

## Guide du gestionnaire de projets d'éclaircie commerciale en forêt publique au Québec

Philippe Meek



## **Résumé**

La plupart des entreprises de récolte de bois résineux sont appelées à mettre en place dans un avenir plus ou moins rapproché des opérations d'éclaircie commerciale. Le présent document couvre les nombreuses considérations dans le développement de l'expertise requise pour la gestion d'un chantier d'éclaircie. Il examine différents aspects relatifs à cette gestion. Sans nécessairement avoir fait l'objet de recherches approfondies, les stratégies proposées sont le fruit de réflexions de nombreux chefs de file en éclaircie dans l'est du Canada et du partage d'information. Les différents chapitres traitent des caractéristiques des bois issus de l'éclaircie, de la sélection des peuplements, des caractéristiques dendrométriques recherchées pour les peuplements, de la régularité du couvert, de la desserte routière des massifs traités, des différents inventaires et de la préparation logistique pour le contrôle de qualité. Finalement, une revue des systèmes de récolte convenables est présentée.

## **Mots clés**

Éclaircie commerciale, Guide du gestionnaire, Québec, Systèmes par bois tronçonnés, Systèmes par arbres entiers, Systèmes par troncs entiers, Systèmes mécanisés, Systèmes manuels, Productivité, Peuplements, Inventaires.

# Guide du gestionnaire de projets d'éclaircie commerciale en forêt publique au Québec

## Auteur

Philippe Meek  
Division de l'Est

## Institut Canadien de Recherches en Génie Forestier

Division de l'Est et Siège social  
580, boul. St-Jean  
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9

☎ (514) 694-1140  
📠 (514) 694-4351  
✉ admin@mtl.feric.ca

Division de l'Ouest  
2601 East Mall  
Vancouver, BC, V6T 1Z4  
☎ (604) 228-1555  
📠 (604) 228-0999  
✉ admin@vcr.feric.ca

## Mise en garde

Ce rapport est publié uniquement à titre d'information à l'intention des membres de FERIC. Il ne doit pas être considéré comme une approbation par FERIC d'un produit ou d'un service à l'exclusion d'autres qui pourraient être adéquats.

**This publication is also  
available in English.**

© Copyright FERIC 2000.  
Imprimé au Canada sur du papier  
recyclé fabriqué par une compagnie  
membre de FERIC.

Poste-Publications #1677322  
ISSN #1493-3713

## Table des matières

Introduction .....	1
Contexte .....	1
Sélection des peuplements à traiter .....	2
Caractéristiques des bois de la coupe d'éclaircie .....	2
Caractéristiques dendrométriques recherchées .....	3
Autres critères .....	3
Contrôle du déroulement des opérations .....	5
Rubanage des sentiers .....	5
Inventaires .....	5
Inventaires avant-traitement .....	5
Inventaire après-traitement .....	6
Dimensions et forme des parcelles-échantillons .....	6
Contrôle des tiges non marchandes et du prélèvement .....	8
Choix du système de récolte et des équipements .....	9
Système par bois courts entièrement mécanisé .....	9
Porteur de bois courts .....	9
Abatteuse-façonneuse de petites dimensions .....	10
Abatteuse-façonneuse avec mât de longue portée .....	12
Abatteuse-façonneuse de grosses dimensions .....	13
Productivité .....	14
Système par bois courts avec abattage manuel .....	15
Abattage-façonnage entièrement manuel .....	15
Abattage manuel et façonnage mécanisé .....	16
Système par arbres entiers entièrement mécanisé .....	17
Système par bois longs avec abattage manuel .....	18
Sommaire des quatre systèmes .....	18
Conclusions .....	20
Mise en application .....	20
Liste des publications de FERIC sur l'éclaircie commerciale .....	20
Système par bois courts entièrement mécanisé .....	20
Système par bois courts avec abattage manuel .....	21
Système par arbres entiers entièrement mécanisé .....	21
Système par bois longs avec abattage manuel .....	21
Remerciement .....	21
Annexe : Crédits de droits de coupe accordés en forêt publique du Québec en 2000-2001 .....	22

## Introduction

Dans l'est du Canada, l'éclaircie commerciale est probablement le traitement sylvicole qui est le plus appelé à se développer au cours des prochaines années. Un programme expérimental des éclaircies commerciales était mis en place au Québec en 1996 et avait notamment pour but de permettre le développement de l'expertise des intervenants en éclaircie commerciale. Les trois partenaires de ce programme (le ministère des Ressources naturelles, MRNQ; l'industrie forestière, représentée par l'Association des industries forestières du Québec, AIFQ et l'Association des manufacturiers de bois de sciage du Québec, AMBSQ; ainsi que la Conférence des coopératives forestières du Québec) ont retenu les services de FERIC pour mener les travaux du volet recherche opérationnelle.

Le présent document a pour but d'initier les superviseurs qui veulent entreprendre la mise en œuvre d'un chantier d'éclaircie commerciale. Sa rédaction a été possible grâce aux renseignements recueillis souvent auprès de superviseurs de travaux d'éclaircie qui nous ont décrit leurs différentes procédures de travail. De plus, il permet la synthèse de l'information contenue dans les différents rapports (passés ou en préparation) de FERIC concernant les travaux d'éclaircie commerciale.

## Contexte

Dans la perspective de l'aménagement des forêts selon les principes du développement durable, l'éclaircie commerciale s'inscrit dans la gamme des traitements applicables aux forêts sous régime équienné. La plupart des forêts composées d'essences résineuses ou de feuillus intolérants ou moyennement tolérants à l'ombre se prêtent, à un moment donné de leur évolution, à ce traitement (figure 1). L'éclaircie commerciale permet d'intervenir pour atteindre les objectifs de gestion définis pour les peuplements traités.

L'éclaircie commerciale est une coupe partielle du peuplement non mature, impliquant la mise en marché des produits prélevés et visant à favoriser un meilleur accroissement des



Figure 1. Les peuplements résineux ayant été traité par éclaircie précommerciale sont à terme d'excellents candidats à l'éclaircie commerciale.

arbres résiduels. Prise strictement dans ce sens, ce n'est pas une coupe progressive de régénération, ni une coupe de récupération, ni une coupe sanitaire. L'atteinte d'objectifs secondaires peut à l'occasion valoriser le traitement, mais ces objectifs ne devraient pas guider en priorité la sélection des tiges à récolter. Il faut prendre pour acquis que les rendements attendus de ce traitement seront modélisés lors du calcul de possibilité annuelle de coupe. Le respect rigoureux des critères de sélection permettra d'atteindre en général tous les objectifs du traitement.

Les sylviculteurs insistent sur le fait que le moment favorable pour les éclaircies doit être déterminé en regard d'un ensemble de considérations. Celles-ci tiennent habituellement compte de la réaction prévue des arbres résiduels, du cadre d'aménagement général, comme de la valeur des produits extraits. Lorsque les conditions économiques font en sorte que le traitement ne peut s'autofinancer sur la base des revenus de la vente des bois, il faut le considérer comme un investissement au même titre que le reboisement, le dégagement ou l'éclaircie précommerciale. C'est l'approche utilisée notamment en forêt publique au Québec. Un crédit de droits de coupe est accordé au bénéficiaire qui réalise ce type de traitement. Pour le «propriétaire» de la forêt, l'éclaircie est un investissement net dont les rendements dépendent entre autres de la qualité et de la nature du travail exécuté. Pour garantir un bon rendement, le ministère des Ressources naturelles du Québec requiert, de la part de l'exécutant, le respect de certaines directives pour la sélection des peuplements à traiter en forêt publique et pour l'établissement des modalités de la prescription. L'application des critè-

res permet une certaine marge de manœuvre dans la nature des travaux prescrits. À partir de ces critères, les forestiers impliqués dans la mise en place d'un chantier d'éclaircie doivent identifier les peuplements à traiter et définir le mode d'intervention.

Au cours de son analyse, le gestionnaire des travaux doit évaluer les revenus qu'amène le traitement et les comparer au niveau des dépenses encourues. Lorsque les revenus sont supérieurs aux dépenses, il peut alors confirmer la viabilité du traitement. Le propriétaire de la forêt analysera la rentabilité du traitement en regard des investissements, des revenus, de la réaction du peuplement résiduel et des revenus anticipés des récoltes futures. En établissant la valeur du crédit sylvicole, le MRNQ arrête aussi la valeur du budget de dépenses dont les gestionnaires disposent et à partir duquel seront définies les modalités de l'éclaircie. Ils doivent rechercher le compromis qui permettra la viabilité du traitement. Alors les critères de sélection des peuplements à traiter ainsi que les objectifs de traitement et les moyens disponibles se précisent.

Les gestionnaires de travaux d'éclaircie doivent développer une expertise sur trois fronts simultanément : la définition de la prescription et la sélection des peuplements à traiter, la gestion du déroulement des travaux, et la sélection des méthodes de travail et des équipements. Afin de les aider dans cette tâche, le présent document couvre les aspects liés à ces trois points en discutant des critères de sélection, en proposant des mesures de contrôle et en discutant des différents systèmes d'éclaircie, des équipements et de leur mode de fonctionnement.

## Sélection des peuplements à traiter

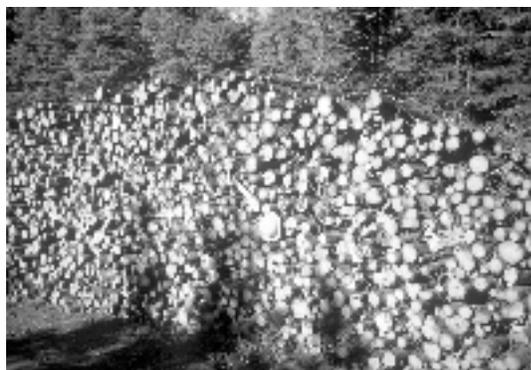
Chez FERIC, nous avons eu de nombreuses occasions d'observer des chantiers d'éclaircie commerciale. La plupart des régions du Québec ont été visitées et une vaste gamme de peuplements y était traitée. Il est à remarquer que l'éclaircie permettait *toujours* la formation d'un peuplement résiduel de meilleure qualité. Les peuplements étaient prometteurs; il y avait un grand nombre d'arbres d'avenir, une bonne densité et une absence de signes négatifs tels que blessures excessives, trouées ou ornières profondes. Il était rare que l'on puisse douter de la validité d'une prescription. La forêt méritait toujours un traitement, qu'il s'agisse de pessières naturelles ou de plantation, de pinèdes pures ou en mélange ou de sapinières trop denses, que ce soit pour enlever les arbres tarés ou déclassés, ou pour valoriser les meilleures tiges.

L'éclaircie commerciale est un traitement qui s'adresse au peuplement non mature et son application peut prendre différentes formes, dans toutes sortes de conditions. Par conséquent, il y a une diversité des résultats possibles et la recherche de peuplement ne peut se limiter uniquement à ceux qui présentent une structure idéale. Les approches de traitement choisies par les gestionnaires de tous les coins du Québec variaient en fonction des conditions de terrain et des différentes structures de peuplement. Il ne peut y avoir un seul type de peuplement à traiter et il existe probablement au sein d'une même aire commune des groupes de peuplements dont les caractéristiques les rendent plus aptes à recevoir des traitements d'éclaircie commerciale adaptés.

