des facteurs dont on pourra tenir



compte figurent ci-dessous :

|  |   |
|--|---|
| Disponibilité de travailleurs qualifiés et non qualifiés   | Possibilités d'agitation ouvrière   |
| Coût et productivité des travailleurs qualifiés et non qualifiés   | Disponibilité de capital  |
| Infrastructure en place  | Limites d'importation de l'équipement et des pièces   |
| Culture (heures de travail, saison de travail)   | Disponibilité de pièces, installations d'entretien  |
| Capacité physique à entreprendre le travail (taille des billes, distance de transport, pente, chaleur, humidité)           | Changements prévus dans le droit du travail   |
| Rentabilité par mètre cube produit par système manuel, animal, motorisé et mécanisé  | Changements prévus dans l'équipement et le coût du carburant  |
| Droit du travail (capacité à terminer l'emploi, avantages)   | Possibilités de formation pour les travailleurs   |
| Éloignement des lieux de travail (retour à la maison tous les soirs, toutes les fins de semaine, quelquefois chaque année) | Capacité à retenir les travailleurs   |
| Infrastructures sociales (habitation, écoles, hôpitaux)  | Législation, règlements, ou besoin de permis  |
|  | Autres techniques de transformation du bois   |
|  | Exigences commerciales, les scieries pourraient être équipées pour recevoir certaines formes de bois (fûts entiers ou bois court, par exemple). |

Les facteurs techniques et physiques comprennent, entre autres:

- Les caractéristiques du bois (taille de l'arbre, volume par hectare, qualité du bois)
- Le terrain (pente, profil du terrain, cours d'eau, marécages, ravines et rugosité)
- Le sol (texture, teneur en humidité et impact saisonnier)
- Le temps et le climat, un temps défavorable peut affecter la perturbation du sol et la sécurité du travail
- Système sylvicole (taille et manœuvrabilité des engins)

Pour être efficace, la mécanisation exige normalement une bonne infrastructure, des communications et des services mécaniques, ainsi qu'une gestion performante.

### ***Exploitation à impact limité dans les forêts tropicales***

Des préoccupations croissantes, particulièrement dans les zones tropicales, quant aux dommages causés et aux déchets produits pendant les opérations d'exploitation mal planifiées qui utilisent des engins lourds, ont mené à l'adoption de techniques et méthodes destinées à réduire l'impact de l'exploitation.

De nombreuses définitions de l'exploitation à impact limité existent, par exemple:

*La mise en œuvre intensément planifiée et soigneusement contrôlée des opérations d'exploitation forestière visant à minimiser l'impact environnemental sur les peuplements et les sols forestiers*

Plusieurs codes de pratiques et autres normes ont été écrits, et ils sont inclus comme outils ou cas dans le présent module. Les mesures et les traitements normalement conseillés sont les suivants :

- Inventaire préliminaire et cartographie des arbres
- Planification préliminaire des routes, des pistes de débusquage et des jetées à l'aide de cartes topographiques
- Coupe préliminaire des lianes/plantes grimpantes dans les zones où les longues lianes unissent les cimes
- Prescription des taux d'extraction pour éviter les dommages et sécuriser la production future
- Construction de routes, de jetées et de pistes de débusquage suivant des directives respectueuses de l'environnement
- Techniques d'abattage et d'épierrage, y compris l'abattage dirigé, la coupe des souches au ras du sol pour éviter les gaspillages, et le tronçonnage optimal des troncs de manière à maximiser la récupération du bois utile
- Treuillage planifié des billes aux pistes de débusquage et garantie que les débusqueuses restent toujours sur les pistes
- Supervision et contrôle adéquats des opérations
- Conduite d'une évaluation après récolte pour fournir des informations au gestionnaire des ressources et aux équipes de bûcherons, et pour estimer la mesure dans laquelle les directives de l'exploitation à impact limité ont été appliquées avec succès

Les avantages de l'exploitation à impact limité comprennent les suivants:

- Moins d'arbres coupés inutilement et meilleure utilisation de ceux coupés, partant, moins de gaspillage
- Amélioration du tronçonnage signifiant une récupération majeure de volume par arbre et, dès lors, par hectare
- Le débusquage attentif augmente la récupération du volume
- Le nombre d'arbres résiduels sérieusement endommagés peut être réduit de plus de moitié
- La superficie perturbée par des engins lourds est réduite de moitié environ

- Les évaluations économiques ont été, d'une manière générale, favorables.

