
CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE POUR LES OPÉRATIONS FORESTIÈRES DU CANADA

Rapport Spécial n° RS-117

Décembre 1996

MOTS CLÉS : Opérations forestières, Récolte des bois, Sylviculture, Transport secondaire, Robotique, Automatisation des machines, Matériaux légers, Systèmes de positionnement par satellite, Simulateurs pour la formation, Vision artificielle, Fluides compatibles avec l'environnement, Systèmes d'aide à la décision, Technologies avec faible empreinte au sol, Systèmes à entrée vocale, Systèmes d'acquisition des données, Systèmes de transfert de la voix, Systèmes de transfert des données, Interfaces opérateur-machine, Télédétection, Technologie, Innovation, Transfert de technologie, Prévisions, Canada.

This Special Report is available in English.

Traduit par : Thérèse Sicard, ing.f.

© Copyright 1996, Institut canadien de recherches en génie forestier ISSN 0706-8468

Résumé

Le rapport présente une Carte routière traçant les grandes lignes d'une stratégie d'innovation technologique, de recherche et de développement, ainsi que de transfert technologique pour les opérations forestières canadiennes au cours de la prochaine décennie. La carte identifie les points de départ et d'arrivée, discute des forces motrices, décrit les occasions favorables à des améliorations technologiques et donne des recommandations sur la meilleure route à choisir pour l'avenir.

Remerciements

Le présent rapport a été préparé par FERIC en collaboration avec Industrie Canada; il est basé sur une revue de la documentation pertinente, sur des consultations de FERIC auprès des cadres supérieurs d'entreprises de produits forestiers et d'équipementiers du Canada, ainsi que sur les délibérations de groupes échantillons et de spécialistes au sein de FERIC. L'information et les recommandations qui en ont résulté ont fait l'objet de deux rapports de base préparés par les divisions de l'Est et de l'Ouest de FERIC, lesquels ont été intégrés et résumés pour donner le présent rapport. On peut se procurer les deux rapports détaillés en s'adressant à FERIC. FERIC a retenu les services de consultants pour faire une synthèse des divers éléments d'information et préparer les rapports de base ainsi que le rapport de synthèse. Nous désirons leur exprimer notre reconnaissance pour leur compétence et leur dévouement, de même qu'aux fonctionnaires d'Industrie Canada, M. Subhash Juneja et M. John Hector, qui nous ont guidés par leurs conseils. Nous aimerions également remercier les cadres supérieurs des industries forestières et des fabricants d'équipement, qui ont accepté de consacrer un temps précieux à participer à des séances de remue-ménages durant l'élaboration de la Carte routière.

Sommaire

La «carte routière technologique pour les opérations forestières», élaborée par FERIC en consultation avec l'industrie forestière, les équipementiers et Industrie Canada fixe des objectifs aux opérations forestières canadiennes dans 10 ans : maintenir les coûts du bois à l'usine aux niveaux actuels, ou les abaisser; satisfaire aux règlements ainsi qu'aux attentes du public en matière d'aménagement forestier durable; optimiser les stocks de fibre et leur qualité; assurer une main-d'œuvre motivée et productive; maintenir un secteur canadien de l'équipement forestier viable, fondé sur la technologie; et transférer efficacement la technologie et les connaissances à tous les intervenants. Ce sont là des objectifs ambitieux en regard du passé. La Carte routière propose comme avenue possible de mettre l'accent sur l'innovation technologique appropriée.

La première option, l'amélioration des technologies existantes, part de solutions éprouvées pour répondre à des besoins qui évoluent rapidement. Les bénéfices obtenus justifient souvent les coûts de développement relativement bas. La Carte routière définit plusieurs priorités : une plus grande mécanisation dans les opérations de récolte; de nouvelles techniques en vue d'augmenter le rendement en fibre et la valeur des produits, pour l'éclaircie, l'élimination des résidus, pour les travaux en terrain escarpé ou avec des arbres de grandes dimensions; de meilleurs systèmes de transport et un équipement plus approprié; une construction routière améliorée; et des méthodes de rechange aux pratiques sylvicoles courantes.

La seconde option consiste à investir dans des technologies de pointe qui promettent des bonds en avant dans la compétitivité des opérations forestières. Ces technologies offrent à long terme des rendements considérables, mais les coûts et les risques sont élevés. La Carte routière identifie plusieurs de ces technologies de pointe : l'automatisation des machines et la robotique, les matériaux légers, les systèmes de positionnement par satellite, les simulateurs pour la formation, la vision artificielle, les fluides compatibles avec l'environnement, les systèmes informatisés d'aide à la décision, les technologies avec faible empreinte au sol, les systèmes d'acquisition et de transfert des données et de la voix, les interfaces opérateur-machine et la télédétection.

La Carte routière donne aussi des recommandations de mise en œuvre basées sur une évaluation en profondeur des tendances et des facteurs qui affectent les opérations forestières, sur les technologies existantes et sur des consultations avec des cadres supérieurs et des spécialistes dans les secteurs de l'industrie forestière et des équipementiers. Les priorités portent sur la formation, le développement et le transfert de technologie, les liens organisationnels et les communications. Les recommandations s'appliquent et font appel à tous les intervenants, notamment à l'industrie forestière, aux entrepreneurs, aux équipementiers, aux gouvernements et aux organismes de recherche.

Avant-propos

La présente Carte routière technologique trace les grandes lignes d'une stratégie possible d'innovation technologique dans les opérations forestières qui représentent une composante très importante de l'industrie forestière canadienne. L'objectif final est d'arriver à faire du secteur forestier au Canada, au cours de la prochaine décennie, un secteur très prospère, sensible aux pressions croissantes en faveur de la conservation de la biodiversité et du développement durable des ressources forestières.

La contribution de l'industrie forestière canadienne au bien-être économique de notre nation est bien reconnue. Cette industrie est à l'origine d'un million d'emplois au Canada. Plus de 300 communautés dans pratiquement chaque région du pays en dépendent exclusivement comme source de revenu. En 1995, elle a vendu pour près de 60 milliards de dollars de produits, dont la plupart ont été exportés. En fait, ses exportations nettes dépassent le total combiné de tous les autres secteurs majeurs d'exportation du Canada.

Les opérations forestières dépendent de technologies d'avant-garde pour assurer la compétitivité des produits forestiers canadiens sur le marché international, de même que le développement durable de nos forêts. La Carte routière présente un plan stratégique d'innovation technologique, de recherche et de développement, ainsi que de transfert technologique dans les opérations forestières. Elle identifie les points de départ et d'arrivée, discute des forces motrices, décrit les opportunités d'améliorations technologiques et fournit une série de recommandations en vue de la mise en œuvre du plan.

Le plan stratégique, la Carte routière technologique pour les opérations forestières, est réaliste et faisable. C'est un excellent exemple de coopération entre le gouvernement et l'industrie. Il a été élaboré à la suite de consultations intensives auprès de tous les intervenants des secteurs public et privé, et sa mise en œuvre devrait recevoir leur entière collaboration. Nous croyons donc que ce rapport mérite d'être examiné et discuté et nous vous prions instamment de lui accorder toute votre attention.

Dans le contexte de nos objectifs, soit la promotion et l'utilisation de technologies d'avant-garde, nous sommes heureux de fournir un accès via l'Internet à cette Carte routière technologique, au site *Strategis* d'Industrie Canada, aux adresses suivantes : <http://strategis.ic.gc.ca/frt> pour la version française, et <http://strategis.ic.gc.ca/trm> pour la version anglaise.

Kevin G. Lynch
Sous-ministre
Industrie Canada

Gilbert G. Paillé
Président et directeur général
FERIC

Table des matières

| | Page |
|--|------|
| RÉSUMÉ | ii |
| REMERCIEMENTS | ii |
| SOMMAIRE | ii |
| AVANT-PROPOS | iii |
| INTRODUCTION | 1 |
| FORCES MOTRICES | 2 |
| Coût du bois livré à l'usine | 2 |
| Environnement | 3 |
| Approvisionnement en fibre | 3 |
| Marchés et demandes de produits | 3 |
| Enjeux socio-politiques | 4 |
| Besoins des travailleurs et des entrepreneurs | 4 |
| TECHNOLOGIE | 5 |
| Base technologique existante | 5 |
| Améliorations des technologies existantes | 6 |
| Récolte des bois | 6 |
| Transport secondaire | 7 |
| Opérations sylvicoles | 8 |
| Technologies de pointe | 8 |
| Automation des machines et robotique | 8 |
| Matériaux légers | 9 |
| Systèmes de positionnement par satellite (GPS) | 9 |
| Simulateurs pour la formation | 9 |
| Vision artificielle | 9 |
| Fluides compatibles avec l'environnement | 10 |
| Outils informatisés d'aide à la décision | 10 |
| Technologies avec faible empreinte au sol | 10 |
| Systèmes d'acquisition et de transfert des données et de la voix | 10 |
| Interfaces opérateur-machine | 10 |
| Télétection | 11 |
| PLAN D'ACTION RECOMMANDÉ | 11 |
| Développement technologique | 11 |
| Transfert de technologie | 12 |
| Formation | 12 |
| Liens organisationnels et communication | 13 |
| Industrie forestière et entrepreneurs | 13 |
| Équipementiers | 14 |
| Gouvernement | 14 |
| DOCUMENTS DE BASE | 15 |

Introduction

Le rapport présente une Carte routière traçant les grandes lignes d'une stratégie d'innovation technologique, de recherche et de développement, ainsi que de transfert technologique pour les opérations forestières canadiennes au cours de la prochaine décennie.