### Caractéristiques des bois de la coupe d'éclaircie

Le premier point à vérifier lors de la mise en place d'un chantier est la capacité d'écouler les produits vers une usine de transformation. Il faut estimer les volumes et la qualité des produits à mettre en marché. Les contraintes liées à l'essence ou au diamètre minimum d'utilisation sont les plus courantes (figure 2). Lors-

Figure 2. Les bois d'éclaircie sont moins volumineux mais ils sont sains. La proportion de tiges présentant un sous-diamètre est plus grande.



qu'un peuplement immature est traité, il faut s'attendre à ce que le volume moyen par tige abattue soit inférieur à celui des tiges provenant des chantiers de coupe totale de peuplements récoltés à maturité. Il faut aussi considérer que le critère de qualité prescrit par le MRNQ suggère une augmentation de 5 % du dhp moyen des tiges résiduelles. Ceci entraîne nécessairement une récolte de tiges dont le dhp moyen peut être de 9 à 15 % (selon le taux de prélèvement) inférieur au dhp moyen avant traitement. L'impact sur le volume moyen des tiges prélevées est proportionnellement plus important car cette variable évolue au cube du dhp. Les travaux d'éclaircie en peuplements résineux au Québec génèrent habituellement des bois dont le volume moyen varie de 0,060 à 0,100 m<sup>3</sup> et il arrive que des contraintes à l'usine empêchent la transformation en sciage des bois les moins volumineux; ils doivent alors être destinés à d'autres usages.

Les lots de billes façonnées en éclaircie commerciale ont aussi le défaut d'avoir une proportion supérieure de billes dont le petit diamètre est inférieur au diamètre minimum d'utilisation (sous-diamètre). Le taux de transformation en bois d'œuvre est affecté et les estimations du volume marchand en vue du paiement de droits de coupe doivent en tenir compte. À l'inverse, la proportion de carie applicable à ces bois est inférieure. Ces deux facteurs incitent les gestionnaires à considérer la procédure de mesurage officiel de manière distincte pour les bois d'éclaircie.

### Caractéristiques dendrométriques recherchées

Dans l'attente de diagrammes de gestion de la densité pertinents pour les forêts du Québec, les critères de qualité qui sont requis par le MRNQ et qui guident les travaux d'éclaircie servent généralement de base lors de la recherche des peuplements. Comme la surface terrière minimale après traitement doit être supérieure à 15 m<sup>2</sup>/ha, il est clair qu'elle doit être nécessairement supérieure à 23 m<sup>2</sup>/ha avant traitement, en tenant compte d'un taux de prélèvement de 35 %. Les peuplements offrant cette caractéristique sont alors relative-

ment denses et réguliers et ne présentent que peu d'ouvertures dans le couvert. Lorsqu'ils sont composés essentiellement de tiges d'essences et de dimensions marchandes, il est plus facile de bien répartir la récolte des tiges et de faire un choix sélectif approprié. Lorsque la surface terrière est inférieure à 23 m<sup>2</sup>/ha, le recours à un taux de prélèvement de 25 % peut rendre difficile l'atteinte des critères relatifs à la qualité ou à l'augmentation du diamètre, car la marge de manœuvre diminue pour le prélèvement sélectif entre les sentiers.

Lorsque la surface terrière est très élevée (>32 m<sup>2</sup>/ha), il arrive souvent que le nombre de tiges sur pied aussi soit élevé (>3000 tiges/ha) et leur dhp relativement faible (<12 cm). C'est le cas lorsque la mortalité naturelle ne s'est pas encore exprimée; le peuplement est encombré aussi par de petites tiges non-marchandes, vivantes ou non. Ces peuplements sont parmi les plus difficiles à traiter.

Les dimensions moyennes des tiges sont habituellement déterminantes dans l'estimation de la productivité des équipements et, évidemment, pour les coûts de récolte. Le crédit de droits de coupe associé à l'éclaircie est modulé en fonction du diamètre moyen des tiges récoltées (voir annexe). Il est important que les gestionnaires sélectionnent les peuplements qui présentent les conditions les plus favorables pour chacune des classes de diamètre (figure 3), car chaque classe correspond à un niveau différent de crédit de droits de coupe.

### Autres critères

La régularité du couvert au sein d'un massif sélectionné assure de meilleures chances de succès (figure 4). La planification et les contrô-



À l'intérieur de la fenêtre définie par les critères de qualité, il faut noter qu'il est plus facile de faire les éclaircies lorsque le peuplement a :

- une surface terrière entre 23 et 32 m<sup>2</sup>/ha,
- moins de 3000 tiges marchandes par hectare, et
- un volume récolté inférieur à 60 m<sup>3</sup>/ha.

On peut considérer aussi pour la sélection des peuplements :

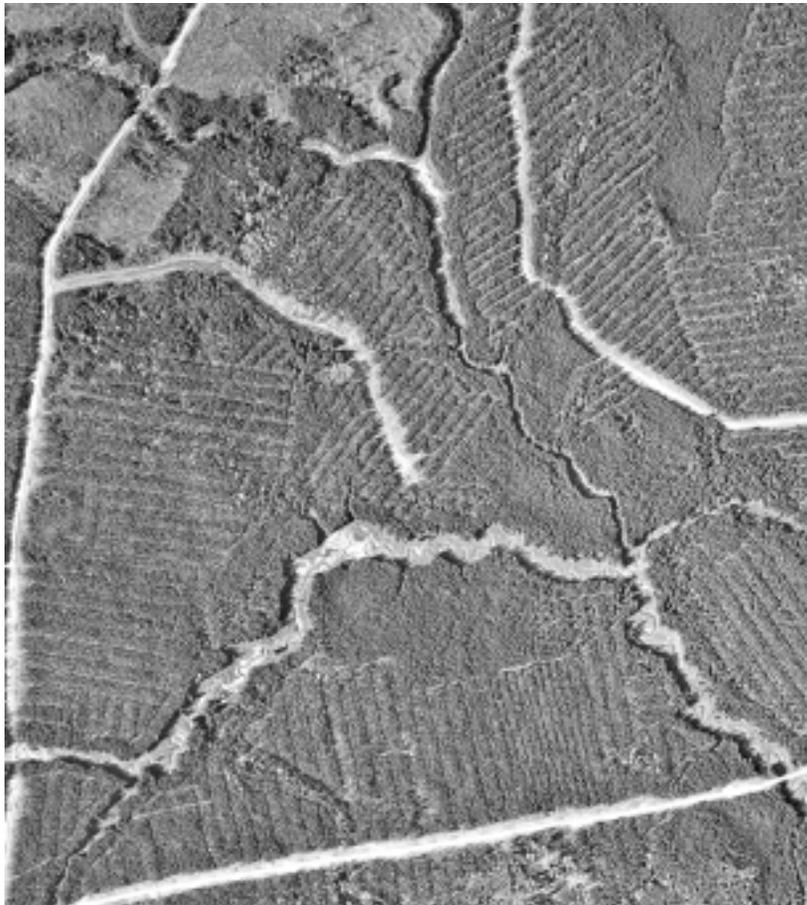
- la régularité du couvert,
- la desserte routière,
- les capacités de débardage sur de longues distances, et
- les habitudes historiques de récolte sur le territoire.

Figure 3. La connaissance des caractéristiques dendrométriques du peuplement avant le traitement est essentielle pour établir correctement la prescription.

les sont plus simples. Chaque partie de peuplement qui ne correspond pas aux caractéristiques doit être signalée par rubanage pour éviter des pertes de productivité prolongées des équipements. Lorsque le peuplement est régulier, les opérateurs peuvent appliquer le même traitement pendant des périodes plus soutenues et maintiennent plus facilement des résultats satisfaisants. De plus, les relevés dendrométriques de contrôle présentent moins de variation (donc sont plus fiables) lorsque le peuplement et le traitement sont homogènes.

La desserte routière est une préoccupation prioritaire dans la sélection des peuplements. Les frais d'immobilisation liés à l'établissement d'un réseau routier dans un secteur réservé à l'éclaircie peuvent être importants. La marge de manœuvre qu'offre le crédit de droits de coupe ne peut permettre de couvrir ces frais. Il faut alors envisager la recherche des peuplements à traiter à proximité du réseau routier existant, ou encore la construction de chemins pour desservir aussi des secteurs à récolter par coupe finale.

Figure 4. Photographie aérienne d'une éclaircie commerciale. On constate ici la régularité des peuplements à traiter qui permet le déploiement ordonné des sentiers de débardage.



La connaissance d'un territoire d'approvisionnement et des pratiques antérieures des entreprises dans l'élaboration de leur campagne de coupe est l'atout le plus précieux pour faire cette prospection. Un des exemples le plus souvent cités est celui d'une entreprise travaillant en forêt boréale, dont les forestiers examinent en détail les rapports des opérations de récolte antérieures de 12 ou 15 ans. À cette époque, les peuplements résineux qui étaient inaptes pour la récolte étaient contournés et laissés intacts. Parmi ces derniers, ceux qui présentaient des arbres de trop petites dimensions sont aujourd'hui évalués systématiquement et ils ont souvent les caractéristiques recherchées pour les opérations d'éclaircie. Il est avantageux de s'y intéresser puisque les frais de réfection du réseau routier y sont encore minimes; sur les plus vieux chantiers, les ponceaux de bois sont à remplacer. Cela facilite aussi l'accès aux équipes d'ouvriers qui font les travaux d'éclaircie précommerciale.

Lors de la prospection des peuplements, il est clair qu'il faut connaître les caractéristiques dendrométriques avec lesquelles les entrepreneurs peuvent atteindre les objectifs sylvicoles et financiers de l'opération. Mais il faut aussi évaluer la capacité de débardage qu'offrent les équipements dont ils disposent. Des travaux d'optimisation de la distance de débardage en situation d'éclaircie ont montré que les faibles volumes prélevés en éclaircie commerciale comparativement aux coupes totales ont un impact important sur les coûts. Il est préférable de débarder jusqu'à 600 m plutôt qu'à la distance traditionnelle de 300 m, même si les chemins sont peu coûteux à construire (5000 \$/km). L'utilisation d'un porteur de bois courts donne souvent lieu à une prime pour débardage sur longue distance. Cette prime représente un montant inférieur aux frais de construction de chemins surtout lorsque la quantité de bois à transporter est petite.

Chaque situation vaut d'être analysée au mérite en considérant la traficabilité du terrain, les performances des machines disponibles, les distances et les surfaces en jeu. Une analyse montrant des frais marginaux modestes de débardage avec l'augmentation de la dis-

tance permet aussi d'envisager le traitement de peuplements qui se situent au-delà des limites habituellement retenues. L'augmentation des surfaces qui deviennent disponibles pour les traitements d'éclaircie peut parfois être importante.