### **Sciage à la scie à chaîne et sciage de long**

Le sciage à la scie à chaîne est la conversion des billes en bois débité sur place à l'aide de scies à chaîne. Les techniques et le matériel varient. Le sciage de long à l'aide de scies manuelles est le prédécesseur du sciage à la scie à chaîne.

Les opérations tendent à être limitées. Le sciage à l'aide de la scie à chaîne a des avantages :

- Il n'exige pas de gros investissements
- Il est réalisable dans des zones inaccessibles à l'exploitation conventionnelle
- Il peut être utilisé pour la conversion d'arbres isolés ou de billes de qualité inférieure
- Le matériel est moins invasif que dans les opérations conventionnelles

Une règle pratique recommande que le volume du cylindre de la scie à chaîne en centimètres cubes dépasse le diamètre de la bille en centimètres. Des chaînes spéciales sont disponibles pour le sciage à la scie à chaîne et devraient être utilisées. Trois types de sciages sont produits : traverses de voies ferrées, fenêtres et chariots.

Le sciage manuel prédomine dans les forêts tropicales. La récupération est faible, normalement de 20 à 30 pour cent pour les scies mécaniques manuelles et près de 50 pour cent pour les dispositifs à chariot. On trouvera dans la section [Cas](#) des références à des images et vidéos du sciage à la scie à chaîne.

### **Bois et biomasse pour la production d'énergie**

La récolte de biomasse peut être intégrée dans les systèmes d'exploitation ou être réalisée indépendamment. La biomasse peut être récoltée à partir des sources suivantes:

**Forêts naturelles.** Cette méthode est appliquée de manière extensive dans de nombreux pays en développement. Des parties de l'arbre sont communément exploitées plutôt que l'arbre entier.

**Arbres hors forêt.** Les arbres urbains, les arbres d'alignement le long des routes, les haies, les arbustes et les arbres dans les systèmes agroforestiers sont une importante source d'énergie.

**Forêts plantées.** Ces forêts fournissent près de 20 pour cent du bois de feu de la planète.

**Récolte des résidus.** Une large part (parfois la moitié) des arbres exploités reste sur place comme résidus. Une grande partie de ces déchets peut être utilisée à des fins énergétiques. C'est une pratique assez répandue en Scandinavie.

**Coupe de récupération.** Les arbres malades ou morts dans des peuplements endommagés peuvent être éliminés et utilisés pour la production d'énergie.

**Éclaircie.** Les troncs éliminés dans le cadre d'une éclaircie pré-commerciale et d'autres arbres non commercialisables peuvent servir de source d'énergie.

### **Matériel et machines**

Des types de machines utilisés communément sont présentés ci-dessous. Les lecteurs qui regardent les images et les vidéos proposées dans la section « cas » devraient savoir qu'une grande partie du matériel provient de fabricants. Les opinions exprimées sont celles des producteurs des vidéos et non de la FAO.

#### **Abatteuses empileuses**

Ce sont des machines à roues ou sur chenilles conçues pour abattre et empiler les arbres à débusquer, acheminer ou transformer. Certaines têtes d'abattage sont capables de traiter des arbres jusqu'à 75 centimètres. Il existe deux grands types d'abatteuses empileuses. 1) Celles à bras articulé à commande hydraulique qui coupent, soulèvent et jettent les arbres dans la direction voulue. 2) Les machines à court empatement avec des pinces de retenue étroitement couplées et des têtes d'abattage à cisaille, qui dépendent du mouvement et du balancement de la machine entière pour empiler.

#### **Ébrancheuses et abatteuses-tronçonneuses**

Une ébrancheuse coupe les branches des arbres et les tronçonne en billes.

Une abatteuse-tronçonneuse est une machine qui abat, ébranche et tronçonne les arbres au niveau de la souche. Il existe des chariots à roues aussi bien qu'à chenilles. La portée du bras est normalement de 10 m environ.

### **Animaux de trait et tracteurs agricoles**

Les animaux de trait peuvent être utilisés pour les petites billes tirées des opérations d'exploitation finale et des éclaircies dans les forêts plantées. Les animaux utilisés sont les mules, les bœufs, les buffles d'eau et les éléphants.

Le tracteur agricole peut être muni de systèmes de débusquage et de portage et servir aussi de machine de base pour les abatteuses et ébrancheuses-tronçonneuses simples. Les tracteurs agricoles sont utilisés communément dans les plantations forestières.