La Carte elle-même dépeint un secteur important et bien établi de l'économie canadienne, l'industrie forestière. Cette industrie a vendu pour 57 milliards de dollars de produits en 1995. Les exportations s'élevaient à 41 milliards de dollars, les exportations *nettes* dépassant le total des autres secteurs d'exportation majeurs combinés. Les activités de l'industrie étaient à l'origine de près d'un million d'emplois à travers le pays. L'industrie forestière est le plus gros employeur en milieu rural au Canada, et plus de 300 communautés en dépendent exclusivement comme source de revenu. Bref, c'est le secteur manufacturier de premier plan au pays et la pierre angulaire de notre économie.

Sur notre Carte, les opérations forestières canadiennes de 1996 et la base technologique existante constituent le point de départ. Ces opérations fournissent la plus grande partie de la fibre ligneuse utilisée dans les produits industriels. Même la pâte recyclée et les résidus d'usine proviennent principalement des forêts canadiennes. Le coût du bois s'élevait à 60 % des coûts totaux en scierie en 1995 et n'étaient que légèrement inférieurs pour la pâte et le papier journal. C'est pourquoi les coûts du bois détermineront notre capacité à être concurrentiels sur les marchés mondiaux dont le Canada dépend si fortement. Les coûts du bois liés aux opérations forestières comprennent non seulement la récolte des arbres et le transport des produits à l'usine mais également les opérations sylvicoles, l'aménagement des forêts, ainsi que la planification et le contrôle qui s'y rattachent.

Nous avons déjà parcouru un bout de chemin pour atteindre notre point de départ. Les opérations forestières ont largement bénéficié de la recherche et du développement ainsi que de l'innovation. La productivité par personne-année a été multipliée par sept au cours du présent siècle. L'équipement est fortement mécanisé et souvent multifonctionnel, et les réductions de coût ont constitué l'objectif premier dans le transport tout comme dans la récolte. Nous avons fait face à de nouvelles exigences en matière de renouvellement et d'aménagement des forêts et nous étudions des moyens de répondre aux préoccupations environnementales. Contrairement à ce qui se passe dans les usines de transformation et dans les forêts de plusieurs de nos concurrents, l'équipement forestier canadien fonctionne dans un des milieux les plus hostiles au monde, avec des variations extrêmes dans les conditions atmosphériques, les types de forêts et les sols.

Nous ne pouvons cependant rester indéfiniment où nous sommes. De nombreuses forces nous poussent à avancer, nous amenant souvent à changer de direction

et créant parfois des obstacles sur notre route. La concurrence mondiale exige plus que jamais que les produits soient de qualité supérieure et cela, à des coûts compétitifs. Les pressions sociales et les règlements gouvernementaux imposent de nouvelles normes en matière d'environnement. Les arbres sont plus petits et plus éloignés, et l'approvisionnement en fibre résineuse est insuffisant. La venue des entrepreneurs et leur relation avec l'industrie forestière ajoute encore une autre dimension. Les manufacturiers envisagent une gamme de nouveaux produits qui ont une valeur ajoutée et qui comptent moins sur le bois solide comme élément de base. Et le plus important, c'est peut-être que les gens sont de plus en plus reconnus pour leur contribution au changement.

En réponse à ces forces motrices, l'innovation technologique a le potentiel de révolutionner complètement le champ des opérations forestières traditionnelles. Nous voici à l'aube d'un changement structurel majeur. La technologie est le véhicule alors que la recherche et le développement fournissent l'énergie. Nous sommes dans le siège du conducteur. Mais nous devons savoir où nous allons et choisir la meilleure route pour atteindre cette destination.

La Carte routière nous conduit à travers la prochaine décennie jusqu'à notre destination en l'an 2006. À ce point d'arrivée, nous nous attendrions à ce que les opérations forestières du Canada aient atteint les objectifs suivants :

- maintenir le coût du bois livré aux usines aux niveaux actuels ou réduire les coûts;
- satisfaire aux règlements ainsi qu'aux attentes du public en matière d'aménagement forestier durable;
- optimiser la qualité et les stocks de fibre;
- assurer une main-d'œuvre motivée et productive;
- maintenir un secteur canadien de l'équipement forestier viable, fondé sur la technologie;
- transférer la technologie et les connaissances efficacement à tous les intervenants.

Étant donné les tendances passées et les coupures dans les dépenses publiques, ce sont là des objectifs excessivement ambitieux. Comment les réaliser? Une réponse réside dans l'innovation technologique. Nous devons choisir notre route avec soin.

Le prochain chapitre passe en revue les forces motrices actuelles et futures dans les opérations forestières du Canada. Ce sont des facteurs et des tendances qui influenceront fortement les opérations et les technologies connexes. Ils sont nombreux, diversifiés et interreliés. Nous les rencontrerons tout au long de notre parcours. La plupart sont sur la Carte routière mais nous verrons également des territoires nouveaux, car les conditions sont dynamiques et la Carte aura besoin d'être mise à jour.

Le chapitre suivant décrit l'innovation technologique dans les opérations forestières. Il commence avec la base technologique existante, puis progresse vers des

domaines qui offrent l'occasion d'améliorer ces technologies sous l'impulsion des forces motrices. La route serpente ensuite à travers des régions qui sont moins certaines, mais avec la promesse de percées technologiques et de rendements substantiels.

Le dernier chapitre présente des recommandations en vue d'atteindre nos objectifs dans 10 ans d'ici. Elles nous aideront à choisir la route la plus rapide et la plus sûre pour parvenir à la destination indiquée sur la Carte routière. Elles s'appliquent à tous les intervenants, industrie, gouvernement et organismes de recherche, et devraient bénéficier tant à l'industrie forestière qu'aux équipementiers canadiens.

Tout comme les guides touristiques sont utiles pour planifier un voyage, de nombreuses sources ont été essentielles pour fournir l'information et les points de vue exprimés ici. Ces sources comprennent plusieurs rapports et présentations publiés au cours des dix dernières années, des consultations de FERIC auprès des cadres supérieurs d'entreprises de produits forestiers et d'équipementiers canadiens, ainsi que les délibérations de groupes échantillons et de spécialistes au sein de FERIC.

Forces motrices

Les forces motrices encombrant la Carte routière comme des panneaux de signalisation pointant dans toutes les directions. Elles sont nombreuses et diversifiées. À mesure que la route sur la Carte progresse vers l'avenir, les forces motrices deviennent moins clairement définies. Mais nous savons que, pour avancer, nous devons les confronter. Comme le vent, elles nous poussent vers l'avant ou elles ralentissent notre marche. Comme les côtes et les courbes, elles sont des défis qui se posent à la technologie en tant que véhicule et qui nous interpellent en tant que conducteurs. À l'occasion, elles semblent barrer la route.

Les forces motrices influenceront fortement sur l'avenir de la récolte forestière, du transport du bois, de la sylviculture et de la planification. Elles influenceront de plusieurs façons l'ampleur des besoins de changement technologique et le moment où ils auront lieu au cours de la prochaine décennie.

Il est clair que les effets de ces divers facteurs et tendances ne sont pas mutuellement exclusifs, mais qu'ils sont interreliés dans une grande mesure. Les préoccupations environnementales, par exemple, se manifestent à la fois par le biais de pressions sociales et de politiques gouvernementales. La baisse dans l'approvisionnement de fibre et la réaction aux préoccupations environnementales exercent une pression à la hausse sur les coûts du bois à destination. Les marchés et la demande de produits ont une incidence sur l'approvisionnement en fibre, alors qu'inversement, l'essence et la qualité du bois affectent aussi les marchés.

Certains des enjeux sont complexes et difficiles à résoudre. Les objectifs peuvent même être contradictoires, et des décisions qui favorisent un objectif peuvent aller à l'encontre d'un autre. Les coupes rases, par exemple, voient leurs dimensions réduites pour diverses raisons, mais des écologistes affirment maintenant que les coupes rases plus vastes favorisent la biodiversité. Une utilisation plus complète augmente le rendement en fibre, mais les résidus abandonnés sur le parterre de coupe après la récolte sont nécessaires pour la faune et la fertilisation du sol.

Coût du bois livré à l'usine

Le besoin de contrôler et d'abaisser le coût du bois est la force la plus puissante à agir sur le changement technologique. La compétitivité économique est la clef d'une industrie forestière viable et rentable, laquelle est le pilier de l'économie canadienne. En outre, des coûts du bois plus faibles augmentent la disponibilité économique de la matière ligneuse.

Le coût du bois livré à l'usine est la composante à elle seule la plus importante des coûts totaux dans la fabrication des sciages, des contreplaqués, de la pâte et du papier journal. Dans les scieries, par exemple, le coût du bois représente 60 % des coûts totaux. À l'exception de la Suède, de la Finlande et du Japon, nos principaux compétiteurs à l'échelle internationale ont des coûts du bois plus faibles.

Le principal défi auquel sont confrontées les opérations forestières consiste à améliorer la performance économique grâce à l'innovation. Dans certains cas, cela ne demande que d'appliquer la technologie existante. Dans d'autres cas, cela signifie des machines plus rapides, plus intelligentes et plus productives, avec une mécanisation et des dispositifs électroniques plus perfectionnés.

La réduction du coût du bois est rendue d'autant plus importante par les escalades de coût associées à d'autres forces motrices. L'objectif de réduire les coûts du bois à destination devient donc double : (1) réduire les coûts partout où c'est possible par l'application de technologies nouvelles et de pratiques améliorées et (2) réduire au minimum les augmentations de coût occasionnées par des changements tels que les nouvelles exigences environnementales, les dimensions plus petites des billes et les questions de sécurité au travail.