## Contrôle du déroulement des opérations

### Rubannage des sentiers

Pour faciliter la navigation des équipements dans le peuplement à traiter, il convient de rubaner préalablement les sentiers. Ainsi les difficultés de terrain et les portions de peuplements qui ne présentent pas les caractéristiques souhaitées peuvent être évitées. Dans le cas des opérations mécanisées, l'opérateur de l'abatteuse qui circule pendant la nuit ne peut prévoir les irrégularités de terrain; il ne compte que sur la présence des rubans pour travailler. La répartition régulière des sentiers de débarquement dans les peuplements à traiter assure aussi un bon contrôle du prélèvement. La proportion de sentier dans le peuplement est stable; le prélèvement entre les sentiers est régulier. La figure 4 illustre un exemple de répartition régulière des sentiers dans les peuplements. On y voit des portions de peuplement inaptes à l'éclaircie (conditions de terrain et structure) qui n'auraient pu être reconnues autrement que par le superviseur au cours de l'installation des lignes de rubans.

### Inventaires

L'éclaircie commerciale comme les autres traitements sylvicoles est habituellement soumise à un contrôle de qualité afin de vérifier que les objectifs du traitement sont atteints. Ces contrôles ont lieu au moyen d'inventaires avant et après traitement qui décrivent la structure du massif étudié. L'inventaire avant-traitement donne une description du peuplement qui aide à préciser la nature du traitement, à guider la sélection des tiges et à évaluer les conditions d'application. L'inventaire après-traitement confirme que les travaux se sont déroulés tel que souhaité et permet de connaître les caractéristiques du peuplement dont l'évo-

lution sera éventuellement analysée. Le gestionnaire des travaux d'éclaircie compte sur ces renseignements pour évaluer le travail de l'exécutant et y apporter les modifications requises. La supervision de travaux d'éclaircie commerciale requiert donc autant d'effort que la gestion de travaux d'éclaircie précommerciale, avec en plus l'encadrement habituel de travaux de récolte. C'est en considérant les deux fonctions de ce contrôle que les moyens décrits ci-après sont proposés. Il faut garder à l'esprit qu'il n'est pas rare que la supervision directe de travaux d'éclaircie coûte plus de 2 \$/m<sup>3</sup>, même dans une opération bien rodée. Il convient de rendre ces tâches efficaces pour éviter les dépenses excessives.

### Inventaires avant-traitement

La cueillette des informations décrivant les peuplements à traiter peut s'échelonner sur trois étapes distinctes. Après une première sélection à partir des cartes forestières et d'une analyse des photographies aériennes pertinentes, une première série de parcelles-échantillons est mise en place dans les peuplements choisis. Il est recommandé de ne pas faire un échantillonnage trop intense. Un taux d'une parcelle-échantillon pour chaque 10 ou 15 ha peut être suffisant dans une première étape. Ils visent surtout la description du terrain, l'accès, l'homogénéité du peuplement et la détection de phénomènes que la description faite à partir de parcelles-échantillons ne pourrait reconnaître : chablis partiel, mortalité sur pied, et régénération développée. À cette étape, l'établissement d'un grand nombre de parcelles dans des secteurs ultérieurement abandonnés serait une perte de ressources.

Après la compilation par massif des renseignements recueillis, il est souvent souhaitable d'améliorer la précision de l'inventaire avant d'inscrire les surfaces retenues au plan annuel d'intervention forestière. Les résultats de ce deuxième passage combinés à ceux du premier permettent d'amener l'intensité d'échantillonnage à 1 parcelle par 3 ou 5 ha par exemple. Lors de cette deuxième visite, on peut préciser les limites géographiques des peuplements à traiter, car la cartographie n'est pas toujours

L'inventaire avant-traitement peut être d'une intensité progressive pour atteindre finalement une parcelle/ha.

suffisante en particulier en regard de l'homogénéité du couvert.

Finalement la troisième saisie de données par inventaire peut être faite lors de la préparation finale avant la venue des équipements sur le site. Le rubanage des sentiers est presque toujours requis et un grand nombre de parcelles-échantillons peuvent être installées dans les secteurs qui n'ont pas été couverts par les deux premières visites. Cette dernière mise en place de parcelles peut permettre d'amener l'intensité d'échantillonnage jusqu'à une parcelle par hectare.

Plusieurs raisons justifient cette approche. Les déplacements sur virée des deux premiers échantillonnages ont pour effet de grouper les parcelles le long de la direction de déplacement; le rubanage des sentiers offre la possibilité de répartir systématiquement l'échantillonnage intensif. De plus, comme le rubanage des sentiers permet de contourner les portions qui ne doivent pas être traitées, le risque de rejet de parcelles sur surface non traitée est réduit au minimum. Les coûts de déplacement du superviseur qui effectue les deux tâches simultanément sont réduits. Enfin, les avantages d'un échantillonnage intensif avec une forte densité de parcelles sont évidents lorsqu'il faut décrire la qualité du travail de manière hebdomadaire, par exemple. Un relevé hebdomadaire de qualité avec 7 à 10 parcelles-échantillons implantées avant et après le traitement est plus précis.

### **Inventaire après-traitement**

Il est clair que le contrôle des dommages aux arbres résiduels ou celui de la sous-utilisation de fibre ne pourraient être faits avant le débardage. Il est tout de même recommandé de procéder aux inventaires de contrôle dès que possible pour permettre une rétroaction rapide vers le responsable de la sélection des tiges à récolter, souvent l'opérateur de l'abatteuse. Lorsqu'une comparaison de résultats d'inventaire avant et après traitement doit être faite, il est habituel d'utiliser des inventaires de compatibilité raisonnable. Celle-ci peut être meilleure lorsque les procédures d'échantillonnage et les renseignements recueillis sont de

même nature. Par exemple, la même personne peut faire les inventaires avant et après, car on peut présumer que les biais inévitables pour les estimateurs des caractéristiques du peuplement seront du même sens et d'un même ordre de grandeur. La description du traitement d'éclaircie par comparaison des deux inventaires sera plus pertinente s'ils sont compatibles.

Le réseau de sentiers emprunté par l'équipement de récolte sert souvent de base pour permettre une répartition systématique des parcelles-échantillons après le traitement. Il suffit de répartir le nombre de placettes choisi en proportion de la longueur des sentiers. Il est facile pour le superviseur de tenir compte de l'uniformité du traitement lorsque les sentiers sont inspectés systématiquement.

Une des principales difficultés lors de l'échantillonnage post-traitement est l'obtention de résultats fiables avec le petit nombre de placettes qui couvrent la portion traitée pendant un court laps de temps (1 ou 2 semaines par exemple). Une stratégie appropriée pour permettre une bonne précision repose sur la réduction de la variance des résultats. Il est connu qu'en échantillonnant au hasard dans le peuplement, la portion de sentiers de débardage varie beaucoup d'une parcelle à l'autre, induisant de grandes variances. La variance d'une variable comme la surface terrière sera alors plus grande que celle de cette même variable qui ne considérerait que la portion du peuplement sise entre deux sentiers de débardage. La précision des résultats ne deviendrait acceptable que lorsqu'un grand nombre de parcelles seraient considérées dans le calcul. La section suivante propose différentes stratégies d'échantillonnage qui permettent de contourner ces problèmes pour les contrôles intérimaires pendant le déroulement des travaux.

### **Dimensions et forme des parcelles-échantillons**

Les dimensions et la forme des parcelles-échantillons pour les inventaires avant et après traitement doivent permettre la compatibilité des inventaires. C'est ainsi qu'il est suggéré de faire les inventaires en utilisant des parcelles

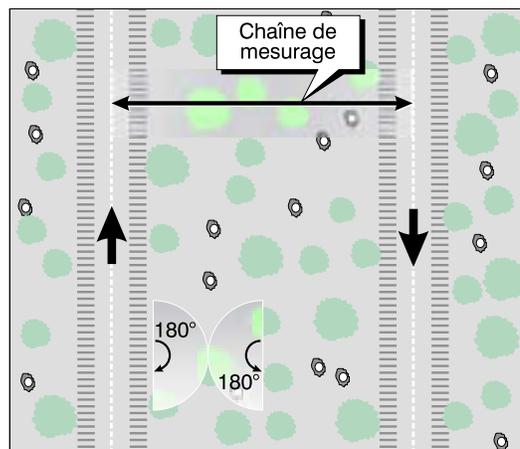
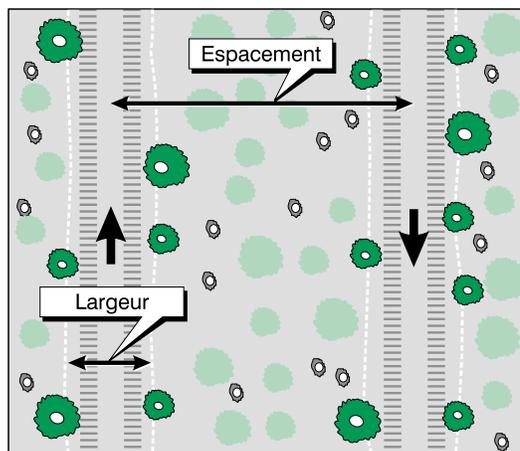
de même forme et de mêmes dimensions. L'étude des dimensions des parcelles contribue habituellement, avec le calcul de la détermination du nombre de parcelles, au calcul de la précision des inventaires. Dans le cas de l'échantillonnage d'un peuplement relativement dense et homogène, il convient d'établir un grand nombre de parcelles pour bien couvrir le territoire traité. L'utilisation de parcelles de 100 m<sup>2</sup>, plutôt que de 400 m<sup>2</sup>, permet donc une meilleure répartition des parcelles. Les petites parcelles sont plus faciles à mettre en place et à mesurer pour un évaluateur seul.

Il faut chercher à contrôler la variabilité induite par la présence d'une portion de sentiers de débardage pour avoir des résultats fiables avec un petit nombre de parcelles. On peut à cette fin inclure délibérément une portion connue et proportionnelle de sentier dans la parcelle, ou alors l'exclure systématiquement et tenir compte de leur proportion de la surface totale lors de la compilation. Pour ce faire, il faut définir ces sentiers et leurs largeurs. La gestion de la surface couverte par les sentiers de débardage est déjà prévue aux publications du MRNQ. Par exemple, on mesure l'espacement du centre d'un sentier jusqu'au centre d'un sentier adjacent. La largeur du sentier se mesure par la plus courte distance entre deux lignes plus ou moins parallèles qui passent par le point tangent au dhp de chaque arbre bordant le sentier (figure 5). En divisant la largeur du sentier par l'espacement mesuré, on obtient une estimation de la proportion de la surface du peuplement occupée par les sentiers. Les parcelles rectangulaires s'implantent facilement si on tient à inclure le sentier dans les parcelles tandis que les parcelles circulaires permettent d'ignorer le sentier lorsqu'elles sont implantées en deux moitiés de disque (figure 6).

Les parcelles rectangulaires implantées du milieu du sentier jusqu'au centre d'un sentier adjacent (figure 6) comprennent une portion constante du sentier de débardage qui est calculée en prenant le rapport de la largeur à l'espacement. Tous les arbres de la parcelle sont alors mesurés et décrits et le calcul des diffé-

rentes variables dendrométriques est fait en relation de la surface variable de la parcelle. Puisqu'il arrive que l'espacement entre les sentiers est, dans les faits, variable, il faut mesurer systématiquement la surface de la parcelle. L'implantation de la parcelle rectangulaire est facilitée lorsque la surface est d'environ 100 m<sup>2</sup> et que l'espacement est d'environ 25 m. Une chaîne peut être tendue au centre de la parcelle permettant de la mesurer longitudinalement tandis que les arbres au périmètre de la parcelle sont localisés avec une règle de 2 m tendue à angle droit depuis la chaîne, de part et d'autre de celle-ci.

