



CHOISIR UN PORTEUR À ROUES POUR LA RÉCOLTE DE BOIS COURTS*

Ismo Makkonen**

Résumé

Dans l'est du Canada, surtout dans les provinces de l'Atlantique, les porteurs à roues sont couramment utilisés dans les opérations forestières de compagnies de même qu'en forêt privée. Il en existe plusieurs marques et modèles qui offrent différentes options. Le présent rapport décrit les caractéristiques techniques des divers porteurs à roues, dans le but de permettre aux acheteurs éventuels de choisir la machine qui convient le mieux aux conditions dans lesquelles ils auront à travailler.

Introduction

Le choix d'un porteur doté de composantes appropriées à la récolte en forêt privée est une décision complexe qui requiert une approche rationnelle. Le présent rapport décrit les facteurs dont un entrepreneur devrait tenir compte avant de prendre une telle décision. À ce titre, il complète un rapport antérieur de FERIC (Makkonen, 1988), qui présentait une revue des porteurs forestiers disponibles au Canada au début de 1988.

Les porteurs sont conçus pour charger et porter des billes et des sections d'arbres de longueurs déterminées. Ils peuvent aussi remplir d'autres tâches qui demandent de soulever et de transporter. Les porteurs ayant une capacité de charge de 7,5 tonnes sont les plus couramment utilisés dans l'est du Canada. Des porteurs d'une capacité de 10 tonnes ou plus sont aussi disponibles mais ne sont que rarement utilisés, même dans les opérations de compagnies. Plus larges et plus longs, ces gros porteurs risquent davantage de causer des dommages aux arbres résiduels quand ils servent à des coupes d'éclaircie ou sélectives. Les

porteurs coûtent relativement cher, soit entre 100 000 \$ et 250 000 \$, lorsqu'équipés d'une grue appropriée. Ils sont habituellement utilisés à l'année longue. La plupart des entrepreneurs qui possèdent des porteurs travaillent à la pièce (par exemple, \$/m³); leur tâche consiste généralement à acheminer le bois en bordure de route ou jusqu'à une jetée.

Les tracteurs agricoles équipés de remorques et de grues à grappin servent parfois au portage. Ce type d'équipement peut être plus économique que les porteurs à roues dans des opérations de petite envergure et dans de bonnes conditions de terrain. Cependant les porteurs sont capables de travailler sur des pentes plus raides et plus accidentées, de se déplacer plus rapidement, de transporter de plus grosses charges, et peuvent être équipés de grues plus puissantes et plus rapides. Ils permettent par conséquent d'accepter des contrats impliquant un volume supérieur de bois et sont habituellement plus économiques dans des conditions de terrain modérées à difficiles.

Choisir un système de récolte

Avant de choisir un type particulier de machine, les utilisateurs éventuels doivent analyser l'ensemble des conditions dans lesquelles s'effectuera le travail. Des exigences particulières, au point de vue de l'opération, du façonnage ou du transport peuvent dicter le type de système d'exploitation, et par conséquent le mode de transport hors route. Le propriétaire du boisé ou l'opérateur doit au départ choisir entre le débardage du bois par portage ou par traînage. Les deux méthodes présentent certains avantages qui demandent à être comparés.

* Traduit par: Thérèse Sicard, ing.f.

** Ismo Makkonen est un chercheur attaché au secteur Récolte des bois, Division de l'Est.

MOTS-CLÉS: Débardage par portage, Porteurs forestiers, Véhicules à roues, Chargeuses, Exploitation des petits boisés.

This Technical Note is available in English.

INSTITUT CANADIEN DE RECHERCHES EN GENIE FORESTIER
FOREST ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE OF CANADA

143 Place Frontenac
Pointe Claire, Québec
Canada H9R 4Z7
(514) 694-1140

201-2112 ouest Broadway
Vancouver, C.B.
Canada V6K 2C8
(604) 732-3711

Avantages du débardage par portage

Les avantages du débardage par portage (plutôt que par traînage) sont les suivants:

- Le triage des produits est généralement plus facile et plus efficace si on utilise un porteur.
- Le portage réduit les problèmes éventuels causés, à la scierie ou à l'usine de pâte, par la présence de boue et de saletés sur l'écorce.
- Lors de coupes d'éclaircie et de jardinage, les troncs des arbres résiduels sont habituellement moins endommagés (les porteurs étroits à empattement court, sont ceux qui causent le moins de dommages).
- On peut laisser des branches sur la piste de débardage pour réduire les dommages dus à l'orniérage du sol par les roues.
- Le bois peut être empilé jusqu'à 4 m de hauteur; on a donc besoin de moins d'espace pour la jetée. Étant étroite, celle-ci peut être située entre des arbres à maturité, élément qui a son importance dans les coupes d'éclaircie.
- Il est moins fatigant de travailler avec un porteur (pas de colliers étrangleurs à poser, pas besoin de monter dans la cabine et d'en descendre continuellement).
- La productivité du porteur est moins dépendante de la dimension des arbres.
- Les charges des porteurs sont plus grosses (jusqu'à 3 fois) que celles des débardeurs à câble ayant des moteurs de même puissance. Ainsi, sur longues distances, le portage est plus économique que le traînage.
- Les porteurs sont plus sécuritaires, particulièrement durant le travail de nuit.
- La consommation de carburant est généralement plus faible par m³ de bois produit.

Avantages du débardage par traînage

Les avantages du débardage par débardeur à câble (par rapport au portage) sont les suivants:

- Les débardeurs à câble sont moins coûteux à l'achat que les porteurs ayant des moteurs de même puissance.
- La formation de l'opérateur est plus facile (il n'a pas à apprendre le fonctionnement d'une grue de manutention).
- Les débardeurs à câble se déplacent habituellement plus vite.
- Les débardeurs à câble donnent un meilleur rendement sur un sol humide (la charge peut être déposée au sol en débrayant le treuil, puis tirée à nouveau une fois l'obstacle franchi).
- Les débardeurs à câble sont plus stables en pente transversale et en terrain accidenté; ils sont

généralement plus souples dans leur mode de fonctionnement.

- Les débardeurs à câble conviennent mieux au transport d'arbres de gros diamètre (dhp > 50 cm).
- Le système d'exploitation par troncs entiers (débardeurs) demande moins de main-d'oeuvre que les systèmes manuels d'exploitation par bois courts.
- La hauteur des débardeurs à câble est habituellement inférieure à celle des porteurs; leur transport est par conséquent moins sujet à des restrictions routières.

Tendances en Scandinavie

Actuellement au Canada, les débardeurs sont plus communément utilisés que les porteurs. Environ 10% seulement de l'exploitation effectuée au Canada se fait par bois courts. Un bref coup d'oeil à l'usage que font les scandinaves des porteurs et des systèmes d'exploitation par bois courts pourrait révéler aux propriétaires de lots boisés et aux opérateurs canadiens que l'emploi de porteurs en forêt privée est pratique et approprié.

Dans les pays scandinaves, les systèmes d'exploitation par bois courts sont utilisés dans 99% des opérations de récolte, et environ 90% du bois est acheminé à l'aide de porteurs. De multiples raisons expliquent la popularité de l'exploitation par bois courts et du transport par porteurs en ces régions dont plusieurs s'appliquent aux opérations de récolte en forêt privée au Canada.