### **Débusqueuses**

Les débusqueuses sont des machines autotractées servant à trainer les arbres ou les billes à l'aide de treuils, colliers étrangleurs, pinces de débardage ou semi-porteurs. Elles peuvent être munies de pneus ou des chenilles. Les débusqueuses à chenilles peuvent avoir des chenilles rigides (tracteurs à chenilles/bulldozers) ou flexibles.

### **Porteurs**

Ce sont des machines qui transportent les arbres ou les billes sur le châssis entièrement suspendus. Les billes/arbres sont normalement chargés ou déchargés à l'aide de grues hydrauliques ou mécaniques.

### **Machines pour le chargement des billes et le débusquage par rotation**

Les billes peuvent être chargées sur des camions par des grues montées sur le camion (camions autochargeurs) ou par une machine de chargement séparée. Il peut s'agir d'une chargeuse frontale, d'une machine à roues ou à chenilles munie de fourches, de dispositifs de levage ou grappins fixés à des bras porteurs à l'extrémité frontale ou d'une chargeuse hydraulique. Les billes peuvent aussi être chargées manuellement ou par de simples systèmes de treuillage.

Dans le débusquage par rotation, des chargeuses sont utilisées pour balancer les billes jusqu'au chemin forestier. La chargeuse traverse le chantier, saisissant les billes/arbres à sa portée et les balançant progressivement vers le bord de la route.

### **Téléphériques forestiers, pylônes et chariots**

Un téléphérique est une machine sur laquelle est monté un système de treuillage utilisé pour transporter les billes du chantier d'exploitation jusqu'à une jetée dans un système de téléphérage par câble aérien. Un pylône est un arbre sur pied ou soulevé ou une tour d'acier utilisée pour fournir un dispositif de levage dans le téléphérage. Un chariot est un dispositif à roues qui coulisse en avant et en arrière le long du câble suspendu au-dessus du sol. Les billes sont arrimées au chariot par une élingue et transportées par câblage aérien.

### **Planification de l'exploitation**

On ne saurait insister suffisamment sur le rôle de la planification dans la gestion durable des forêts. Ci-dessous figurent de brèves notes introductives sur la planification. Il existe une panoplie de publications et d'autres outils disponibles outre ceux suggérés par le présent module.

Des plans d'exploitation significatifs/censés ? reposent sur une bonne compréhension des objectifs du plan de gestion, des systèmes d'exploitation disponibles et de la logistique nécessaire. Il faut aussi des informations sur les caractéristiques du lieu.

La planification se fait, de manière générale, à trois niveaux : stratégique, tactique et opérationnel. Les **plans stratégiques** s'étendent sur de longues périodes et de vastes espaces et peuvent comprendre, par exemple, les directives de gestion, la construction des installations et l'intensité de la gestion. Les **plans tactiques** concernent des périodes plus courtes, normalement au niveau d'un paysage ou d'un bassin versant. Ils peuvent être considérés comme la mise en œuvre des plans stratégiques. Les **plans opérationnels** comprennent les actions nécessaires pour conduire les opérations sur le terrain.

Les Systèmes d'information géographique (SIG) sont désormais utilisés dans les systèmes de planification. Ils permettent de tenir compte de plusieurs facteurs simultanément dans un processus de planification. La conception des navigateurs SIG et des enregistreurs de données numériques a considérablement amélioré les SIG ces dernières années.

## **Coupe**

La coupe devrait être considérée comme le transport du bois, lorsque comptent les premiers mètres, qui sont aussi les plus coûteux. Faciliter l'extraction est donc un souci primaire. En outre, la coupe ne devrait pas endommager les billes. Les dommages aux peuplements résiduels devraient aussi être évités.

Les arbres sont coupés à la main à l'aide de haches, tronçonneuses ou scies à archet. Une partie de l'ébranchage se fait parfois à la hache ou à la machette. La scie à archet a largement remplacé la tronçonneuse pour les arbres jusqu'à 30 cm de diamètre. La majorité de la coupe dans les forêts se fait aujourd'hui à la scie, à chaîne.