Les parcelles circulaires qui excluent les sentiers de débardage doivent être implantées en deux parties pour permettre une couverture complète de la surface entre les sentiers, comme à la figure 6. Habituellement, le prélèvement se présente selon un gradient décroissant d'intensité depuis le sentier vers le centre de la bande. En plaçant une première moitié depuis la bordure du sentier, là où le prélèvement



Pour permettre un contrôle de qualité pendant le déroulement d'une opération d'éclaircie, il est plus commode d'implanter un grand nombre de placettes de dimensions réduites.

Figure 5. Mesure de la largeur d'un sentier et l'espacement des sentiers. La mesure de la largeur peut être faite à partir des arbres qui bordent le sentier tandis que l'espacement peut être mesuré de centre à centre.

Figure 6. Disposition d'une parcelle-échantillon rectangulaire ou d'une parcelle circulaire en deux parties. Pour l'échantillonnage post-traitement, cette disposition favorise une diminution des variations causées par la présence aléatoire des sentiers dans les parcelles.

est plus important et une autre moitié depuis le centre où le prélèvement est plus faible, la couverture est assurée. Les parcelles circulaires peuvent avoir un rayon fixe de 5,64 m (100 m<sup>2</sup>) ou un rayon variable (point de prisme), ce qui est plus rapide. Si les deux demi-disques se chevauchent, il est pertinent de faire une courte translation parallèle à la direction des sentiers pour un des disques. Pour ces demi-parcelles, il importe de s'assurer que la couverture de chaque demi-disque couvre exactement 180 degrés.

Lorsque le mode d'échantillonnage de l'inventaire après traitement a été choisi, il convient de moduler les modalités de l'inventaire avant-traitement pour assurer la compatibilité entre les deux.

### **Contrôle des tiges non marchandes et du prélèvement**

Deux facteurs sont de première importance pour déterminer la viabilité d'une opération d'éclaircie. Bien que tous les critères requis pour l'admissibilité des travaux aux crédits prévus soient atteints, il arrive qu'une forte *densité des tiges non marchandes* et *prélèvement absolu* (m<sup>3</sup>/ha) entraînent des coûts supplémentaires. L'application d'une éclaircie commerciale à un peuplement dont la densité de tiges non marchandes est élevée constitue un défi de taille autant pour les opérations manuelles que mécanisées. L'encombrement est particulièrement évident lors du traitement des sapinières. Les sites dont la fertilité est élevée permettent la survie sur de plus longues périodes de tiges dominées, peu développées. Ces délais dans l'expression de la mortalité naturelle entraînent le maintien sur pied d'un plus grand nombre de tiges ou de chicots. Les tiges de petites dimensions, mortes ou vivantes, empêchent le passage des outils de coupe comme les têtes multifonctionnelles ou réduisent la mobilité d'un bûcheron. Elles doivent être abattues et disposées hors de l'espace de travail. Cette tâche de débroussaillage est improductive dans la mesure où elle ne sert pas à la production des bois d'éclaircie. Elle devient

disproportionnée si elle occupe plus de 15 % du temps d'une abatteuse-façonneuse ou plus de 20 % du temps d'un bûcheron.

Dans la mesure du possible, il faut essayer de sélectionner les peuplements où on retrouve *moins de 2500 tiges* non marchandes à l'hectare. Le dénombrement de ces tiges dans les parcelles-échantillons permet au planificateur de calibrer son évaluation visuelle. Le recours à ce dénombrement lors de l'inventaire avant-traitement est habituellement réservé aux endroits qui présentent des risques importants d'encombrement. Il est courant de définir la densité maximale de tiges non marchandes pour chaque opération ou chaque machine. Les abatteuses-façonneuses dont les têtes sont de dimensions moyennes sont moins affectées par ces tiges que les têtes plus délicates puisqu'elles peuvent en abattre un grand nombre «à la cognée». Pour les opérations avec abattage manuel, il faut réduire ce débroussaillage au strict nécessaire, en indiquant que seules les tiges qui nuisent à un travail sécuritaire doivent être abattues.

Les études menées par FERIC ont montré que la viabilité économique d'une opération d'éclaircie au Québec est très sensible au prélèvement réel par hectare car le crédit est accordé à l'hectare et non au mètre cube. Lorsque le prélèvement est aussi important que 80 m<sup>3</sup>/ha par exemple, le crédit de droits de coupe versé à l'hectare a une valeur inférieure (de moitié) par m<sup>3</sup> à celui d'une opération où le prélèvement est de 40 m<sup>3</sup>/ha. Une comparaison de résultats d'inventaires avant et après traitement permet généralement la détection d'un prélèvement réel excessif. Des mesures de correction de la prescription peuvent rapidement être mises en place lorsqu'un prélèvement important de volume est détecté ou anticipé. Souvent l'ajustement de l'espacement entre les sentiers et celui du pourcentage de prélèvement peuvent atténuer les effets économiques négatifs. C'est un point qui doit être étudié dès la prospection forestière pour signaler les peuplements qui risquent de mener à un fort prélèvement et les conséquences de celui-ci sur la baisse de valeur du crédit pour chaque mètre cube récolté.

## Choix du système de récolte et des équipements

Le choix d'un système d'éclaircie et le choix des équipements sont intimement liés puisqu'à l'occasion les équipements disponibles détermineront le mode de traitement, tandis que différents facteurs peuvent inciter à l'emploi d'un système plutôt que d'un autre malgré la disponibilité d'équipement. Des facteurs économiques comme le coût d'achat de l'équipement, le financement disponible, les revenus générés ou la disponibilité d'ouvriers qualifiés sont habituellement parmi les plus importants. L'examen des facteurs opérationnels comme les conditions de terrain, la superficie à traiter annuellement, le travail alternatif pour la machinerie et le morcellement des blocs servira aussi à moduler ce choix.

FERIC a analysé de manière théorique différents systèmes pour effectuer l'éclaircie commerciale. Au total dix systèmes différents étaient susceptibles de convenir pour effectuer une éclaircie commerciale dans l'est du Canada. Ils se distinguaient entre eux par la nature des produits extraits, par l'espacement entre les sentiers ou par le niveau de mécanisation impliqué. Il a été possible d'étudier plusieurs opérations d'éclaircie au cours des récentes années. Il est apparu évident que des similitudes entre les systèmes et les coûts élevés de certains autres amenaient une classification plus pratique où on ne reconnaît essentiellement que quatre systèmes différents. Ces quatre systèmes permettent l'atteinte des critères habituels de l'éclaircie en forêt publique tout en assurant habituellement un coût raisonnable.

On retrouve un premier système par *bois courts entièrement mécanisé* avec trois variantes qui se distinguent selon la grosseur de l'abatteuse-façonneuse et le réseau de sentiers utilisé. Un deuxième système par bois courts implique *l'abattage fait manuellement*. Les deux derniers systèmes permettent la récolte de bois en longueur et l'éventuelle intégration des produits avec ceux de la coupe totale. Le système par *arbres entiers* peut donner lieu à un abattage ma-

nuel ou mécanisé tandis que le système par *troncs entiers* requiert normalement un *abattage manuel*.

### Système par bois courts entièrement mécanisé

Le développement de la mécanisation des systèmes par bois courts en éclaircie commerciale s'est fait parallèlement à celui de la mécanisation de la coupe totale en Europe du Nord. Depuis des décennies, les éclaircies commerciales y sont pratiquées. Les problèmes posés par la gestion des coûts et de la qualité de traitement ont mené à l'apparition successive de différentes configurations de machines. Plusieurs de celles-ci sont employées aujourd'hui en forêt publique au Québec. Les abatteuses-façonneuses de grosses dimensions dont le mât avait une portée de 7 ou 8 m ont été utilisées jusqu'à ce qu'apparaissent les abatteuses-façonneuses conçues pour fonctionner sur des réseaux comportant des sentiers fantômes. Lorsque l'espacement des sentiers de débardage a cessé d'être un critère impératif en Suède et en Finlande au début des années 90, la tendance des forestiers à utiliser des abatteuses-façonneuses de grosses dimensions avec des mâts de portée de 10 m s'est généralisée. Le mode de fonctionnement et les caractéristiques fonctionnelles des appareils d'un système par bois courts sont examinés aux paragraphes suivants.

#### Porteur de bois courts

Peu importe l'arrangement de sentiers utilisés, les porteurs de bois courts doivent permettre la vidange des bois tout en réduisant au minimum les traces de leur passage. Les équipements disponibles sont variés par leurs dimensions, la configuration du train de roulement et bien entendu leur coût d'achat. La largeur du sentier de débardage est habituellement déterminée par l'espace requis pour permettre la circulation efficace du porteur selon les conditions du terrain. En maintenant un espace de 30 à 50 cm entre la machine et les arbres de bordure de chaque côté, la marge de manoeuvre est suffisante pour éviter un niveau inacceptable de blessures aux arbres résiduels. Comme une largeur de sentier de 3,5 m est

habituellement acceptable, les porteurs qui ont une largeur inférieure à 2,6 m sont alors recommandés pour le débardage (tableau 1, figure 7).

Parmi les porteurs qui rencontrent les spécifications du tableau 1, il est clair que ceux qui n'ont que quatre roues motrices sont limités aux terrains fermes; sinon ils risquent de causer des ornières profondes. L'ampleur du mouvement du châssis arrière du porteur à quatre roues motrices lorsqu'il franchit un obstacle (p. ex. souche, roche ou trou) est plus important que s'il a un essieu tandem. Les risques de dommage aux tiges résiduelles sont donc plus élevés. Habituellement les porteurs de bois courts à six ou huit roues motrices ont une plus grande capacité de charge (8 ou 10 tonnes) tout en ayant une largeur acceptable (figure 7). De plus, lorsque le terrain est moins solide, la meilleure répartition de la charge favorise une pression au sol plus faible.

Ces machines permettent un débardage moins coûteux que les plus petites. À conditions égales, les gros débardeurs (p. ex. capacité de 10 tonnes) peuvent avoir une productivité jusqu'à deux fois supérieure à celle des machines de 5 tonnes de capacité, sans que leur coût horaire de fonctionnement ne soit deux fois plus important. Cependant, dans tous les cas, il importe d'assurer une utilisation raisonnable du porteur, sur deux postes par jour par exemple, pour atteindre les performances économiques souhaitées. Avec de gros porteurs, il faut souvent deux abatteuses pour soutenir la production sur deux postes par jour.

### Abatteuse-façonneuse de petites dimensions

L'arrivée sur le marché de petites têtes multifonctionnelles au cours des années 80 a favorisé l'utilisation d'une abatteuse-façonneuse de petites dimensions en Europe du Nord. Ainsi l'espacement des sentiers de débardage pouvait atteindre jusqu'à 35 m. La portée limitée du mât de ce type d'abatteuse suggère le recours à des *sentiers fantômes* insérés entre les sentiers de débardage (figure 8). Les sentiers fantômes sont utilisés exclusivement et à une seule reprise par l'abatteuse-façonneuse. Leur direction est parallèle à celle des sentiers de débardage. On retrouve un ou deux sentiers fantômes entre chaque sentier de débardage.

