



Optimiser les résultats de la **CPRS**

Coupe avec protection
de la régénération
et des sols

Guide de saines pratiques

Table des matières

2 Introduction	32 Choix des pratiques	41 Aides à la planification et au suivi
4 Contexte et enjeux	32 Occupation des sentiers et protection de la régénération	41 Aide à la planification globale
4 Importance de la régénération naturelle préétablie	33 Utilisation de sentiers-fantômes	42 Aide au suivi des opérations (occupation de sentiers)
5 L'importance du sol	34 Retour des débris pour mitiger l'orniérage (arbres entiers)	45 Éléments d'un système de contrôle
8 Impact de l'orniérage	35 Les opérations d'hiver	47 Remerciements
9 Humidité du sol et orniérage	35 En topographie accidentée	48 Références
11 Notions d'interaction machine/terrain	38 Développer les connaissances propres au contexte local	
13 Les procédés de récolte	38 Les équipements spécialisés	
14 Caractéristiques et recommandations applicables aux procédés de récolte	40 Équipes mixtes	
15 Arbres entiers		
23 Bois tronçonnés		
31 Récolte par troncs entiers		

Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC)

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 2006. Imprimé au Canada sur du papier recyclé fabriqué par une compagnie membre de FERIC.

Optimiser les résultats de la CPRS

Guide de saines pratiques

NON Réservé aux membres et partenaires de FERIC

Jean A. Plamondon
Division de l'Est
Institut canadien de recherches en génie forestier

Mars 2006
Avantage Vol. 7 N°6

Mots clés

CPRS; Protection de la régénération; Régénération naturelle;
Perturbation du sol; Orniérage; Arbres entiers; Bois tronçonnés;
Troncs entiers; Méthodes de récolte; Équipements de récolte.

Introduction

Le Québec mise déjà depuis plusieurs années sur la régénération naturelle pour assurer le maintien de ses forêts au fil des opérations de récolte. Le Guide d'utilisation de la coupe avec protection de la régénération (CPR) - abattage mécanisé (Canuel, 1989) a jeté les bases de pratiques qui sont actuellement appliquées dans la majorité des coupes de régénération faites dans les forêts du domaine public. De façon à accentuer la protection de la régénération, qui était particulièrement protégée entre les sentiers, la CPR a évolué par l'ajout de dispositions concernant la concentration du déplacement des machines sur le parterre de coupe dans des sentiers bien définis. L'ajout du volet sol (CPRS) visait donc non seulement à favoriser une meilleure protection de la régénération en réduisant l'importance relative des sentiers par rapport au bloc de coupe, mais aussi à limiter les dommages au sol. Ce traitement est défini dans le cadre du Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public (RNI). Dans la foulée des objectifs associés au développement durable, le maintien de la capacité de production des sols forestiers est notamment devenu une préoccupation de premier plan. C'est ainsi que des objectifs de réduction de l'orniérage devront être intégrés aux plans généraux d'aménagement forestier (PGAF) à partir de 2008.

Pendant cette même période, les équipements de récolte ont connu une évolution remarquable, non seulement dans la nature des procédés, mais aussi en termes de productivité. Un exemple extrême de cette évolution : la moissonneuse Koehring a fait place à l'abatteuse-façonneuse et au porteur modernes.

Le désir d'atteindre plusieurs objectifs environnementaux, combiné à l'évolution de la machinerie maintenant employée et aux connaissances acquises à l'égard de son utilisation, rendait nécessaire de faire le point sur les meilleures pratiques à favoriser lors des opérations de récolte, de façon à optimiser les résultats obtenus avec la CPRS. C'est dans ce but que l'Institut canadien de recherches en génie

forestier (FERIC) a réalisé un programme conjoint de recherche appliquée avec l'appui financier du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) et la collaboration de l'industrie.

Ce guide présente les principales connaissances acquises sur les questions de régénération et de sol, en rapport avec les caractéristiques pertinentes des équipements de récolte les plus employés. Il vise à fournir des renseignements utiles à ceux qui sont appelés à réaliser, à superviser et à planifier les opérations de CPRS. Les méthodes et pratiques décrites n'ont pas la prétention d'être exhaustives car la diversité des contextes d'opération dans les forêts québécoises rend les généralisations hasardeuses. Elles devraient toutefois être utiles aux intervenants dans l'élaboration de leur plan d'aménagement en leur fournissant des informations qui leur permettront de rencontrer les objectifs poursuivis et de s'adapter aux contraintes associées aux opérations forestières d'aujourd'hui, ainsi qu'aux diverses conditions de site rencontrées.

Contexte et enjeux

Importance de la régénération naturelle préétablie

Le suivi de coupes réalisées depuis les années soixante a démontré que plusieurs peuplements pouvaient se régénérer naturellement de façon satisfaisante (c'est-à-dire en montrant un coefficient de distribution de la régénération (CDR) de 60 % ou plus) après 15 ans (Clemmer et al., 1978). Plus récemment, ce fait a été observé pour des peuplements 30 ans après la coupe (Ruel et al., 1998; Laffèche et al., 2004). À l'époque, les méthodes de récolte étaient assez différentes de celles d'aujourd'hui, et aucune attention particulière n'était apportée à la protection de la régénération pendant la récolte. La quantité importante de travaux de recherche réalisés sur la régénération naturelle des peuplements d'épinette noire et de sapin a appuyé l'approche sylvicole misant sur cette forme de régénération pour reconstituer les peuplements. En effet, la régénération naturelle préétablie montre un taux de croissance souvent supérieur à celui de plants; de plus, sa hauteur habituellement plus élevée lui donne un avantage face à la compétition. La contribution de la

haute régénération (figure 1) au volume marchand des peuplements de seconde venue a été reconnue (Pothier et al., 1995; Pothier, 1996) et justifie l'apport de soins accrus à sa protection pendant la récolte. Cela s'est traduit également par l'apparition de la coupe avec protection de la haute régénération et des sols (CPHRS) dans le Manuel d'aménagement forestier.



Figure 1. Haute régénération présente immédiatement après une CPRS.

Hormis les avantages sur le plan du rendement ligneux, compter sur la régénération naturelle assure également le maintien de la diversité

biologique en conservant les espèces présentes et en utilisant des processus naturels qui perpétuent les stocks génétiques locaux. Une reconstitution rapide du couvert forestier est aussi avantageuse en termes d'écoulement de l'eau, par exemple en amortissant le débit de pointe des cours d'eau. Enfin la présence de régénération de bonne taille dès la fin de la récolte améliore la qualité des paysages et procure un effet positif sur la perception du public.

Classes de régénération

Le suivi aux fins du Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public (RNI) porte sur trois classes de régénération soit : hauteur de 5 cm et plus, diamètre à hauteur de souche (dhs) de 2 cm et plus, et dhs de 6 à 9 cm.

Ainsi, on peut savoir si l'absence de régénération après coupe est attribuable à une absence préalable ou à sa destruction pendant l'opération, peu importe le CDR avant opération (MRNFP, 2004).

L'importance du sol

Contrairement à la végétation qui est facilement visible, l'œil ne voit à peu près rien du sol qui constitue le site et il est difficile d'apprécier l'importance du sol pour l'écosystème forestier.

Il ne représente pas seulement le support physique sur lequel pousse la végétation, mais il interagit aussi avec celle-ci en termes de nutriments, d'eau et d'échanges gazeux. Enfin, alors qu'une forêt peut se reconstituer en quelques dizaines d'années, les processus qui mènent à la formation de la structure des sols sont beaucoup plus longs. Les effets découlant de la perturbation des sols risquent donc de durer beaucoup plus longtemps.

NOTE :

Le guide sur la prévention des dommages causés au sol en forêt boréale et acadienne dans l'est du Canada (Sutherland, 2005) traite de façon plus détaillée de la question des sols et suggère plusieurs lectures sur le sujet.

L'élément le plus visible du sol, la couche organique, est composé de débris végétaux dans un état de décomposition plus ou moins avancé. En gros, lorsque l'épaisseur de cette couche atteint ou dépasse les 40 à 60 cm, le sol est caractérisé comme étant un sol organique.

Sous cette couche plus ou moins épaisse se trouve le sol minéral. À l'exclusion des éléments constituant la pierrosité (gravier, cailloux, pierres et blocs), les proportions respectives de sable, de limon et d'argile qui composent le sol définiront plusieurs de ses caractéristiques physiques.

La porosité du sol représente l'espace entre les particules qui le composent. Cet espace peut être occupé par de l'air ou de l'eau (figure 2). Le compactage du sol par l'application d'un poids peut réduire ou modifier cette porosité, ce qui pourra limiter la circulation de l'eau et les échanges gazeux dans le sol, nuisant ainsi à la croissance des plantes. L'infiltration des précipitations peut aussi être diminuée et provoquer l'apparition de flaques. Si le terrain est en pente, des effets de ravinement et d'érosion du sol sont également possibles.

La susceptibilité d'un sol au compactage dépend de sa texture, mais elle peut fortement varier en fonction de son humidité. Ainsi, des sols minéraux à texture moyenne et fine peuvent avoir une bonne résistance lorsque secs, mais devenir très sujets au compactage lorsqu'ils sont humides.

Beaucoup d'autres mesures permettent de constater les changements qui sont engendrés dans le sol : la masse volumique (ou densité), la force de résistance à la pénétration, la conductivité hydraulique, la résistance au cisaillement. La détermination de ces paramètres demande toutefois une panoplie d'instruments et de procédures complexes, ou encore d'analyses en laboratoire qui peuvent être envisagées dans un cadre de recherche expérimentale. Les méthodes de mesures requises deviennent alors peu commodes, voire carrément impraticables lorsqu'il s'agit de produire un portrait global.