On peut classer d'une manière générale les techniques de coupe comme suit :

- Coupe non contrôlée. Aucune tentative n'est faite pour influencer la direction de la chute de l'arbre, les normes de sécurité et les techniques de travail rationnelles sont ignorées.
- Coupe semi-contrôlée. Les bûcherons ont une certaine idée de la direction que prendra la chute mais n'influencent pas l'angle. Les règles de base sont observées comme la coupe rudimentaire d'entailles et de traits d'abattage.
- Coupe contrôlée/organisée. Les entailles de direction sont bien exécutées, les traits d'abattage bien placés et les charnières compatibles avec les directions d'abattage désirées.
- Coupe dirigée. Les bûcherons sont pleinement capables d'abattre les arbres dans la direction voulue qui pourrait s'écarter considérablement de l'inclinaison naturelle. Les aspects opérationnels et sylvicoles sont pris en compte. Des outils supplémentaires comme les coins d'abattage et les treuils sont utilisés.
- Coupe à haute technicité. Coupe entièrement mécanisée utilisant des abatteuses-empileuses ou abatteuses-tronçonneuses et des techniques/machines de pointe. Ce système n'est généralement pas adapté aux grands arbres.

Les compétences nécessaires pour la coupe organisée ou dirigée doivent être apprises sur le terrain, de préférence sous la surveillance d'instructeurs spécialisés. Il existe des directives pour les « cas typiques », par exemple des arbres avec ou sans inclinaison, avec ou sans contreforts, avec un angle d'inclinaison de 45° ou 90°. Toutefois, il n'existe en réalité que des « cas uniques ».

## **Extraction**

L'extraction est le déplacement des troncs, de la forêt jusqu'au bord de la route ou à une jetée. Elle s'effectue normalement à l'aide des techniques décrites ci-dessous.

### **Extraction basée sur le terrain**

La planification préliminaire de l'extraction améliore son efficacité, renforce la sécurité et réduit les dommages au sol et aux arbres résiduels.

Le mode de travail dans une forêt naturelle est influencé/déterminé par le terrain, les coûts de construction de la route et de la jetée, le système sylvicole et le volume à extraire par hectare. Certains systèmes d'organisation de l'extraction peuvent être distingués : parallèle, radial, rayonnant, aléatoire, en arrête de hareng et ramifié. Dans des terrains escarpés, les chemins forestiers parallèles et ramifiés sont normalement préférés. Il faut, si possible, abattre les arbres de façon que les machines d'extraction n'aient pas besoin de quitter le chemin forestier. L'espacement des chemins forestiers varie en fonction de l'état du lieu et des taux d'extraction, mais il est généralement plus large que dans les forêts plantées.

Les chemins forestiers devraient être signalés ou ouverts avant le début de la coupe pour assurer qu'ils sont carrossables et pour aider les bûcherons à choisir les directions de l'abattage. Il faudrait éviter les coudes/virages courts.

Dans les forêts plantées les chemins forestiers peuvent être plus ou moins parallèles avec un espacement de 30 à 60 m en général.

### **Extraction par câble**

Dans le débardage par câble, un ou deux câbles suspendus sont utilisés pour transporter les billes de la forêt à une jetée. Les câbles sont actionnés par une machine de treuillage installée au niveau d'une jetée ou à l'extrémité opposée du système de câblage.

En règle générale, les systèmes de débardage par câble sont plus coûteux que ceux basés au sol dans les zones où le débusquage est possible. Les dommages au sol sont comparativement faibles avec ce système. Un personnel compétent est indispensable à tous les niveaux de l'opération.

Les systèmes de débardage par câble se divisent en téléphérage et câblage aérien. Dans le débardage par téléphérage les billes ou les arbres sont traînés de la souche jusqu'à la jetée. La distance dépasse rarement les 300 m. Ce système est adapté à la coupe rase.

Dans les systèmes de câblage aérien/câble-grue, l'une ou les deux extrémités des billes ou des arbres sont suspendues pendant le transport. Cette technique est très efficace et réduit les perturbations du terrain. Un câble aérien est monté sur un arbre pylône et ancré à l'extrémité opposée de la trajectoire du câble. Un chariot à roues coulisse le long du câble aérien pour transporter les chargements jusqu'aux jetées et retourner les colliers étrangleurs vides au lieu de l'abattage. Les chargements sont fixés au chariot par un câble appelé ligne de débardage. Les distances des jetées peuvent être beaucoup plus grandes que pour les systèmes de téléphérage.