Selon cette approche, l'abatteuse-façonneuse prépare les sentiers de débardage à la faveur du poste de nuit en abattant les tiges qui s'y trouvent. Jusqu'à concurrence de la portée maximale de la flèche, un abattage sélectif est fait de chaque côté du sentier de débardage. Les billes sont déposées en bordure des sentiers de débardage. Les sentiers fantômes sont traités lorsque les conditions de visibilité sont favorables, habituellement le jour. Ils ont une faible largeur et sont sinueux pour permettre le maintien sur pied des tiges d'avenir. Les billes produites depuis les sentiers fantômes sont déposées sur les piles existantes le long des sentiers de débardage adjacents. Il est possible d'appliquer un tri des produits si le nombre de catégories reste modeste.

**Tableau 1. Caractéristiques des porteurs utiles aux systèmes d'éclaircie par bois courts**

Caractéristiques	Exemples de porteurs de bois courts appropriés
<ul style="list-style-type: none"> <li>• largeur &lt; 2,6 m</li> <li>• portée minimale de la flèche = 4,5 m</li> <li>• système de traction avec 4, 6, ou 8 roues motrices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timberjack 810b et 1010</li> <li>• Rottne-Rapid G</li> <li>• Valmet 646 et 840</li> <li>• JM2000</li> <li>• Turboforest TF-605</li> <li>• F4 Dion</li> <li>• Tree Farmer C5F</li> <li>• Rotobec F2000</li> <li>• Tracteurs agricoles et remorques, etc.</li> </ul>

Figure 7. Les porteurs de bois courts comme ce Timberjack 1010 peuvent circuler dans les sentiers étroits et demeurer productifs à cause de leur largeur raisonnable et d'une bonne capacité de chargement.



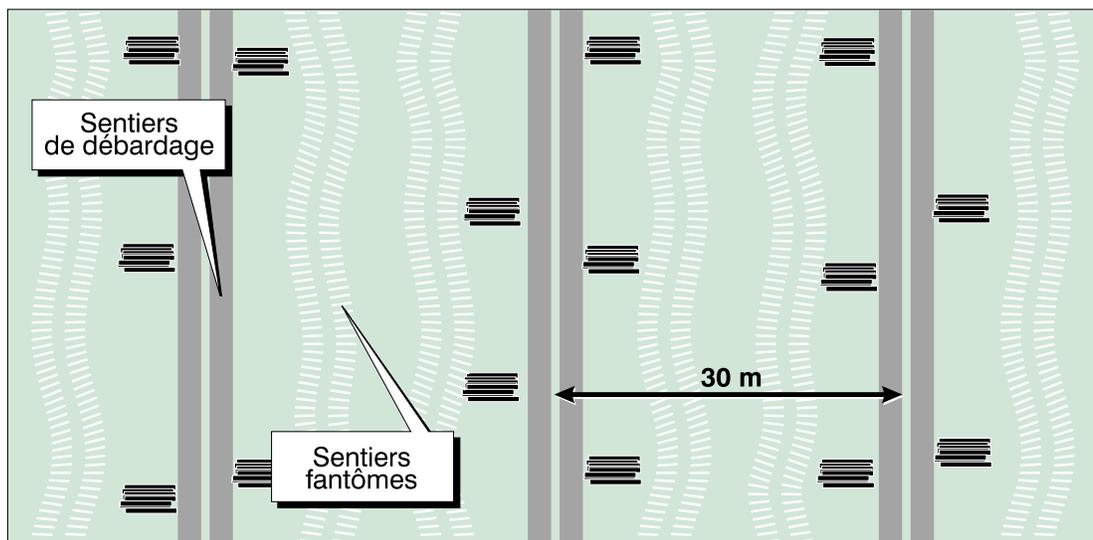


Figure 8. Répartition de sentiers de débardage et de sentiers fantômes. Cette répartition est caractéristique du travail des abatteuses-façonneuses de petites dimensions. Le travail en sentier fantôme est plus difficile et il est habituellement réservé aux postes de jour.

Le choix de l'espacement entre les sentiers de débardage et du nombre de sentiers fantômes dépendent de la densité du peuplement à traiter, de la longueur minimale des produits façonnés, de la portée efficace de la flèche et de la manœuvrabilité de l'abatteuse-façonneuse. La formule 1 propose un calcul théorique de l'espacement entre les sentiers de débardage :

$$\text{Espacement} = L + 2B + (2 \times P \times N) \quad (1)$$

où

L = largeur du sentier de débardage

B = longueur des billes produites

P = portée *effective* de l'abatteuse-façonneuse (c'est-à-dire, environ 85 à 90 % de la portée maximale)

N = nombre de sentiers fantômes (1 ou 2)

Par exemple, avec un sentier de 3,5 m de large, une machine dont la portée efficace du mât est de 6 m (portée maximale de 6,5 m) et qui produit des billes de 2,5 m pourrait théoriquement fonctionner dans un espacement de 20 m comportant un seul sentier fantôme. Il faut avoir à l'esprit que les billes produites en sentiers fantômes doivent être déposées près de la bordure du sentier de débardage, limitant ainsi la distance entre les deux types de sentiers. Avec deux sentiers fantômes, l'espacement peut en théorie être porté jusqu'à 33 m. Certains utilisateurs de ce type d'équipement réduisent l'espacement calculé parce que les

conditions de visibilité sont mauvaises ou parce que la sinuosité des sentiers fantômes ne permet pas une répartition idéale du prélèvement. Il est important de noter que le travail de l'abatteuse-façonneuse est plus difficile quand une forte proportion du traitement est réalisée avec la flèche en pleine extension. La productivité peut en souffrir et le risque de blessures aux tiges résiduelles peut augmenter.

L'utilisation des petites abatteuses-façonneuses présente de nombreux avantages dont le principal est le *coût d'achat réduit*. En effet, c'est dans cette gamme de machines (tableau 2) qu'on retrouve les abatteuses-façonneuses les moins coûteuses, soit entre 300 000 et 400 000 \$ par unité. Elles peuvent soutenir un programme intensif de travail pendant plusieurs années. Les exemples de ces équipements qui ont atteint 20 000 heures sont nombreux. Bien entendu, l'entretien et les réparations doivent se faire de manière appropriée car ces petites machines sont tout de même plus fragiles que les plus grosses.

La gamme de terrains qui peuvent supporter ces machines est plus restreinte et ceci constitue le principal inconvénient. Pour permettre une bonne manœuvrabilité dans les sentiers fantômes, les roues sont étroites mais la flottabilité est compromise. Les terrains doivent donc avoir une bonne solidité pour éviter un orniérage important. Les capacités réduites des têtes multifonctionnelles (diamètre de coupe inférieur à 38 cm) ou de la flèche

réduisent les possibilités de traitement de peuplements bien développés composés de plus grosses tiges.

### Abatteuse-façonneuse avec mât de longue portée

L'emploi d'abatteuses-façonneuses de moyennes ou de grosses dimensions munies d'une flèche de longue portée présente une option souvent utilisée en éclaircie commerciale

(tableau 3, figure 9). La longueur de la flèche de ces machines est généralement importante, environ 10 m. Pour permettre un tel déploiement, la tête multifonctionnelle devrait être d'un poids inférieur à 800 kg tout en ayant une capacité de coupe jusqu'à 50 cm. Puisque le châssis doit être très stable, sa largeur approche souvent 3 m. Ceci réduit les possibilités d'utilisation de ces machines dans des sentiers fantômes, car leur manœuvrabilité ne permet pas de garder un espacement raisonnable entre les tiges résiduelles tout en conservant celles qui ont les caractéristiques les plus souhaitables.

Le réseau de sentiers le plus approprié pour ces abatteuses-façonneuses comprend exclusivement des *sentiers de débardage parallèles espacés de 20 ou 25 m*. En balayant avec une flèche d'une portée de 10 m de chaque côté d'un sentier, l'opérateur peut atteindre tout l'espace entre les sentiers de débardage espacés de

Figure 9. L'abatteuse-façonneuse Valmet 901 avec mât télescopique peut fonctionner exclusivement à partir de sentiers de débardage grâce à la longue portée du mât.



**Tableau 2. Caractéristiques des abatteuses-façonneuses appelées à travailler en sentiers fantômes**

Caractéristiques	Exemples d'abatteuses-façonneuses de petites dimensions appropriées
<ul style="list-style-type: none"> <li>• largeur &lt; 2,2 m</li> <li>• portée minimale de la flèche = 6 m</li> <li>• tête multifonctionnelle &lt; 400 kg</li> <li>• système de traction avec 4, 6, ou 8 roues motrices, ou sur chenilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rottne 2000</li> <li>• Rocan T</li> <li>• Enviro</li> <li>• JM2000</li> <li>• Combi-Cut</li> <li>• Combinés divers sur tracteur agricole ou châssis d'excavatrice</li> </ul>

**Tableau 3. Caractéristiques des abatteuses-façonneuses avec mât à longue portée**

Caractéristiques	Exemples d'abatteuses-façonneuses appropriées avec mât à longue portée <sup>a</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• largeur &lt; 2,9 m</li> <li>• portée de la flèche = 9 à 11 m</li> <li>• tête multifonctionnelle &lt; 800 kg</li> <li>• système de traction avec 4, 6, ou 8 roues motrices, ou sur chenilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valmet 901C et 911</li> <li>• Timberjack 608B et 1270B</li> <li>• Pika 8500</li> <li>• Combiné Samsung/DT/Pan</li> <li>• Rottne SMV</li> </ul>

<sup>a</sup> Selon le choix du modèle de flèche.

20 m. S'il faut restreindre la proportion de sentiers de débardage sur le terrain à moins de 15 %, la largeur de sentier moyenne doit être inférieure à 3 m avec un espacement de 20 m. Ceci est difficile car il y a peu de porteurs de bois courts efficaces dans un sentier d'une telle largeur. Plusieurs gestionnaires de chantiers d'éclaircie choisissent donc un espacement de 25 m laissant une marge de manœuvre plus confortable avec un sentier plus large pour affronter des conditions de terrain difficiles ou pour contrôler les dommages aux tiges résiduelles. Avec cette approche, il n'est pas possible d'abattre les arbres au milieu d'une bande d'une largeur de 5 m sise à mi-chemin entre les sentiers. Plusieurs évaluations de la part de FERIC ont montré qu'il est toutefois possible d'atteindre les critères de qualité habituellement requis en forêt publique. L'emploi de cette méthode sur une base opérationnelle a été retenu pour plusieurs opérations d'éclaircie commerciale.

La souplesse opérationnelle offerte par ces équipements qui travaillent en sentiers de débardage de jour comme de nuit est leur principal avantage. Les déplacements de la machine sont moins importants que lorsqu'il y a des sentiers fantômes; la productivité est donc meilleure. Le coût d'achat élevé de ces abatteuses-façonneuses a toutefois un effet défavorable sur le coût de la récolte.