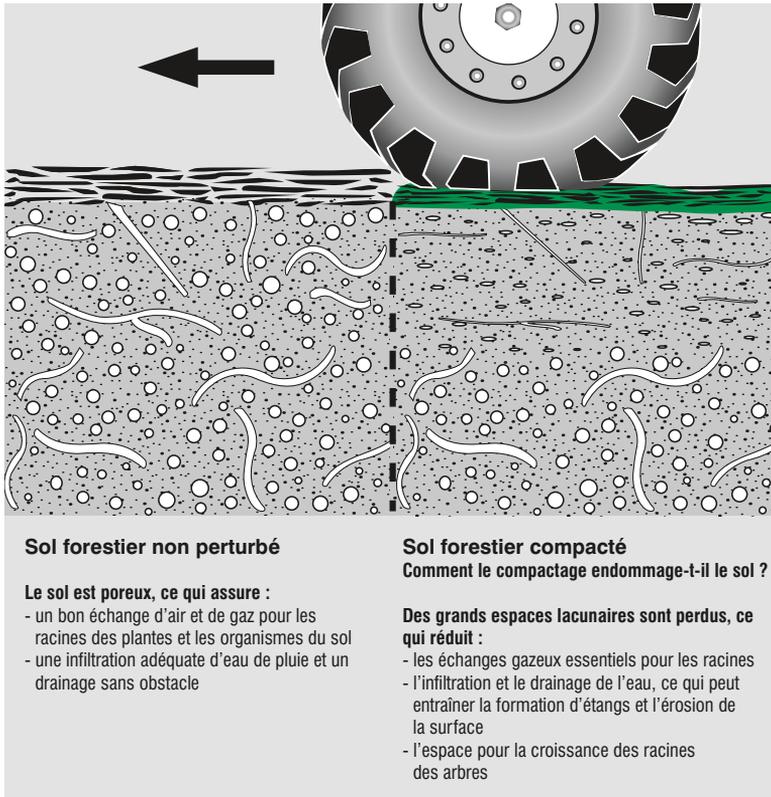


Figure 2. Effets du compactage sur le sol (tiré de Sutherland, 2005).

Puisque plusieurs de ces phénomènes accompagnent la formation d'ornières et que celles-ci sont facilement observables, il devenait logique de considérer l'orniérage comme indicateur des perturbations physiques du sol tel que l'ont proposé Schreiber et Jetté (1998). Les phénomènes menant à l'orniérage et les effets qui en découlent sont complexes (Brais, 1994), et la présence d'ornières ne rend pas directement compte de toutes les modifications subies par le sol mais le suivi en est plus réalisable. C'est ainsi que la réduction de l'orniérage a été l'un des objectifs retenus par le Québec dans le cadre des objectifs de protection et de mise en valeur des ressources du milieu forestier (OPMV) pour les forêts du domaine public.

Impact de l'orniérage

L'impact de l'orniérage sur la productivité à long terme des peuplements forestiers est mal connu, une multitude d'autres facteurs pouvant aussi avoir une influence. Néanmoins, la présence d'ornières multiples et profondes sur un site (figure 3) peut avoir les conséquences suivantes :

- modification de la circulation de l'eau dans le sol, pouvant entraîner une remontée de la nappe phréatique et possiblement l'inondation du site. (Notamment la circulation de l'eau dans les sols organiques est le plus rapide dans les premiers centimètres et décroît en profondeur).
- perte de microsites pour la croissance des arbres à cause de la présence de mares d'eau.
- altération des conditions de croissance localisées sur le sentier et à proximité, dommages aux racines de la régénération résiduelle.

Figure 3. Ornières profondes sur un site de récolte.



Objectifs de réduction d'orniérage

Le document de mise en œuvre des OPMV spécifie les échéances et les cibles à atteindre pour la réduction de l'orniérage (MRNFP, 2005). En gros, la cible est adaptée au contexte régional et fixe une proportion d'asiettes de coupe devant montrer peu d'orniérage. Les parterres de coupe sont considérés comme peu orniérés si des ornières d'une profondeur de 20 cm ou plus n'apparaissent que sur moins de 20 % du total de la longueur des sentiers.

Humidité du sol et orniérage

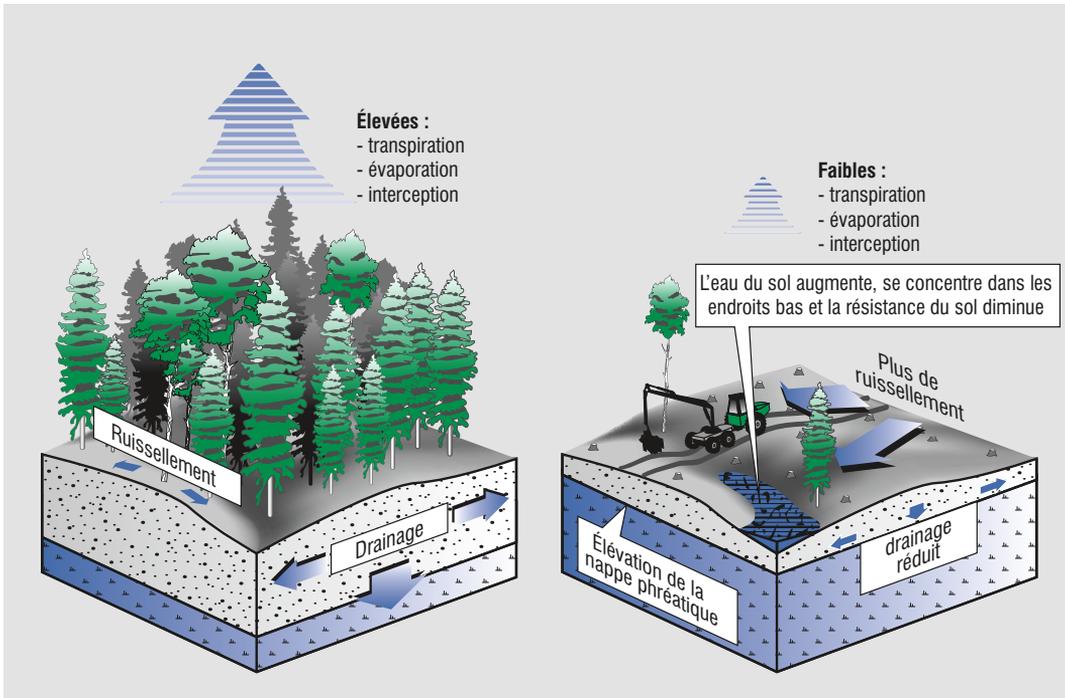
L'humidité du sol est un facteur qui a une grande influence sur le succès de la prévention de l'orniérage. Hormis les grandes zones homogènes qui demeurent humides toute l'année (que la plupart des industriels essaient de récolter en hiver), l'humidité du sol fluctue au fil des saisons et de façon très variable en fonction des milieux. Le printemps est reconnu comme étant une saison très sujette aux perturbations du sol et fait le plus souvent l'objet d'arrêt des opérations. L'automne, alors que l'évaporation est plus faible et que les pluies sont abondantes, est une saison d'opération active et particulièrement sujette à l'orniérage (Schreiber et al., 2002). Un bloc de coupe donné comportera fréquemment un éventail de conditions de sol, chacune présentant ses textures et ses caractéristiques particulières de drainage, de niveau moyen de nappe phréatique et de temps de percolation de l'eau. Après une pluie, un bas versant avec un drainage moins bon pourra être encore susceptible à l'orniérage alors que le haut de la pente y sera moins sujet.

Les secteurs hétérogènes comportant des zones humides localisées, comme les zones d'alimentation à la tête de cours d'eau intermittents, représentent des défis dans la planification locale des opéra-

tions. On doit les reconnaître au préalable et, si l'on estime le risque d'orniérage sérieux, tenter d'orienter le déplacement des machines de la façon la moins dommageable possible.

Un autre facteur à considérer est la perte en évapotranspiration résultant du retrait du couvert forestier après récolte (figure 4). Cette perte peut résulter en une montée de la nappe phréatique qui, combinée à une réduction de la percolation de l'eau, peut entraîner une baisse de la capacité portante du sol, l'orniérage et l'inondation du site. Il faut donc débarder les bois rapidement après abattage.

Figure 4. Humidité du sol et évapotranspiration (tiré de Sutherland, 2005).



Notions d'interaction machine/terrain

La pression au sol statique nominale est un indicateur très souvent utilisé pour exprimer la capacité d'un équipement à évoluer sur terrain mou. On l'obtient en divisant le poids estimé par essieu par la surface d'une empreinte standard des pneus ou des bogies¹. L'ajout de chenilles sur le train de roulement des machines forestières comporte des avantages bien connus en termes de réduction de pression au sol (figure 5), de mobilité et de confort pour l'opérateur.

Il importe de garder à l'esprit que ce calcul décrit une situation statique et qu'au cours des opérations réelles, des forces dynamiques s'ajoutent, modifiant ainsi le comportement du train de roulement et ses effets sur le sol.

