FERIC *FOREST ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE OF CANADA*
INSTITUT CANADIEN DE RECHERCHES EN GÉNIE FORESTIER

Rapport Technique N° RT-57
juillet 1984

Emploi de pneus à haute flottaison pour le débardage en terrain humide ou escarpé

P.G. Mellgren et E. Heidersdorf

143, PLACE FRONTENAC, POINTE CLAIRE, QUÉ., CANADA H9R 4Z7
2112, OUEST BROADWAY, VANCOUVER, C.B., CANADA V6K 2C8

Emploi de pneus à haute flottaison pour le débardage en terrain humide ou escarpé

P.G. Mellgren et E. Heidersdorf

Rapport Technique N° RT-57
juillet 1984

This Technical Report is available in English

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

© Copyright 1984, Institut canadien de recherches en génie forestier ISSN 0705-7962

PRÉFACE

Le présent rapport décrit le programme de quatre ans entrepris par FERIC dans le but d'introduire l'emploi des pneus forestiers à haute flottaison susceptible d'augmenter les possibilités de travail des débardeurs traditionnels. De concert avec les efforts de plusieurs fabricants de pneus ainsi que de l'industrie forestière du Canada et des États-Unis, notre programme a débouché sur une nouvelle génération de pneus de grande largeur, à haute flottaison, permettant d'améliorer considérablement la performance d'un débardeur dans plusieurs de ses applications. Toutefois le lecteur ne doit pas oublier que les résultats donnés ici sont spécifiques aux pneus mis à l'essai, de même qu'aux machines et aux opérations décrites et ne sauraient s'appliquer ailleurs qu'avec prudence.

Pour plus de brièveté, on a omis du présent rapport le détail du processus d'étude et d'analyse, de même que certains résultats d'intérêt plutôt restreint. De plus amples informations peuvent être fournies sur demande.

Toutes les dimensions des pneus sont données en unités impériales de façon à se conformer aux dimensions normalisées des pneus utilisées en Amérique du Nord. Par contre, toutes les autres données quantitatives du rapport sont exprimées dans le Système international d'unités (SI). On trouvera à l'annexe B une table de conversion aux unités impériales.

Les auteurs aimeraient remercier tout particulièrement les entreprises suivantes pour leur aide, leur collaboration et leur empressement à plonger dans l'inconnu:

John Deere Ltd
Rolligon Corp.
Spruce Falls Power & Paper Co. Ltd
Tundra Industrial Equipment Ltd

Notre reconnaissance s'adresse également aux autres entreprises qui ont apporté leur appui au programme, ainsi qu'à leur personnel:

Abitibi-Price Inc.
Firestone Canada Inc.
Goodyear Tire and Rubber Co.
Great Lakes Forest Products Ltd
St. Regis (Alberta) Ltd
Timberjack Inc.
United Tire & Rubber Co. Ltd

Nous désirons exprimer nos remerciements aux employés de FERIC, D. MacGregor, B. McMorland, M. St-Amour pour leur aide technique, ainsi qu'à P. Zundel, étudiant à l'emploi de FERIC durant l'été.

Per G. Mellgren est un ingénieur professionnel (M.Sc.M.E.) et Ernest Heidersdorf est un diplômé en génie forestier (B.Sc.F.E.). P.G. Mellgren est à l'origine de l'implication de FERIC dans l'étude du principe des pneus de grande largeur et c'est lui également qui a incité les fabricants de pneus à en essayer l'application. E. Heidersdorf était en charge de tous les essais de FERIC, des analyses des résultats et de la préparation du rapport final.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
PRÉFACE	i
SOMMAIRE	iii
INTRODUCTION	1
THÉORIE DES PNEUS (RAPPORT DIAMÈTRE/LARGEUR?)	3
RECHERCHE D'UN PNEU ADÉQUAT	4
ESSAIS DE PERFORMANCE	6
PARTIE A - SOL HUMIDE	6
Site (Zone argileuse)	6
1980	9
Comparaison sur pistes d'essai	9
Comparaison en débardage réel	13
1981	15
Comparaison sur pistes d'essai	15
Comparaison en débardage réel	18
1982	20
Comparaison sur pistes d'essai	20
Comparaison en débardage réel	22
1983	23
Comparaison sur pistes d'essai	23
PARTIE B - AUTRES APPLICATIONS	26
Great Lakes Forest Products Ltd (sol plat et ferme)	26
Comparaison en débardage réel	26
Essais de scarifiage	28
St. Regis (Alberta) Ltd (terrain difficile et pentes)	29
Comparaison sur pistes d'essai (terrain difficile)	30
Comparaison sur pistes d'essai (pente)	33
Essai de la pente maximale	35
Comparaison en débardage réel	37
Comparaison des temps du cycle	38
RÉFLEXIONS SUR L'EMPLOI DE PNEUS LARGES	42
Choix de pneus pour le débardage	42
Pression de gonflage	43
Durée des pneus	43
Réflexion sur les débardeurs	44
CONCLUSIONS	46
ANNEXE A - BIBLIOGRAPHIE	49
ANNEXE B - TABLE DE CONVERSION	50

SOMMAIRE

La flottaison adéquate des véhicules hors-route (c'est-à-dire la possibilité de se déplacer sans enfoncement excessif) a longtemps représenté un problème, particulièrement sur les sols à faible portance que l'on retrouve dans une bonne partie des régions forestières du Canada. Des tentatives de récolte de la forêt dans ces régions humides, en été, à l'aide de pneus forestiers traditionnels, se sont révélées inacceptables au point de vue environnemental et fort coûteuses, par suite de l'enlisement des machines dans les fondrières, des charges réduites et de la perturbation excessive du sol. Des efforts en vue de résoudre ce problème en utilisant des véhicules à chenilles n'ont eu que peu de succès, principalement à cause des frais élevés d'entretien des chenilles et du train de roulement.