### **Exploitation des forêts plantées dans les zones tropicales**

Les forêts plantées sont normalement plutôt uniformes en termes de taille et de propriétés de l'arbre. Plus les arbres sont petits et homogènes plus il y aura d'options d'exploitation par rapport aux forêts denses, par exemple. Changer les systèmes d'exploitation pour passer des systèmes par fûts entiers aux systèmes en bois court ou vice-versa est compliqué car les camions devront être transformés ou remplacés et les machines de manutention des billes et les routines à la scierie devront changer.

Les dommages causés au peuplement résiduel ne représentent pas un problème lors de la coupe finale mais peuvent l'être dans les opérations de récolte intermédiaires. La coupe dirigée vers des chemins forestiers pré-alignés réduit les dommages. La coupe et l'extraction devraient commencer à la fin des chemins forestiers. Ces derniers peuvent être alignés parallèlement. Les chemins forestiers destinés à l'extraction peuvent être alignés à une distance de plus de 30 m. Ceux pour l'abattage mécanique devront avoir un espacement de 20 à 25 m.

Les plantations ne sont pas nécessairement des forêts de production. L'exploitation devrait être compatible avec les fonctions de la plantation.

### **Choix de la technologie adaptée**

L'exploitation peut s'effectuer à l'aide de différentes méthodes et systèmes. Le niveau approprié dépend d'un certain nombre de facteurs souvent liés à la culture, à la structure des coûts, à la logistique et à la main-d'œuvre. Quelques exemples des facteurs dont on pourra tenir compte figurent ci-dessous :

|  |   |
|--|---|
| Disponibilité de travailleurs qualifiés et non qualifiés   | Possibilités d'agitation ouvrière   |
| Coût et productivité des travailleurs qualifiés et non qualifiés   | Disponibilité de capital  |
| Infrastructure en place  | Limites d'importation de l'équipement et des pièces   |
| Culture (heures de travail, saison de travail)   | Disponibilité de pièces, installations d'entretien  |
| Capacité physique à entreprendre le travail (taille des billes, distance de transport, pente, chaleur, humidité)           | Changements prévus dans le droit du travail   |
| Rentabilité par mètre cube produit par système manuel, animal, motorisé et mécanisé  | Changements prévus dans l'équipement et le coût du carburant  |
| Droit du travail (capacité à terminer l'emploi, avantages)   | Possibilités de formation pour les travailleurs   |
| Éloignement des lieux de travail (retour à la maison tous les soirs, toutes les fins de semaine, quelquefois chaque année) | Capacité à retenir les travailleurs   |
| Infrastructures sociales (habitation, écoles, hôpitaux)  | Législation, règlements, ou besoin de permis  |
|  | Autres techniques de transformation du bois   |
|  | Exigences commerciales, les scieries pourraient être équipées pour recevoir certaines formes de bois (fûts entiers ou bois court, par exemple). |

Les facteurs techniques et physiques comprennent, entre autres:

- Les caractéristiques du bois (taille de l'arbre, volume par hectare, qualité du bois)
- Le terrain (pente, profil du terrain, cours d'eau, marécages, ravines et rugosité)
- Le sol (texture, teneur en humidité et impact saisonnier)
- Le temps et le climat, un temps défavorable peut affecter la perturbation du sol et la sécurité du travail
- Système sylvicole (taille et manœuvrabilité des engins)

Pour être efficace, la mécanisation exige normalement une bonne infrastructure, des communications et des services mécaniques, ainsi qu'une gestion performante.

### **Exploitation à impact limité dans les forêts tropicales**

Des préoccupations croissantes, particulièrement dans les zones tropicales, quant aux dommages causés et aux déchets produits pendant les opérations d'exploitation mal planifiées qui utilisent des engins lourds, ont mené à l'adoption de techniques et méthodes destinées à réduire l'impact de l'exploitation.

De nombreuses définitions de l'exploitation à impact limité existent, par exemple:

*La mise en œuvre intensément planifiée et soigneusement contrôlée des opérations d'exploitation forestière visant à minimiser l'impact environnemental sur les peuplements et les sols forestiers*

Plusieurs codes de pratiques et autres normes ont été écrits, et ils sont inclus comme outils ou cas dans le présent module. Les mesures et les traitements normalement conseillés sont les suivants :