Un élément de coût majeur qui demeure hors du contrôle de l'industrie est attribuable au gouvernement : les droits de coupe, les codes de pratiques forestières et les règlements. Ces coûts ne peuvent vraisemblablement pas être réduits à brève échéance, mais l'argent pourrait éventuellement être mieux réinvesti ou redirigé vers la forêt.

Environnement

La liste d'enjeux environnementaux liés aux opérations forestières paraît sans fin. Ils vont du réchauffement planétaire à la biodiversité et de la destruction des habitats à la protection des pêches. Les facteurs environnementaux imposent, à l'heure actuelle, des changements majeurs dans les règlements gouvernementaux, réduisant par là la disponibilité de fibre à travers le Canada (particulièrement en Colombie-Britannique) et influençant fortement les pratiques de récolte forestière, de transport du bois et de sylviculture.

Considérées comme un enjeu unique, les préoccupations environnementales sont rapidement devenues une force motrice prédominante qui se fait sentir à tous les niveaux dans la société. Elles sont controversées et complexes, et basées sur des connaissances très incomplètes. Cet enjeu est largement de compétence provinciale, mais il est national par sa portée et international au point de vue des marchés et des intérêts spéciaux qui entrent en jeu. Les intervenants font valoir leurs opinions avec véhémence.

Les gouvernements et l'industrie ont réagi. La Colombie-Britannique, centre d'une attention internationale considérable, a promulgué une nouvelle législation (notamment le Code de pratiques forestières) qui fixe des règles environnementales très strictes pour la récolte et le transport du bois. L'industrie a instauré un processus de certification de l'aménagement forestier durable par un organisme indépendant, incorporant une gamme de critères environnementaux et impliquant plusieurs intervenants. C'est un processus canadien, mais il gagne peu à peu la reconnaissance internationale.

Les enjeux environnementaux affectant les opérations forestières devraient rester d'actualité pendant encore un certain temps. L'innovation technologique est un véhicule clef sur la route pour faire face à ces questions. Nous avons besoin de machines et de systèmes qui respecteront les sols, l'eau, la biodiversité et les autres aspects de l'environnement.

Approvisionnement en fibre

L'abondance de l'approvisionnement de fibre au Canada a été une des forces traditionnelles de notre industrie forestière. Ayant accès à 10 % des ressources ligneuses mondiales, le secteur canadien des produits forestiers disposait de matière première facilement accessible, souvent à proximité des installations de production.

La situation évolue rapidement. Face aux augmentations inexorables dans la demande de produits, la récolte forestière a atteint les limites de la coupe admissible des résineux de qualité et de coûts acceptables dans plusieurs régions du pays, malgré des progrès considérables dans le rendement à la transformation, le recyclage et le taux d'utilisation de la matière première. Dans certaines régions, les coupes annuelles

admissibles et le territoire de la forêt commerciale lui-même ont rétréci pour tenir compte d'intérêts en rapport avec l'environnement et la préservation, laissant des ressources résineuses insuffisantes pour satisfaire aux besoins de la production et des marchés.

Les ressources feuillues sont encore sous-utilisées dans la plupart des régions, dans certains cas faisant même obstacle à la récolte des résineux. Toutefois, cette situation changera au cours de la prochaine décennie. Ainsi le tremble, qui est une essence dominante dans les stocks feuillus au Canada, en est venu à être largement utilisé pour les panneaux, les bois de charpente et les produits de papier.

En plus des calculs de coupe admissible basés sur le volume, la réalité économique de la récolte réduira également la disponibilité de matière ligneuse. Cela peut être particulièrement coûteux dans des régions déjà confrontées à des pénuries, comme c'est le cas dans quelques parties de la Colombie-Britannique. De nouvelles technologies susceptibles de réduire les coûts pourraient modifier la situation, augmentant ainsi l'approvisionnement de fibre.

La qualité des billes va en diminuant, mais des prix plus élevés pour les produits de spécialité et une compétition accrue pour la fibre forcent l'industrie à maximiser la valeur récupérée dans chaque bille.

L'approvisionnement de fibre constitue déjà une force motrice significative, peut-être la plus importante dans plusieurs parties du pays. Il deviendra encore plus critique à mesure que la croissance constante dans la demande dépassera le volume de fibre ligneuse disponible. Dans une décennie, sa portée pourrait causer un virage majeur dans les priorités technologiques appliquées aux opérations forestières. Les forêts issues de plantations et les sources agricoles de fibre ne devraient pas augmenter de façon significative l'approvisionnement disponible au cours de la prochaine décennie.

Parallèlement, la technologie s'efforcera surtout de pallier aux pénuries. Les volumes par unité de superficie et les dimensions des arbres seront plus petits, exigeant des modifications à l'équipement pour maintenir la productivité. Le bois (en moyenne) sera situé plus loin des usines et il deviendra encore plus important de réduire les coûts de transport. À mesure que la ressource conviendra moins bien aux produits de qualité construction et se prêtera davantage à la fabrication de pâte et de produits reconstitués, une technologie comme le déchiquetage en forêt pourra revêtir une plus grande importance.

Marchés et demandes de produits

Les tendances majeures dans les marchés et les demandes de produits comprennent : le virage vers des produits à valeur ajoutée, des produits du bois reconstitués et manufacturés, et des matériaux composites à base de

fibres de bois; la différenciation et la spécialisation des produits; et l'utilisation de copeaux sous-dimensionnés, de sciure et d'essences feuillues dans les produits de pâte et de papier.

Devant la baisse de disponibilité de la matière ligneuse, les gouvernements encouragent les industries à valeur ajoutée et les compagnies recherchent de nouvelles occasions favorables à une croissance des revenus et des profits. Les produits à valeur ajoutée visent les marchés nationaux tout autant que les marchés d'exportation.

Le virage vers des produits du bois à valeur ajoutée et reconstitués offrira davantage l'occasion de retirer la valeur optimale de billes qui pourraient autrement être sous-utilisées ou même jetées dans la pile de résidus. Ces billes doivent être triées par essence, par qualité et par dimensions afin de les séparer du débit régulier de produits courants. Sans planification et sans technologie appropriée, le triage est incompatible avec les approches actuelles préconisant la production de masse de produits courants à bas prix.

En outre, on obtiendra davantage de fibres de la biomasse forestière et des résidus laissés sur les sites. Il y aura une plus grande proportion de la récolte totale sous forme de fibres utilisables pour les copeaux et autres petites pièces, et davantage de déchets d'usine seront destinés à des produits reconstitués. En même temps, les bois de qualité, sans nœuds et de bonnes dimensions atteindront des prix supérieurs encore plus élevés et demanderont une attention spéciale en forêt pour éviter d'être endommagés. La demande des marchés pour des produits spécialisés diversifiés fera augmenter les prix pour certaines essences et caractéristiques de fibres.

D'ici une décennie, les nouveaux marchés et la tendance vers des produits à valeur ajoutée pourraient prendre une importance croissante comme forces motrices affectant les opérations forestières.

Enjeux socio-politiques

À l'heure actuelle, plusieurs enjeux qui pourraient être appelés socio-politiques ont tendance à dominer la discussion concernant les opérations forestières au Canada. C'est un ensemble plutôt fluide d'enjeux qui cherchent à gagner d'autres domaines tels que l'environnement et le développement durable, l'approvisionnement de fibres, le commerce, la tenure, l'utilisation du territoire et les coûts du bois.

Deux enjeux principaux de la dernière décennie, et dont l'intérêt se maintient alors que la restructuration de l'industrie continue, sont l'emploi et son frère siamois, l'utilisation des forêts. Il existe une tendance croissante de la part des gouvernements à lier la dispo-

nibilité des forêts publiques à la création d'emplois. C'est particulièrement vrai en Colombie-Britannique.

La question de l'utilisation des forêts, avec ou sans prélèvement de matière ligneuse, est un enjeu majeur pour déterminer l'approvisionnement de fibres. Par exemple, un sondage effectué en Colombie-Britannique a révélé que 49 % des répondants croyaient que la récolte forestière n'est jamais acceptable dans des étendues sauvages.

«L'éco-étiquetage» représente une barrière commerciale non tarifaire qui peut être de grande importance pour l'industrie forestière canadienne. Il requiert essentiellement la certification que les produits du bois proviennent d'arbres qui ont été récoltés dans des forêts aménagées de façon durable.

En général, le public s'attend à une amélioration notable des politiques et des pratiques d'aménagement forestier de la part des gouvernements et de l'industrie, et il insiste pour s'impliquer dans les processus de prise de décision qui affectent les opérations forestières et la planification.

Besoins des travailleurs et des entrepreneurs

Les travailleurs et les entrepreneurs sont deux institutions séparées mais liées entre elles. Toutes deux sont de plus en plus reconnues comme critiques pour le succès des opérations forestières et l'application de nouvelles technologies.

Les travailleurs dont les besoins ont été pris en compte sont plus susceptibles d'être productifs. Les facteurs importants à considérer comprennent la performance, la sécurité, la formation, l'ergonomie et la satisfaction au travail. Des études montrent que les opérateurs de machines sont généralement positifs au sujet de l'application de la technologie aux opérations en forêt. Ils croient que la technologie peut améliorer l'image de l'industrie, la motivation, la productivité et la sécurité.