L'exploitation par bois courts est en Scandinavie la méthode traditionnelle utilisée depuis plus de 100 ans. La plus grande partie du territoire forestier y est privé et fait l'objet d'un aménagement intensif; ainsi les opérations doivent-elles faire face à plusieurs des problèmes d'échelle et d'environnement que présente la forêt privée canadienne. Parce qu'il est possible d'avoir des jetées plus petites, l'exploitation par bois courts favorise une meilleure utilisation du territoire. De plus, comme 30% de la récolte de bois provient d'éclaircies, on utilise le système par bois courts à l'aide de porteurs parce qu'il réduit au minimum les dommages au peuplement résiduel. Dans les pays scandinaves, il est également nécessaire d'effectuer un meilleur triage des billes de sciage et de bois à pâte, car elles doivent souvent être expédiées à des usines situées dans des régions différentes. Les règlements du camionnage interdisent le transport par troncs entiers.

Étant donné leur popularité, les porteurs se sont développés et améliorés rapidement dans ces régions nordiques. Les porteurs les plus populaires (habituellement pour les coupes rases ou les éclaircies finales) ont un moteur d'une puissance d'environ 75 kW, pèsent près de 11 tonnes et transportent une charge utile de 10 tonnes. Des porteurs plus petits (charge utile de 5 tonnes) servent aux travaux de première éclaircie, mais ils ne se prêtent pas au

transport de billes de sciage entières (5 m). Leur coût de fonctionnement est d'environ 5 à 10% plus élevé par m³ que celui du porteur de 10 tonnes. De gros porteurs, ayant une charge utile de 14 à 18 tonnes, sont achetés principalement pour servir de véhicules moteurs sur lesquels on montera des accessoires de scarifiage; en hiver, ils sont utilisés dans de vastes opérations de coupes rases, de façon à minimiser les mouvements d'équipement (par fardier) d'un site à l'autre.

Les porteurs scandinaves présentent plusieurs caractéristiques qui sont le fruit de récents progrès technologiques: des améliorations dans les commandes de la grue ont permis d'en accélérer considérablement les mouvements. Dans les porteurs de 10 tonnes, la capacité de la pompe a été augmentée pour atteindre de 150 à 250 L/min. Des grues à longue portée (télescopiques) atteignant jusqu'à 10 m sont de plus en plus populaires dans les éclaircies semi-motorisées, réduisant la nécessité de l'empilage manuel.

Plusieurs porteurs scandinaves dotés de transmissions hydrostatiques sont munis d'un dispositif électronique qui sert à ajuster les rapports de la transmission. Il empêche le moteur de caler et ajuste la transmission de façon à ce que la puissance maximale fournie par le moteur soit entièrement utilisée, quelle que soit la vitesse de rotation de ce dernier. Des mécanismes de blocage du différentiel (commandés par l'opérateur), qui réduisent la résistance au roulement, sont également courants. L'emploi d'un troisième différentiel, entre les ponts avant et arrière, est une option relativement peu coûteuse; elle contribue à réduire la résistance au roulement, à favoriser la mobilité et à diminuer la perturbation du sol. Les porteurs à huit roues motrices sont populaires parce qu'ils exercent une faible pression au sol et peuvent travailler dans la plupart des terrains humides.

Facteurs à considérer lors du choix d'un porteur

La conception d'un porteur comporte une foule de caractéristiques techniques et de compromis qui en fin de compte détermineront la performance de la machine dans différentes conditions de terrain. La section suivante traite de l'influence des plus importantes de ces caractéristiques, à savoir: les dimensions du porteur, l'effort de traction, la stabilité, la pression au sol, les essieux simples ou tandem, les grues de manutention et le confort et la sécurité de l'opérateur.

Dimensions du porteur

Les porteurs de puissance inférieure à 75 kW sont les plus courants au Canada. Cependant, même dans cette catégorie, il y a une grande variation dans les dimensions. Il est important de s'assurer que le poids du porteur et les dimensions du plateau satisfont aux

exigences de l'opération, et à la longueur du bois à transporter (8', 16' ou 20'). La largeur du porteur est aussi un facteur dont il faut tenir compte là où on doit pratiquer des coupes d'éclaircie ou de jardinage.

Les gros porteurs sont plus économiques dans des conditions telles que des opérations à grande échelle; une importante accumulation de bois ébranché et tronçonné en bordure de piste; de longues distances de portage; le transport de fortes charges; des besoins limités de triage; et un terrain accidenté.

Les petits porteurs sont moins coûteux à l'achat et conviennent davantage dans les petites opérations. Les conditions qui se prêtent bien à leur emploi sont: des opérations à petite échelle; la récolte de faibles volumes par hectare; des piles petites et dispersées; de courtes distances de portage; des éclaircies commerciales; de nombreuses exigences de triage; un terrain facile; des déplacements longs et fréquents d'un site de travail à l'autre; et l'existence de restrictions routières relatives au transport des gros porteurs.

En général, les propriétaires de lots boisés préfèrent utiliser dans leur forêt des porteurs aussi petits que possible, afin de minimiser les dommages au site et au peuplement. Par ailleurs, l'entrepreneur préfère un plus gros porteur à cause des dimensions plus fortes de la charge, du coût de fonctionnement moins élevé, d'une plus grande souplesse et de la capacité à circuler en terrain plus accidenté.

Effort de traction

L'effort de traction est la force motrice disponible au niveau des roues pour déplacer le véhicule et sa charge. Sur les porteurs, elle varie entre 100 et 200 pour cent du poids du véhicule à vide. Généralement, un effort de traction d'environ 60% du poids du véhicule en charge est le maximum qui peut être utilisé. Au-delà de ce point, il y aura probablement patinage.

Quand la machine travaille sur un terrain forestier, l'effort de traction requis varie constamment. Il est élevé dans les pentes fortes et sur un sol mou, de même que pour franchir des obstacles; on devrait donc dans des conditions semblables éviter les porteurs qui n'offrent qu'un faible effort de traction. Toutefois, ces derniers sont habituellement moins coûteux et de fonctionnement plus économique dans de bonnes conditions.

Le diamètre des pneus influencera l'effort de traction du porteur (voir figure 1). Une augmentation de ce diamètre réduira l'effort de traction disponible, alors qu'une augmentation de la largeur du pneu pourra réduire l'effort de traction requis, grâce à l'amélioration de la portance et à la diminution de la résistance au roulement. Il faut toutefois être prudent en changeant les dimensions des pneus, parce que cela peut aussi affecter les caractéristiques opérationnelles du porteur, tels que sa stabilité et l'effort appliqué sur les essieux.

PNEU STANDARD : 28L-26					
Grandeur de pneu	600-26	23.1-26	28L-26	24.5-32	73x44-32
Diamètre extérieur	1335mm	1605mm	1638mm	1831mm	1880mm
Effort de traction	123%	102%	100%	89%	87%
Garde au sol approximative sous le protecteur du différentiel	415mm	550mm	565mm	663mm	687mm

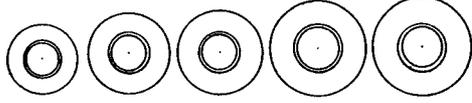


Figure 1. Exemple de changement dans l'effort de traction lorsqu'un pneu de dimensions différentes est installé.