La symétrie d'une machine articulée aura un impact sur les traces qu'elle laisse sur le terrain lors des virages. Une machine dont les essieux sont équidistants du point d'articulation du châssis tournera dans ses propres traces, alors que des essieux non équidistants causeront plutôt un débordement lors des virages. Les élargissements qui

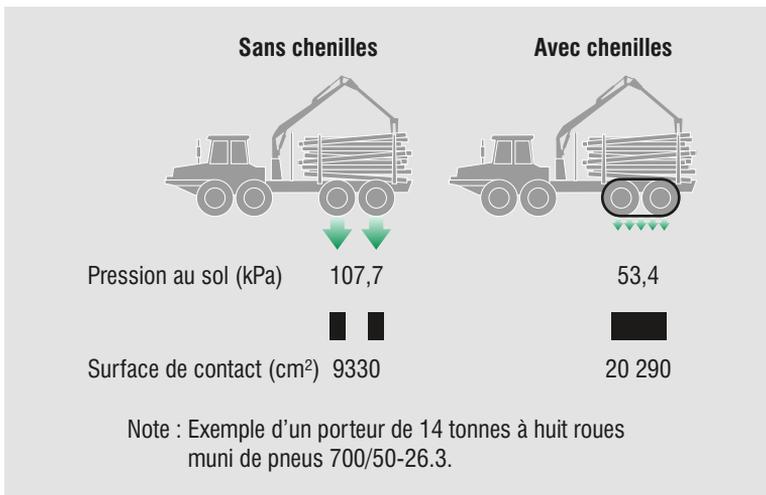


Figure 5. Répartition du poids avec et sans chenilles (tiré de Sutherland, 2005)

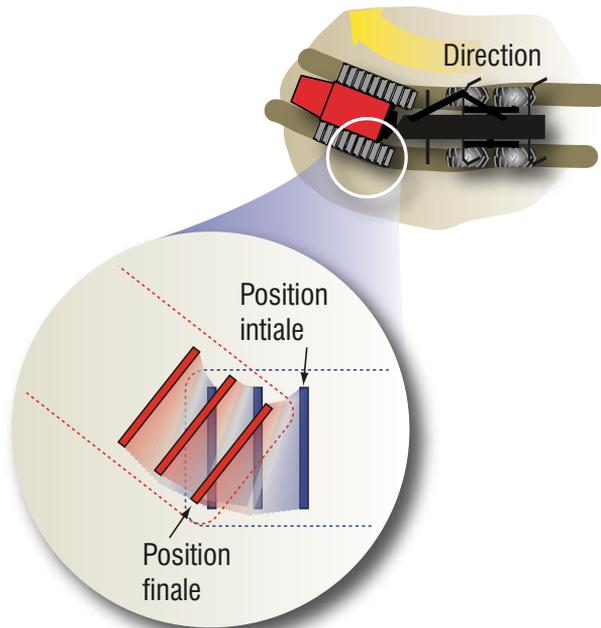
1. Avec enfoncement moyen dans le sol de 15 % du rayon des roues

en résultent sont susceptibles de détruire une certaine régénération, ce qui n'est pas souhaitable.

Les chenilles, qu'elles soient rigides comme celles des abatteuses ou souples comme celles d'un porteur, ne peuvent effectuer de virage sans exercer de cisaillement sur le sol (figure 6). Ce cisaillement peut entraîner des perturbations, légères si elles sont superficielles ou plus graves si elles sont plus profondes, brisant par exemple le réseau de racines qui contribue à la capacité portante du sol. Il s'agit donc de maintenir, dans la mesure du possible, les déplacements en ligne droite ou sans virages brusques lorsqu'on utilise des machines munies de chenilles.

La figure 6 montre en position initiale 3 éléments à l'avant de la chenille (position initiale en bleu). Lorsque la machine effectue un virage, ces éléments doivent glisser et déraiper jusqu'à leur position finale (rouge), exerçant ainsi un cisaillement sur le sol.

Figure 6. Cisaillement exercé par une chenille effectuant un virage.



Les procédés de récolte

Les opérations de récolte par CPRS en forêt résineuse québécoise sont, à toutes fins pratiques, entièrement mécanisées. Le procédé de récolte par arbres entiers, selon lequel les arbres sont ébranchés en bordure de route, y demeure le plus populaire. La récolte par bois tronçonnés, où les arbres sont ébranchés et tronçonnés sur le parterre de coupe, a cependant connu une progression importante depuis les années 1990 (figure 7). Pour ce mode de récolte, on distingue 2 types de procédé : celui utilisant une abatteuse-façonneuse (multifonctionnelle) et celui où une façonneuse traite les arbres préalablement abattus par une abatteuse-groupeuse. On réfère fréquemment à ce dernier procédé comme étant la récolte par bois tronçonnés à 3 machines (le porteur étant la troisième machine). Fréquent seulement dans les coupes de jardinage, le procédé par troncs entiers est moins répandu mais néanmoins employé dans les coupes de régénération. Il fait appel à des phases d'abattage et d'ébranchage sur le parterre de coupe, gardant les tiges en longueurs pour leur extraction en bordure de route.

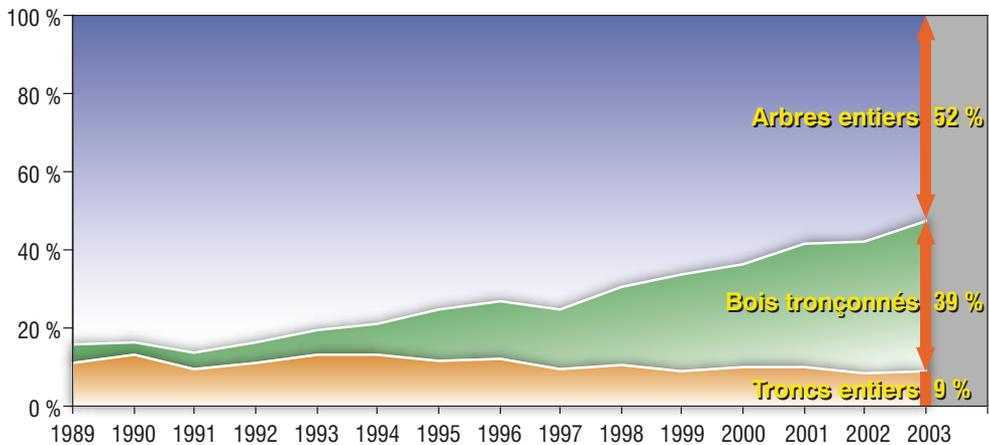


Figure 7. Proportion des divers procédés de récolte employés dans les forêts du domaine public québécois (adapté de Claveau 1995, 1997, 2001 et 2005).

Caractéristiques et recommandations applicables aux procédés de récolte

Le reste de la présente section passera en revue les caractéristiques et recommandations applicables à ces procédés et aux machines qui composent ces systèmes de récolte. Certaines recommandations sont spécifiques, alors que d'autres sont communes à tous les procédés. Dans tous les cas, la communication est un facteur clé de succès. Le superviseur et les opérateurs des diverses machines devraient réviser ensemble les moyens pouvant être employés pour s'assurer que chacun comprenne bien les objectifs à atteindre et les besoins des étapes subséquentes de la chaîne. Par exemple, certaines sections d'un bloc de coupe pourront être abattues selon des axes différents pour orienter le débardage vers des sections plus favorables sur le plan de la capacité portante.

De même, le superviseur et les opérateurs devraient convenir des mesures à prendre en cas de problème. Bien sûr, si le bois est abattu, il devra être débardé, mais dans un cas de terrain mou localisé par exemple, on pourrait envisager de détourner la circulation sur un sentier adjacent de meilleure capacité portante plutôt que d'élargir la piste au fil des voyages pour éviter l'embourbement.

Arbres entiers

Abatteuse-groupeuse

L'abatteuse-groupeuse est une machine hautement spécialisée et elle est devenue très performante au cours des dernières années. Les têtes à scie à rotation continue sont maintenant largement préférées pour leur rapidité, mais leur large disque leur donne un encombrement au sol moyen de 1,6 m de diamètre. De plus, le déplacement de la tête et la coupe doivent toujours se faire dans l'axe des mâts, ce qui limite le choix des mouvements pour contourner des tiges à protéger. Depuis quelques années, la plupart des têtes d'abattage sont munies d'un dispositif de pleine inclinaison latérale, offrant ainsi une plus grande flexibilité des mouvements, en particulier pour le dépôt des arbres au sol.

Les principes généraux pour favoriser les résultats en CPRS avec des abatteuses-groupeuses sont les suivants :

- utiliser la pleine portée de l'abatteuse;
- empiler avec un angle aigu par rapport au sentier;
- concentrer les piles d'arbres sur la plus petite surface au sol possible;
- ajuster le volume des piles aux conditions courantes;
- éviter de faucher ou d'écraser la haute régénération;
- évaluer la position d'approche en tenant compte de la haute régénération;
- ramasser les tiges échappées;
- convenir de mesures à prendre en cas de problème;
- porter attention à la façon d'amorcer le bloc de coupe.

Utiliser la pleine portée de l'abatteuse. Cette pratique vise à maximiser la largeur totale des corridors d'abattage. Des corridors larges maximisent la superficie des bandes protégées laissées après débardage, où on observe la meilleure protection de la régénération préétablie. Par pleine portée, on entend entre 95 et 100 % de la largeur permise par l'extension maximale des mâts. On peut mesurer le succès d'atteinte de cet objectif en faisant le rapport entre 2 fois

la distance du pivot de l'abatteuse jusqu'au bout de la scie lorsque le mât est en pleine extension (ou $2 \times$ rayon d'abattage), et la distance moyenne entre les sentiers (centre à centre). Attention : sur certains terrains sensibles, il pourrait ne pas être indiqué de trop concentrer l'extraction des bois.

La plupart des fabricants offrent maintenant des équipements qui permettent des portées allant jusqu'à 10 mètres (figure 8). Des têtes plus légères doivent cependant être utilisées pour maintenir l'équilibre de la machine.

Empiler avec un angle aigu. Empiler les arbres avec un angle de 20 à 30° par rapport au sentier, les gros bouts vers la jetée, pour faciliter l'extraction des piles au débardage. Ceci simplifie la tâche du débardeur à grappin, tout en limitant le balayage de la régénération, et permet de limiter le fauchage pouvant se produire lors du chargement d'un semi-porteur.

Concentrer les piles d'arbres sur la plus petite surface au sol possible. À cette fin, les têtes à pleine inclinaison latérale permettent de grossir les piles en y empilant des gerbes d'arbres provenant

Figure 8. Flèche allongée sur une abatteuse-groupeuse.



d'une plus grande distance, sans que l'abatteuse n'ait à se déplacer. Ce faisant, on doit toutefois éviter de faucher la haute régénération. Dans le cas d'extraction par un débardeur à grappin, on doit viser à former des piles correspondant à la capacité de chargement et de transport de la machine.