Les entrepreneurs récoltent actuellement 90 % du bois dans l'est du Canada et une proportion importante dans l'ouest. Ces compagnies sont plus petites que les grosses corporations industrielles forestières, avec des ressources financières plus limitées et une structure organisationnelle de soutien réduite pour planifier les opérations et fournir des services tels que l'entretien. Il faut donc de l'équipement moins coûteux à l'achat et plus robuste. Au cours de la prochaine décennie, on s'attend à ce que les entrepreneurs restent dominants, mais qu'ils deviennent possiblement des entités plus grosses et plus polyvalentes ayant davantage de ressources et capables d'acheter des machines plus puissantes et plus spécialisées.

Technologie

La technologie est le véhicule qui mènera les opérations forestières à leur destination d'ici dix ans, mais il y a plusieurs modèles parmi lesquels il faut choisir. Un grand nombre d'entre eux offrent une bonne valeur et un voyage en toute sécurité, mais ils peuvent prendre un certain temps avant de nous rendre à destination. D'autres, moins nombreux, sont plus puissants mais n'ont pas encore fait leurs preuves et risquent davantage de tomber en panne le long de la route. Ils nous offrent cependant une bonne chance d'atteindre notre destination les premiers.

La Carte routière définit trois niveaux de technologie. Elle commence avec la base technologique qui s'applique aux opérations forestières existantes et progresse dans des domaines qui donnent l'occasion d'améliorer ces technologies. Dans la section finale, une partie spéciale de la Carte présente onze véhicules à performance plus élevée qui offrent de bonnes perspectives de percées technologiques.

Base technologique existante

La technologie a fait son chemin dans les opérations forestières. Au cours des dernières décennies, plusieurs systèmes de récolte ont remplacé des méthodes plus primitives en réponse aux forces motrices qui prévalaient à ce moment. L'équipement est hautement mécanisé et souvent multifonctionnel. La réduction des coûts a été l'objectif premier dans le transport comme dans les activités de récolte.

Dans l'est et le centre du Canada, les systèmes de coupe par arbres entiers sont à la baisse et représenteront éventuellement moins de 50 % de la récolte totale. Cependant, dans l'intérieur de la Colombie-Britannique et dans les provinces des Prairies, la récolte par arbres entiers continuera à dominer pendant un certain temps. Ces systèmes comportent habituellement l'utilisation d'abatteuses-groupeuses sur chenilles avec têtes d'abatage à scie, suivie de débardage par grappin, pince portante ou câble, suivant les conditions du site. L'ébranchage et le triage sont habituellement effectués en bordure de route. Les principales faiblesses habituellement associées aux systèmes par arbres entiers sont la perturbation du site, le transport des éléments nutritifs à l'extérieur du site de croissance, le bris des tiges et les pertes de valeur.

La méthode de récolte par bois courts, aussi appelée par bois tronçonnés, utilise généralement des abatteuses-façonneuses à tête multifonctionnelle, des façonneuses à la souche et des porteurs de bois courts. Elle offre plusieurs avantages dans des conditions appropriées, notamment un faible impact sur l'environnement et la possibilité de travailler en coupe partielle, avantages de plus en plus importants. La coupe en bois tronçonnés est de mieux en mieux acceptée et, d'ici quelques années, devrait représenter au moins un tiers

de la récolte totale. Les problèmes liés aux machines existantes sont des coûts en capital et des coûts de fonctionnement élevés et de longues courbes d'apprentissage pour les opérateurs.

Avec le système en troncs entiers, les arbres sont abattus et ébranchés à la souche, souvent manuellement, puis ils sont acheminés en bordure de route, habituellement par débardage par câble. Ce système représente 15 % de la récolte et est utilisé surtout dans des opérations sur une petite échelle et dans des situations particulières. Les principaux problèmes qu'il comporte sont les exigences physiques de l'abatage manuel et la faible productivité du débardage.

Soixante-dix pour cent de la récolte en Colombie-Britannique côtière, caractérisée par son terrain montagneux, se fait par téléphéage. Les systèmes terrestres, principalement le débardage des billes par excavatrice jusqu'en bordure de route, représentent 20 % du total et le débardage aérien (le plus souvent par hélicoptère) entre 5 et 10 %. Les hélicoptères, permettant d'atteindre les arbres inaccessibles par d'autres moyens, et le téléphéage sont utilisés sélectivement et dans une moins grande mesure en Colombie-Britannique intérieure et en Alberta. Tous ces systèmes sont très coûteux à mettre en œuvre et demandent des peuplements étendus ou de grande valeur pour être rentables.

Le transport des billes et des copeaux se fait principalement par route, à l'aide de camions. Les copeaux, qui représentent plus de 50 % du volume de fibre au Canada, sont transportés en vrac dans des fourgons, alors que les billes le sont par des remorques qui pèsent habituellement autour de 10 tonnes. Les remorques, pour la plupart, sont construites avec un minimum d'études techniques, ce qui entraîne des coûts de fonctionnement élevés. Des camions surdimensionnés sont utilisés le plus souvent au Québec, en Alberta et en Colombie-Britannique, où une bonne partie des bois ronds sont transportés sur des routes forestières privées. Sur la côte de Colombie-Britannique, la majorité des opérations qui produisent des billes, des copeaux et des déchets combustibles comptent un lien maritime dans leur phase de transport. Les principaux problèmes liés au transport sont les coûts élevés dus aux longues distances et aux charges utiles non optimisées.

La plupart des équipements sylvicoles sont utilisés après une coupe rase. Des scarificateurs à disques motorisés, des scarificateurs à placeaux et divers autres accessoires montés sur tracteur et sur débardeur servent aux travaux de préparation de terrain. La plantation se fait manuellement, alors que l'ensemencement direct est effectué principalement par aéronef. L'entretien des jeunes peuplements et l'éclaircie précommerciale vont en augmentant. On constate quelques tentatives de mécanisation. Les principaux problèmes liés à l'équipement sylvicole sont les coûts élevés, étant donné les marchés limités et la difficulté à mécaniser certaines opérations (p. ex. la plantation, l'éclaircie précommerciale).

Améliorations des technologies existantes

Fondamentalement, il reste nécessaire d'appliquer les technologies existantes de récolte, de sylviculture, de transport et de construction routière à un niveau local. On doit également innover pour trouver une solution à certains des problèmes identifiés avec les technologies courantes, qu'il s'agisse de machines, d'accessoires ou autres équipements spécifiques. De tels développements technologiques sont en cours et sont absolument essentiels pour s'adapter aux exigences et aux conditions changeantes, souvent en réponse aux besoins immédiats des opérateurs.

Ces travaux peuvent se faire à partir d'opérations éprouvées en apportant des bénéfices qui dépassent de beaucoup les coûts impliqués. Ils peuvent fournir la souplesse et la réponse rapide requises pour faire face aux nombreuses dynamiques liées aux opérations forestières et aux forces qui amènent le changement. Ces forces comprennent le besoin de réduire les coûts, d'améliorer la performance en matière d'environnement et d'accroître l'approvisionnement en fibre. Ce genre d'innovation tombe carrément dans une philosophie orientée vers les besoins de la clientèle et présente énormément d'intérêt pour les équipementiers. Elle peut contribuer de façon significative à atteindre la destination visée sur la Carte routière, et son importance ne devrait pas être minimisée.

De nombreuses innovations pourraient contribuer à améliorer les technologies existantes. Nous en mentionnons ici quelques-unes; chacune représente potentiellement un champ important de possibilités.

Récolte des bois

Équipement d'éclaircie commerciale de coût plus abordable

Une étude de FERIC a révélé que 25 % de ses compagnies membres dans l'est sont maintenant engagées dans l'éclaircie commerciale. Ce chiffre dépassera 50 % d'ici l'an 2000 parce que l'éclaircie procure une fibre immédiate et améliore les stocks en croissance, mais les coûts demeurent élevés à cause de la taille nécessairement petite des arbres et de la nécessité de réduire le plus possible les dommages aux tiges résiduelles. En outre, les techniques et l'équipement d'éclaircie appropriés sont encore en voie de perfectionnement, la plupart des éclaircies étant actuellement réalisées dans le cadre d'opérations manuelles avec outils motorisés ou par de petites abatteuses-façonneuses à roues, importées.

C'est une occasion de développer et d'adapter de l'équipement convenant aux exigences de l'éclaircie dans les conditions canadiennes. Les options comprennent de petits châssis automoteurs d'abat-

teuses-façonneuses, robustes et de coût abordable, ainsi que de petits porteurs étroits avec de bonnes charges utiles et une faible pression au sol.

Équipement mécanisé pour le jardinage des feuillus tolérants

Les peuplements feuillus inéquienues sont actuellement récoltés par abattage manuel et de simples techniques d'extraction à l'aide de tracteurs agricoles, de débardeurs à câble et de chevaux. Cependant, les équipes qualifiées sont de moins en moins disponibles pour ce genre d'opération. La mécanisation apparaît comme la seule solution, mais la grande taille des arbres et la forme des feuillus sont des obstacles qui restent encore à surmonter. Les solutions technologiques comprennent des abatteuses-groupeuses modifiées et des abatteuses-façonneuses spécialisées.

Équipement mécanisé pour la récolte par troncs entiers

La récolte par arbres entiers crée des résidus d'ébranchage en bordure de route, ce qui n'est plus acceptable dans plusieurs régions du pays; cependant la technologie de coupe par bois tronçonnés n'est pas toujours une option viable parce que certaines scieries ont besoin de bois en longueur et que plusieurs opérations de récolte ont en place une infrastructure efficace pour le transport et le traitement des troncs entiers. Peu d'options sont toutefois disponibles pour produire ces troncs entiers à la souche. Il existe donc un besoin d'améliorer les méthodes courantes d'ébranchage à la souche et les technologies de débarbage des troncs entiers par traînage ou par portage.