Stabilité

La stabilité du porteur est principalement influencée par la hauteur de la charge (c'est-à-dire le centre de gravité) et par la largeur de voie de la machine (voir figure 2). Pour une charge donnée, plus le plateau est large, plus le centre de gravité de la charge est bas.

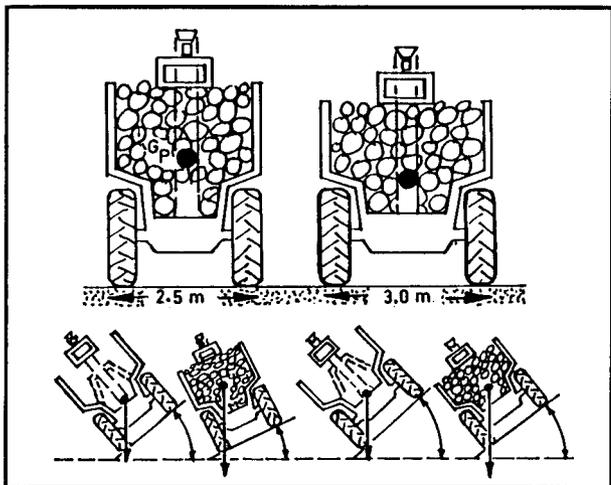


Figure 2. Largeur et stabilité. Le point indique le centre de gravité.

Même un léger changement dans la largeur de la voie entraîne des changements perceptibles dans la stabilité. Des pneus plus larges peuvent améliorer la stabilité, mais seulement si la largeur de voie de la machine est augmentée (figure 3). Il peut arriver que les pneus plus larges aient aussi un plus grand diamètre, ce qui élève le centre de gravité et réduit la stabilité. Pour conserver la même stabilité avec des pneus de plus grand diamètre, il faudrait augmenter la largeur de la voie de la différence en diamètre entre les pneus d'origine et les nouveaux pneus (voir figure 4). Ces règles ne sont données qu'à titre de guides, et ne sont pas entièrement fiables dans tous les cas. Il serait préférable de consulter le fabricant avant de modifier la largeur des pneus ou de la voie.

Durant la phase de chargement, la stabilité du porteur est généralement adéquate en terrain plat. L'emploi de la grue de manutention sur des pentes transversales peut présenter des risques, particulièrement quand l'articulation forme un angle prononcé avec le porteur. Il est possible d'augmenter la stabilité durant le chargement au moyen de dispositifs, offerts par certains fabricants, qui verrouillent les châssis ou l'essieu avant oscillant. Ils doivent être désengagés lors des déplacements. Abaisser la lame niveleuse jusqu'au sol améliore la stabilité dans la plupart des cas, mais pas sur les pentes transversales quand l'avant de la machine est dirigé vers le haut de la côte et la grue vers le bas. Note: Quand un porteur doit travailler à la fois dans des éclaircies et sur un terrain en pente, il peut être avantageux d'inverser les roues pour changer la largeur de la machine.

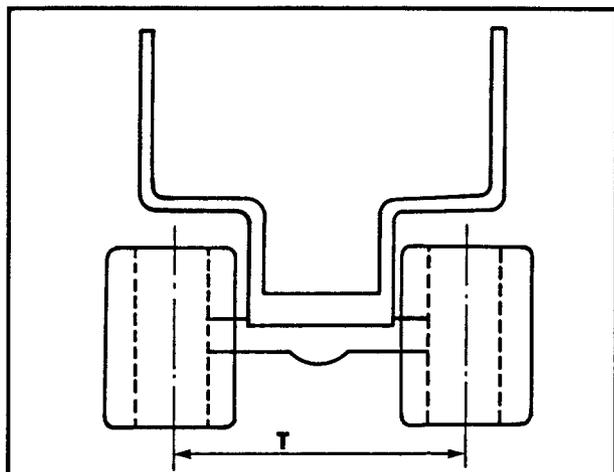


Figure 3. La stabilité n'est pas augmentée quand on installe des pneus plus larges, si on conserve la même largeur de voie (T).

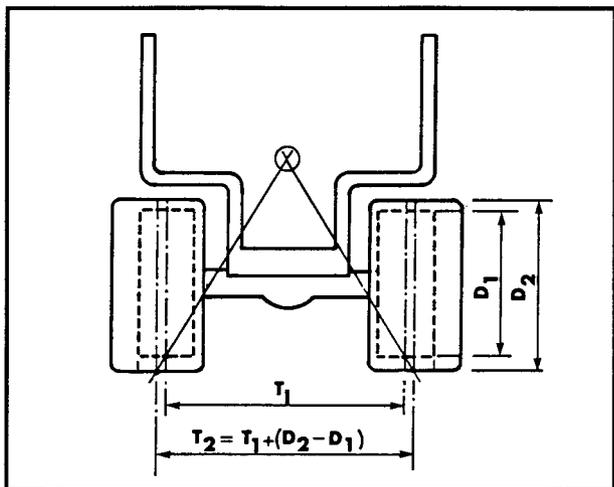


Figure 4. La stabilité ne diminue pas avec des pneus de plus grand diamètre si la largeur de voie (T) est augmentée de la différence entre les diamètres (D) des deux pneus.

Tableau 1. Solidité du terrain (Mellgren, 1980)

Classe	1-très bonne	2-bonne	3-moderée	4-pauvre	5-très pauvre
Description	très bien drainé	bien drainé	frais	mouillé	très mouillé
Pression approx. requise de l'empreinte de la machine	200 kPa + (30 psi +)	70-200 kPa (10-30 psi)	40-70 kPa (6-10 psi)	20-40 kPa (3-6 psi)	0-20 kPa (0-3 psi)

Pression au sol

Les variations des conditions de peuplement et de terrain détermineront la pression que le porteur peut exercer sur le sol. Le tableau 1 donne des renseignements sur la solidité du terrain en fonction de divers sites.

La machine devrait être compatible avec les conditions du site. Une approximation de la pression au sol sous chaque roue peut être calculée au moyen de la formule suivante, qui définit la pression exercée par l'empreinte

d'un pneu: $P = \frac{W}{R \times B}$ où P est la pression de l'empreinte en kPa (psi), W, le poids sur la roue en kN (lb), R le rayon du pneu (sans charge) en mètres (po), et B, la largeur du pneu (sans charge) en mètres (po). Makkonen (1988) traite de ce sujet en détails.

Il ne faut pas oublier que la pression réelle au sol pour chacun des pneus varie selon la pente, la grosseur de la charge, l'effort de traction requis, et les contraintes développées dans la flèche en extension. L'effort de traction soumet des efforts au sol et réduit sa capacité portante. Quand la machine rencontre des obstacles, l'effort de traction accru peut avoir un effet de cisaillement sur la surface fragile du sol et la machine alors s'enfoncera. Quand le porteur penche latéralement près du point de renversement, la pression au sol se trouve pratiquement doublée du côté le plus bas. Tous ces facteurs contribueront à augmenter la pression exercée au sol par certaines roues à certains moments.