Afin d'aider à résoudre ces problèmes, FERIC a entrepris des recherches pour trouver un pneu à haute flottaison fiable, susceptible d'améliorer la performance des machines actuelles sur un sol mou. Les essais ont commencé en 1980 lorsque FERIC a introduit l'emploi de pneus Rolligon de 68 pouces de largeur dans des opérations de débardage, dans les tourbières d'épinette noire du nord de l'Ontario (zone argileuse). Les sols dans cette région sont constitués d'un mince entrelacs de racines reposant sur une couche épaisse de sol organique dont la résistance au cisaillement et à la compression est négligeable. On espérait qu'étant donné leur empreinte plus grande, les pneus larges empêcheraient les machines de défoncer l'entrelacs de racines.

Les résultats spectaculaires du début ont amené FERIC, l'industrie forestière et plusieurs fabricants de pneus à entreprendre un programme d'essais et de mise au point de quatre ans qui a débouché sur une nouvelle génération de pneus de grande largeur, souples, à basse pression et à haute flottaison, capables d'améliorer considérablement la performance d'un débardeur à la fois en sol mou et sur des pentes escarpées. Ces pneus sont actuellement fabriqués par Rolligon Corp. (68 po de largeur), United Tire (50 po de largeur), Firestone (50 po) et Goodyear (43 po disponible, 50 po à venir). Une centaine de ces pneus sont déjà (1983) en usage au Canada.

Le succès de ces nouveaux pneus de grande largeur, à haute flottaison, provient des avantages nombreux qu'ils semblent posséder par rapport aux pneus traditionnels plus étroits. Mentionnons entre autres:

+ Une augmentation de productivité allant jusqu'à 60% en sol humide. Certains indices permettent de croire à des améliorations significatives, quoique moins importantes, de la performance en terrain difficile ou escarpé.

+ Des économies de carburant par unité de volume débardé pouvant atteindre 40%, dépendant du sol.

+ Des réductions remarquables dans la perturbation du sol (orniérage) sur des sols fragiles, même après plusieurs passages répétés.

+ Le tassement plus faible du sol, assurant une meilleure régénération et des taux de croissance plus élevés à l'avenir.

+ La possibilité de choisir des machines plus petites pour accomplir le même travail.

+ Une conduite plus douce pour l'homme et pour la machine.

+ Une meilleure stabilité, donc une plus grande sécurité sur des pentes transversales, étant donné la largeur des pneus.

+ L'accès à des peuplements traditionnellement inaccessibles à cause de l'amélioration de la flottaison et de la stabilité. L'augmentation du nombre de peuplements accessibles peut aussi vouloir dire une diminution du temps improductif de l'ensemble du parc de débardeurs, ainsi qu'une nécessité moins grande d'acquérir de l'équipement spécialisé fort coûteux.

Naturellement, ces avantages s'accompagnent de certains inconvénients, dont:

- Le coût initial des pneus est le double des pneus traditionnels, ou même davantage.

- La performance douteuse des pneus larges dans la neige épaisse. De plus, ces pneus sont plus susceptibles de crever par temps froid. Un changement de pneus selon la saison peut donc être nécessaire.

- Les contraintes plus grandes qu'impose l'emploi de pneus larges aux essieux et aux réductions finales, ce qui pourrait obliger à renforcer ces éléments, particulièrement avec les débardeurs de petite taille.

- L'effet que peut avoir l'augmentation de largeur du véhicule sur sa maniabilité, sur les dimensions du garage et sur la facilité d'expédition.

- La nécessité d'avoir, pour l'entretien des pneus larges, de l'équipement et des installations spécialisés.

- Leur durée de vie encore incertaine, quoiqu'elle semble prometteuse.

Les utilisateurs éventuels doivent peser ces avantages et ces inconvénients avant de faire un choix, compte tenu des conditions qu'ils rencontrent, de leurs besoins et de l'usage qu'ils veulent en faire. Cependant il n'y a aucun doute que, au bon moment et au bon endroit, l'emploi de cette nouvelle génération de pneus de grande largeur, à haute flottaison, peut élargir considérablement les possibilités de travail des débardeurs traditionnels.

INTRODUCTION

La performance des véhicules hors-route dépend souvent de leur flottaison, c'est-à-dire de leur capacité à se déplacer à la surface du sol sans s'enfoncer de façon excessive. Cette caractéristique des machines est particulièrement essentielle sur des sols à faible portance, tels que tourbières, argiles et limons, sols qui se retrouvent dans une bonne partie des régions forestières du Canada.

Par le passé, ces régions à sol mou ont été le plus souvent exploitées durant les mois d'hiver quand le sol était gelé. Cependant lorsque ces régions représentent une proportion importante de l'assiette de coupe d'une compagnie, cette habitude traditionnelle entraîne un certain nombre de problèmes et de coûts, à cause de la courte saison d'exploitation, entre autres: une planification plus précise, des difficultés dans l'échéancier de livraison du bois et dans le maintien d'un mélange uniforme d'essences à l'usine, des stocks plus considérables, un emploi saisonnier et une dépendance vis-à-vis les intempéries.