Têtes d'abattage-façonnage multitiges

Les machines actuelles de coupe par bois tronçonnés traitent une seule tige à la fois. Cela nuit à la productivité lors de la récolte de petits arbres et rend la coupe en bois tronçonnés moins intéressante dans les forêts boréales du nord. Il serait donc nécessaire de développer une tête d'abattage-façonnage capable d'abattre et de façonner des tiges multiples, pour travailler avec les arbres de faible diamètre.

Systèmes de récolte favorisant un meilleur rendement en fibre et une plus grande valeur

Les études montrent que des volumes substantiels de fibre ligneuse sont perdus ou que de nombreuses tiges sont cassées entre la souche et l'usine. De nouveaux systèmes de récolte et de nouvelles méthodes de travail sont requis pour réduire l'incidence du bris des tiges et des pertes de fibre. Il existe également un besoin de développer des techniques améliorées de triage et de marchandisage en bordure de route, particulièrement dans l'ouest du Canada.

Élimination des déchets dans les parcs de triage et les parcs satellites de marchandisage

Dans certaines conditions, le déchetage ou le marchandisage des tiges dans des stations satellites (éloignées des centres de transformation) offrent des avantages économiques appréciables et un meilleur rendement en fibre. Le problème est de savoir comment disposer des matériaux de rebut générés par le triage et l'écorçage. Les parcs de triage à sec dans l'ouest du Canada génèrent également de grandes quantités de déchets. Il est nécessaire d'innover pour utiliser ces matériaux sur place ou pour trouver des marchés pour les déchets.

Systèmes mécanisés pour terrain escarpé

Les systèmes terrestres sont le plus souvent non acceptables sur le plan environnemental en terrain escarpé, et les systèmes de téléphérage existants sont coûteux et par conséquent efficaces uniquement avec de gros arbres. Des téléphériques conçus de manière à travailler efficacement avec de petits arbres réduiraient les coûts et les dommages au sol sur les pentes fortes. De plus, ces systèmes pourraient prolonger la saison de travail sur les sites mouilleux ou autrement fragiles. Plusieurs modifications à la technologie existante sont requises.

Têtes de façonnage pour gros arbres

Il existe peu de têtes de façonnage sur le marché capables de traiter les gros arbres dans les peuplements de seconde venue qui seront récoltés au cours des 20 prochaines années en Colombie-Britannique côtière. Le développement d'unités de ce genre pourrait réduire les bris et les pertes, promouvoir la sécurité, accroître la productivité et abaisser les coûts.

Transport secondaire

Amélioration de traction et de mobilité des trains doubles de type B

Les trains doubles de type B comprennent deux remorques reliées par une sellette d'attelage. Cette configuration répartit la charge plus également sur un plus grand nombre d'essieux et par conséquent cause moins de dommages aux routes qu'une semi-remorque traditionnelle. C'est pourquoi les règlements provinciaux permettent aux trains B de transporter une charge plus lourde, réduisant ainsi les coûts de transport. La traction sur de fortes pentes, cependant, demeure un problème qui fait obstacle à l'acceptation des trains B et les demi-tours sont également problématiques. Il serait nécessaire de développer des dispositifs d'amélioration

de la traction et des configurations plus souples pour cet équipement.

Système combiné route-rail

Le transport traditionnel du bois par train n'est plus rentable. Un système hybride route-rail peut en fait améliorer la performance des transports longue distance, tant au point de vue du coût que de l'environnement. Il repose sur des bogies spécialement conçus qui peuvent être utilisés pour relier les remorques routières de façon à former un convoi ferroviaire. Le développement technologique de l'infrastructure nécessaire est requis.

Remorques polyvalentes

Des essais semblent indiquer qu'il existe des occasions significatives de réduire les coûts de transport du bois dans diverses régions du Canada en utilisant la même remorque pour transporter des copeaux dans une direction et des billes dans l'autre. D'autres combinaisons de produits pourraient également être envisagées. Jusqu'à récemment, il n'y avait pas de remorques conçues spécialement pour ce type de transport. Une nouvelle unité a été introduite sur le marché en 1994 et offre des économies considérables à l'opérateur. Il y a d'autres possibilités d'amélioration technologique.

Concasseurs de roches mobiles pour revêtement routier

Sur les routes forestières, les surfaces de roulement s'usent et le transport de gravier est coûteux dans plusieurs régions. Les concasseurs de roches mobiles recyclent les matériaux poussés sur le côté de la route par des nivelages répétés. Un modèle vient d'être introduit commercialement au Canada, et deux autres sont au stade du prototype. Ici encore, il y a des possibilités d'amélioration.

Équipement de construction routière et de remise en état des routes désaffectées

Le Code de pratiques forestières de la Colombie-Britannique a soumis les routes à une réglementation sévère, ce qui a contribué à augmenter énormément les coûts du bois à destination. Il est nécessaire d'innover pour développer de nouvelles techniques de construction routière, de revêtement temporaire et de remise en état subséquente. Le design de ponts, de ponceaux et d'autres moyens de traverser les cours d'eau, qui seraient réutilisables et acceptables du point de vue environnemental, diminuerait les coûts d'installation et ceux de remise en état du terrain et réduirait au minimum la sédimentation. Des flèches plus longues et des accessoires spéciaux sur les excavatrices seraient aussi nécessaires pour récupérer et déplacer les matériaux.

Opérations sylvicoles

Équipement de préparation de terrain pour les accumulations de résidus épais

L'usage accru des systèmes de récolte avec ébranchage à la souche entraîne des concentrations plus élevées de résidus sur le parterre de coupe. De plus, de nouveaux règlements en matière d'environnement réduiront les dimensions des blocs de coupe et limiteront l'empilage et le brûlage des résidus. Ces changements limitent l'efficacité de l'équipement actuel de scarifiage. Il faut développer un équipement de préparation de terrain qui soit plus léger, plus mobile, efficace et transportable, pour faire face à ces conditions.

Préparation de terrain pour la coupe partielle

Le nombre croissant de coupes partielles exige de nouvelles approches pour assurer la régénération. Les sites de plantation doivent être préparés, mais les superficies sont petites et la préparation de terrain risque d'endommager les racines et les tiges des arbres résiduels. Le nouvel équipement doit être sensible aux exigences écologiques et être extrêmement mobile pour être efficace.

Application améliorée de phytocide et de biocide

Les pressions du public et les règlements gouvernementaux exigent un usage plus judicieux des phytocides. Pour les remplacer, des biocides sont actuellement en voie de développement au Canada, mais nous manquons de méthodes d'application efficaces. Des technologies doivent être mises au point pour appliquer les phytocides individuellement à chaque tige et perfectionner les épandeurs terrestres de manière à remplacer l'épandage aérien.

Solutions de rechange aux phytocides

Les solutions de rechange aux phytocides comprennent l'usage de semis de forte dimension, une meilleure préparation de terrain et des accessoires de mélange du sol qui réduiront la compétition par la végétation indésirable. Aucun accessoire de ce genre n'a encore été conçu spécialement à cette fin. Les semis de forte dimension exigeront des techniques appropriées de préparation de terrain et il faut développer des outils adéquats pour la plantation manuelle. Une autre solution est l'usage d'équipement d'entretien mécanisé, lequel demande à être perfectionné davantage pour être efficace sur les sites plus difficiles.

Équipement d'ensemencement et d'éclaircie précommerciale

Dans certaines régions du Canada, l'ensemencement direct donne de bons résultats pour la régénération et peut réduire les coûts d'établissement de nouveaux peuplements. L'équipement existant n'est pas bien au point; souvent il est peu fiable et

gaspille les semences de plus en plus coûteuses. De l'équipement construit spécialement en vue de l'éclaircie précommerciale serait aussi nécessaire, étant donné les coûts croissants de la main-d'œuvre.

Traitement des résidus en bordure de route

Dans les régions où la récolte par arbres entiers prédominera, le problème de traiter les résidus d'ébranchage en bordure de route demeure. Ces accumulations de résidus rendent problématique la régénération adéquate des superficies en bordure de route et aux jetées. Le brûlage des résidus est maintenant inacceptable dans la plus grande partie du pays, de sorte que des moyens de traitement mécanisés et efficaces doivent être développés et mis en œuvre.

Technologies de pointe

Il y a actuellement à l'horizon des domaines d'innovation excitants, qui offrent la possibilité de percées technologiques constituant des bonds en avant dans les opérations forestières. Ces technologies particulières nous amèneront plus rapidement vers notre destination.

La Carte routière présente onze de ces domaines. Dans la plupart des cas, ces domaines transcendent les diverses phases opérationnelles de récolte, de transport et de sylviculture. Ils s'appliquent à tous les intervenants et, nécessairement, les impliquent tous. Ces technologies présentent à long terme des possibilités de rendements significatifs, en termes de réponses aux principales forces motrices identifiées plus tôt dans la Carte routière. Par contre, les coûts et le risque d'échecs peuvent être élevés. Pour atteindre des résultats, il faudra un effort soutenu et un énoncé clair du secteur forestier sur les priorités en recherche et développement.

Automation des machines et robotique

Actuellement les opérateurs concentrent leur attention sur les actions routinières et répétitives nécessaires pour commander les machines. L'automation de ces fonctions répétitives leur laissera le temps de se concentrer sur des décisions de fonctionnement stratégiques. Cela améliorera sensiblement la qualité du travail et la productivité, tout en réduisant la fatigue. Cela bénéficiera également à l'environnement, contribuera à la valeur ajoutée des produits et augmentera la qualité de la fibre.