L'augmentation de la largeur de voie (les pneus restant les mêmes) d'un porteur contribuera à accroître sa stabilité et aussi à réduire les variations dans la pression au sol sous chacune des roues, améliorant ainsi la portance du véhicule et le confort de l'opérateur. Toutefois, il est à noter que l'augmentation de la largeur de voie accroît le risque de rester pris sur des obstacles élevés.

Essieux simples ou ponts tandem

Le tableau 2 présente une comparaison de divers modèles d'essieux et de pneus. Les ponts tandem (figure 5) sont utilisés pour assurer une pression au sol plus faible que les essieux simples, et méritent donc considération dans les sites humides. En effet, une plus grande surface du pneu se trouve alors en contact avec le sol, permettant une meilleure distribution de la charge des roues.

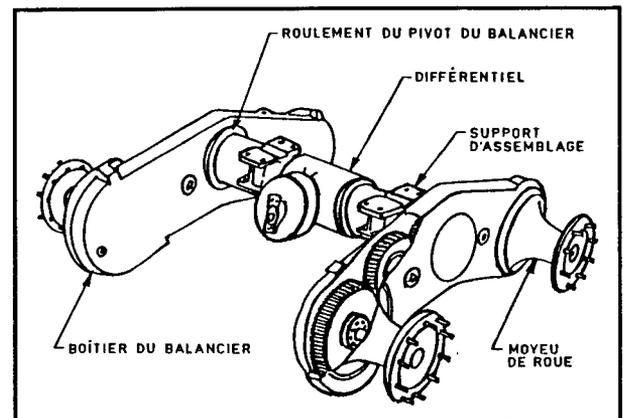


Figure 5. Essieux tandem.

En utilisant des chenilles d'acier avec les ponts tandem, on peut réduire encore la pression au sol d'un autre 25 à 50%. Cela peut aussi assurer une meilleure traction dans des conditions glissantes que l'emploi de chaînes sur chaque roue; on note peu de différence sur un sol ferme. Cependant on devrait éviter dans la mesure du possible l'emploi de chenilles d'acier. Elles demandent plus de puissance que les chaînes d'adhérence et, par conséquent, entraînent une consommation accrue de carburant. Dans un sol sableux, ces chenilles s'usent très rapidement; par contre dans la neige, l'usure est minime. Leur durée normale se situe entre 3000 et 8000 heures. Il en existe deux types: celles qui sont conçues

Tableau 2. Comparaison des différentes combinaisons d'essieux et de pneus pour le même porteur de 10 tonnes

	tandem	tandem	tandem avec chenilles	essieu simple	essieu simple	essieu simple
ESSIEU AVANT						
poids de l'essieu avant, kg (estimé)	6800	6900	7600	6000	6250	6500
pneus	600-26.5	700-26.5	600-26.5	24.5-32	66x43-26	68x50-32
largeur minimum au niveau des roues, cm (po.)	248 (97)	268 (106)	263*(104)*	253 (100)	347 (137)	473 (186)
pression au sol** kPa (psi)	41.5 (6.0)	35.9 (5.2)	23.2 (3.4)	51.7 (7.5)	33.3 (4.9)	28.2 (4.1)
ESSIEU ARRIÈRE						
poids de l'essieu arrière, kg (estimé)	4800	4900	5600	4000	4260	4500
pneus	600-26.5	700-26.5	600-26.5	24.5-32	66x43-26	68x50-32
largeur minimum au niveau des roues, cm (po.)	248 (97)	268 (106)	258*(102)*	253 (100)	347 (137)	473 (186)
pression au sol à vide kPa (psi)	29.3 (4.3)	25.4 (3.7)	17.1 (2.5)	34.5 (5.0)	22.7 (3.3)	19.5 (2.8)
pression au sol chargé à 10 tonnes, kPa (psi)	90.3 (13.1)	77.7 (11.3)	47.7 (6.9)	120.1 (17.5)	76.0 (11.0)	62.9 (9.2)

* Varie en fonction des chenilles.

** Habituellement le poids de l'essieu avant et la pression au sol sont fortement influencés par la charge.

pour assurer une bonne portance, avec des patins de chenilles plus larges et moins mordants, et celles qui sont destinées à assurer une meilleure traction, avec des patins étroits et hauts.

Il y a d'autres avantages à l'emploi des ponts tandem: ils réduisent le soulèvement vertical de la machine, quand elle franchit des obstacles, à la moitié de la hauteur de l'obstacle rencontré (figure 6). De plus, les chocs transmis se trouvent aussi réduits d'environ 40%. C'est pourquoi les porteurs dotés de ponts tandem peuvent se déplacer plus rapidement en terrain accidenté que les porteurs à essieu simple ayant une largeur et une charge similaires. L'emploi de ponts tandem est également avantageux dans les coupes d'éclaircie ou sélectives en sol meuble, parce que les porteurs dotés de ponts tandem sont plus étroits que les porteurs équipés de pneus larges à portance élevée.

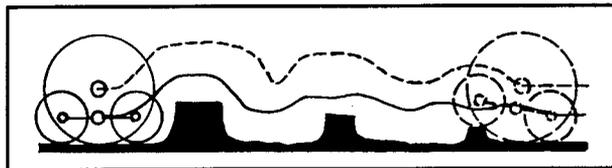


Figure 6. Comparaison du mouvement d'un pont tandem et d'un essieu simple.

Les principaux inconvénients des ponts tandem tiennent à l'augmentation de poids et de coût. Pour un porteur de 10 tonnes, le coût augmente d'environ

15 000 \$ par tandem. L'augmentation du poids, en comptant les roues mais non les chenilles, est d'environ 1000 kg, comparativement à un essieu simple. Un autre inconvénient réside dans le fait que, dans les virages prononcés, les ponts tandem glissent latéralement et ont davantage tendance à cisailier la surface du sol.

Quand un porteur est équipé d'un essieu simple à l'avant et d'un pont tandem à l'arrière, il est impossible de choisir librement les dimensions des pneus, puisqu'il faut conserver le rapport entre le diamètre extérieur des pneus avant et celui des pneus arrière. Cependant il y a des pneus de largeur différente disponibles, dont les diamètres varient de moins de 2%. Sur plusieurs porteurs, il est possible de changer le rapport de vitesses dans la boîte de transfert, en fonction de différentes combinaisons de pneus. Un mauvais rapport entre les diamètres des roues résultera en une augmentation de la consommation en carburant, de l'usure de la machine et de l'orniérage du sol.

Mécanismes de blocage de différentiel

L'adhérence entre le sol et les pneus du porteur varie constamment. Les changements dans l'inclinaison de la machine, à mesure que celle-ci se déplace sur un terrain accidenté, entraînent des modifications dans la charge appliquée sur les roues et par conséquent dans l'adhérence de chaque pneu. À tout moment la force motrice d'un véhicule dont les différentiels ne peuvent

être verrouillés est déterminée par la roue qui a la force motrice la plus faible (elle patine). L'emploi de mécanismes de blocage de différentiel permet d'utiliser entièrement les forces motrices différentes de chacune des roues.