L'exploitation dans ces régions humides en été, avec des machines équipées de pneus forestiers traditionnels, s'est révélée coûteuse, étant donné la perturbation excessive du sol et une faible productivité, c'est-à-dire des charges et des vitesses de déplacement réduites (figure 1).

Figure 1. Enfoncement excessif d'un débardeur équipé de pneus traditionnels.

Des efforts en vue de résoudre ce problème en utilisant des véhicules à chenilles n'ont eu qu'un succès limité. Quand on a besoin de vitesse, comme au débardage, les coûts d'entretien des chenilles et du train de roulement sont généralement élevés à cause de l'absence de dispositifs de protection contre les surcharges, de la présence de plusieurs pièces d'usure mobiles et de la conduite brusque par-dessus les souches et les autres obstacles, ce qui est habituel avec des véhicules porteurs à chenilles.

À la suite de l'évaluation faite par FERIC du principe de l'ACCUFOR McCOLL (Accumulator Forwarder: porteur tout-terrain, à haute vitesse, muni d'un dispositif collecteur), on a senti le besoin d'un pneu à basse pression et à haute flottaison comme solution à ces problèmes. Ainsi en 1979, FERIC entreprit des recherches pour trouver un pneu de ce genre susceptible d'améliorer la performance des machines actuelles.

Cet effort a amené FERIC, l'industrie forestière et les fabricants de pneus à se lancer dans un programme de quatre ans d'essais et de mise au point qui a débouché sur une nouvelle génération de pneus à haute flottaison pour le débardage. Le débardeur a été choisi comme machine de base à cause de son importance dans l'industrie forestière canadienne et la nécessité d'améliorer sa performance en sol mou. De plus on disposait déjà à travers le Canada de parcs impressionnants de débardeurs permettant de les mettre à l'essai dans une grande variété de conditions.

Même si l'effort principal de ce programme consistait à améliorer la performance des débardeurs en sol mou, certaines caractéristiques de ces nouveaux pneus laissaient entrevoir la possibilité d'autres applications. Le programme a donc pris de l'expansion de façon à inclure des essais dans ces nouvelles situations. Le présent rapport comprend les résultats du programme entier d'essais et de mise au point de FERIC, d'une durée de quatre ans, en sol mou et dans d'autres applications.

Une bonne partie des essais peuvent ne pas être considérés comme vraiment scientifiques, à cause de la taille limitée des échantillons et du manque d'uniformité des conditions. Il faut cependant se rappeler que l'environnement forestier n'est malheureusement pas un banc d'essai et que nous devons composer avec les contraintes dues au mauvais temps, à la disponibilité de la machinerie et aux conditions du terrain. Les résultats ont cependant fourni des renseignements précieux pour la poursuite du programme de développement. Les résultats des essais sont présentés en détails afin de montrer le cheminement suivi et de permettre au lecteur de tirer lui-même ses conclusions.

THÉORIE DES PNEUS (RAPPORT DIAMÈTRE/LARGEUR?)

En augmentant le diamètre et/ou la largeur, c'est-à-dire l'empreinte*, des pneus on augmente la force de traction d'un véhicule et on réduit l'enfoncement et l'orniérage. Cependant, comme le déclare Bekker, "la forme de la surface de contact au sol (empreinte) et son orientation par rapport à la direction de déplacement sont aussi importantes lorsqu'il s'agit de produire une poussée élevée et un faible glissement que la dimension de cette surface et la charge appliquée. Des surfaces de contact longues et étroites (grandes roues étroites et chenilles) sont dans la plupart des cas plus efficaces et plus "mobiles" que des empreintes larges et courtes ayant la même surface. Ceci explique pourquoi les pneus simples font généralement preuve d'une meilleure performance que les pneus doubles et c'est pourquoi également les skis sont longs et étroits" [2].

Augmenter le diamètre d'un pneu semblerait donc être la façon la plus sûre d'agrandir l'empreinte. Cependant, pour un véhicule hors-route de dimensions données, le diamètre des pneus ou la hauteur de la machine se trouve limité par des contraintes de stabilité ou d'ordre pratique, particulièrement dans le cas de débardeurs dont l'opérateur a souvent besoin de descendre de la machine et d'y remonter.

Les scandinaves ont essayé de résoudre ce problème en mettant au point des engins porteurs à pont tandem munis de six à huit, ou parfois jusqu'à seize pneus afin d'assurer une bonne mobilité et une faible pression au sol. Ce concept permet l'emploi de pneus étroits et plus petits, emploi rendu nécessaire par le fait que ces machines circulent souvent sur des routes publiques et doivent donc s'en tenir à une largeur maximale du véhicule d'environ 2.6 mètres. Cependant le design des ponts tandem est lourd, compliqué et coûteux.

Au Canada, il n'existe pas vraiment de restriction quant à la largeur puisque les machines circulent pratiquement à 100% du temps hors-route dans des exploitations de coupes rases. Alors FERIC a-t-il pensé que des pneus plus larges pouvaient offrir une solution au problème de flottaison.