### Abatteuse-façonneuse de grosses dimensions

Les travaux récents de FERIC ont mis au point une méthode de travail en éclaircie com-

merciale, qui implique de la machinerie fonctionnant *habituellement en coupe totale*. Les abatteuses-façonneuses visées par ces travaux (figure 10) avaient comme principales caractéristiques l'ancrage du mât au centre de la machine ou l'absence de surplomb arrière de la tourelle en rotation (tableau 4). Les abatteuses-façonneuses avec traction sur roues, importées du nord de l'Europe, ou celles sur chenilles avec une tourelle particulièrement compacte ont ces caractéristiques. Les entrepreneurs qui possèdent ces abatteuses ont souvent sous la main un porteur qui peut travailler sur le réseau de sentiers spécialement adapté pour ces équipements.

Il existe de nombreuses occasions d'entreprendre des travaux d'éclaircie si on tient compte du fait que ces machines ont occasionnellement des saisons de durée limitée sur les chantiers de coupe totale. À la fin de l'hiver et au printemps, elles sont inactives pendant plusieurs semaines par manque de travail et de conditions de terrain acceptables. Toutefois il est encore fréquent de trouver des peuplements susceptibles d'être traités par éclaircie, sur terrain ferme, et desser-



Figure 10. Une abatteuse-façonneuse de grosses dimensions qui travaille habituellement en coupe totale, comme le Timberjack 1270, peut être utilisée pour des travaux d'éclaircie, évitant le recours à de l'équipement spécialisé. Une éclaircie de peuplements à proximité d'un chantier de coupe totale peut alors être envisagée.

**Tableau 4. Caractéristiques des abatteuses-façonneuses de grosses dimensions**

Caractéristiques	Exemples d'abatteuses-façonneuses de grosses dimensions appropriées
<ul style="list-style-type: none"> <li>• largeur &lt; 3 m</li> <li>• portée de la flèche = 7 à 8 m</li> <li>• tête multifonctionnelle</li> <li>• tourelle ou mât avec pivotement dans un espace restreint</li> <li>• système de traction avec 4, 6, ou 8 roues motrices, ou sur chenilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valmet 911, 901C et 500T</li> <li>• Timberjack 608B et 1270B</li> <li>• Rottne SMV</li> <li>• Combinés avec châssis Timbco, John Deere 653E, Fabtek FT-133</li> <li>• Tigercat 845B</li> <li>• Prentice 620</li> </ul>

vis par un chemin permanent. Dans ce cas, l'éclaircie commerciale devient particulièrement intéressante parce qu'il n'est pas requis de faire des investissements majeurs pour l'acquisition d'équipement spécialisé.

Les opérations d'éclaircie utilisant le réseau de sentiers illustré à la figure 11 peuvent être adaptées à des abatteuses-façonneuses de grandes dimensions. Ce réseau comprend deux types de sentiers. Les sentiers primaires (bande A, figure 11) permettent la circulation de la machinerie (abatteuses et porteurs). Leur largeur doit tenir compte de l'efficacité du porteur disponible à se déplacer dans un espace restreint. L'espacement entre les sentiers de débardage peut être important (jusqu'à 33 m), permettant ainsi de maintenir la proportion du terrain couverte par ces sentiers en deçà de 15 %. Les sentiers secondaires (bande B, figure 11) sont utilisés exclusivement par les abatteuses-façonneuses à l'instar des sentiers fantômes décrits précédemment. Puisque les sentiers secondaires forcent le prélèvement d'environ 20 % de la surface terrière dans les deux bandes qui bordent le sentier primaire, celles-ci ne peuvent supporter un prélèvement sélectif important. La sélection des arbres défectueux ou de petit diamètre est faite dans les bandes C depuis la position de l'abatteuse au fond des sentiers secondaires (figure 11).

La longueur des sentiers secondaires a fait l'objet de deux études comparatives qui ont conclu que ces sentiers devaient être les plus longs possible. La longueur maximale est déterminée par la capacité de déposer les billes en bordure

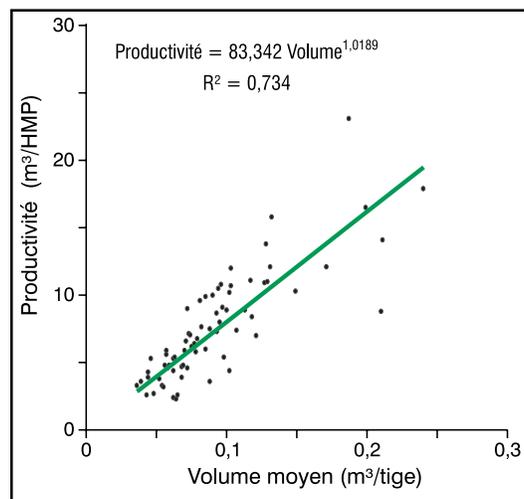
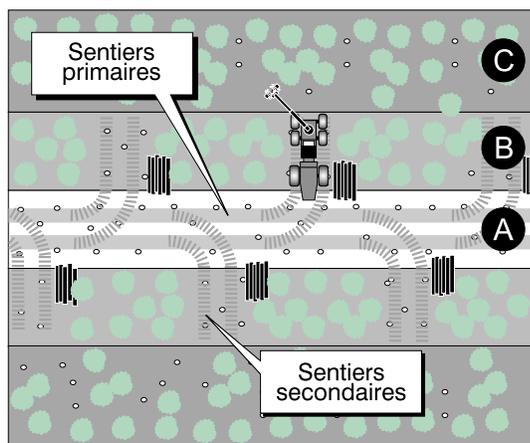
du sentier primaire. C'est au moment du travail en sentier secondaire que les caractéristiques des équipements décrits au tableau 4 ont le plus d'importance. Si le pivotement du mât ou de la tourelle ne peut être contenu dans un espace restreint, plus d'espace est requis pour éviter les dommages aux tiges résiduelles, et les sentiers secondaires peuvent entraîner des trouées indésirables dans le couvert. Il faut que la largeur des sentiers secondaires soit la plus petite possible pour qu'on puisse éventuellement contrôler la répartition du prélèvement sélectif. L'espacement des sentiers secondaires est donc tributaire de la largeur du sentier primaire (bande A), de la longueur des sentiers secondaires (bandes B), et de la largeur des bandes C qui dépend de la portée du mât de l'abatteuse-façonneuse.

### Productivité

La figure 12 illustre la relation entre le volume moyen et la productivité d'abatteuses-façonneuses de toutes dimensions en éclaircie commerciale. Les observations utilisées pour le calcul de l'équation ont été faites récemment dans des chantiers d'éclaircie de peuplements résineux naturels ou de plantations d'épinette. L'expérience des opérateurs variait de moyenne (3 à 6 mois en éclaircie) à très bonne (plus de 6 mois). Le volume moyen par tige est la variable qui expliquait le mieux les variations de la productivité de l'abatteuse-façonneuse. L'analyse détaillée des données n'a pas permis d'améliorer la fiabilité de prédiction pour un mode particulier de traitement ou pour le ni-

Figure 11. (à gauche) Plusieurs essais ont permis de vérifier que ce réseau de sentiers convenait à l'atteinte des normes de traitement. Les sentiers secondaires favorisent un plus grand espacement des sentiers de débardage et une bonne répartition du prélèvement au même titre que les sentiers fantômes.

Figure 12. (à droite) Relation entre le volume moyen par tige et la productivité des abatteuses-façonneuses. Établie à partir d'observations de courte durée, cette relation peut servir à prédire la productivité d'abatteuses-façonneuses en éclaircie pour des opérateurs moyennement ou bien expérimentés.



veau d'expérience de l'opérateur. Les travaux futurs auront notamment pour but de mieux connaître les effets de différents facteurs organisationnels.

### **Système par bois courts avec abattage manuel**

Lorsque la main-d'œuvre est disponible pour l'abattage manuel des arbres, il est intéressant de remarquer que la sélection peut se faire sans tenir compte des contraintes habituelles de l'abattage mécanisé : accès réduit par les tiges résiduelles, faible niveau de blessures, portée du mât, etc. L'abattage manuel peut donc permettre une sélectivité accrue menant à une meilleure qualité de traitement. Deux variantes pour la production de bois courts sont possibles et elles se distinguent par le moyen utilisé pour le façonnage (manuel ou mécanisé).

#### **Abattage-façonnage entièrement manuel**

L'emploi du système de récolte par abattage-façonnage manuel de bois tronçonnés a permis à de nombreuses entreprises forestières de développer leur expertise en éclaircie commerciale. Parmi les raisons qui motivent le choix de ce procédé, on doit mentionner que ce système n'exige pas d'investissement important de la part des intervenants impliqués et favorise une intéressante création d'emplois. Il suffit de pouvoir engager un porteur de bois courts pendant quelque temps à la fin d'une période au cours de laquelle une équipe de bûcherons aura préparé les bois. Après avoir choisi un arbre à abattre selon les priorités établies par la prescription, le bûcheron l'abat, l'ébranche et le tronçonne avant de procéder à l'em-

pilement des billes en bordure du sentier. Cette dernière tâche est souvent longue et exténuante. La productivité du bûcheron en souffre au point où la viabilité des travaux est mise en péril.

La productivité est influencée par le volume moyen par tige naturellement, par l'encombrement excessif causé par les tiges non marchandes, par la distance entre les sentiers de débardage (distance d'empilage), et par les conditions de terrain dans une certaine mesure. Les résultats des observations de FERIC ont aussi montré que la productivité variait beaucoup d'un travailleur à l'autre selon son habileté au maniement de la scie à chaîne ou son endurance. Ainsi pour la production de billes de 1,2 m, de 2,54 m ou de 3 m, la productivité variait de 0,67 à 1,50 m<sup>3</sup>/heure productive lorsque le volume moyen était de 0,05 à 0,10 m<sup>3</sup>/tige. Les coûts d'abattage-façonnage sont donc élevés avec de telles productivités et un taux horaire élevé de main d'œuvre. De plus, les coûts des avantages marginaux et de la scie sont importants.

Le travail de débardage dans les opérations manuelles est comparable à ce qui est habituellement observé sur les chantiers entièrement mécanisés. La largeur des sentiers doit aussi être soigneusement contrôlée pour la gestion du pourcentage de recouvrement des sentiers. Il faut éviter un espacement important qui entraînerait une grande distance d'empilement, ce qui réduit la productivité du bûcheron. À cet effet, l'emploi d'un porteur muni d'une flèche à grande portée (par exemple 10 m sur le porteur présenté à la figure 13) permettrait de réduire la distance d'empilement et



Figure 13. Un porteur muni d'une longue flèche peut réduire les besoins d'empilage manuel par les bûcherons qui abattent et façonnent les billes.

aiderait à soutenir la productivité des travailleurs. Sur tous les chantiers, il est recommandé d'utiliser des porteurs de *capacité supérieure à 6 m<sup>3</sup>* qui sont plus efficaces et peuvent être munis d'une longue flèche, laissant une plus grande marge pour la rémunération des bûcherons.