On rencontre deux types de blocages de différentiel: *automatiques* et *commandés manuellement*. Le système anti-patinage ("no-spin") est le dispositif automatique de blocage le plus courant. Il comporte un embrayage à griffes. Quand le véhicule avance en ligne droite, les deux roues tournent à la même vitesse et toutes deux transmettent la puissance. Dans un virage, le système anti-patinage permet à la roue extérieure de tourner plus rapidement sans transmettre de puissance, alors que la roue intérieure transmet toute la puissance. Cependant, comme seules les roues intérieures sont motrices, le système anti-patinage produit une résistance au virage de la machine et le sol est perturbé plus facilement que quand on utilise un différentiel normal.

Il existe un autre type de blocage automatique de différentiel: c'est un différentiel normal équipé d'un frein à disques multiples qui empêche les arbres des roues de tourner à des vitesses différentes. Le frein est actionné par la force motrice. Quand il n'y a pas d'effort de traction, il n'y a pas non plus d'effort de freinage pour verrouiller le différentiel. Si les roues arrière du porteur ne suivent pas les pistes des roues avant, il y aura tension dans le groupe propulseur, et le différentiel se trouvera verrouillé. Ce système est utilisé dans l'essieu avant de quelques porteurs de fabrication européenne.

Les mécanismes de blocage de différentiel commandés manuellement sont des dispositifs mécaniques, ou des embrayages à disques. Les dispositifs mécaniques peuvent être engagés uniquement quand les roues tournent pratiquement à la même vitesse, et non quand les roues patinent. Ils ne peuvent être relâchés que quand ils ne sont soumis à aucune tension; on peut libérer la tension dans le groupe propulseur en effectuant un virage avec la machine. L'embrayage à disques peut être engagé et relâché à n'importe quel moment.

Les mécanismes de blocage de différentiel à commande manuelle ne sont engagés qu'en cas de nécessité. Il est ainsi possible d'éviter des dommages au sol (ornières) lors d'un virage, si ces dispositifs sont relâchés. En outre, l'effort requis pour le braquage des roues est plus faible qu'avec des dispositifs de blocage automatiques et la machine semble plus facile à manoeuvrer. Les dispositifs commandés manuellement sont par conséquent recommandés avec des pneus larges sur un sol meuble où, de toutes façons, il est difficile d'effectuer des virages. Bien que les dispositifs à commande manuelle permettent à l'opérateur une plus grande liberté de manoeuvre, ils présentent un inconvénient: l'opérateur ne peut pas

toujours réagir à temps au patinage et le porteur peut rester embourbé simplement parce que le blocage a été effectué trop tard.

Grues de manutention

Le choix de la grue est un facteur important à considérer au moment de choisir un porteur. La grue est utilisée pendant 50 à 70% du cycle total de travail de la machine. La grue et le système hydraulique sont aussi responsables d'un pourcentage élevé du temps de réparation. Une étude finlandaise (Kahala et Kuitto, 1986) portant sur un grand nombre de porteurs affirme que les réparations à la grue représentaient 36% et celles du système hydraulique 30% du temps total de réparation.

Lors de l'achat d'un porteur, le client a habituellement la possibilité de choisir la grue. Il doit s'assurer que celle qu'il choisit est compatible avec le porteur et appropriée à la tâche à accomplir. Le manufacturier limite les dimensions de la grue pour chacun de ses porteurs en spécifiant le couple de levage brut maximum, ou en donnant la liste des modèles adaptables. Plus la grue est grosse, plus elle se déplace lentement (compte tenu d'une pompe de même capacité). On devrait donc choisir la grue la plus petite parmi celles qui peuvent accomplir la tâche avec efficacité. Ceci garde ainsi le poids du véhicule à un minimum, ce qui permet de transporter une plus grosse charge. Les dimensions du grappin devraient être choisies (à l'intérieur des dimensions recommandées) de façon à ce que, dans des conditions moyennes, la grue puisse saisir une pleine charge de grappin.

La grue est généralement montée sur le châssis arrière du porteur. C'est là un avantage parce qu'elle peut reposer sur le sommet de la charge durant les déplacements. De plus, il est alors possible de l'utiliser pendant que la machine se déplace ou qu'elle fait un virage. La stabilité en cours de chargement se trouve parfois limitée quand la machine est à vide. Tous les porteurs ne sont pas dotés de commandes qui leur permettent de charger et de se mouvoir simultanément.

Quand la grue est montée sur le châssis avant du porteur, elle devrait être tournée vers l'avant durant les déplacements et le grappin devrait alors reposer sur un support à l'avant de la machine. Cela demande plus de temps que de l'abaisser sur la charge. Cependant, pour de courts déplacements d'une pile à l'autre, le grappin d'une grue montée sur le châssis avant peut rester suspendu en l'air si le terrain n'est pas trop accidenté. Avec un essieu avant oscillant (balancier), et la grue sur le châssis avant, le chargement peut être effectué durant les déplacements, du moment qu'on ne braque pas les roues quand le grappin se trouve à proximité du plateau. Quand la grue est montée sur le châssis avant et que les châssis sont reliés par un joint oscillant (tourillon), la machine devrait être à l'arrêt pendant que le bois est déposé dans le plateau.

Dans de fortes pentes, quand la machine est inclinée, le couple de rotation de la flèche peut ne pas être suffisant pour balancer le bois vers le haut de la pente. En ce cas, un dispositif d'inclinaison peut souvent être ajouté pour niveler la plateforme de rotation. Comme dans de fortes pentes les porteurs ne se déplacent que directement vers le haut et vers le bas, le dispositif de nivellement n'agit que dans cette direction. L'inclinaison de la grue vers l'arrière réduit la hauteur à laquelle elle peut empiler les billes sur le porteur. Souvent le dispositif de nivellement soulève en même temps le support de montage de la grue, ce qui compense pour l'inclinaison de la plateforme de rotation.

La portée de la grue peut s'exprimer de deux façons: par la portée horizontale (maximale) et par la portée au niveau du sol (voir figure 7). La portée horizontale est la longueur de la flèche en position horizontale, avec le grappin dans les airs. Quand le grappin est abaissé au sol, la portée depuis le centre de la plateforme de rotation est inférieure à la longueur de la flèche. La portée au niveau du sol est plus importante que la portée maximale de la flèche.

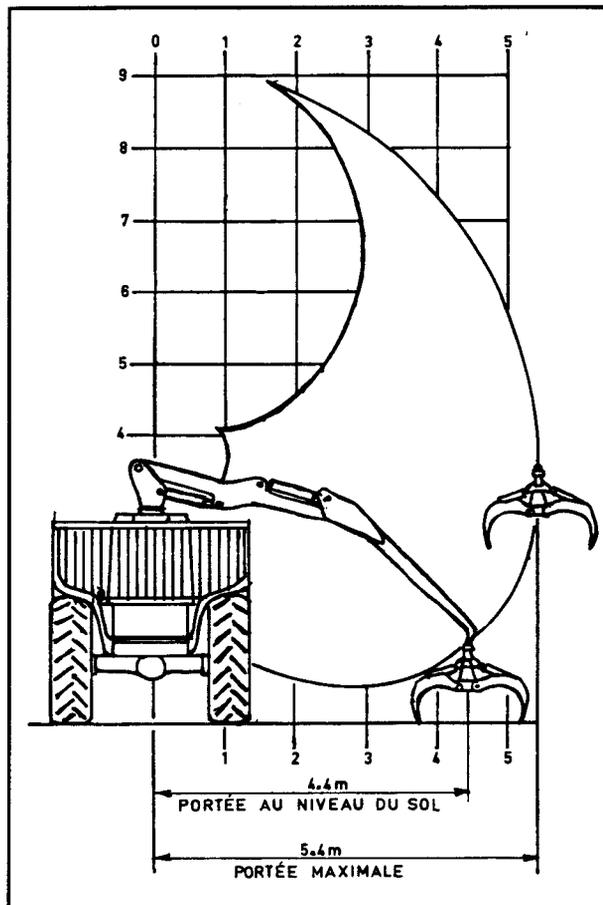


Figure 7. Portée de la grue.