Au début des années 1960, on avait procédé à certaines expériences avec les pneus de grande largeur, mais on les avait mis de côté, pour plusieurs raisons:

1. Leur mise au point et leur fabrication étaient coûteuses.
2. Les pneus plus lourds rendaient les machines lentes à accélérer et imposaient des contraintes énormes sur les essieux et sur les réductions finales.
3. L'épaisseur des parois entraînait de fortes résistances au roulement.
4. Étant donné leur grande surface de contact, les pneus étaient plus susceptibles aux crevaisons attribuables à des obstacles coupants.
5. Le marché semblait limité, de même que l'intérêt suscité.

---

* Pour simplifier la comparaison, on peut obtenir approximativement la surface normale de l'empreinte d'un pneu à l'aide de l'expression R•B, où R représente le rayon du pneu et B sa largeur. L'expression suppose un enfoncement standard de 7% du diamètre extérieur du pneu [9].

FERIC avait cependant l'impression qu'il valait la peine de jeter un second regard à l'aspect pratique des pneus de grande largeur, compte tenu de plusieurs facteurs apparus au cours des quelques dernières années, entre autres:

1. Une prise de conscience et une inquiétude croissantes au point de vue sylvicole et environnemental relativement aux effets négatifs qu'entraîneraient la perturbation du terrain et le tassement du sol.
2. Un intérêt croissant à diminuer la consommation en carburant (c'est-à-dire à réduire la résistance au roulement) à cause de l'escalade des prix du carburant.
3. Des développements récents dans les techniques de fabrication des pneus et dans les matériaux disponibles, laissant entrevoir la possibilité de fabriquer des pneus larges, légers, à parois minces et résistants aux crevaisons.

RECHERCHE D'UN PNEU ADÉQUAT

Nos études sur les problèmes de mobilité nous ont convaincu que la première étape devait porter sur la mise au point ou l'adaptation de pneus plus larges pour les débardeurs actuels à 4 roues, de façon à améliorer leur performance sur les terrains où les pneus forestiers traditionnels éprouvaient des difficultés, notamment les sols mous. De meilleurs pneus pourraient éventuellement mener au développement de véhicules hors-route améliorés, comme second programme de recherche à long terme.

Ainsi en 1979, FERIC amorçait une recherche pour trouver un pneu de grande largeur susceptible de s'adapter aux débardeurs actuels. Certains critères semblaient essentiels dans ce choix.

1. Les pneus devaient être beaucoup plus larges que les pneus traditionnels. À ce moment, les pneus traditionnels les plus larges pour débardeurs étaient de 34 pouces, mais on utilisait le plus souvent des pneus de 18.4 po et de 23.1 po. Il était nécessaire de doubler cette largeur pour assurer au débardeur la capacité de circuler adéquatement dans certaines conditions de sol humide, ainsi qu'on le verra plus tard au cours de ce rapport.
2. Les parois du pneu devaient être passablement souples et capables de résister aux crevaisons. Une carcasse rigide et ferme implique une friction interne élevée ou des pertes de friction par hystérésis, s'ajoutant à la résistance du pneu au roulement.
3. On croyait qu'un pneu dont le design et la façon dont il est monté permettrait de faibles pressions de gonflage, favoriserait une surface maximum d'empreinte pour une charge donnée et améliorerait le confort et la conduite.

Les seuls pneus disponibles répondant à ces exigences et susceptibles de s'adapter aux engins de débardage étaient les pneus fabriqués par Rolligon Corporation de Stafford, Texas (figure 2). Depuis près de vingt ans, Rolligon Corp. a mis au point et fabriqué des véhicules hors-route utilisés dans l'exploration géophysique et dans les travaux de construction de pipelines. L'entreprise avait développé des pneus en fonction de ses véhicules.

Figure 2. Pneus Rolligon (68 pouces de largeur).

Ces pneus sont en fait des rouleaux souples remplis d'air et présentent les caractéristiques suivantes:

- pressions de gonflage et d'empreinte peu élevées;
- surface du pneu et flancs souples;
- déformation extrême aux charges et pressions de travail;
- contraintes peu élevées du matériau à la surface du pneu;
- résistance uniforme aux crevaisons, même dans les flancs.

Même si le design n'avait jamais été mis à l'essai dans des exploitations forestières, ces caractéristiques semblaient convenir au contexte forestier. Parmi les divers modèles disponibles, le pneu Rolligon 54x68-18* avec une résistance aux crevaisons V-6** apparaissait comme le plus susceptible de s'adapter facilement aux engins actuels de débardage. Le diamètre de 54 pouces du pneu, soit environ 20% de moins que le diamètre des pneus traditionnels utilisés sur les débardeurs, n'offrait pas une garde au sol idéale, mais il représentait un compromis permettant de prendre un pneu "prêt-à-porter", sans modification inutile.

En janvier 1980, FERIC acheta cinq de ces pneus Rolligon pour procéder aux premiers essais des pneus de grande largeur. Rolligon Corp. a modifié ces pneus pour nous en augmentant la force des parois latérales, assurant ainsi une meilleure résistance aux crevaisons et un meilleur transfert de couple.

ESSAIS DE PERFORMANCE

PARTIE A - SOL HUMIDE

Site (Zone argileuse)

En 1980, FERIC introduisit les pneus Rolligon dans la zone argileuse du nord de l'Ontario, sur les concessions forestières de Spruce Falls Power and Paper Co. Ltd, à Kapuskasing, Ontario, l'entreprise ayant accepté de participer à l'expérience. De grandes parties de cette vaste zone consistent en tourbières à épinette noire dans lesquelles un mince entrelacs de racines recouvre une couche épaisse de sol organique appelée communément "tourbe noire" (figure 3).