Ajuster le volume des piles aux conditions courantes. Le volume des piles destinées au débardeur à grappin pourra varier en fonction de la capacité portante des sols. Évaluer l'équilibre à conserver entre les dommages à la régénération résultant de manœuvres additionnelles et la réduction de la charge sur terrain défavorable.

Éviter de faucher ou d'écraser la haute régénération. Il est plus difficile de protéger la haute régénération (soit dhs >2 cm) que la basse, et ainsi d'en maintenir le coefficient de distribution (CDR) à un niveau acceptable. Lors du dépôt des arbres, il faut essayer de tenir compte de la présence de haute régénération en profitant des ouvertures pour empiler. Il faut ainsi considérer l'ensemble de la zone qui sera affectée par la pile déposée, puisque la haute régénération située à 1 mètre de part et d'autre de la pile est la plus susceptible d'être endommagée lors de l'extraction des piles par le débardeur.

La figure 9 présente un exemple de dommages encourus par la haute régénération, les cases qui montrent la proportion la plus élevée de dommages (en rouge) se retrouvant les plus près de la pile.



Figure 9. Destruction/survie de la haute régénération à proximité des piles.

Évaluer la position d'approche en tenant compte de la haute régénération. Lorsque l'approche à un arbre récoltable est masquée par la haute régénération, l'opérateur devrait évaluer si l'approche serait meilleure à partir d'une autre position. L'opérateur doit résister à la tentation d'améliorer la visibilité en écrasant ou en coupant la régénération.

Ramasser avec l'abatteuse toute tige échappée. La récupération par le débardeur d'une tige échappée occasionnera une sortie du sentier, même pour ceux munis d'un récupérateur sur le côté de la lame.

Convenir de mesures à prendre en cas de problème. Malgré la reconnaissance effectuée par le superviseur, l'opérateur d'abatteuse demeure souvent le meilleur éclairé en ce qui a trait aux conditions prévalant sur le site et il devrait signaler à l'opérateur du débardeur la présence de zones problématiques. Tous devraient s'entendre sur les mesures à prendre en cas de problème : appel radio, changement de bloc, etc. (figure 10).

Figure 10. Problème apparaissant dès l'abattage.



Porter attention à la façon d'amorcer le bloc de coupe. Les blocs de forme irrégulière et les accidents de terrain peuvent entraîner un nombre de jonctions de sentiers et un surcroît de circulation en certains endroits, en plus d'allonger les distances de débardage et de causer des encombrements en bordure de route. On doit considérer s'il serait plus indiqué de débiter l'abattage du bloc ailleurs que sur la ligne de ruban le délimitant. Ceci peut permettre de mieux répartir les sentiers et jonctions, ou encore d'éviter que les sentiers suivants ne montrent un devers excessif pour le débardage en terrain montagneux.

Lorsque l'abatteuse travaille devant des débardeurs à câble, le dépôt des tiges dans le sentier de retour plutôt que dans la bande protégée y limitera les dommages à la régénération. Cette technique n'est pas indiquée avec les débardeurs à grappin et semi-porteurs qui devraient alors contourner les piles pour former une pleine charge, sortant ainsi du sentier.

Débardeurs

Deux types de débardeurs d'arbres entiers sont retenus dans le contexte des opérations mécanisées en forêt résineuse : les débardeurs à grappin et les semi-porteurs. Ils sont de loin les plus répandus, les débardeurs à câble étant utilisés surtout dans des conditions d'accessibilité très difficiles, telles les pentes fortes.

Peu importe le type de débardeur, le style de conduite de la machine a un impact sur le sol. Il faut favoriser les accélérations progressives et souples plutôt que les départs et les arrêts brusques. On doit également prévoir une bonne communication entre les opérateurs. Il devra y avoir concertation avec l'opérateur de l'abatteuse pour s'assurer, par exemple, que le porteur peut emprunter sans problème le sentier de l'abatteuse, que les bois sont déposés de façon à être facilement chargés.

Débardeur à grappin

Encore largement utilisé, le débardeur à grappin offre de moins bons résultats en matière de régénération lorsque comparé à d'autres (Gingras et al., 1991). En effet, les mouvements de l'arche du grappin sont réalisés dans le seul plan de la machine, d'où la nécessité d'articuler le châssis de la machine pour pivoter le grappin lors du chargement, avec comme effet la sortie du sentier. Cependant, le débardeur à grappin est en mesure de produire des résultats satisfaisants avec des techniques de travail appropriées et un terrain présentant une bonne capacité portante (figure 11).



Figure 11. Débardeur à grappin approchant d'une jetée d'ébranchage.

En matière de protection de la régénération, garder la machine dans le sentier est donc la clé du succès. L'opérateur devra voir à employer la marche arrière sur les premiers 50 à 75 m pour éviter les retournements. Quelques machines offrent maintenant des sièges pivotants qui rendent beaucoup plus aisés les longs déplacements en marche arrière.

Sur de plus longues distances, il faudra retourner la machine

uniquement dans des endroits appropriés, c'est-à-dire là où le sol est ferme et où il y a peu de régénération. Le nombre de ces endroits doit être réduit au minimum et on doit s'efforcer d'éviter d'y détruire la régénération.

Les opérateurs du débardeur et de l'abatteuse devraient s'entendre sur la taille optimale des piles. Lorsque c'est possible, la formation de piles d'une grosseur équivalente à une charge prévient des manœuvres additionnelles au débardage (à moins que la capacité portante

du terrain ne soit limitée). On évite ainsi de déposer des piles en marge du sentier pour consolider un voyage ou, au contraire, de devoir les diviser avec le risque dans les deux cas de détruire la régénération aux abords des sentiers et des piles.

Limiter autant que possible le cône de débardage (30 m au maximum). Ceci peut présenter pour le débardeur un défi à l'approche de la jetée à cause de la nécessité de former des empilements de tiges bien alignées pour l'ébrancheuse et des contraintes occasionnelles d'espace en bordure de route. Néanmoins, une bonne planification de l'abattage du bloc permettra d'éviter de rendre le travail du débardeur encore plus ardu en générant des goulots d'étranglement. Le travail en équipe intégrée avec l'ébrancheuse peut aussi réduire l'effet d'élargissement des sentiers à proximité de la jetée. Le travail en équipe intégrée consiste à ébrancher à mesure chacun des voyages du débardeur au moment de son arrivée en bordure de route plutôt que de constituer une grosse pile à partir de laquelle l'ébrancheuse s'alimente. Les problèmes d'encombrement à la jetée et les détours qu'ils entraînent sont ainsi évités.

Grappin monté sur flèche pivotante (Swing boom)

Depuis plusieurs années, les débardeurs avec grappin monté sur flèche pivotante (swing boom) sont utilisés dans l'Ouest du Canada. Ce type d'accessoire ajoute un niveau de liberté au mouvement possible du grappin, permettant la saisie d'une pile sans que la machine n'ait à sortir du sentier (figure 12). Ceci peut constituer un avantage sur le plan de la régénération.



Figure 12. Débardeur à grappin monté sur flèche pivotante au chargement. (Le modèle illustré est à 6 roues motrices et les bogies arrière sont munis de chenilles.)

Semi-porteur

Le semi-porteur est l'autre type d'équipement le plus utilisé dans le procédé par arbres entiers. Il se charge en déposant la base des arbres sur sa sellette de débardage à l'aide de sa grue (figure 13), ce qui entraîne moins de dommages à la régénération par fauchage. Ceci permet également d'éviter les manœuvres hors du sentier, susceptibles d'endommager la régénération.



Figure 13. Semi-porteur d'une capacité de 14 tonnes au chargement.

Le siège pivotant permet à l'opérateur de faire aisément marche arrière à vide pour aller chercher sa charge, facilitant d'autant le maintien des déplacements à l'intérieur du sentier.

Puisque la plupart des semi-porteurs ont 8 roues motrices sur bogies munis de chenilles, il est important de maintenir leur déplacement en ligne droite, ou au moins d'éviter les virages prononcés qui donnent lieu au cisaillement du sol.

Le travail du semi-porteur est moins affecté que celui du débardeur à grappin par de plus petites piles d'arbres. On doit toutefois maximiser la taille des piles pour réduire l'espace qu'elles occupent au sol, étant donné qu'elles peuvent endommager la régénération préétablie.

Un angle aigu de dépôt des arbres au sol permet de limiter le fauchage de la haute régénération qui peut se produire lorsque les piles doivent être balancées sur celles déjà en place lors de leur chargement. Dans le cas de petites piles, il est préférable de charger les arbres en les déposant sur la sellette, puis de les extraire en faisant avancer la machine.

Bois tronçonnés

On reconnaît généralement au système de récolte par bois tronçonnés un avantage sur le plan de la protection de la régénération. Toutefois, son utilisation ne garantit pas en soi le succès ni l'atteinte d'un résultat supérieur à d'autres équipements en termes de protection de la régénération. La conscientisation des opérateurs et la bonne communication entre superviseurs et opérateurs demeurent toujours nécessaires.

Abatteuse-façonneuse

L'emploi des abatteuses-façonneuses s'est largement répandu au cours des 15 dernières années. L'engin-porteur utilisé peut être à chenilles rigides (comme pour les abatteuses-groupeuses) ou à roues (en général des modèles d'origine européenne). Leur portée peut facilement atteindre les 10 m puisque les têtes multifonctionnelles sont plus légères que les têtes d'abattage-groupage et ne prennent généralement qu'un arbre à la fois. Le déplacement de la tête et la coupe se font dans l'axe des mâts, mais la tête peut pivoter autour de l'axe vertical pour aller couper un arbre de côté. Les mâts employés peuvent être à flèche articulée ou à flèche télescopique (figure 14).