- Inventaire préliminaire et cartographie des arbres
- Planification préliminaire des routes, des pistes de débusquage et des jetées à l'aide de cartes topographiques
- Coupe préliminaire des lianes/plantes grimpantes dans les zones où les longues lianes unissent les cimes
- Prescription des taux d'extraction pour éviter les dommages et sécuriser la production future
- Construction de routes, de jetées et de pistes de débusquage suivant des directives respectueuses de l'environnement
- Techniques d'abattage et d'épierrage, y compris l'abattage dirigé, la coupe des souches au ras du sol pour éviter les gaspillages, et le tronçonnage optimal des troncs de manière à maximiser la récupération du bois utile
- Treuillage planifié des billes aux pistes de débusquage et garantie que les débusqueuses restent toujours sur les pistes
- Supervision et contrôle adéquats des opérations
- Conduite d'une évaluation après récolte pour fournir des informations au gestionnaire des ressources et aux équipes de bûcherons, et pour estimer la mesure dans laquelle les directives de l'exploitation à impact limité ont été appliquées avec succès

Les avantages de l'exploitation à impact limité comprennent les suivants:

- Moins d'arbres coupés inutilement et meilleure utilisation de ceux coupés, partant, moins de gaspillage
- Amélioration du tronçonnage signifiant une récupération majeure de volume par arbre et, dès lors, par hectare
- Le débusquage attentif augmente la récupération du volume
- Le nombre d'arbres résiduels sérieusement endommagés peut être réduit de plus de moitié
- La superficie perturbée par des engins lourds est réduite de moitié environ
- Les évaluations économiques ont été, d'une manière générale, favorables.

### **Sciage à la scie à chaîne et sciage de long**

Le sciage à la scie à chaîne est la conversion des billes en bois débité sur place à l'aide de scies à chaîne. Les techniques et le matériel varient. Le sciage de long à l'aide de scies manuelles est le prédécesseur du sciage à la scie à chaîne.

Les opérations tendent à être limitées. Le sciage à l'aide de la scie à chaîne a des avantages :

- Il n'exige pas de gros investissements
- Il est réalisable dans des zones inaccessibles à l'exploitation conventionnelle
- Il peut être utilisé pour la conversion d'arbres isolés ou de billes de qualité inférieure
- Le matériel est moins invasif que dans les opérations conventionnelles

Une règle pratique recommande que le volume du cylindre de la scie à chaîne en centimètres cubes dépasse le diamètre de la bille en centimètres. Des chaînes spéciales sont disponibles pour le sciage à la scie à chaîne et devraient être utilisées. Trois types de sciages sont produits : traverses de voies ferrées, fenêtres et chariots.

Le sciage manuel prédomine dans les forêts tropicales. La récupération est faible, normalement de 20 à 30 pour cent pour les scies mécaniques manuelles et près de 50 pour cent pour les dispositifs à chariot. On trouvera dans la section [Cas](#) des références à des images et vidéos du sciage à la scie à chaîne.

### **Bois et biomasse pour la production d'énergie**

La récolte de biomasse peut être intégrée dans les systèmes d'exploitation ou être réalisée indépendamment. La biomasse peut être récoltée à partir des sources suivantes:

**Forêts naturelles.** Cette méthode est appliquée de manière extensive dans de nombreux pays en développement. Des parties de l'arbre sont communément exploitées plutôt que l'arbre entier.

**Arbres hors forêt.** Les arbres urbains, les arbres d'alignement le long des routes, les haies, les arbustes et les arbres dans les systèmes agroforestiers sont une importante source d'énergie.



**Forêts plantées.** Ces forêts fournissent près de 20 pour cent du bois de feu de la planète.

**Récolte des résidus.** Une large part (parfois la moitié) des arbres exploités reste sur place comme résidus. Une grande partie de ces déchets peut être utilisée à des fins énergétiques. C'est une pratique assez répandue en Scandinavie.

**Coupe de récupération.** Les arbres malades ou morts dans des peuplements endommagés peuvent être éliminés et utilisés pour la production d'énergie.

**Éclaircie.** Les troncs éliminés dans le cadre d'une éclaircie pré-commerciale et d'autres arbres non commercialisables peuvent servir de source d'énergie.

### **Matériel et machines**

Des types de machines utilisés communément sont présentés ci-dessous. Les lecteurs qui regardent les images et les vidéos proposées dans la section « cas » devraient savoir qu'une grande partie du matériel provient de fabricants. Les opinions exprimées sont celles des producteurs des vidéos et non de la FAO.