Le système radiculaire superficiel (épinettes, fougères, graminées, etc.) renforce la couche supérieure de tourbe, formant un mince entrelacs dont la résistance au cisaillement et à la compression est beaucoup plus élevée que celle du sol sous-jacent. Par exemple, la résistance à la compression ou la portance du sol d'un entrelacs de racines dans une tourbière de type A (classification Radforth) peut

---

* En Amérique du Nord, on se sert pour indiquer les dimensions d'un pneu, d'un code comportant trois chiffres. Le premier chiffre donne le diamètre du pneu en pouces, le second donne sa largeur en pouces, et le troisième représente le diamètre de la jante, toujours en pouces. Ainsi un pneu 54x68-18 a 54 pouces de diamètre, 68 pouces de largeur et une jante de 18 pouces de diamètre.

** Tous les pneus Rolligon étaient disponibles dans trois catégories de résistance aux crevaisons: standard, V-2 et V-4. La résistance aux crevaisons Vidar (KEVLAR) V-6, mise au point pour les essais de FERIC, est égale à celle d'un pneu de nylon de 30 plis. KEVLAR, une marque déposée de Du Pont, est une fibre organique d'aramide ayant une résistance élevée à la tension et à la fatigue, ainsi que plusieurs autres propriétés intéressantes. C'est le matériau communément utilisé dans les vestes à l'épreuve des balles.

Figure 3. Site des essais (zone argileuse).

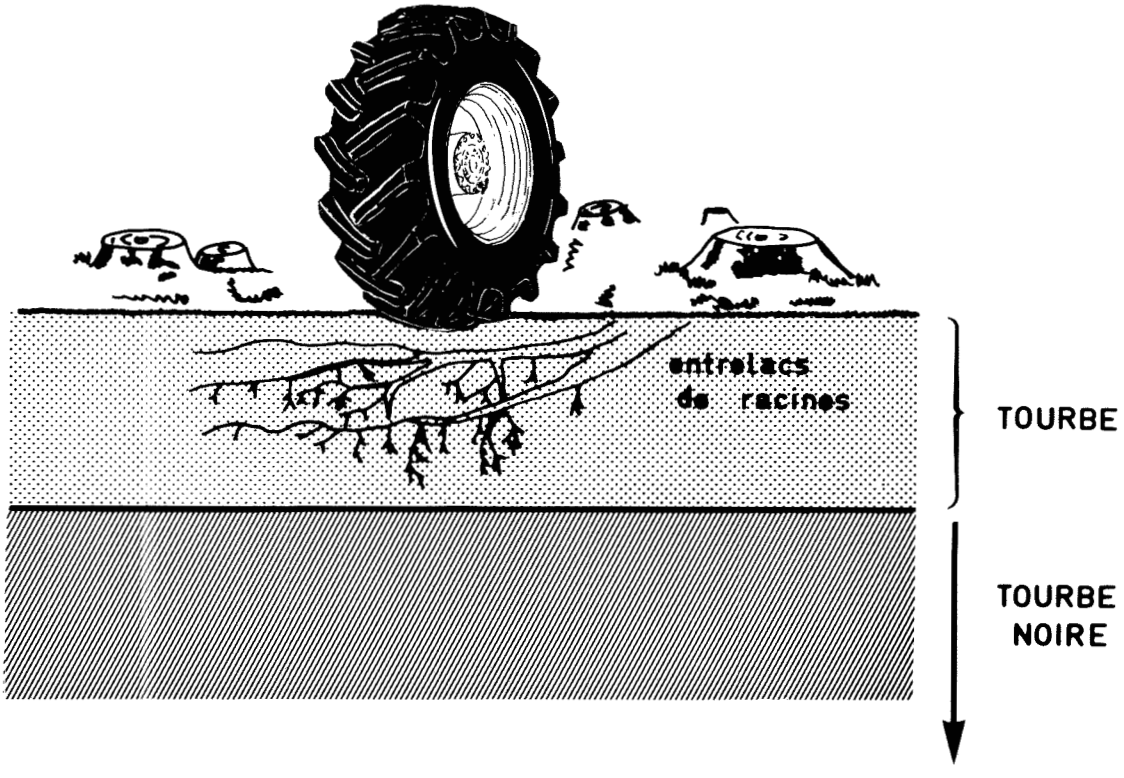


Figure 4. Profil du sol.

varier de 35 à 70 kPa. Par contre, la résistance à la compression de la "tourbe noire" est pratiquement nulle. La pression au sol des machines travaillant dans cette région en été devrait donc être inférieure à 35 kPa de façon à ce qu'elles puissent en tout temps porter sur l'entrelacs de racines (figure 4).

Cependant, les débardeurs chaussés de pneus étroits traditionnels ont habituellement une empreinte dont la pression au sol est de 50 kPa et plus, même sans charge. Ils ont donc tendance à défoncer fréquemment l'entrelacs de racines, ce qui entraîne une baisse de productivité attribuable aux vitesses de déplacement réduites, aux machines embourbées dans les fondrières et aux charges réduites. Et plus important encore, ils sont la cause d'une perturbation inacceptable du sol, particulièrement à proximité des jetées (figure 5).

Figure 5. Perturbation du sol (orniérage) causée par les débardeurs chaussés de pneus traditionnels.