Au moment de charger ou de décharger, le porteur est positionné à proximité des piles, que ce soit dans la forêt ou à la jetée (voir figure 8). Une grue ayant une portée d'environ 5 m au niveau du sol est adéquate et assure un chargement rapide. Note: Aux figures 9, 10 et 11, on suppose que les billes sont saisies par le milieu. Il est souvent recommandé de saisir les billes de bois à pâte environ à 40 cm du centre pour faciliter l'empilage dans le plateau.

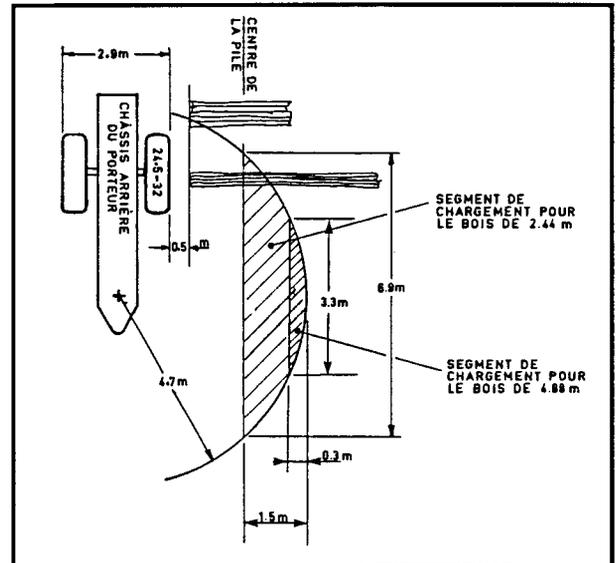


Figure 8. Zone de travail de la grue avec des pneus étroits.

Quand les pneus ont de 44" à 50" de largeur, la zone de travail de la grue de chaque côté du porteur se trouve considérablement réduite (voir figure 9). Certains propriétaires de porteurs équipés de pneus larges ont choisi des grues à portée plus longue. Quand il est nécessaire d'avoir une plus longue portée, il faut parfois se tourner vers un plus gros modèle de grue (habituellement avec un plus gros grappin). Ces plus grosses grues déchargent généralement plus vite parce que le grappin plus gros est capable de soulever des charges plus fortes. Des grues dotées de flèches secondaires télescopiques, à longue portée, sont également disponibles.

La hauteur de la charge est aussi déterminée par l'emplacement et la position de la flèche (voir figure 10). Changer la hauteur du dispositif de montage de la grue change la portée au niveau du sol, de même que la hauteur maximale de la charge. La hauteur d'empilage à la jetée est fortement influencée par la longueur des billes (voir les figures 11 et 12).

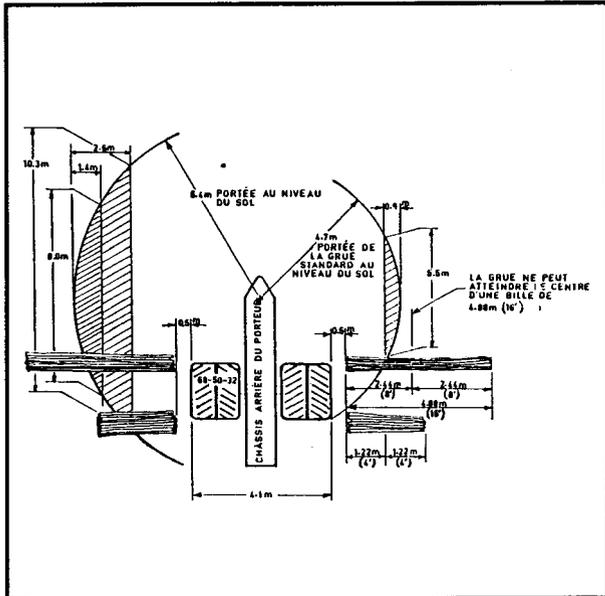


Figure 9. Zone de travail de la grue avec des pneus larges.

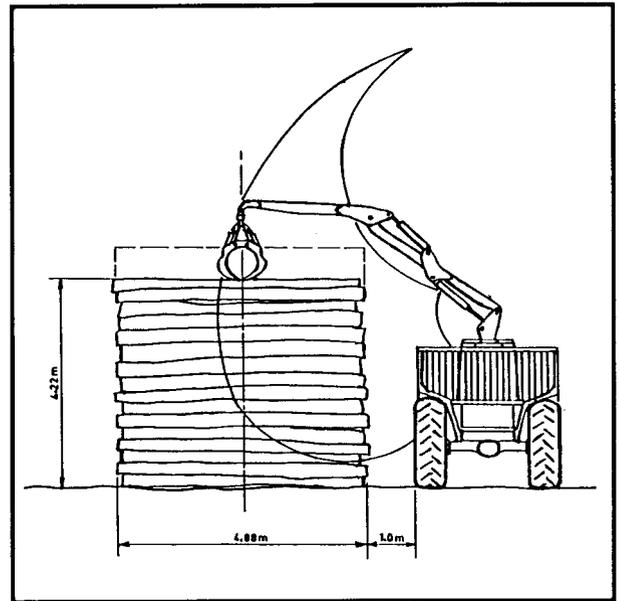


Figure 11. Hauteur d'empilement avec billes de 4,88 m.

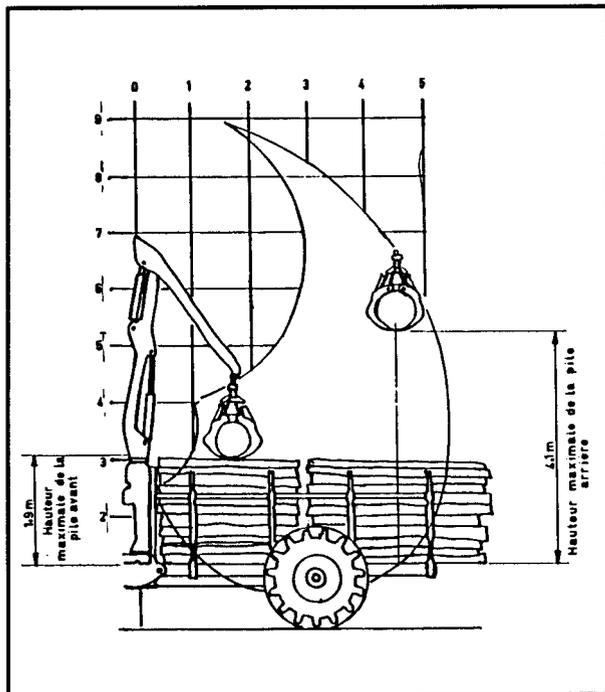


Figure 10. Hauteur des charges avant et arrière.