### **Abatteuses empileuses**

Ce sont des machines à roues ou sur chenilles conçues pour abattre et empiler les arbres à débusquer, acheminer ou transformer. Certaines têtes d'abattage sont capables de traiter des arbres jusqu'à 75 centimètres. Il existe deux grands types d'abatteuses empileuses. 1) Celles à bras articulé à commande hydraulique qui coupent, soulèvent et jettent les arbres dans la direction voulue. 2) Les machines à court empatement avec des pinces de retenue étroitement couplées et des têtes d'abattage à cisaille, qui dépendent du mouvement et du balancement de la machine entière pour empiler.

### **Ébrancheuses et abatteuses-tronçonneuses**

Une ébrancheuse coupe les branches des arbres et les tronçonne en billes.

Une abatteuse-tronçonneuse est une machine qui abat, ébranche et tronçonne les arbres au niveau de la souche. Il existe des chariots à roues aussi bien qu'à chenilles. La portée du bras est normalement de 10 m environ.

### **Animaux de trait et tracteurs agricoles**

Les animaux de trait peuvent être utilisés pour les petites billes tirées des opérations d'exploitation finale et des éclaircies dans les forêts plantées. Les animaux utilisés sont les mules, les bœufs, les buffles d'eau et les éléphants.

Le tracteur agricole peut être muni de systèmes de débusquage et de portage et servir aussi de machine de base pour les abatteuses et ébrancheuses-tronçonneuses simples. Les tracteurs agricoles sont utilisés communément dans les plantations forestières.

### **Débusqueuses**

Les débusqueuses sont des machines autotractées servant à trainer les arbres ou les billes à l'aide de treuils, colliers étrangleurs, pinces de débardage ou semi-porteurs. Elles peuvent être munies de pneus ou des chenilles. Les débusqueuses à chenilles peuvent avoir des chenilles rigides (tracteurs à chenilles/bulldozers) ou flexibles.

### **Porteurs**

Ce sont des machines qui transportent les arbres ou les billes sur le châssis entièrement suspendus. Les billes/arbres sont normalement chargés ou déchargés à l'aide de grues hydrauliques ou mécaniques.

### **Machines pour le chargement des billes et le débusquage par rotation**

Les billes peuvent être chargées sur des camions par des grues montées sur le camion (camions autochargeurs) ou par une machine de chargement séparée. Il peut s'agir d'une chargeuse frontale, d'une machine à roues ou à chenilles munie de fourches, de dispositifs de levage ou grappins fixés à des bras porteurs à l'extrémité frontale ou d'une chargeuse hydraulique. Les billes peuvent aussi être chargées manuellement ou par de simples systèmes de treuillage.

Dans le débusquage par rotation, des chargeuses sont utilisées pour balancer les billes jusqu'au chemin forestier. La chargeuse traverse le

chantier, saisissant les billes/arbres à sa portée et les balançant progressivement vers le bord de la route.

### **Téléphériques forestiers, pylônes et chariots**

Un téléphérique est une machine sur laquelle est monté un système de treillage utilisé pour transporter les billes du chantier d'exploitation jusqu'à une jetée dans un système de téléphérage par câble aérien. Un pylône est un arbre sur pied ou soulevé ou une tour d'acier utilisée pour fournir un dispositif de levage dans le téléphérage. Un chariot est un dispositif à roues qui coulisse en avant et en arrière le long du câble suspendu au-dessus du sol. Les billes sont arrimées au chariot par une élingue et transportées par câblage aérien.