Comme l'a affirmé Gemmel "... Les débardeurs à roues (avec pneus réguliers) font disparaître des microsites susceptibles de servir de lits de germination et éliminent les possibilités de plantation en exposant la tourbe noire et l'argile aux changements de température (gel de printemps, printemps humide, été sec, automne humide et gel de l'automne). Les débardeurs à roues produisent des ornières qui empêchent le drainage latéral, ce qui a tendance à provoquer la saturation du sol. Ces conditions favorisent la croissance de scirpes, de carex et d'aulnes, aucune de ces plantes n'étant capable à ce jour de donner une fibre convenant à la pâte. La destruction du site au cours de l'exploitation constitue donc un problème majeur et un obstacle grave s'opposant à l'intégration fructueuse de l'exploitation et de la sylviculture dans la zone argileuse." [5]. Le problème est d'autant plus sérieux que de la forêt d'épinette noire de la zone argileuse, qui représente 80% de la forêt productive dans cette région, 50% repose sur une couche épaisse de sols organiques et un autre 30% sur des sols organiques plus minces.

C'était là le scénario auquel nous tentions d'apporter une solution avec notre programme de recherche sur les pneus de grande largeur. Nous espérions que cette augmentation radicale dans la largeur des pneus (soit le double) empêcherait de défoncer l'entrelacs de racines.

1980

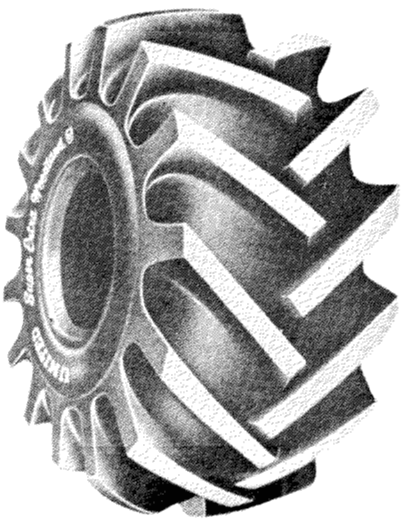
En 1980, les pneus Rolligon achetés par FERIC furent expédiés à Spruce Falls Power and Paper Co., Ltd, à Kapuskasing.

Comparaison sur pistes d'essai

Les premiers essais étaient conçus dans le but d'évaluer la performance relative des pneus Rolligon comparativement à d'autres designs de pneus, sur des pistes d'essai mesurées. Après quelques essais préliminaires avec un débardeur John Deere 640-B, il a été décidé d'utiliser pour les essais véritables un John Deere 540-B, légèrement plus petit (67 kW net SAE), de façon à obtenir une comparaison valable avec le parc actuel de débardeurs de la région (catégorie 67 kW). Le distributeur local de John Deere, Tundra Industrial Equipment Ltd, accepta de participer à l'étude et de fournir le débardeur servant aux essais. Tous les essais furent effectués avec la même machine; seuls les pneus changeaient. Propres aux débardeurs John Deere, les réductions finales à planétaires intégrées au différentiel facilitaient grandement l'installation et l'enlèvement des pneus Rolligon, généralement compliqués par le faible diamètre de la jante, soit 18 pouces.

Pour l'essai, Trelleborg AB, de Trelleborg, Suède, fournit un jeu de pneus Trelleborg 422 600-34/14 SB et John Deere Ltd prêta un jeu de pneus United Tire 68x34-26. Le choix se porta sur les pneus Trelleborg parce que leur largeur (23.5 po) était approximativement celle des pneus les plus communément employés et parce que le profil arrondi de l'épaulement était censé favoriser le travail en terrain mou. Le pneu United représentait le pneu traditionnel le plus large disponible à ce moment. On aperçoit ces pneus à la figure 6. Le tableau 1 donne de plus amples détails sur les trois pneus étudiés.

Figure 6. Pneu Trelleborg



Pneu United

Tableau 1: Description des pneus étudiés.

pneus	Trelleborg 422 600-34/14 (65x23.5-34)*	United 68x34-26	Rolligon 54x68-18
diamètre hors-tout D, po	65	68	54
largeur B, po	23.5	34	68
empreinte $\frac{D}{2}\cdot B$**, po^2	764	1156	1836
pression de l'empreinte pour une charge de 2400 kg par pneu, kPa	48	32	20
pression de gonflage, kPa	115-170	115-170	48
résistance aux crevaisons	nylon 14 plis	nylon 16 plis	nylon 30 plis
poids, pneu + jante, kg	391	431	390

* voir premier renvoi, p. 6.
** voir renvoi, p. 3.

Les essais eurent lieu en août 1980. L'aire d'essai choisie était une tourbière humide à épinette noire coupée à blanc avec une abatteuse-groupeuse à chenilles JD 693-B et débardée avec la machine équipée de pneus Rolligon afin de réduire au minimum la perturbation du sol. Des pistes d'essai parallèles [distance = 200 m + demi-tour (17-34 m) + retour 200 m] furent établies sur cette aire. On constatait un léger orniérage attribuable au passage précédents de débardeurs à pneus traditionnels, mais les pistes d'essai étaient aussi uniformes que possible.

Chaque essai consistait essentiellement à mesurer le temps de déplacement et la consommation en carburant sur une piste d'essai déterminée. On mesurait la consommation en carburant en se servant d'une balance à ressort pour peser un réservoir séparé de 9 litres avant et après chaque voyage. Les variables suivantes furent évaluées pour tous les pneus:

1. Machine simulant le portage, puis le traînage au sol. Pour le portage, un contre-poids était monté sur le bouclier arrière, sous le guide-câble afin d'assurer une charge égale sur les essieux d'environ 4800 kg chacun (figure 7). Pour le traînage au sol, il était prévu de tirer exactement la <u>même</u> charge de 3-m^3 de troncs entiers à chacun des essais.