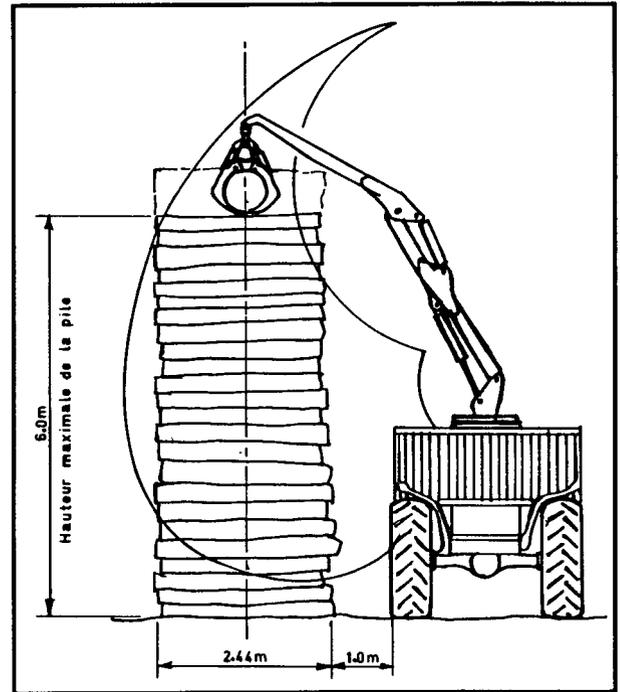


Figure 12. Hauteur d'empilement avec billes de 2,44 m.

Productivité

La productivité du porteur déterminera en fin de compte le volume de bois qui peut être transporté annuellement, et par conséquent le nombre de machines et (ou) le calendrier de travail requis. La productivité du porteur dépend d'une combinaison de facteurs: les conditions dans la forêt ou le milieu de travail; les caractéristiques du porteur; et la performance de l'opérateur. Cependant l'examen d'un certain nombre d'éléments pourra donner un indice de la productivité du porteur.

Une comparaison des caractéristiques techniques de divers porteurs est justifiée. Le ratio puissance-poids donne une indication des vitesses de déplacement, particulièrement quand les transmissions sont du même type. Les groupes propulseurs avec convertisseurs de couple sont de 10 à 15% moins efficaces que les transmissions manuelles. Le ratio de la capacité de la pompe par rapport à la capacité de levage de la grue donne une indication de la vitesse de la grue. Cependant la vitesse de chargement dépend encore de la compatibilité des mouvements de la grue, des caractéristiques du grappin, d'une portée adéquate et de la densité de bois sur la piste. Enfin, le confort de l'opérateur est un élément important d'influence sur la productivité. Les caractéristiques qui améliorent le confort de l'opérateur contribueront à réduire sa fatigue et à augmenter sa productivité, particulièrement si la journée de travail est longue.

Confort et sécurité de l'opérateur

Faire fonctionner un porteur est une tâche relativement peu exigeante physiquement. Le corps de l'opérateur génère beaucoup moins de chaleur avec un porteur qu'avec un débardeur conventionnel. Il en résulte que l'opérateur du porteur a davantage besoin d'une cabine chauffée que l'opérateur du débardeur. Il s'agit en effet dans une grande mesure d'un travail statique. Les muscles des bras et des mains sont constamment tendus, parce qu'ils effectuent de nombreux mouvements courts et précis pour actionner les commandes de la grue. La tension des muscles tend à se propager au haut du dos et au cou. Si les opérateurs restent au chaud, ils seront capables de travailler plus longtemps avant de ressentir l'effet de la fatigue.

La cabine doit être conforme aux normes ROPS, FOPS et OPS. Elle devrait être bien aérée ou climatisée en été. Les gaz d'échappement et les vapeurs se dégageant du moteur ne devraient pas pénétrer dans la cabine. Par conséquent, on ne devrait utiliser que des ventilateurs qui repoussent l'air en-dehors du bloc-moteur à travers le radiateur. Aucune composante hydraulique ne devrait se trouver dans la cabine, à cause de l'émission de chaleur, des fuites d'huile et du risque de rupture des canalisations hydrauliques.

Une bonne visibilité de l'aire de travail à partir de la cabine est la clé d'une plus grande productivité. On recommande d'avoir de grandes fenêtres, mais bien protégées. Les fenêtres devraient être équipées de dégivreurs et d'essuie-glace.

Un siège doté d'une bonne suspension supporte et protège le dos de l'opérateur. En outre, une cabine de grandeur adéquate (suffisamment d'espace pour les jambes, les coudes et la tête) et une bonne visibilité permettent à l'opérateur de conserver une position assise confortable. Les commandes devraient être bien situées et leur manœuvre ne devrait demander qu'un léger effort.

Les limites acceptables de bruit varient selon les provinces, mais se situent généralement entre 85 et 90 dB(A) pour 8 heures d'exposition. Les niveaux sonores ont été réduits à 75 dB(A) dans certains porteurs scandinaves. Des marches antidérapantes et des mains courantes sont requises pour grimper dans la cabine. Pour le travail de nuit, il est essentiel d'avoir des phares suffisamment puissants. Dans certains porteurs, le poste de conduite peut être orienté vers l'avant ou vers l'arrière, et dans d'autres, uniquement vers l'avant.

Un bon accès aux principaux points d'entretien réduit le risque d'accidents et le temps d'entretien non productif. En particulier, les points qui demandent un entretien journalier ou hebdomadaire, comme les indicateurs de niveau d'huile et autres fluides, les orifices de graissage, et les filtres devraient être faciles d'accès.

Discussion et conclusion

Compte tenu de tous les facteurs soulevés, l'entrepreneur qui travaille en forêt privée est confronté à une foule de renseignements techniques. Il importe donc de préciser quelques éléments pouvant servir de base à la comparaison des divers porteurs et leurs caractéristiques.

Il a été mentionné qu'au moment de choisir un porteur, les entrepreneurs doivent tenir compte des conditions dans lesquelles ils auront à travailler. Des visites à des opérations similaires peuvent être très utiles à cet égard. Il est beaucoup plus facile de juger une machine quand on la voit à l'oeuvre. De plus, ces visites procureront des renseignements précieux sur la productivité, la fiabilité, l'approvisionnement de pièces et le service offert par le distributeur, la consommation de carburant et le confort de l'opérateur. Le fait de consulter des opérateurs peut aider au dépiage futur des pannes, permettant ainsi d'éviter des problèmes dont d'autres auront fait l'expérience. Il est important que les entrepreneurs identifient les caractéristiques de la machine qui sont importantes, étant donné les conditions auxquelles ils ont à faire face.

Une autre démarche qui s'impose consiste à déterminer quel est le type d'équipement offert en option dont ils peuvent avoir besoin dans leurs opérations. Il peut être plus économique d'obtenir de l'équipement en option au moment de l'achat plutôt qu'ultérieurement. C'est pourquoi, il est suggéré d'essayer de prévoir les changements susceptibles de survenir dans l'opération comme la longueur variable des billes, la mécanisation de la récolte, ou des conditions de terrain entièrement nouvelles, qui peuvent demander d'apporter des changements à la machine.