Figure 14. Abatteuse-façonneuse à flèche télescopique.

Les principes généraux d'opération pour favoriser les résultats de CPRS avec les abatteuses-façonneuses sont les suivants :

- utiliser la pleine portée de l'abatteuse;
- concentrer les piles de billes;
- considérer le positionnement idéal pour la coupe;
- laisser les houppiers à 90° par rapport au sentier;
- éviter d'empiler sur la régénération visible;
- grouper les billes lors du façonnage;
- déplacer la tête vers le sentier pendant la chute de l'arbre;
- porter une attention particulière à la présence de haute régénération.

Utiliser la pleine portée de l'abatteuse. Cette pratique vise à maximiser la largeur totale des corridors d'abattage. Des corridors larges maximisent la superficie des bandes protégées laissées après débardage, où on observe la meilleure protection de la régénération préétablie. Par pleine portée, on entend entre 95 et 100 % de la largeur permise par l'extension maximale des mâts. On peut mesurer le succès d'atteinte de cet objectif en faisant le rapport entre 2 fois la distance du pivot de l'abatteuse² et le centre de la tête lorsque le mât est en pleine extension (ou $2 \times$ rayon d'abattage), et la distance moyenne entre les sentiers (centre à centre).

Concentrer les piles de billes. Limiter la surface qu'elles occupent au sol et les disposer pour qu'elles soient faciles à atteindre par le grappin du porteur. Cette recommandation devient difficile à mettre en application au fur et à mesure qu'augmente le nombre de produits à maintenir séparés.

Considérer le positionnement idéal pour la coupe. Lorsque la visibilité du pied de l'arbre à couper est mauvaise, considérer la possibilité d'aller le couper par le côté de la tige, plutôt que d'écraser ou de couper la végétation et la régénération gênantes.

2. Ou de la crémaillère faisant pivoter la base du mât si celui-ci n'est pas monté sur la tourelle de l'abatteuse-façonneuse.

Laisser les houppiers à 90° par rapport au sentier.

Disposer les débris sur le sentier de façon à laisser les houppiers à 90° par rapport à celui-ci. Il s'agit d'un bon moyen de limiter la progression de l'orniérage et de maintenir la mobilité des équipements (figure 15).

Éviter d'empiler sur la régénération visible.

Lorsque c'est possible, éviter d'empiler sur la régénération visible. Utiliser plutôt les zones couvertes d'arbustes, où l'on retrouve habituellement peu ou pas de régénération (par exemple, kalmia et lédon). Se rappeler que toute tige de régénération est susceptible de contribuer à l'évolution du peuplement futur.

Grouper les tiges lors du façonnage. Lorsque la tête permet le façonnage de plusieurs tiges à la fois, la chute de deux arbres groupés pourrait faire moins de dommages à la régénération que deux chutes distinctes.

NOTE :

Cette pratique peut ne pas être indiquée dans les cas où la régénération est marginale et où le site nécessitera une préparation de terrain; la dispersion des débris serait alors souhaitable.



Figure 15. Houppiers déposés avec un angle de 90° par rapport au sentier.

Déplacer la tête vers le sentier pendant la chute de l'arbre. On peut ainsi diminuer la surface au sol balayée par l'arbre et ses branches.

Porter une attention particulière à la présence de haute régénération. Il est plus difficile de maintenir le coefficient de distribution (CDR) de la haute régénération que celui de la régénération plus basse. Éviter de couper inutilement les tiges (figure 16). Surveiller l'endroit où les billes sortiront de la tête lors du façonnage de façon à éviter qu'elles n'endommagent la régénération qui s'y trouve. Garder la tête près du sol lors du façonnage pour mieux contrôler le point de chute des billes et éviter de les faire rouler.

Figure 16. Tige de haute régénération coupée.



Porteur de bois courts

Le porteur de bois courts est disponible en plusieurs configurations de roulement, allant de 4 à 8 roues (figure 17). Le porteur à huit roues offre une meilleure distribution de poids; de plus, l'utilisation de bogies à l'avant offre plus de confort de roulement à l'opérateur. Il faut se rappeler que la partie avant de la machine, avec le moteur et la cabine, représente un poids appréciable.



Figure 17. Porteur de bois courts.

Les principes généraux d'opération pour favoriser les résultats de la CPRS avec des porteurs sont les suivants :

- se déplacer à vide en marche arrière vers le fond du bloc;
- restreindre les déplacements aux sentiers;
- se déplacer en ligne droite;
- franchir les passages critiques avec une charge réduite;
- éviter de faire demi-tour sur le parterre de coupe;
- éviter d'accrocher les tiges de haute régénération lors du chargement des billes;
- favoriser le style de conduite qui a le moins d'impact sur le sol;
- s'assurer d'une bonne communication entre les opérateurs.

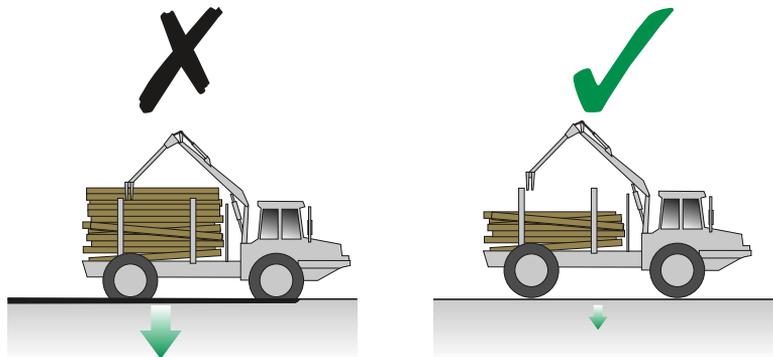
Se déplacer à vide en marche arrière vers le fond du bloc. En se rendant au fond pour commencer l'extraction, il est possible d'observer la distribution des produits et des volumes afin de pouvoir planifier la meilleure stratégie de chargement pour limiter le nombre total de voyages. Du même coup, il est possible d'identifier les zones qui pourront poser des problèmes d'orniérage.

Restreindre les déplacements aux sentiers. Le fait d'utiliser toujours le même sentier permet d'éviter son élargissement.

Favoriser les déplacements en ligne droite autant que possible. Il importe de noter que les chenilles aident à la mobilité de l'équipement et réduisent la pression au sol. Toutefois les changements de direction entraînent un cisaillement au niveau du sol. Ces perturbations sont encore plus prononcées lorsque les ponts de la machine ne sont pas symétriques ou équidistants.

Franchir les passages critiques avec une charge réduite. On peut ensuite compléter le chargement du voyage une fois cette zone franchie. Cette pratique permet de réduire la pression au sol sur la zone critique (figure 18).

Figure 18. Réduction de charge sur les zones critiques (tiré de Sutherland, 2005).



Éviter de faire demi-tour sur le parterre de coupe. Une charge, même incomplète, restreint beaucoup la visibilité vers l'arrière, ce qui augmente les risques d'écraser des tiges de régénération lors de manœuvres.

Éviter d'accrocher les tiges de haute régénération lors du chargement des billes. Il peut être plus difficile d'atteindre cet objectif lorsque la haute régénération est abondante et que les billes à charger sont longues (de 5 à 7 m).

Favoriser le style de conduite qui a le moins d'impact sur le sol. Il faut effectuer des accélérations progressives et souples plutôt que des départs et des arrêts brusques.

S'assurer d'une bonne communication entre les opérateurs. Il devra y avoir concertation avec l'opérateur de l'abatteuse pour s'assurer, par exemple, que le porteur peut emprunter sans problème le sentier de l'abatteuse, que les bois sont déposés de façon à être facilement chargés.

Façonneuse (bois tronçonnés à 3 machines)

L'emploi d'une façonneuse (figure 19) entraîne le passage d'une machine additionnelle sur le parterre de coupe. Afin de limiter le risque de perturbation que présente ce passage additionnel, il est impératif que la façonneuse circule strictement dans le sentier de l'abatteuse-groupeuse³.



Figure 19. Façonneuse travaillant sur des arbres déjà abattus.

3. Les principes généraux d'opération de l'abatteuse-groupeuse travaillant devant une façonneuse sont les mêmes que ceux applicables à la récolte par arbres entiers à l'exception de l'angle de dépôt qui est de 90° par rapport au sentier.

Les principes généraux d'opération pour favoriser les résultats de CPRS avec les façonneuses sont les suivants :

- former des piles les plus concentrées possible et accessibles;
- porter attention à l'encombrement de la tête;
- porter attention à la trajectoire de la bille façonnée;
- concentrer les débris et houppiers dans le sentier durant le façonnage.

Empiler de façon concentrée. Ébrancher au-dessus du sentier et former des piles les plus concentrées possible et accessibles au grappin du porteur. Pour ce faire, garder la tête près du sol durant le façonnage pour empêcher les billes de rebondir ou de rouler après leur chute. Favoriser les endroits exempts de régénération pour empiler les billes.

Porter attention à l'encombrement de la tête. Porter attention à l'encombrement de la tête lors des manipulations permet de minimiser les dommages à la régénération.

Porter attention à la trajectoire de la bille façonnée. Le bout de la bille peut blesser la haute régénération en la percutant au façonnage.

Concentrer les débris et houppiers dans le sentier durant le façonnage et laisser les houppiers à 90° par rapport au sentier. Il s'agit d'un bon moyen de limiter la progression de l'orniérage et de maintenir la mobilité des équipements surtout dans les secteurs humides.

Récolte par troncs entiers

Dans un contexte de coupe de régénération (par opposition à la coupe de jardinage), on peut considérer ce procédé comme une extension de la récolte en bois tronçonnés, les tiges étant laissées à leur pleine longueur et ensuite portées et non pas traînées sur le sol (figure 20). Tout comme dans les procédés de récolte en bois tronçonnés, les configurations peuvent être à 2 ou à 3 machines.