2. Pour chaque configuration étudiée, on devait prendre des mesures en 2e et en 3e vitesses, avec 3 ou 4 répétitions à chaque vitesse.

3. La vitesse du moteur était réglée à 2000 tpm pour tous les essais.

4. Chaque configuration pneu/machine était mise à l'essai sur une piste différente afin d'éviter une perturbation cumulative du sol.

Exceptions:

1. Les pneus Trelleborg ne furent essayés qu'en simulant le portage.

2. Les pneus Rolligon furent aussi mis à l'essai en 4e et 5e vitesses en simulant le portage (essais effectués en septembre 1980).

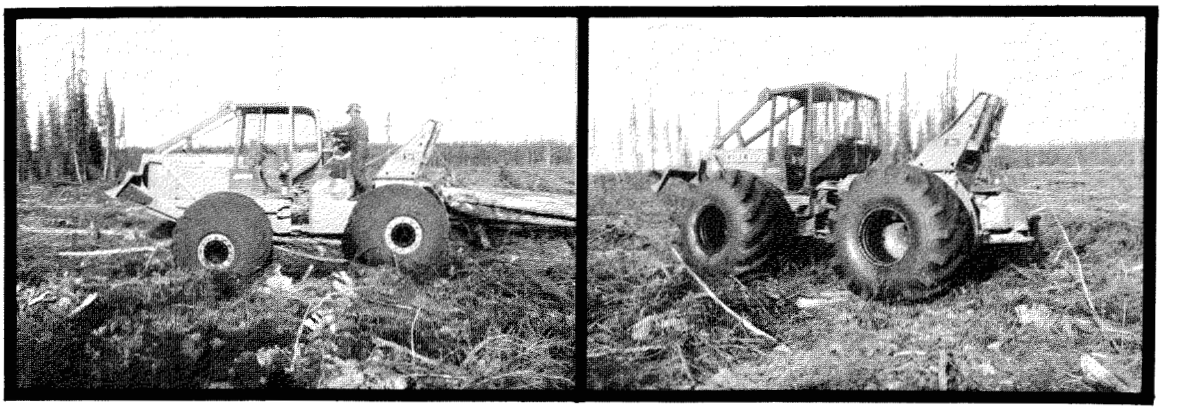
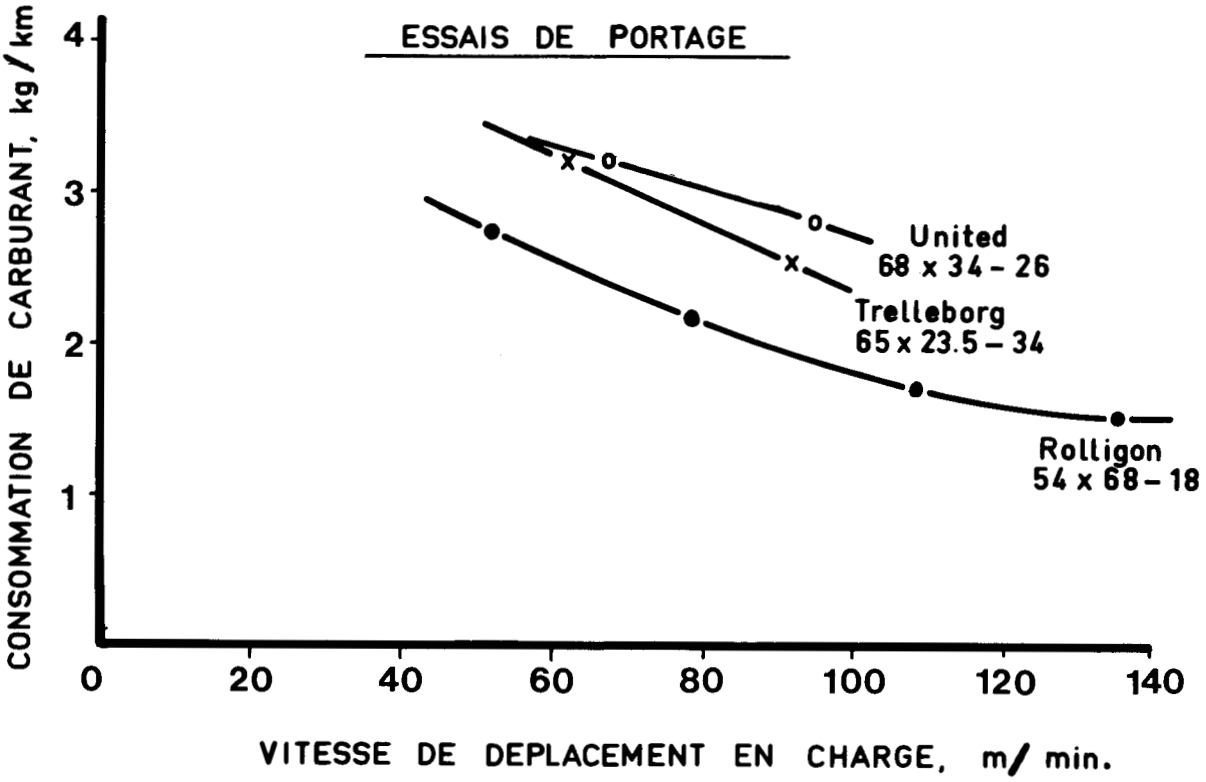


Figure 7. Configurations de machines. Remarquer le contre-poids utilisé pour simuler l'opération de portage et le bidon de 9 L servant aux mesures de la consommation de carburant. Pneus Rolligon à gauche, pneus United à droite.