Des projets de recherche et de développement sont déjà en cours. Ils comprennent : les commandes par mouvement combiné calculé avec télémanipulateur unique, des machines d'auto-apprentissage qui rendent automatiques les gestes répétitifs, des capteurs pour surveiller les conditions extérieures et régler le fonctionnement de la machine en conséquence, et des machines à pattes pour travailler sur de fortes pentes.

Ce domaine offre des possibilités intéressantes aux équipementiers canadiens, dont quelques-uns sont déjà impliqués au stade de recherche. Il existe cependant un manque général de connaissances et les coûts et les bénéfices sont incertains. Dans quelques-uns des cas, la taille réduite du marché peut limiter les recherches.

Matériaux légers

Traditionnellement, les machines forestières sont lourdes; elles comportent souvent des structures d'acier surdimensionnées par rapport à la robustesse requise. Cependant, les temps changent et il existe des besoins pressants de maximiser les charges utiles pour obtenir des réductions de coûts et diminuer le plus possible la pression au sol de manière à respecter les normes environnementales. Une solution réside dans le développement et l'utilisation de matériaux légers mais résistants pour la machinerie forestière.

Bien que certains prototypes soient à l'essai dans des créneaux particuliers, d'autres secteurs industriels comme l'aéronautique sont plus avancés. La coopération et le partage d'information avec des organismes comme l'Agence spatiale canadienne sont une possibilité. Les équipements suivants pourraient faire l'objet de recherches spécifiques : flèches et accessoires ayant une plus longue portée pour la récolte, suspensions pneumatiques, camions et remorques, porteurs, traverses de cours d'eau préfabriquées, et tabliers de pont en bois précontraint. Les équipementiers canadiens pourraient ainsi accroître leur compétitivité. Cependant, certaines applications ont des marchés limités et le coût de développement de même que celui des matériaux pourraient être élevés.

Systèmes de positionnement par satellite (GPS)

Le GPS utilise un réseau de 24 satellites pour situer avec précision des coordonnées à la surface de la terre. Cela augmente énormément les capacités géodésiques et de navigation, ce qui est très important en aménagement forestier et dans les opérations forestières. Ainsi, l'installation de systèmes GPS sur des machines forestières ouvre des possibilités de mise à jour continue des cartes, de navigation des machines le long de lignes de contour, de surveillance des camions et de l'équipement, et d'évaluation de la performance des traitements sylvicoles.

Dans l'ensemble, le marché industriel pour les GPS est extrêmement étendu. La technologie des opérations forestières peut puiser avec profit à même cette vaste base de connaissances. Il existe déjà des applications commerciales pour la cartographie par GPS et le relevé de données. La navigation par GPS est pratiquement au stade commercial. Il existe toutefois certaines contraintes à sa mise en œuvre, dont la mauvaise qualité des cartes de base existantes, les coûts élevés de développement, et l'absence de logiciels appropriés.

Tout compte fait, les applications des GPS à la foresterie sont très prometteuses et peuvent donner aux fournisseurs canadiens de logiciels un avantage compétitif sur les marchés mondiaux.

Simulateurs pour la formation

La Carte routière a identifié la formation comme étant peut-être l'ingrédient le plus essentiel au succès technologique. La formation pave la voie devant nous et nous pousse plus rapidement vers notre destination. Elle nous permet de prendre de l'expansion au-delà de l'étape de commercialisation et de réaliser le plein potentiel de l'innovation. Elle s'adapte bien à toutes les forces motrices, plus particulièrement la réduction des coûts, la conformité aux règlements et les besoins des travailleurs.

La formation nous aide à faire face à la complexité croissante de l'équipement forestier. Une bonne partie de cet équipement coûte cher, et la formation *in situ* peut être coûteuse quand on considère le temps d'immobilisation des machines et la réduction de productivité. Une solution est l'emploi de simulateurs avancés, comme ceux qui ont été développés pour l'industrie aéronautique. Ils peuvent réduire de façon significative le coût de la formation, la rendant ainsi plus accessible à ceux qui demeurent dans les régions éloignées et élargissant la portée des programmes. En faisant usage de simulateurs, les opérateurs apprendraient plus rapidement et feraient un usage plus efficace de leur équipement.

Les simulateurs sont utilisés dans d'autres industries, mais ils en sont aux premiers stades de développement dans les opérations forestières. Des possibilités spécifiques seraient le développement de simulateurs graphiques de coût abordable (moins de 100 000 \$) pour les machines de récolte et l'usage de disques optiques compacts (CD-ROM) pour la formation. Des simulations plus complexes coûteraient davantage et exigeraient un logiciel et une infrastructure de formation plus perfectionnés.

Vision artificielle

La vision artificielle permet à la machine de réagir directement aux paramètres critiques qui affectent son fonctionnement. Elle peut éliminer le biais de l'opérateur et accélérer des tâches actuellement effectuées à la main. La caméra Biris d'imagerie au laser, mise au point par le CNRC, est un exemple d'emploi de la vision artificielle dans des systèmes avancés d'automation. Les possibilités particulières dans les opérations forestières comprennent la mesure des billes par méthode optique, le classement des billes, ainsi que l'analyse automatisée des copeaux pour en déterminer les dimensions et le contenu en contaminants. Les systèmes de reconnaissance et de guidage pour la machinerie forestière représentent une autre possibilité.

La vision artificielle est utilisée en agriculture, et son application dans les opérations forestières favorisera la réduction des coûts et la qualité de la fibre. Les contraintes à sa mise en œuvre sont les conditions difficiles et variables du milieu forestier.

Fluides compatibles avec l'environnement

Les machines forestières utilisent des huiles hydrauliques, des huiles à chaîne, de l'antigel et d'autres carburants et lubrifiants qui sont dérivés du pétrole. Les préoccupations environnementales et les règlements qui s'ensuivent favorisent l'introduction de produits biodégradables.

L'Europe est plus avancée dans l'adoption d'une législation à cet effet, mais on constate aussi des pressions au Canada. Plusieurs applications restent encore à démontrer, et l'usage de produits de qualité inférieure pourrait entraîner des coûts plus élevés et des effets perturbateurs sur l'équipement, particulièrement dans les conditions rigoureuses de fonctionnement qui prévalent au Canada. Il est nécessaire d'innover.

Outils informatisés d'aide à la décision

Les ordinateurs révolutionnent notre approche à pratiquement toute chose. La foresterie et les opérations forestières ne font pas exception, et les possibilités semblent illimitées. Par exemple, les forestiers doivent traiter d'énormes volumes de données numériques et spatiales. Les phases de planification, de contrôle et de préparation de rapports dans les opérations forestières couvrent maintenant tellement de paramètres, notamment ceux qui sont d'ordre écologique, technique et réglementaire et ceux qui sont liés aux travailleurs. Des outils informatisés pourront traiter ces données et aideront les gestionnaires à prendre de meilleures décisions.

La puissance de calcul des ordinateurs est considérable, mais il y a un développement limité de logiciels et relativement peu de programmes. Les systèmes SIRS sont un exemple où les entreprises canadiennes sont en train de devenir des chefs de file. FERIC développe actuellement un modèle informatisé d'analyse intégrée des coûts de récolte et de traitements sylvicoles. Il existe cependant d'autres possibilités spécifiques liées à l'aménagement des ressources et du paysage, à la gestion des parcs de camions, ainsi qu'au tracé et à la construction des routes et à leur réhabilitation. En fait, des outils informatisés de planification contribueront à l'intégration de tous les objectifs et de toutes les valeurs de l'aménagement et des opérations en forêt. Il y a ici de bonnes possibilités pour le développement de logiciels canadiens.

Technologies avec faible empreinte au sol

La perturbation du sol constitue une préoccupation environnementale importante. La réglementation gouvernementale porte surtout sur le compactage et l'orniérage des sols, ainsi que sur la sédimentation dans les cours d'eau. Des limites sont imposées à l'étendue des perturbations, à la profondeur d'orniérage et à la période de travail. Les coûts des opérations s'en trouvent augmentés et la qualité de la fibre réduite, à moins que des technologies appropriées ne soient mises en marché. La meilleure solution peut résider dans une machine laissant une empreinte plus légère sur le parterre forestier. Cette solution couvre une grande variété d'options technologiques telles que : équipement à haute portance, pressions variables dans les pneus, technologie des machines à pattes, roues montées sur balancier et systèmes antipatinage.

Plusieurs de ces technologies ne sont pas encore très répandues et d'autres sont aux premiers stades de développement. L'innovation dans cette dernière catégorie peut être coûteuse étant donné les conditions de terrain et de sol au Canada et les contraintes techniques au niveau de la recherche.

Systèmes d'acquisition et de transfert des données et de la voix

La gestion et la surveillance des opérations forestières deviennent de plus en plus complexes en réponse à des forces motrices telles que la réduction des coûts, la qualité de la fibre, les marchés, les demandes de produits et les préoccupations environnementales. Pour satisfaire à ces exigences, l'information doit être échangée avec plus de détails et plus fréquemment entre les opérations sur le terrain, la direction générale et les installations de transformation. Nos compétiteurs des pays nordiques commencent à utiliser la technologie du téléphone cellulaire à cette fin. La technologie de communication par satellite peut offrir de meilleurs résultats dans les conditions canadiennes.

Une partie de cette technologie est disponible, mais non encore opérationnelle. C'est une bonne occasion pour les manufacturiers canadiens de se lancer dans les secteurs des logiciels et de l'électronique. Les applications comprennent la communication en régions éloignées, le mesurage à bord du véhicule durant la récolte, les systèmes de pesage sur les camions de transport et l'équipement de diagnostic pour les routes.