Les principes directeurs sont donc les mêmes qu'avec la récolte en bois tronçonnés, avec une attention accrue pour réduire la manipulation des troncs entiers sur le parterre de coupe. En raison de leur longueur, ceux-ci peuvent entraîner un fauchage néfaste pour la haute régénération.

L'emploi d'ébrancheuses à flèche dans les sentiers du parterre de coupe est possible, quoique quelque peu ardu. Les débris déposés dans le sentier seront toutefois orientés de biais par rapport à celui-ci, ce qui est moins efficace pour limiter l'orniérage qu'un angle de 90°.



Figure 20. Porteur de troncs entiers.

Choix des pratiques

Occupation des sentiers et protection de la régénération

En vertu de l'article 89 du RNI, le gestionnaire se retrouve face à un choix :

- un taux maximal d'occupation des sentiers de 33 %, accompagné de critères minimaux de protection de la régénération (voir encadré), ou
- un taux maximal d'occupation des sentiers de 25 %, sans critères par rapport à la protection de la régénération.

Pour faire le meilleur choix, il faut se demander : peut-on mieux protéger la régénération en allant couper moins loin de la machine? Le cas échéant, cet avantage est-il susceptible de compenser pour une proportion relativement plus élevée de zones d'empilement, zones (bois tronçonnés) où la régénération subit passablement de dommages ?

Critères de protection de régénération à rencontrer avec un taux d'occupation des sentiers se situant entre 25 et 33 %.

Objectif

≥ 80 % du CDR avant coupe des semis de 5 cm et plus de hauteur

≥ 55 % du CDR avant coupe des gaules de 2 cm et plus au dhs

≥ 35 % du CDR avant coupe des gaules de 6 cm et plus au dhs

On établit le taux de protection de la régénération en évaluant la proportion du CDR formée de tiges exemptes de blessures mortelles.

La maximisation de la largeur des corridors d'abattage pour réduire le taux d'occupation des sentiers demeure une approche très valable pour obtenir des parterres de coupe régénérés et implique probablement des coûts plus faibles de suivi des travaux. Par contre, dans les cas où l'on anticipe des conditions problématiques causées par des sols mous par exemple, on favorisera plutôt une protection maximale de la régénération, ce qui donnera une plus grande marge de manœuvre sur le plan du taux d'occupation des sentiers (33 %). L'abondance de la régénération préétablie pourrait aussi être considérée puisque les cas où elle est moins abondante sont souvent ceux où elle est le plus difficile à protéger.

Les entrepreneurs préoccupés par la perte de temps qu'implique le travail en pleine extension pourraient considérer l'emploi d'un mât télescopique (bois tronçonnés) dont l'action est plus rapide que celle des flèches articulées.

Utilisation de sentiers-fantômes

Développée dans les travaux d'éclaircie commerciale, la récolte sur sentiers-fantômes, aussi connue sous le nom de « 2 dans 1 », a surtout été appliquée à une époque où la portée des abatteuses-groupeuses était encore réduite. Cette méthode est défavorisée lorsque la proportion de haute régénération montre un CDR de plus de 15 %. Puisque la pleine largeur du sentier d'abattage est comptée dans le taux d'occupation des sentiers, cette méthode ne comporte plus que l'avantage d'avoir un sentier sur deux de la largeur d'une abatteuse, c'est-à-dire sans l'élargissement découlant des passages d'un débardeur. La présence de rémanents, la mauvaise visibilité, ou les conditions de terrain plus accidentées compliquent également l'application de cette méthode, sans oublier la possibilité de concentration excessive de circulation dans les sentiers sur les sites sujets à l'orniérage.

Retour des débris pour mitiger l'orniérage (arbres entiers)

L'intégration des phases de débardage et d'ébranchage, c'est-à-dire le traitement par l'ébrancheuse de toutes les tiges d'une charge de débardeur avant d'accepter la charge suivante sur la jetée, offre l'opportunité de retourner les débris dans les secteurs mous des sentiers, et donc possiblement de prévenir l'orniérage (figure 21).



Figure 21. Débardeur rapportant des débris sur le parterre.

Les résultats d'une étude (Plamondon et Desrochers, 2005) indiquent cependant qu'il ne faut pas s'attendre à une réduction de la longueur orniérée des sentiers de débardage. En effet, la difficulté de disposer les débris de façon optimale – notamment disposer les houppiers perpendiculairement au sentier – limite l'efficacité de cette approche. Cette méthode aide néanmoins au maintien de la mobilité des équipements et le fait qu'elle permette de concentrer les débris à un endroit choisi la rend certainement avantageuse.

Une planification adéquate par l'opérateur du débardeur lui permettra de mettre les débris en réserve en fonction des besoins qu'il anticipe dans les prochains sentiers. Ce point a de l'importance sur les sites où la quantité de débris est faible.

Les points-clés pour l'application de cette méthode sont les suivants :

- s'assurer d'une bonne communication avec l'opérateur de l'abat-teuse, ce qui aidera l'opérateur du débardeur à faire la planification et la gestion des débris (l'avance du travail d'abattage ne devrait pas être excessive par rapport au débardage) ;
- disposer les débris sur les deux côtés du sentier, avec les houppiers à 90° par rapport à celui-ci;
- éviter l'usage excessif de l'articulation du châssis du débardeur, qui peut entraîner le cisaillement du sol.

Les opérations d'hiver

Même lorsque les opérations se déroulent en hiver, il arrive que le sol ne soit pas gelé sous la couche de neige, ce qui entraîne des problèmes d'orniérage. La pratique de « battre » la couche de neige par un aller-retour du débardeur diminue l'isolation thermique de la couche de neige. Un débardage partiel du sentier dans sa partie plus sensible aura un effet similaire. Après une nuit très froide, le gel aura pénétré le sol pour améliorer la capacité portante du site.

En topographie accidentée

Sur le plan de la CPRS, une topographie accidentée ou une forte pente n'entraînent pas nécessairement de mauvais résultats, mais ces facteurs ne facilitent pas les opérations (figure 22) car les réseaux de sentiers ne sont plus dictés par une approche systématique d'espacement mais plutôt par la configuration du terrain elle-même.

La multiplication des jonctions et des sentiers secondaires peut entraîner une augmentation marquée du taux d'occupation des sentiers. Une reconnaissance adéquate avant coupe permettra de mieux planifier l'approche à employer dans un bloc problématique. Une bonne communication entre les opérateurs de l'abatteuse et

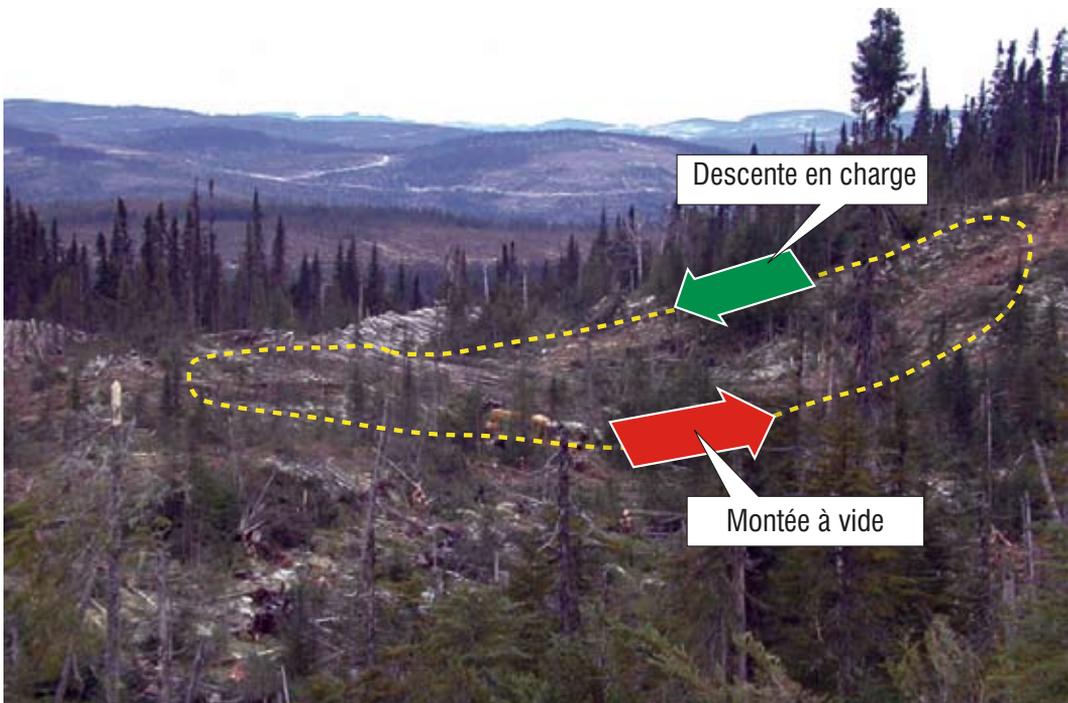


Figure 22. Abatteuse-groupeuse en terrain accidenté.

du débardeur est nécessaire à la réalisation d'une planification adéquate à l'échelon du chantier. Conséquemment, l'avance du travail d'abattage ne devrait pas être excessive par rapport au débardage. L'extraction des bois immédiatement, ou à brève échéance, peut aussi offrir l'opportunité d'exploiter une voie de progression non anticipée au moment d'amorcer le bloc de coupe.

Lorsque le débardeur n'arrive plus à monter les pentes, des circuits d'extraction en carrousel (figure 23) pourront favoriser à la fois une protection du sol et la productivité de l'équipement. Les embranchements de sentiers additionnels créés par cette technique doivent toutefois être rigoureusement contrôlés afin de ne pas causer une augmentation inacceptable du taux d'occupation des sentiers.

Figure 23. Extraction en carrousel.