## Further learning

- Akay, A.E., Arzberger, U., Heinemann, H.R., Heinrich, R., Owende, P.M., Sessions, J. & Spinelli, R.** 2004. Harvesting. In: *Encyclopedia of Forest Sciences* Volume 1. (Burley J., Evans J. Youngquist J.A. editors) Elsevier. Oxford, page 247-285.
- Apud, E., Dahlin, B., Fjeld, D., Hyttinen, P., Meyer F., Mikkonen, E. & McNabb, K.** 2004. Operations In: *Encyclopedia of Forest Sciences* Volume 2. (Burley J., Evans J. Youngquist J.A. editors) Elsevier. Oxford, UK. page 639-666.
- Arzberger, U. & Grimoldi, M.** (Eds.) 2003. [New trends in wood harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains](#). Workshop Proceedings, Ossiach, Austria 2001. FAO, UNECE, ILO & IUFRO.
- Bertault, J.G. & Kadir, K.** 1998. [Silvicultural research in a lowland mixed dipterocarp forest of East Kalimantan](#). CIRAD-Foret, FORDA, Inhutani I, Jakarta.
- Conway, S.** 1973. *Timber cutting practices*. Miller - Freeman San Francisco, USA.
- Enters, T., Durst, P.B., Applegate, G.B., Kho, P.C.S. & Man, G.** 2002. *Applying reduced impact logging to advance sustainable forest management*. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.
- Eronheimo, E.** 1990. [Integrated small-scale harvesting and wood processing operation](#). FAO, Rome.
- FAO.** 1982. [Logging of mountain forests](#). FAO Forestry Paper 33. FAO, Rome.
- FAO.** 1978. [Appropriate wood harvesting in plantation forests](#). FAO, Rome.
- FAO.** 1995. [Use of construction crane for wood extraction in mountainous terrain](#). FAO, Rome.
- FAO.** 1996. [Forest codes of practice. Contributing to environmentally sound forest operations](#). FAO, Rome.
- FAO.** 1998. [Guidelines for the management of tropical forests 1. The production of wood](#). FAO, Rome.
- FAO.** 2004. [Reduced impact logging in tropical forests. Literature synthesis, analysis and prototype statistical framework](#). Forest Harvesting and Engineering Working Paper No. 1. FAO, Rome.
- FAO.** 2006. [Taking stock: assessing progress in developing and implementing codes of practice for forest harvesting in ASEAN member countries](#). RAP Publication 2006/10. ASEAN, FAO, Bangkok.
- Grebner, D.** 2013. Forest harvesting systems. In: [Introduction to forestry and natural resources](#), pp 287-302. Academic Press.
- McDermott, C.L., Cashore, B. & Kanowski, P.** 2007. [A global comparison of forest practice policies using Tasmania as a constant case](#). GISF Research Paper 010, Yale University, School of Forestry and Environmental Studies, New Haven.
- Nambiar, E.K.S, Smethurst, P.J., Raison, J., House, A.P.N. & Moggridge, B.** 2012. [Assessment of code of practice for plantation forestry: Tasmania](#). CSIRO.
- Pokorny, B., Sabogal, C., Silva, J.N.M., Bernardo, P., Souza, J. & Zweede, J.** 2005. [Compliance with reduced-impact harvesting guidelines by timber enterprises in terra firme forests of the Brazilian Amazon](#). *International Forestry Review* Vol.7 (1): 9-20.
- Sessions, J.** (ed.) 2010. *Forest road operations in the Tropics*. Springer, Berlin.
- Sessions, J.** (ed.) 2010. *Harvesting operations in the tropics*. Springer, Berlin.
- Sessions, J.** (ed.) 1994. International seminar on *Forest operations under mountainous conditions*. University of Harbin, IUFRO, FAO & FEI Inc.
- Sessions, J. & Chung, W.** (eds.) 1999. *International mountain logging and 10<sup>th</sup> Pacific Northwest skyline symposium*. Department of Forest Engineering, Oregon State University & IUFRO. Corvallis, Oregon, USA.
- Spinelli, R., Secknus, M., Hartsough, B.R. & Francescato, V.** 2007. *Developing the forest-wood-energy chain through the reinforcement*

*of forest owners associations*. Press Service SRL, Sesto Fiorentino Osmannoro.

**Sundberg, U. & Silversides, C.R.** 1988. *Operational efficiency in forestry*. Volume 1. Analysis. Kluwer Academic Publishers.

**Sundberg, U. & Silversides, C.R.** 1988. *Operational efficiency in forestry*. Volume 2. Practice. Kluwer Academic Publishers.

**Washington State University Extension.** 1999. [A primer for timber harvesting](#). Washington State University Extension, Pullman, Washington.

**Wit, M. & van Dam, J.** (eds.) 2010. [Chainsaw milling: supplier to local markets](#). Tropenbos International, Wageningen.

#### **Videos**

**Amazon Sat.** [Amazônia Rural - Sustainable forest management – Part 1](#) [Portuguese]. Online video clip. YouTube, 1 April 2014.

**Freite, F.** [Forest management project of Grupo Orsa](#) [English version]. Online video clip. YouTube, 19 April 2011.

#### **Web links**

<http://www.loggingon.net/> *Logging-on*. 2009. Last accessed 19.08.2014.

## Credits

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

**Initiator(s):** Jonas Cedergren - FAO, Forestry Department

**Contributor(s):** Simone Rose, Cesar Sabogal, - FAO, Forestry Department; Raffaella Spinelli

**Reviewer(s):** CATIE