Interfaces opérateur-machine

La compétence et l'attitude de l'opérateur sont depuis longtemps au cœur de la productivité des machines. Des technologies sont actuellement introduites pour donner aux opérateurs une meilleure compréhension

des capacités de performance de leurs machines et leur permettre d'en régler le comportement selon leurs préférences. Ces systèmes seront dotés d'interfaces graphiques conviviales et aideront à surveiller et à contrôler les opérations, à régler la performance avec précision et à diagnostiquer les pannes.

Il y a eu un certain développement de ces technologies en agriculture et dans le secteur forestier nordique; les équipementiers canadiens ont ici l'occasion d'améliorer les caractéristiques ergonomiques de leur machinerie forestière.

Téledétection

Les services d'imagerie par satellite sont disponibles dans le commerce, bien que la foresterie en fasse peu d'usage. Une innovation plus poussée serait utile pour la surveillance de la régénération, des superficies infestées par les insectes et les maladies, des feux, de même que pour suivre les activités d'inventaire et de récolte. La téledétection pourrait s'intégrer à la planification de la récolte forestière, à la certification de l'aménagement forestier et aux systèmes d'aide à la décision. Des travaux de développement sont en cours dans les universités et dans certaines entreprises canadiennes qui se spécialisent dans ce domaine.

Plan d'action recommandé

Nous sommes dans le siège du conducteur et la Carte routière s'étend devant nous. Différentes routes nous mènent vers notre destination, mais il nous faut faire des choix. Nous serions sages de partager informations et idées, et de faire des plans ensemble de manière à pouvoir avancer plus vite que nos concurrents. Comme dans tout voyage, nous devons être prêts à engager le temps et les ressources nécessaires pour mener nos plans à bonne fin.

Les recommandations suivantes ne sont pas fondées uniquement sur les forces motrices et les technologies déjà décrites dans la Carte routière. Elles sont également basées sur une revue de documentation et sur des consultations extensives avec les cadres supérieurs et les spécialistes dans les secteurs de la foresterie et de la fabrication d'équipement. Plusieurs des observations vont au-delà des aspects strictement techniques de la recherche et du développement et touchent l'application, la commercialisation et même les phases subséquentes.

Il est évident que le succès technique seul n'est pas suffisant. D'autres moyens et mécanismes doivent être envisagés pour assurer pleinement la réalisation des bénéfices potentiels de l'innovation technologique. Quelques-unes des observations qui tombent dans cette catégorie concernent le besoin de formation et de

transfert technologique, l'absence d'une vision claire quant à l'avenir de l'innovation dans les opérations forestières, les bas niveaux de dépenses en recherche et développement dans le secteur forestier canadien (selon les normes internationales), l'aversion pour la recherche et le développement à risque élevé, et le manque de communication entre les intervenants.

Les recommandations suivantes, comme les grandes routes sur une carte routière, couvrent une vaste étendue. Si elles sont prises en compte, elles nous permettront d'avancer par la voie rapide et d'atteindre plus vite notre destination.

Développement technologique

1. *Établir les priorités en recherche et développement*

Les priorités en recherche et développement pour les organismes qui dirigent les travaux, définissent les orientations futures ou appuient la recherche par divers mécanismes de financement devraient être parallèles aux possibilités de développement exposées dans la Carte routière. Ainsi, les organismes de recherche appliquée et les équipementiers devraient considérer les améliorations aux technologies existantes comme des champs prioritaires de travail.

Sur les onze technologies de pointe identifiées dans la section précédente, les premiers efforts de développement et de financement devraient aller vers les domaines suivants, qui sont porteurs du plus grand impact potentiel sur les opérations forestières à long terme :

- le développement de structures et de matériaux légers;
- les systèmes de navigation et de surveillance par GPS;
- les commandes par robotique et l'automatisation;
- les projets de vision artificielle; et
- les logiciels et les simulateurs pour la formation.

2. *Établir des «Centres de développement ciblé» sur des technologies de pointe spécifiques*

Les compagnies forestières, les équipementiers, les associations, les instituts de recherche et les universités pourraient se réunir sous un seul «toit», avec un vaste éventail d'expérience et d'expertise dans des technologies spécifiques. L'objectif serait d'avoir la meilleure expertise possible axée sur le développement et la mise en marché de technologies susceptibles de nous faire faire un bond en avant et de bénéficier à tous les secteurs. Ces centres pourraient être établis sur une base soutenue ou *ad hoc*, suivant la nature et la portée de l'innovation en développement.

3. *Travailler étroitement avec Industrie Canada dans le cadre du Programme Partenariat Technologique Canada (PTC) de façon à appuyer les initiatives qui correspondent aux priorités établies dans la Carte routière, particulièrement les technologies de pointe*

Les priorités dans les technologies de pointe présentées dans la Carte routière sont le résultat d'une consultation intensive avec des experts en opérations forestières et en recherche et développement. Elles méritent d'être pleinement prises en considération dans le cadre du programme PTC.

4. *Apprendre des pays qui ont eu du succès dans l'innovation technologique et la commercialisation*

Même si les facteurs institutionnels et de marchés peuvent être différents dans les pays qui ne font pas partie de l'Amérique du Nord, il y a sans aucun doute des aspects de leurs systèmes qui sont dignes d'être évalués et peut-être imités.

Une mission de reconnaissance dans le nord de l'Europe par des représentants des équipementiers, de l'industrie forestière et des gouvernements constituerait un premier pas dans la bonne direction. L'objectif serait d'analyser les facteurs à l'origine du succès commercial des machines finlandaises et suédoises de coupe en bois tronçonnés, sur le marché nord-américain. On pourrait par la suite affecter un expert en équipement forestier dans ces pays pour une plus longue période, peut-être six mois, afin de mieux comprendre les stratégies de développement technologique et de commercialisation dans les pays nordiques.

Transfert de technologie

5. *Établir des réseaux ayant des liens avec des secteurs autres que la foresterie pour faciliter la circulation et le transfert de technologie*

Le développement d'une technologie hautement prometteuse se produit souvent dans un secteur particulier à l'insu de ceux qui appartiennent à d'autres secteurs. L'établissement d'un réseau de relations entre le secteur forestier et d'autres secteurs contribuerait à promouvoir le croisement d'idées et l'ouverture de marchés possiblement plus vastes pour des champs spécifiques de technologie. Il mènerait à des possibilités d'interaction et de coopération sur des projets spécifiques. Par exemple, l'accès au vaste programme de recherche du Conseil national de recherches et aux réseaux qu'il a déjà établis aiderait à lancer ce projet.

6. *Instaurer un vaste programme de surveillance technologique auprès de divers organismes de recherche*

L'objectif ici serait d'obtenir l'information pertinente concernant l'innovation et le développement technologique dans des secteurs autres que le sec-

teur forestier et dans d'autres pays. Cela comprendrait la lecture attentive, la revue et l'évaluation d'une grande variété de documentation; la surveillance d'Internet et des échanges techniques sont deux autres possibilités.

7. *Étendre et promouvoir les services d'extension en foresterie*

Le pivot de la formation technique continue et du transfert technique aux États-Unis est le service d'extension en foresterie, financé par le gouvernement mais géré par le biais du système universitaire. Au Canada, une approche similaire pourrait compléter les travaux de formation continue déjà assurés par les gouvernements provinciaux. Il est nécessaire de promouvoir la sensibilisation à l'importance de la foresterie dans la vie quotidienne des Canadiens, en vue de faciliter l'acceptation de l'importance de la technologie.

Formation

8. *Favoriser la formation et l'enseignement dans le domaine des opérations forestières*

Une formation sur les compétences nécessaires pour utiliser de l'équipement plus perfectionné techniquement est en relation étroite avec l'amélioration de la productivité et la performance environnementale. Tous les intervenants conviennent qu'une formation plus poussée est essentielle pour réaliser les pleins bénéfices de l'innovation.

Cinq points ont été identifiés pour lesquels une formation est spécifiquement requise :

- la technologie d'avant-garde;
- la connaissance de l'objectif associé à diverses tâches;
- la sécurité;
- les habiletés à monter une équipe; et
- les compétences en affaires pour les entrepreneurs.

Les efforts de formation devraient être concentrés aux niveaux suivants :

- développement des activités de formation et des matériels de cours;
- programmes régionaux sur le fonctionnement de la machinerie lourde;
- cours de base au niveau collégial sur la technologie de récolte;
- développement et utilisation de simulateurs de coût abordable pour la formation; et
- formation des opérateurs comme condition d'accréditation.

Les programmes d'accréditation mis en place par l'industrie dans le Maine et au Montana se sont révélés très efficaces pour améliorer la productivité et la motivation et pour réduire les accidents. L'accréditation est considérée importante dans ces programmes

parce qu'elle assure que tous les employés atteignent des standards minimum. Elle inculque également au travailleur la fierté de son métier.

Quelques programmes de formation sur le fonctionnement des machines sont maintenant offerts dans certaines provinces, mais aucun lien officiel n'a été établi avec les entrepreneurs et les entreprises forestières.

Les programmes universitaires en foresterie devraient contenir une section traitant de technologie et de génie pour assurer que la formation des ingénieurs forestiers les amène à reconnaître l'importance de la technologie dans le domaine des opérations forestières.

Liens organisationnels et communication

9. *Établir un lien consultatif officiel entre l'industrie forestière, les équipementiers, les organismes de recherche et les agences de financement*

Des liens plus étroits bénéficieraient à l'industrie forestière et aux fournisseurs d'équipement en contribuant à une meilleure définition des priorités de recherche, des exigences de fonctionnement et des possibilités, ainsi qu'à une communication plus efficace et à des délais plus courts avant que les innovations arrivent sur le marché. La Carte routière fixerait le programme. Des entreprises coopératives seraient encouragées.