L'orniérage sur les pentes longues et régulières est susceptible de causer de l'érosion par suite de l'augmentation de la vitesse et du débit des eaux de ruissellement (figure 24). Il est alors recommandé de déposer des chicots ou tout autre débris pour créer des déviations, ou encore d'évoluer dans des sentiers plus sinueux, de façon à former des remontées (MRN, 1998). D'ailleurs on devrait garder à l'esprit lors de la planification des chemins que le débardage en pente descendante est plus susceptible de réduire les perturbations.

Enfin, l'atteinte du seuil de 25 % d'occupation des sentiers pourra s'avérer problématique en terrain accidenté. Une meilleure stratégie pourrait donc consister à cibler une protection maximale de la haute régénération, et à viser une occupation maximale des sentiers de 33 %.



Figure 24. Ornière dans une pente où il y a canalisation de l'eau de ruissellement.

Développer les connaissances propres au contexte local

De façon générale, il est plus facile d'obtenir de bons résultats dans les peuplements où la régénération préétablie est abondante. Dans les peuplements moins bien régénérés, il pourra être nécessaire de développer l'expérience des opérateurs en les interrogeant sur les conditions qui prévalent sur le site, voire en leur faisant faire un suivi de régénération. Par exemple la présence d'éricacées (lédon et kalmia) indique-t-elle le plus souvent une absence totale de régénération permettant d'empiler les bois à cet endroit? Des vérifications périodiques pourraient augmenter les aptitudes du personnel à percevoir ces conditions.

Il faut se souvenir que, dans ces conditions, chaque tige de haute régénération est importante et que tous les efforts doivent être mis pour la protéger.

Les équipements spécialisés

De nombreux équipements spécialisés pour la récolte en terrain mou ont été répertoriés et étudiés. Des impératifs économiques sous-tendent toujours la viabilité de l'emploi de tout équipement spécialisé. Leur utilisation pose le dilemme de choisir le bon équilibre entre la polyvalence et la spécialisation et leur adaptabilité aux objectifs spécifiques de la CPRS. Par exemple, les débardeurs à pneus extra-larges sont assez communs dans la région du nord-est de l'Ontario mais ces machines y travaillent presque exclusivement sur sols mous. L'utilisation de pneus larges confère au débardeur une faible pression au sol, ce qui peut être intéressant pour réduire l'orniérage, mais elle amènera une augmentation de la largeur des sentiers.

Le téléphérage sur terrain plat (figure 25) est une technique qui a déjà été mise à l'essai (Meek, 1997; Plamondon, 1998). C'est toutefois une approche coûteuse et son champ d'application très précis exige une planification assurant une disponibilité de sites propices tout au long de l'année.



Figure 25. Télétransporteur sur terrain plat.

Le débardeur sur chenilles rigides pose une problématique semblable. Les chenilles du modèle illustré (figure 26) ont une largeur de 90 cm qui confère à l'équipement une flottation remarquable en terrain mou, mais il doit y être confiné. En effet, les forces de torsion appliquées sur les chenilles par les roches et les aspérités du terrain dans d'autres conditions causeraient des problèmes au train de roulement.



Figure 26. Débardeur chenillé muni d'un grappin sur flèche pivotante.

Équipes mixtes

Il est possible de considérer des avenues de débardage « multi types », dans la mesure où un avantage, en termes de réduction des perturbations, peut être tiré d'un équipement ou d'un autre.

Par exemple, la combinaison d'un semi-porteur et d'un débardeur à grappin permettrait à chacun d'occuper son créneau privilégié : le grappin pour les courtes distances et le semi-porteur pour les distances plus longues (Kosicki, 2002) ou les sites moins trafficables.

Il est important de rappeler que lorsque plusieurs débardeurs travaillent sur le même site, ils ne doivent jamais se retrouver dans une situation qui les amènerait à se croiser sur un sentier.

Aides à la planification et au suivi

Quels sont les nouveaux outils qui pourront nous aider à rencontrer nos objectifs ?

Aide à la planification globale

Les entreprises travaillant sur une base régulière dans de grands secteurs de récolte sur sites humides, ou mal drainés, ont l'habitude de planifier leur récolte en hiver. Et ce, tant pour des raisons de mobilité d'équipement que de coûts de construction de chemin et, plus récemment, de perturbation du sol. De même, elles garderont les pinèdes pour les périodes traditionnellement défavorables comme, par exemple, lors d'abondantes pluies automnales.

En dehors de ces cas évidents, on retrouve plusieurs sites dont la sensibilité à l'orniérage peut être variable au fil des saisons ou encore qui comportent des zones localisées à problème, mais dont la superficie n'est pas assez importante pour caractériser le secteur.

Dans ces cas les connaissances sur le territoire acquises avec l'expérience par le personnel de supervision sont inestimables. Ces informations peuvent cependant être difficiles à intégrer à une planification qui doit être faite à une autre échelle. Des outils permettant de systématiser les résultats obtenus, par exemple en matière d'orniérage, peuvent offrir une base à laquelle rattacher ces connaissances

La grille de sensibilité des types forestiers à l'orniérage, développée par le MRNF (Grondin et al., 2005) en fonction des caractéristiques écologiques et forestières, représente un outil de base. Le MRNF offre un programme informatisé pour attribuer aux polygones écoforestiers un niveau de sensibilité à l'orniérage (MRNF 2005) ; une fois adapté au contexte local cet outil aidera à catégoriser les sites selon leur vulnérabilité.

Figure 27. Superposition des résultats d'orniérage (hachuré) et des types forestiers (limités par le vert) sur une orthophoto (Adapté des travaux de Lacroix, 2005).



Des méthodes plus poussées peuvent être employées pour raffiner l'analyse du territoire et même planifier les opérations en fonction d'autres objectifs. Par exemple, dans ses travaux, Lacroix (2005) fait appel aux fonctions de programmation linéaire offertes par un logiciel couramment utilisé pour ordonner des opérations en limitant, entre autres, les ornières, et alimente le modèle avec les résultats de suivi d'ornières et de la période de récolte (figure 27).

Cette approche, ou d'autres, pourrait aussi être appliquée et adaptée au système de planification des entreprises. Elle pourrait d'ailleurs être bonifiée en y ajoutant d'autres variables possiblement importantes, telles que par exemple, les précipitations mesurées par période ou encore la distance maximale de débardage sur le bloc. Toutefois, tout modèle aussi sophistiqué soit-il, devrait être validé par une photo-interprétation plus fine ou par une vérification sur le terrain.

Aide au suivi des opérations (occupation de sentiers)

Suivi à l'aide du GPS : réalité ou science-fiction ?

Depuis son introduction dans le contexte forestier, le positionnement global par satellite (GPS) a été mis à l'essai pour de nombreuses applications, que ce soit en temps réel ou en différé. Dans certains cas, la technologie a été adoptée d'emblée, comme par exemple pour le suivi des travaux sylvicoles mécanisés. Avec la

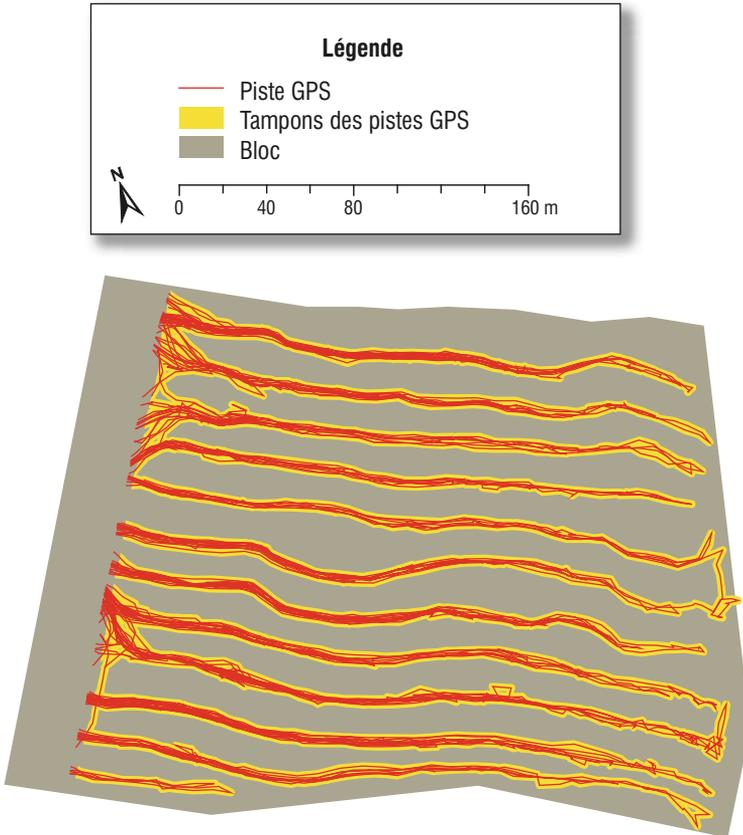


Figure 28. Résultats du suivi d'un porteur à l'aide d'un pisteur GPS.

nécessité de concentrer davantage le trafic des opérations forestières dans les forêts publiques québécoises, le suivi par GPS apparaissait comme une solution prometteuse. De premiers essais (Ryans, 2000) ont illustré des problèmes associés aux erreurs aléatoires de positionnement cumulées de passage en passage. L'arrivée de récepteurs utilisant le Wide Area Augmentation System (WAAS) et l'exactitude accrue en découlant ont amélioré les résultats (Tran et Plamondon, 2005) (figure 28).

Le portrait complet obtenu est l'une des caractéristiques intéressantes de l'approche avec pisteur. Alors que la détection des changements de sentiers repose sur une probabilité d'échantillonnage avec la méthode des transects, une approche par pisteur les détecterait tous. Il en irait ainsi pour les dépassements possibles des cônes de débardage au-delà de la distance prescrite de 30 mètres.

Comme c'est le cas pour plusieurs nouvelles technologies, le défi de mise en application réside dans un traitement efficace de l'information pour en tirer un bénéfice et éviter une augmentation du fardeau de travail.