L'entrepreneur travaillant en forêt privée devrait essayer de se renseigner sur la fiabilité de la machine. C'est là une des caractéristiques les plus importantes, mais malheureusement elle ne peut être évaluée qu'après plusieurs milliers d'heures d'opération. Les réparations au groupe propulseur sont particulièrement coûteuses; aussi sa fiabilité est-elle primordiale. Des changements dans les dimensions des pneus ou dans les conditions de terrain, qui exigeraient un plus grand effort de traction, pourraient affecter considérablement la fiabilité du groupe propulseur. Il faut toujours tenir compte des conditions de fonctionnement quand on discute de fiabilité.

Plusieurs caractéristiques du porteur sont influencées par d'autres aspects de la machine. Par exemple, une machine plus large demande une grue avec une portée plus longue, et cela augmente les tensions appliquées sur le châssis du porteur. Le choix de pneus plus larges en vue d'assurer une portance plus élevée peut diminuer l'effort de traction qui est *disponible* si le diamètre des pneus est aussi augmenté. Cependant l'effort de traction *requis* peut aussi être réduit à cause d'une portance améliorée et d'une résistance réduite au roulement. De même, des pneus plus larges demandent un plus grand effort pour le braquage des roues. Parfois, le blocage automatique du différentiel peut empêcher le fonctionnement adéquat de la direction si on utilise des pneus larges. En ce cas, il faudra peut-être augmenter l'effort de braquage, ou remplacer le système de blocage automatique de différentiel par un mécanisme à commande manuelle.

Les réparations et l'entretien de la machine constituent un autre point à considérer. Le service de pièces de rechange est très important, surtout pour l'équipement d'origine étrangère. Le nombre de pièces que les distributeurs gardent en stock dépend habituellement du nombre de machines qu'ils desservent. Il est aussi important de connaître le temps de livraison des pièces de rechange provenant du distributeur, ainsi que le temps de livraison des pièces expédiées au distributeur par le manufacturier. Certains modes de transport ou services spéciaux peuvent accélérer les livraisons. L'acheteur éventuel devrait vérifier si le distributeur acceptera d'utiliser ces services plus rapides, et si oui, si les frais additionnels seront à la charge du client. La fiabilité du distributeur et son soutien sont essentiels.

Il est possible qu'on puisse se procurer les pièces ailleurs que chez le distributeur. Les composantes hydrauliques, le moteur, l'arbre de transmission et les pièces de la transmission sont souvent disponibles dans des magasins spécialisés, surtout pour les marques les plus courantes de porteurs. Cependant l'emploi de pièces non autorisées par le distributeur peut annuler la garantie du fabricant. On devrait comparer les programmes de garantie offerts par chaque manufacturier.

Le distributeur devrait au besoin pouvoir fournir un mécanicien compétent. Les entrepreneurs tiendront compte des réparations qu'ils sont capables d'effectuer eux-mêmes, de la fréquence à laquelle ils auront besoin d'un mécanicien, de la rapidité avec laquelle le mécanicien sera disponible, ainsi que de tout autre type d'aide dont ils pourront disposer pour les réparations et l'entretien. Un bon manuel d'atelier est utile au propriétaire qui est familier avec les travaux de réparation.

Pour obtenir un bon rendement d'un porteur, il est essentiel d'avoir les outils, les pièces et le soutien adéquats, et ils doivent être prévus à l'avance. Quand la machine travaille à proximité du distributeur ou des services, on a besoin de moins d'équipement pour l'entretien. Dans les endroits plus isolés, un atelier de réparations mobile peut être nécessaire. Le fait de garder un certain nombre de pièces de rechange en stock augmentera de beaucoup la disponibilité de la machine. Ces pièces comprendront des tuyaux flexibles, des filtres, des raccords, un choix de boulons, et les pièces que l'expérience passée a révélées comme étant une source de problèmes. Il est commode d'avoir un réservoir de ravitaillement en carburant, que le porteur peut transporter d'un site à l'autre. Le déplacement du porteur entre des sites voisins peut se faire en le conduisant sur la route. Cependant il faudra un fardier pour de plus longues distances. On devra considérer s'il vaut mieux, au point de vue économique, acheter ou louer le fardier.

Dans le cours de ses réflexions, l'entrepreneur ne doit jamais oublier la planification financière. De toute évidence, en comparant divers porteurs et leurs caractéristiques, le prix des machines présentant les caractéristiques voulues doit entrer en ligne de compte. Cependant pour dresser un plan financier ayant des chances de succès, l'entrepreneur doit considérer les points suivants:

- Les travaux devraient être planifiés et les contrats assurés pour la période de paiement du porteur. Il est important pour l'entrepreneur de se tenir constamment au courant des tendances dans le domaine de la récolte forestière et des taux offerts pour le portage.
- Cependant, il y aura des périodes creuses ou des arrêts de travail. Plusieurs propriétaires de lots boisés s'objectent à la présence d'un porteur dans leur boisé durant les périodes de l'année où le terrain est humide, parce qu'ils craignent l'orniérage du sol.

- La formation pratique de l'opérateur devra être considérée et le coût inclu dans le plan financier. Le temps de formation d'un opérateur débutant varie entre 3 et 12 mois, surtout à cause du temps requis pour apprendre le fonctionnement de la grue à flèche articulée. Un opérateur possédant une expérience antérieure dans le fonctionnement d'une machine dotée d'une flèche actionnée hydrauliquement peut atteindre un assez bon niveau de production en quelques semaines. La capacité des opérateurs à réparer leur machine est très variable. Il est souhaitable d'avoir des opérateurs qui sont habiles autant pour faire fonctionner la machine que pour la réparer.
- La productivité sera plus faible durant la période de formation de l'opérateur, et il y aura un plus grand nombre de bris et de réparations. En outre, le porteur est susceptible de rester embourbé plus souvent. Afin de réduire la tension à la fois pour l'opérateur et la machine, les travaux devraient débiter dans des sites qui présentent des conditions favorables.

En tenant compte de tous les éléments ci-dessus, les entrepreneurs qui travaillent dans de petits boisés peuvent réaliser leur propre planification financière. Comme on a pu le constater à la lecture du présent rapport, les porteurs offrent plusieurs caractéristiques intéressantes pour la récolte en forêt privée. Si les entrepreneurs suivent l'approche décrite dans le rapport, ils devraient être à même de décider si un porteur est bien la machine qui convient aux conditions spécifiques dans lesquelles ils travailleront, et quel serait le porteur le plus approprié. Les recommandations et les commentaires contenus dans le rapport visent à faciliter ce processus.

Bibliographie

1. Kahala, M., Kuitto, P.-J. 1986. Puutavaran Kuljetus Keskikokoisella Kuormatraktorilla. Metsätehon Katsaus 10/1986. 4 p.
2. Makkonen, I. 1988. Revue des porteurs forestiers. Inst. can. de rech. en génie forestier. FT-123. 12 p.
3. Mellgren, P.G. 1980. Classification du terrain pour la foresterie du Canada. Assoc. can. des producteurs de pâtes et papiers, Montréal. W.S.I. 2840F. 13 p.