10. *Encourager des liens entre les organismes consultatifs sur l'environnement, les organismes de recherche et les équipementiers*

De tels liens procureraient une information courante et précise sur des questions telles que la biodiversité, l'écologie forestière, et les nouveaux règlements, et faciliterait une réponse appropriée sur le plan technique. Elle laisserait suffisamment de temps pour la préparation, au lieu de réactions hâtives qui se révèlent souvent coûteuses. L'information trompeuse sur l'environnement serait mise en perspective.

Les partenaires pourraient comprendre des chercheurs, des utilisateurs d'équipement et des fournisseurs, le Comité national sur les enjeux forestiers de l'Association canadienne des pâtes et papiers, les provinces, le gouvernement fédéral et les universités.

11. *Demander au Conseil canadien des ministres des forêts de préparer, de rendre public et d'appliquer un énoncé de vision sur l'avenir technologique des opérations forestières*

Le double processus consistant à préparer un énoncé de vision sur l'avenir technologique des opérations forestières et à le rendre public aiderait à unifier le secteur et encouragerait les engagements à long terme. La Carte routière est un point de départ utile. Les technologies de pointe seraient examinées et tous les intervenants collaboreraient.

Les parties intéressées, même le public canadien, apprécieraient alors davantage la contribution de l'innovation technologique aux opérations forestières.

Industrie forestière et entrepreneurs

12. *Réviser la structure traditionnelle des relations contractuelles entre les entrepreneurs et les entreprises forestières*

Les entrepreneurs forestiers ont besoin d'une compensation pour utiliser une nouvelle technologie et pour prendre des risques. Ils ont également besoin de contrats à long terme pour assurer leur survie. Le système actuel ne garantit ni l'un ni l'autre. À long terme, une restructuration des contrats encouragerait l'innovation et réduirait les coûts du bois.

Actuellement, une innovation appliquée avec succès par des entrepreneurs audacieux pour réduire les coûts de fonctionnement, peut représenter pour l'entrepreneur des taux de rémunération plus bas. De même, une innovation qui apporte des bénéfices secondaires, telle qu'une meilleure performance environnementale, peut ne pas bénéficier du tout à l'entrepreneur. Dans de tels cas, il n'existe guère de motivation pour celui-ci à prendre le risque d'appliquer une nouvelle technologie.

Des profits financiers adéquats et soutenus permettraient aussi à l'entrepreneur de conclure des arrangements à long terme avec les équipementiers, bénéficiant ainsi de réductions de prix et de garanties prolongées.

13. *Améliorer la circulation d'information et le transfert de technologie aux entrepreneurs forestiers*

La compétitivité de l'industrie forestière canadienne est fondamentalement liée à la performance de ses entrepreneurs forestiers. Le besoin d'entrepreneurs bien renseignés et informés est vital parce que l'équipement devient plus perfectionné et plus coûteux et que l'environnement de travail est de plus en plus complexe et réglementé. Il est essentiel de promouvoir le transfert technologique et la formation.

Pour atteindre cet objectif, une possibilité serait de travailler par l'intermédiaire d'associations existantes comme la TLA en Colombie-Britannique et l'APMF au Québec. Ces associations pourraient aider à établir un lien entre les entrepreneurs, l'industrie forestière, les équipementiers et les gouvernements, et aiderait le secteur à mettre de l'avant une position unifiée sur les questions techniques. On pourrait envisager une révision du mandat du nouveau Forum canadien des opérations forestières pour faciliter la mise en œuvre de cette recommandation.

14. Encourager des relations à long terme entre les acheteurs et les fabricants canadiens d'équipement

Des ententes d'approvisionnement à long terme assurent des améliorations constantes dans la qualité des produits et un meilleur service. L'établissement de bonnes relations de travail et d'une communication efficace entre utilisateurs et fournisseurs contribue à une approche d'équipe qui permet de résoudre plus facilement les difficultés techniques. En outre, les équipementiers canadiens seraient alors capables d'obtenir une échelle de fabrication et une période plus longue pour l'amélioration technologique, qui bénéficieraient à la fois à ce secteur et aux opérations forestières.

15. Effectuer une revue des coûts comparatifs des principaux éléments de la récolte, du transport et de la sylviculture

Tel que déjà indiqué dans la Carte routière, le besoin de réduire les coûts et de maintenir la compétitivité de l'industrie sont des forces motrices très importantes. Une revue des coûts comparatifs servirait de base pour définir des opportunités possibles de réduction des coûts et identifierait celles qui ont le plus haut potentiel de rendement. Une analyse coûts-avantages et des évaluations de risque pour chaque projet seraient utiles dans l'établissement des priorités futures en recherche et développement.

16. Établir des comités pour l'est et pour l'ouest du pays, chargés d'appliquer les résultats des travaux de recherche et de développement

Plusieurs bonnes innovations ne se rendent jamais jusqu'à l'étape de mise en œuvre. Il peut y avoir plusieurs raisons à cela. Peut-être que personne sauf le chercheur n'a un véritable intérêt dans le succès ou l'échec du projet. Peut-être que le projet n'a pas trouvé de champion dans l'industrie, ou un fabricant d'équipement approprié; ou encore on ne connaît que peu de choses au sujet de l'initiative et de ses coûts et avantages potentiels.

Il est recommandé d'établir des comités de mise en œuvre, comprenant des usagers potentiels, des équipementiers et des chercheurs de FERIC. Ces comités auraient la tâche de revoir les résultats des recherches, d'étudier leurs avantages économiques et leurs coûts, et de préconiser l'essai et l'adoption de la technologie par des utilisateurs potentiels, lorsque justifié.

Voici quelques exemples de technologies à impact élevé qui ont fait leurs preuves et qui sont prêtes à être mises en œuvre et à être commercialisées :

- la navigation par GPS pour les machines forestières;
- les systèmes de gonflement central des pneus pour les camions (est du Canada);
- le transport combiné route-rail; et

- les liens de communication par satellite entre les machines et l'usine.

Équipementiers

17. Établir un Bureau central pour assurer des services de soutien aux équipementiers canadiens en matière de commercialisation, de ventes, de questions juridiques, etc.

Le secteur de l'équipement forestier est petit et mal organisé. Les compagnies n'ont pas accès à de l'information importante, notamment les besoins technologiques du marché. Les possibilités d'exportation, particulièrement aux États-Unis, sont substantielles. Un bureau central d'information et de services, orienté vers les utilisateurs, aiderait à prendre en compte les contraintes et les possibilités dans les marchés nationaux et d'exportation. Un secteur plus fort serait plus apte à soutenir l'innovation.

18. Établir une Association des équipementiers canadiens

Une telle association serait un véhicule important qui aiderait au transfert et à la diffusion de l'information technologique. Son mandat pourrait comprendre la reconnaissance technologique dans les marchés mondiaux et les grandes régions forestières à travers le monde. L'association traiterait directement avec les instituts de recherche et les associations d'industries forestières sur les questions techniques et les entreprises coopératives.

Une autre possibilité, plutôt qu'une association autonome, serait la participation active des équipementiers à un Groupe renforcé des membres auxiliaires, au sein du Forum canadien des opérations forestières. Le Bureau d'exportation des équipements forestiers, récemment formé dans l'est du Canada, est un premier pas important dans la mise en œuvre de cette recommandation.

Gouvernement

19 Structurer les règlements de manière à laisser libre cours à l'innovation

Les règlements qui s'appliquent à la récolte, au transport et à la sylviculture varient d'une province à l'autre. Dans certains cas, cette situation peut empêcher l'application efficace d'une nouvelle technologie et en affecter la rentabilité. Les constructeurs de camions et de remorques, par exemple, peuvent avoir à apporter des modifications majeures à leurs modèles pour satisfaire aux exigences des différents gouvernements. Ces règlements devraient autant que possible être harmonisés entre les provinces.

Une autre barrière identifiée durant le processus de consultation préliminaire à la confection de la Carte routière est l'existence de règlements, en

foresterie et dans d'autres domaines, qui prescrivent un processus plutôt que de stipuler des résultats. Quand les processus sont contrôlés de cette façon, cela impose des contraintes à l'utilisation de technologies nouvelles ou différentes.

20. *Mise à jour d'initiatives fédérales utiles*

Dans le cadre de la revue de documentation à l'appui de la Carte routière, de nombreuses études et de nombreux rapports entrepris ou commandés par le gouvernement fédéral ont été examinés. Ils ont été utiles pour planifier les activités de recherche et développement, mais ils sont malheureusement dépassés. Citons comme exemples les études de coûts du Conseil consultatif sur le secteur forestier, les profils sectoriels et le Rapport du Groupe de travail chargé de la machinerie de l'industrie forestière. Le gouvernement fédéral a également parrainé des symposiums fort utiles sur l'innovation. Ceux-ci devraient se poursuivre et les études devraient être mises à jour.

Documents de base

Le présent rapport est un résumé des deux rapports de base suivants qui ont été préparés par les divisions de l'Est et de l'Ouest de FERIC; tous deux sont disponibles sur demande :

FERIC. 1996. Technology road map for forest operations: Eastern Canada background report. Inst. can. rech. en génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Rapport interne IR-1996-12-03.

FERIC. 1996. Technology road map for forest operations in Western Canada: background report. Inst. can. rech. en génie for. (FERIC), Vancouver, C.-B. Rapport interne IR-1996-12-06.