Dans cette optique, l'analyse automatisée de données obtenues d'un tracé GPS de machines permettrait d'effectuer une intervention rapide en cas de problème, plutôt que de ne pouvoir en arriver qu'à un constat quelques semaines ou même quelques mois plus tard. Les résultats des recherches, combinés à l'amélioration constante des récepteurs, rendent envisageable la mise en application de tels systèmes à moyen terme. D'ici là, un simple examen visuel des fichiers peut quand même donner une bonne idée de la situation. Quelles qu'elles soient, les approches technologiques ne remplaceront pas un bon système d'interaction entre les superviseurs, les planificateurs et les opérateurs.

Éléments d'un système de contrôle

Une fois la meilleure planification annuelle réalisée, il relève des acteurs au niveau du chantier d'en assurer l'exécution. Quels sont les moyens pouvant être mis en œuvre pour aider à l'atteinte des objectifs? La sensibilisation des intervenants ne peut jamais être tenue pour acquise. Une rencontre en début de saison ne suffit pas. Voici les points clés à mettre en œuvre dans un système de contrôle pour assurer le succès des opérations de CPRS :

- Une rétroaction (feedback) rapide des résultats obtenus permet d'analyser les cas problèmes lorsqu'ils sont « frais », de mieux comprendre les phénomènes qui les ont causés et d'apporter des correctifs élaborés conjointement (figure 29).
- Un flux d'information ascendante (de l'opérateur vers le superviseur) permettra aussi de suivre le chantier correctement en cours d'opération et d'apporter des correctifs immédiats. Les constats « après coup » semblent souvent évidents alors que la prédiction « avant coup » est plus problématique.



Figure 29. Rétroaction sur le suivi des travaux.

- Dans le cas de précipitations excessives, essayer de disposer d'un bloc alternatif à proximité. Peut-on couper les aires difficiles durant le jour et garder le terrain plus facile pour le travail de nuit? Est-il réaliste ou possible de revenir plus tard lorsque les conditions seront plus propices?
- La documentation des diverses dispositions mises en œuvre et la mesure du succès obtenu constituent une façon essentielle de se donner une mémoire permettant d'apprendre à partir des erreurs.

D'une saison à l'autre, les informations consignées devraient permettre d'effectuer un bilan :

- Les équipements sont-ils adéquats?
- Y a-t-il des incitatifs à atteindre les objectifs? Sont-ils efficaces?
- Y a-t-il des besoins en formation?
- Doit-on prévoir des périodes d'arrêt exceptionnelles? Qui en assumera les coûts?
- Pouvons-nous imaginer de nouvelles méthodes de travail?
- Notre façon de documenter les activités est-elle efficace? L'information est-elle utilisée pour améliorer le rendement?

Remerciements

Ce guide a été réalisé dans le cadre d'un programme de recherche conjoint entre le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) et l'industrie. Le programme d'étude a pour but de favoriser l'atteinte des objectifs de CPRS et de développement durable.

L'auteur tient à exprimer sa reconnaissance aux collaborateurs des diverses études réalisées au préalable, lesquelles ont permis de tester et de bonifier les connaissances, ainsi qu'au comité d'orientation dont les conseils se sont avérés essentiels. La générosité des personnes rencontrées, aussi bien sur le terrain que lors de contacts informels, a grandement aidé à la production du présent document. Nous tenons également à remercier les nombreux réviseurs et autres personnes impliquées dans la production de ce guide et dans la conduite du programme de recherche notamment MM. Mario Blanchette, Alain Schreiber et Stéphane Tremblay du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, ainsi que MM. Pierre Cormier de Bower Products forestiers du Canada inc. et Claude Lebel d'Industries Norbord Inc.

Références

1. Brais, S. 1994. Impacts des opérations forestières sur la productivité à long terme des écosystèmes forestiers. Ministère des Ressources naturelles. Direction de l'environnement forestier. Québec, QC. 75 p.
2. Canuel, B. 1989. Guide d'utilisation de la coupe avec protection de la régénération (abattage mécanisé). Ministère de l'Énergie et des Ressources. Québec, QC. 30 p.
3. Claveau, J.-Y. 1995. Procédés de récolte utilisés au Québec, dans les forêts du domaine de l'État - Rapport annuel : exercice 1993-1994. Ministère des Ressources naturelles. Direction de l'assistance technique. Québec, QC. 49 p.
4. Claveau, J.-Y. 1997. Procédés de récolte utilisés au Québec, dans les forêts du domaine de l'État - Rapport annuel : exercice 1995-1996. Ministère des Ressources naturelles. Direction de l'assistance technique. Québec, QC. 45 p.
5. Claveau, J.-Y. 2001. Procédés de récolte utilisés au Québec, dans les forêts du domaine de l'État - Rapport annuel : exercice 2000-2001. Ministère des Ressources naturelles. Direction de l'assistance technique. Québec, QC. 46 p.
6. Claveau, J.-Y. 2005. Procédés de récolte utilisés au Québec, dans les forêts du domaine de l'État. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. Forêt Québec. Direction de l'assistance technique. Québec, QC. 45 p.
7. Clemmer, E.; Weetman, G.F.; Frisque, G. 1978. Analyse, 10 ans après coupe de bois à pâte, des problèmes de régénération dans l'est du Canada. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, QC. Rap. tech. RT-23. 67 p.
8. Gingras, J.-F.; Cormier, D.; Ruel, J.-C.; Pin, P. 1991. Étude comparative de l'impact de trois modes de débardage sur la régénération préétablie. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, QC. Fiche tech. FT-163. 12 p.
9. Grondin, P., Noël, J., Schreiber, A. 2005. Analyse des relations entre les omières et les variables écologiques dans la portion sud de la forêt boréale québécoise. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier. Québec, QC. Hors-série. 58 p.
10. Kosicki, K. 2002. Evaluation of Trans-Gesco TG88C and Tigercat 635 grapple skidders working in central Alberta. For. Eng. Res. Inst. Can. (FERIC), Vancouver, BC. Advantage 3(37). 20 p.

-
11. Lacroix, S. 2005. Modèle intégré de sélection du moment et du lieu de récolte en fonction des coûts d'opération et des impacts au niveau des sols. Mémoire de maîtrise. Université Laval, Faculté des études supérieures. Sainte-Foy, QC. 121 p.
-
12. Laffèche, V., Bégin, J., Ruel, J.-C. 2004. Effets de la coupe avec protection de la régénération sur la production des peuplements forestiers. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 146. Sainte-Foy, QC. 95 p.
-
13. Meek, P. 1997. Premiers essais de téléphérage sur terrain plat. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, QC. Fiche technique FT-Téléphérage-16. 2 p.
-
14. MRN. 1998. Guide des saines pratiques forestières dans les pentes du Québec. Ministère des Ressources naturelles. Direction des relations publiques. Québec, QC. 54 p.
-
15. MRNF. 2005. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Méthode pour attribuer un niveau de sensibilité à l'orniérage aux polygones écoforestiers. Page consultée le 30 novembre 2005.
<http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/consultation/orniérage-polygone.zip>
-
16. MRNFP. 2004. Estimation du taux d'occupation des sentiers d'abattage et de débardage et estimation du taux de protection de la régénération. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. Direction de l'assistance technique. Sainte-Foy, QC. 20 p.
-
17. MRNFP. 2005. Objectifs de protection et de mise en valeur des ressources du milieu forestier : plans généraux d'aménagement forestier 2007-2012 : document de mise en oeuvre. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. Québec, QC. 47 p.
-
18. Plamondon, J.A. 1998. Le téléphérage: la solution pour extraire des tiges en sol mou. *Opérations forestières et de scieries*. 33(1):40-44.
-
19. Plamondon, J.A., Desrochers, L. 2005. Efficacité de la redistribution des débris de coupe pour limiter l'orniérage. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, QC. Rapport de contrat RC-206-8. 14 p.
-
20. Pothier, D., Doucet, R., Boily, J. 1995. The effect of advance regeneration height on future yield of black spruce stands. *Can. J. For. Res.* 25 : 536-544.

-
21. Pothier, D. 1996. Évolution de la régénération après la coupe de peuplements récoltés selon différents procédés d'exploitation. *For. Chron.* 72(5): 519-527.
-
22. Ruel, J.-C., Ouellet, F., Plusquellec, R., Ung, C.-H. 1998. Évolution de la régénération de peuplements résineux et mélangés au cours des 30 années après coupe à blanc mécanisée. *For. Chron.* 74 (3) : 428-444.
-
23. Ryans, M. 2000. Essai du suivi de débardage avec un récepteur TruckBase. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, QC. Travaux non publiés.
-
24. Schreiber, A.; Jetté, J.-P. 1998. Le phénomène d'orniérage après coupe dans les milieux forestiers humides; le suivi au moyen d'un indicateur de perturbations physiques des sols. Ministère des ressources naturelles du Québec, Sainte-Foy, QC. Note technique. 4 p.
-
25. Schreiber, A. ; Jetté, J.-P. ; Auger, I. 2002. L'orniérage dans les CPRS et dans les autres coupes de régénération : méthode de mesure utilisée en 2001. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'environnement forestier. Charlesbourg, QC. 37 p.
-
26. Sutherland, B. 2005. La prévention des dommages au sol en forêt boréale et acadienne dans l'est du Canada – Guide pratique pour les opérations forestières. Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, QC. *Avantage* 6 (27). 61 p.
-
27. Tran, E., Plamondon, J.A. 2005. Suivi de la concentration du trafic au débardage à l'aide du système de positionnement global (GPS). Inst. can. de rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, QC. Rapport de contrat RC-206-4. 8 p.

Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC)



**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

Site Internet :
www.feric.ca

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF)

**Ressources naturelles
et Faune**

Québec



Site Internet :
<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/accueil.jsp>