### Abattage manuel et façonnage mécanisé

Cette variante du système de bois courts avec abattage manuel implique un façonnage mécanisé. L'ébranchage et le tronçonnage sont effectués par une façonneuse dont la configuration et le fonctionnement sont plus simples que chez les abatteuses-façonneuses. L'emploi de

façonneuses permet aussi de réduire l'empilage manuel des billes. La machine peut saisir les arbres s'ils sont abattus à sa portée. Certaines de ces machines, comme la Niab 5-15 (figure 14) montée sur tracteur agricole, sont munies d'un court mât et d'un treuil pour approcher les arbres en vue du façonnage. D'autres, comme la Marquis DS-1000 (figure 15), requièrent toutefois que les arbres soient placés en bordure du sentier pour qu'ils puissent être saisis avec la courte flèche. La disposition des arbres après l'abattage dépend donc étroitement du type de façonneuse utilisée. Lorsqu'il faut grouper les tiges en bordure des sentiers, il convient d'employer un treuil avec un câble dont la portée peut atteindre 30 m. Des débardeurs ou des petits tracteurs sont utilisés pour grouper de 5 à 10 arbres par treuillage. Le schéma présenté à la figure 16 illustre la disposition des bois avec ce système.

Les études du système utilisant une façonneuse ont montré la viabilité de cette approche. Par exemple, avec une façonneuse Niab 5-15, les coûts combinés d'abattage-façonnage ont atteint près de 25 \$/m<sup>3</sup> pour des tiges de 0,13 m<sup>3</sup> en moyenne. Lorsque l'abattage et le groupage étaient distincts du façonnage fait par une Marquis DS-1000 dans un autre cas, les coûts d'abattage-façonnage ont été de 19 \$/m<sup>3</sup> environ pour des tiges d'un volume de 0,095 m<sup>3</sup>. Ces exemples indiquent que l'introduction d'une mécanisation légère en complément de l'abattage manuel permet de réduire les coûts tout en assurant le maintien à l'emploi de forestiers aguerris au travail à la scie mécanique.

La plupart des façonneuses sont des accessoires montés sur une variété de porte-outils (tableau 5). On retrouve des tracteurs agricoles dont l'arbre de prise de force peut actionner une pompe hydraulique autonome de la façonneuse. La mobilité en forêt des tracteurs de moyennes dimensions à quatre roues motrices est suffisante pour la plupart des terrains; le treuil permet de contourner les difficultés de terrain tout en rejoignant les arbres abattus. D'autres têtes de façonnage peuvent être montées à l'extrémité du mât d'une excavatrice légère sur chenilles, ou sur un porteur de bois courts. La puissance requise pour le fonc-

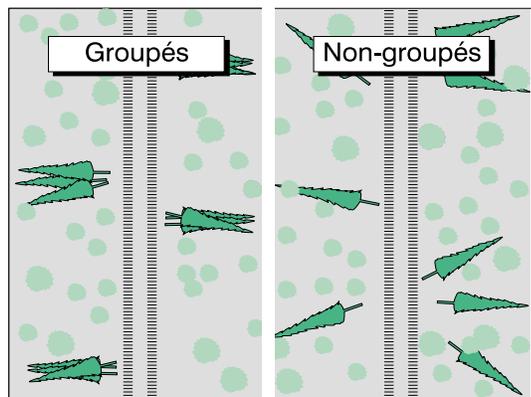
Figure 14. La façonneuse Niab 5-15 montée sur tracteur Valmet est munie d'un treuil qui sert à amener les arbres près du sentier.



Figure 15. La façonneuse Marquis DS-1000 manipule les tiges depuis les empilements assemblés en bordure du sentier par les bûcherons, au moyen d'un treuil sur débardeur ou sur tracteur.



Figure 16. Les arbres sont groupés pour la façonneuse Marquis (à gauche) ou laissés à la souche pour la façonneuse Niab (à droite).



**Tableau 5. Caractéristiques des façonneuses pour l'éclaircie commerciale**

Caractéristiques	Exemples de façonneuses appropriées
<ul style="list-style-type: none"> <li>• largeur &lt; 3 m</li> <li>• portée de la flèche = 3 à 6 m ou plus</li> <li>• utilisation du treuil</li> <li>• entraînement à flèche ou à rouleaux</li> <li>• système de traction : 4, 6, ou 8 roues motrices, ou sur chenilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métal Marquis DS-1000</li> <li>• Niab 5-15</li> <li>• Hypro 500</li> <li>• Inchworm</li> <li>• Nokka 400</li> <li>• Arbro 120</li> <li>• Patu 40HE</li> </ul>

tionnement est habituellement fournie par le système hydraulique du porteur.

### Système par arbres entiers entièrement mécanisé

La production entièrement mécanisée d'arbres entiers représente un troisième système d'éclaircie commerciale. C'est une approche intéressante du fait que les produits de l'éclaircie peuvent être intégrés aux produits habituels qui alimentent une usine de transformation dont les installations de réception sont configurées pour accueillir de préférence les bois en longueur. Ainsi la gestion des stocks est simplifiée et le transport par camions peut être fait avec le même parc d'équipements.

L'utilisation d'abatteuses directionnelles (figure 17) est relativement récente et leur mode de fonctionnement fait encore l'objet d'examen et pourrait éventuellement être modifié. Ces machines sont habituellement des excavatrices petites de 10 à 15 tonnes, dont le surplomb arrière de la tourelle est relativement court (moins de 1 m). Elles sont munies d'une tête d'abattage directionnel comme celles fabriquées par Hultdins. La portée du mât de la machine peut atteindre 8 m, ce qui lui permet de fonctionner sur un réseau de sentiers principaux et secondaires comme celui illustré à la figure 11. Ce type d'équipement a un coût de fonctionnement horaire d'environ 80 \$/HMP, ce qui est relativement peu élevé. C'est un équipement qui peut aussi servir pour des travaux de jardinage dans des peuplements de feuillus tolérants ou pour la récolte de peuplements mixtes où le façonnage des tiges feuillues est problématique.



Figure 17. L'abatteuse directionnelle Hitachi avec tête Hultdins fait l'abattage et le groupage en vue du débarquement dans un peuplement d'épinette noire.

Les travaux documentés en 1998 ont permis d'estimer à 7,50 \$/m<sup>3</sup> en moyenne les coûts d'abattage de tiges de 0,089 m<sup>3</sup>. L'opérateur arrivait à abattre en moyenne 117 tiges/HMP et à les grouper en bordure du sentier de débarquement. En considérant l'utilisation d'un débardeur à câble de dimensions moyennes et l'ébranchage en bordure de route, le coût de production des bois longs avant camionnage a été estimé à 21,75 \$/m<sup>3</sup>.

Comme ces équipements sont relativement nouveaux en forêt et particulièrement en éclaircie commerciale, on ne peut en établir les caractéristiques idéales. Toutefois la règle qui suggère qu'un long mât portant l'outil de coupe est préférable prévaut encore, car l'utilisation obligée de sentiers secondaires vise à compenser le manque de portée de ces excavatrices. Des essais menés à l'hiver 1999 ont permis de confirmer que l'utilisation d'une abatteuse-groupeuse avec un réseau de sentiers primaires et secondaires peut aussi être une option viable pour l'éclaircie commerciale par arbres entiers.

## Système par bois longs avec abattage manuel

Le dernier système présenté implique l'abattage manuel avec ou sans ébranchage à la souche. C'est en général la disponibilité des travailleurs et de leurs équipements (par exemple, débardeur à câble) qui facilite le choix de ce système. Ces travailleurs sont experts à l'usage de leurs outils, mais leur travail est cependant différent en éclaircie car l'encombrement du peuplement résiduel augmente la difficulté du travail. Ceci entraîne le déploiement d'efforts accrus pour la manipulation du câble du treuil et des élingues. Le travail de bûcheur est aussi plus exigeant physiquement.

Habituellement les débardeurs utilisés sont de dimensions moyennes (p. ex. Timberjack 230 ou 240, Tree-Farmer C5) et ont une largeur qui permet les déplacements dans des sentiers relativement étroits. Les travailleurs doivent laisser en bordure du sentier des arbres qui serviront de tampon et seront éventuellement endommagés. Ils seront abattus lorsque les dernières charges du sentier seront débardées. Habituellement lorsque l'opération se fait par arbres entiers, les équipes se composent d'un opérateur de débardeur et d'un abatteur. Lorsqu'il y a ébranchage à la souche, il arrive que deux abatteurs soient associés à l'opérateur du débardeur pour soutenir la production de ce dernier. Une fois le sentier de débardage dégagé, l'abattage sélectif est fait le long de corridors de treuillage répartis de chaque côté du centre à un angle de 45 degrés. La longueur de ces corridors dépend de l'espace entre les sentiers de débardage. Il est raisonnable de faire l'abattage sélectif à partir du fond du bloc de façon à pouvoir récolter les arbres tampons. Ainsi aucun passage additionnel du débardeur ne viendrait ajouter aux risques de dommage.

Ce type d'opération par bois longs (arbres entiers ou troncs entiers) demande un effort particulier pour maximiser la charge du débardeur en éclaircie commerciale. En effet, la quantité de tiges préparées le long d'une longueur de câble est nettement insuffisante pour la capacité du débardeur. Il faut souvent

combiner la cueillette de deux corridors de treuillage pour atteindre un volume raisonnable. Par ailleurs, il existe des accessoires qui permettent de réduire les manipulations excessives d'élingues et de câbles : *treuil à double tambour, télécommande de treuil, jeux d'élingues détachables, câble long et léger en fibre synthétique, etc.*

Lorsque la distance de débardage est relativement longue, l'abatteur doit attendre le retour du débardeur, alors que l'opérateur du débardeur doit laisser le temps à son abatteur de préparer les tiges lorsque la jetée n'est pas très éloignée. La gestion du temps et des tâches de chacun des équipiers doit faire l'objet d'un examen précis pour ne donner qu'un montant raisonnable de pauses et de temps d'attente. Un tel exercice fait dans le cadre d'une étude de FERIC a suggéré de séparer les activités d'abattage-treuillage (comportant deux ouvriers) de celles du débardage proprement dit où un seul opérateur déplacerait les piles de tiges laissées en bordure des sentiers.

L'étude d'un système par arbres entiers sur la Côte Nord où étaient récoltés des arbres d'un volume de 0,098 m<sup>3</sup>/tige a montré une productivité de 41 tiges/HMP (4,1 m<sup>3</sup>/HMP) avec une distance moyenne de 150 m. Il en coûtait donc 20,50 \$/m<sup>3</sup> avant ébranchage. Lors d'une évaluation d'un système par troncs entiers dans le Témiscouata, la productivité moyenne avec des tiges d'un volume moyen de 0,128 m<sup>3</sup>/tige était de 23 tiges/HMP (2,95 m<sup>3</sup>/HMP). Les coûts d'abattage, d'ébranchage et de débardage étaient d'environ 28,50 \$/m<sup>3</sup>. Dans les deux cas, il aurait été plus efficace de s'en tenir à un espacement plus court entre les sentiers de débardage et ainsi d'augmenter la productivité tout en atteignant les critères de qualité prévus.

## Sommaire des quatre systèmes

Le tableau 6 résume les avantages, les inconvénients, les productivités normales, le contexte d'utilisation, les étapes de production et le niveau d'investissement de chaque système de récolte pour l'éclaircie commerciale.

**Tableau 6. Synthèse des informations relatives aux différents systèmes**

	Bois courts		Arbres entiers, entièrement mécanisé	Bois longs avec abattage manuel
	Entièrement mécanisé	Avec abattage manuel		
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Système éprouvé</li> <li>• Coûts de production acceptables</li> <li>• Faible largeur des sentiers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible largeur des sentiers</li> <li>• Bonne sélectivité des tiges à abattre</li> <li>• Permet une importante création d'emplois</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abatteuse polyvalente</li> <li>• Coûts de production acceptables</li> <li>• Entretien mécanique modéré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité des équipements</li> <li>• Permet une importante création d'emplois</li> </ul>
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longue période de formation des opérateurs</li> <li>• Rareté des opérateurs formés</li> <li>• Entretien mécanique complexe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coûts de production élevés</li> <li>• Frais de supervision élevés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largeur des sentiers moyenne à importante</li> <li>• Système encore peu éprouvé</li> <li>• Risques élevés de dommages aux tiges résiduelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coûts de production élevés</li> <li>• Risques élevés de dommages aux tiges résiduelles</li> <li>• Frais de supervision élevés</li> </ul>
Productivité normale à l'abattage (0,07 m <sup>3</sup> /tige)	5 à 7 m <sup>3</sup> /HMP	0,6 à 1,5 m <sup>3</sup> /HP	5 à 7 m <sup>3</sup> /HMP	2,0 à 3,5 m <sup>3</sup> /HP
Contexte d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importante surface à traiter annuellement</li> <li>• Disponibilité d'entrepreneurs aguerris</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité de main-d'œuvre</li> <li>• Peu de volumes annuels à récolter en éclaircie commerciale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité d'entrepreneurs aguerris</li> <li>• Réception de bois longs à l'usine</li> <li>• Possibilité de jardinage mécanisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réception de bois longs à l'usine</li> <li>• Disponibilité de main-d'œuvre</li> </ul>
Étapes de production	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abattage-façonnage</li> <li>2. Débardage</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abattage-façonnage</li> <li>2. Débardage ou</li> <li>1. Abattage</li> <li>2. Façonnage</li> <li>3. Débardage</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abattage</li> <li>2. Débardage</li> <li>3. Ébranchage</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abattage-ébranchage-débardage ou</li> <li>1. Abattage-débardage</li> <li>2. Ébranchage</li> </ol>
Investissement requis	Élevé	Faible	Moyen	Faible

## Conclusions

Le guide du gestionnaire de projets d'éclaircie commerciale donne une synthèse de l'information nécessaire à la mise en place d'un tel chantier. Il est clair que la maîtrise de l'art de l'éclaircie par les praticiens forestiers ne saurait être déjà atteinte et le présent document doit se contenter de n'en présenter que les rudiments. L'évolution attendue du traitement et de ses conditions d'application laisse entrevoir trois différentes étapes importantes dans le développement d'une sylviculture intensive : le traitement des peuplements naturels les plus accessibles, le traitement de peuplements naturels au sein de grands massifs non matures, et le traitement de forêts sous aménagement intensif (traitées préalablement par éclaircie précommerciale). Les recommandations faites ici ne s'appliquent certainement pas à toutes les situations sans modification.

La gestion de ces travaux s'appuiera sur une expérience grandissante au sein de la communauté des forestiers. Il est important de noter que les défis de gestion vont changer au fur et à mesure de l'application à grande échelle de l'éclaircie commerciale. La connaissance des réactions de la forêt aux différentes formes possibles de traitement sera à l'avenir une des forces principales qui dirigeront le déroulement de ces travaux. Dans l'attente de ces informations, les forestiers devront maîtriser ces opérations en fonction des conditions locales et faire l'examen des différentes variantes utiles.

## Mise en application

- Accorder autant d'importance au développement de l'expertise, à la sélection des peuplements et à la gestion des chantiers d'éclaircie qu'à la sélection des équipements et des moyens de récolte.
- Établir les caractéristiques minimales acceptables des produits (diamètre, longueur, taux de sous-diamètre, etc.) avec les utilisateurs des différents produits de l'éclaircie.
- Établir les critères de sélection et les caractéristiques dendrométriques des peuplements à traiter en tenant compte des objectifs du plan général d'aménagement.

- Assurer le contrôle des opérations par un suivi technique serré pour permettre une rétroaction rapide. Un taux d'échantillonnage d'une parcelle-échantillon par hectare avant et après traitement est suggéré.
- Porter une attention spéciale à la densité des tiges non marchandes avant traitement et au prélèvement pour assurer une viabilité de l'opération.
- Choisir le système et les équipements en considérant le développement à long terme du traitement pour motiver les investissements en capitaux et créer des conditions favorables pour les entrepreneurs.
- Favoriser les options de mécanisation qui permettent l'utilisation maximale des équipements pour minimiser les coûts. Par exemple, il est souhaitable d'agencer la productivité des unités d'abattage-façonnage avec la productivité du débardage; il faut permettre le travail sur deux postes par jour.
- Favoriser la main-d'œuvre déjà expérimentée à la sélection des tiges et à l'abattage manuel lors de l'application d'une mécanisation progressive.

## Liste des publications de FERIC sur l'éclaircie commerciale

### Système par bois courts entièrement mécanisé

- Ewing, R.H.; Lirette, J. 1995. Éclaircie commerciale dans le pin rouge à l'aide d'une abatteuse-façonneuse Valmet 544H. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-8. 2 p.
- Ewing, R.H.; Lirette, J. 1997. Éclaircie commerciale à l'aide d'une excavatrice à chenilles Komatsu PC-60 équipée d'une tête Tapio 400. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-13. 2 p.
- Ewing, R.H.; Lirette, J. 1998. Éclaircie commerciale à l'aide du système de coupe en bois tronçonnés JM 2000. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-17. 2 p.
- Ewing, R.H.; Lirette, J. 1999. Éclaircie commerciale en terrain difficile à l'aide de l'abatteuse-façonneuse Valmet 901C. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-28.

Meek, P. 1994. Éclaircir les bandes riveraines avec la Valmet 901. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Abattage-22. 2 p.

Meek, P. 1997. Évaluation d'une abatteuse-façonneuse Combicut 4.3S en coupe d'éclaircie commerciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-11. 2 p.

Meek, P. 1999. Facteurs affectant la productivité des équipements en éclaircie commerciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Fiche technique FT-285. 10 p.

Meek, P. 1999. Système d'éclaircie commerciale par bois tronçonnés avec deux abatteuses-façonneuses en tandem. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-29. 2 p.

Meek, P. L'effet du volume moyen par tige récoltée en éclaircie commerciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. (Avantage en préparation).

Meek, P.; Ewing, R.H.; Lirette, J. Utilisation des sentiers secondaires par des abatteuses-façonneuses pour l'éclaircie commerciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. (Avantage en préparation).

Meek, P.; Simard, P. 2000. Optimisation de la distance de débardage en éclaircie commerciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Avantage 1(12). 8 p.

Richardson, R. 1993. Coupes d'éclaircie avec l'abat-teuse-façonneuse Valmet 901. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Abattage-19. 2 p.

Richardson, R.; Gingras, J.-F. 1995. Coupe progres-sive et éclaircie commerciale de peuplements rési-neux au moyen de l'abat-teuse-façonneuse Valmet 701. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-5. 2 p.

### **Système par bois courts avec abattage manuel**

Ewing, R.H. 1994. Façonneuse Hypro 450 montée sur tracteur. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Façonnage-38. 2 p.

Ewing, R.H.; Lirette, J. 1998. Éclaircie commerciale à l'aide d'une façonneuse Niab 5-15 et d'un mini-porteur prototype Fortrans. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-19. 2 p.

Ewing, R.H.; Lirette, J. L'effet des différentes métho-des de travail sur les conditions d'exécution d'éclaircie commerciale manuelle. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. (Avantage en préparation).

Ewing, R.H.; Soucy, M. Utilisation d'un treuil porta-tif pour les travaux manuels d'éclaircie commer-ciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. (Avantage en préparation).

Meek, P. 1998. Évaluation de deux systèmes semi-mé-canisés de coupe par bois tronçonnés en éclaircie commerciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-20. 2 p.

Meek, P.; Gingras, J.-F.; Ewing, R.H. 1999. Évalua-tion de systèmes d'éclaircie commerciale par bois tronçonnés avec abattage-façonnage manuel. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Fiche technique FT-288. 6 p.

Richardson, R. 1987. Évaluation de la tête d'ébran-chage-tronçonnage Vimek G30. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Fiche tech. FT-99. 16 p.

### **Système par arbres entiers entièrement mécanisé**

Ewing, R.E.; Lirette, J. 1999. Emploi d'abat-teuses di-rectionnelles dans des opérations d'éclaircie com-merciale par arbres entiers. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-26. 2 p.

Meek, P. 1999. Éclaircie commerciale par arbres en-tiers avec une abatteuse-groupeuse Tigercat 845. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-27. 2 p.

### **Système par bois longs avec abattage manuel**

Cadorette, P.; Ewing, R.H.; Lamarche, G.; Dansereau, J.P. 1993. Guide d'utilisation du tracteur de ferme pour la production de bois longs. Office des pro-ducteurs de bois de la région de Québec, Québec, Qué. et Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. 62 p.

Ewing, R.H.; Lirette, J. 1998. Éclaircie commerciale semi-mécanisée avec débusquage à l'aide de che-vaux. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-22. 2 p.

Ewing, R.H.; Lirette, J. 1999. Éclaircie commerciale semi-mécanisée en troncs entiers à l'aide de dé-bardeurs à câble. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-23. 2 p.

Gingras, J.-F.; Favreau, J. 1998. Éclaircie commerciale en plantations de pin gris. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Comm. tech. Coupe partielle-18. 2 p.

Meek, P.; Simard, P. 2000. Optimisation de la distance de débardage pour un chantier d'éclaircie com-merciale. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Avantage 1(12). 8 p.

## **Remerciement**

La rédaction de ce document a été finan-cée en partie par le programme de mise en valeur du milieu forestier du ministère des Ressources naturelles du Québec.

## Annexe Crédits de droits de coupe accordés en forêt publique du Québec en 2000–2001

	Valeur (\$/ha)	
	Avec martelage	Sans martelage
Résineux : dhp moyen des tiges récoltées (cm)		
10 à 10,9	1255	1110
11 à 11,9	1050	905
12 à 12,9	885	740
13 à 14,9	705	560
15 et plus	540	395
Mélangés à feuillus tolérants et intolérants	560	—
Feuillus tolérants et intolérants	240	—



# Avantage



## Division de l'Ouest

2601 East Mall  
Vancouver, BC, V6T 1Z4

☎ (604) 228-1555  
📠 (604) 228-0999  
✉ admin@vcr.feric.ca

## Siège social

580, boul. St-Jean  
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9

☎ (514) 694-1140  
📠 (514) 694-4351  
✉ admin@mtl.feric.ca

## Division de l'Est

580, boul. St-Jean  
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9

☎ (514) 694-1140  
📠 (514) 694-4351  
✉ admin@mtl.feric.ca