On trouvera à la figure 8 le sommaire des résultats des essais sur piste. On ne constate aucune différence significative entre le traînage au sol et le portage pour une charge comparable.

À la même vitesse de déplacement, les pneus Rolligon montrent des économies de carburant de 20 à 25% sans perturbation notable du sol. Quand ils pouvaient avancer, les pneus Trelleborg avaient une performance légèrement supérieure à celle des pneus United, attribuable à une moins grande résistance au roulement, mais ils étaient davantage susceptibles de s'embourber, étant donné leur pression au sol élevée. En fait, les pneus Trelleborg n'ont jamais effectué plus de trois passages sur la même piste sans rester pris. Les pneus United ont aussi causé des ornières profondes attribuables à leur profil mordant.



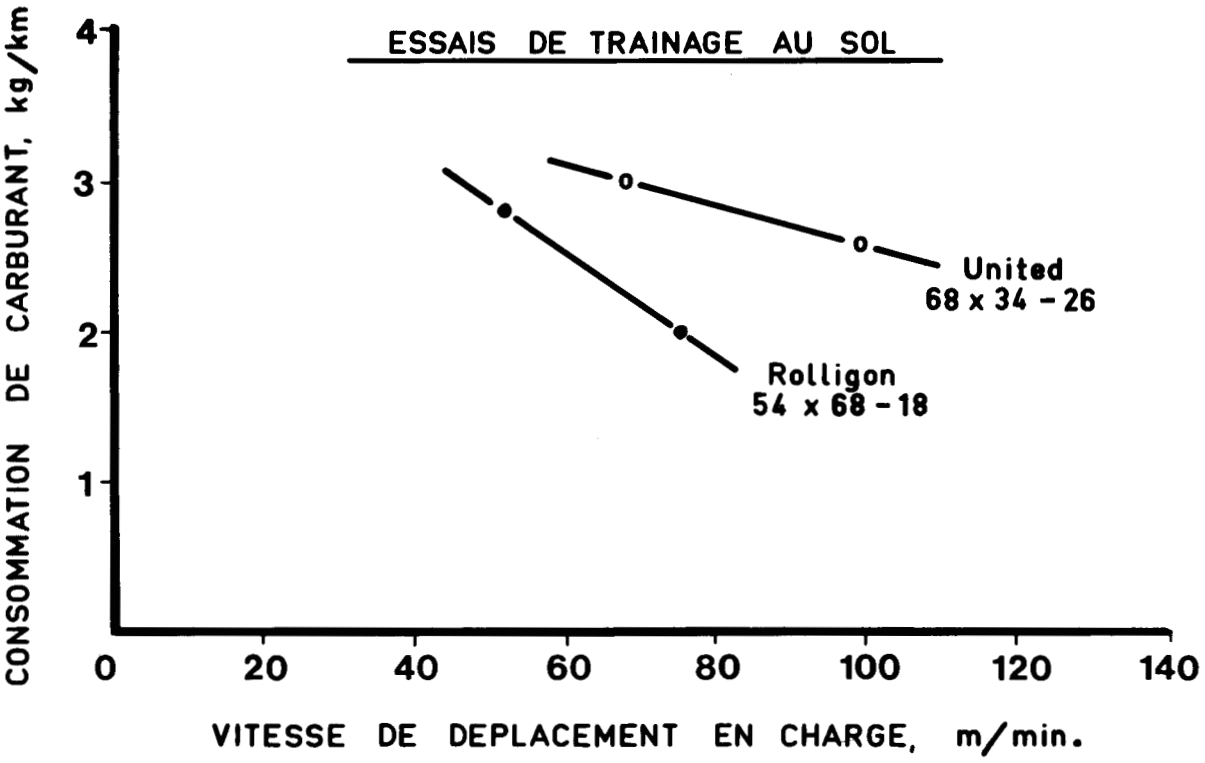


Figure 8. Résultats des essais sur pistes (consommation de carburant en fonction de la vitesse).

Étant donné leur diamètre plus grand, les pneus Trelleborg et United se déplaçaient plus rapidement que les Rolligon, pour un même rapport de transmission. Cependant, la flottaison élevée et la conduite plus confortable assurée par les pneus Rolligon permettaient l'emploi de la 4e et de la 5e vitesse, amenant dans l'ensemble une vitesse de déplacement plus élevée. La vitesse de déplacement des machines d'exploitation est généralement fonction des préférences de l'opérateur et non des limitations de la machine. Des pneus souples absorbent eux-mêmes une bonne partie des secousses au lieu de les transmettre à l'opérateur. De plus, l'augmentation de la largeur réduit le roulis latéral diminuant les forces d'accélération sur le corps de l'opérateur. La possibilité d'augmentation de la vitesse de déplacement peut aussi amener d'autres économies de carburant à cause de l'effet "d'aquaplanage" produit en se déplaçant à haute vitesse en terrain humide (c'est-à-dire résistance réduite au roulement).

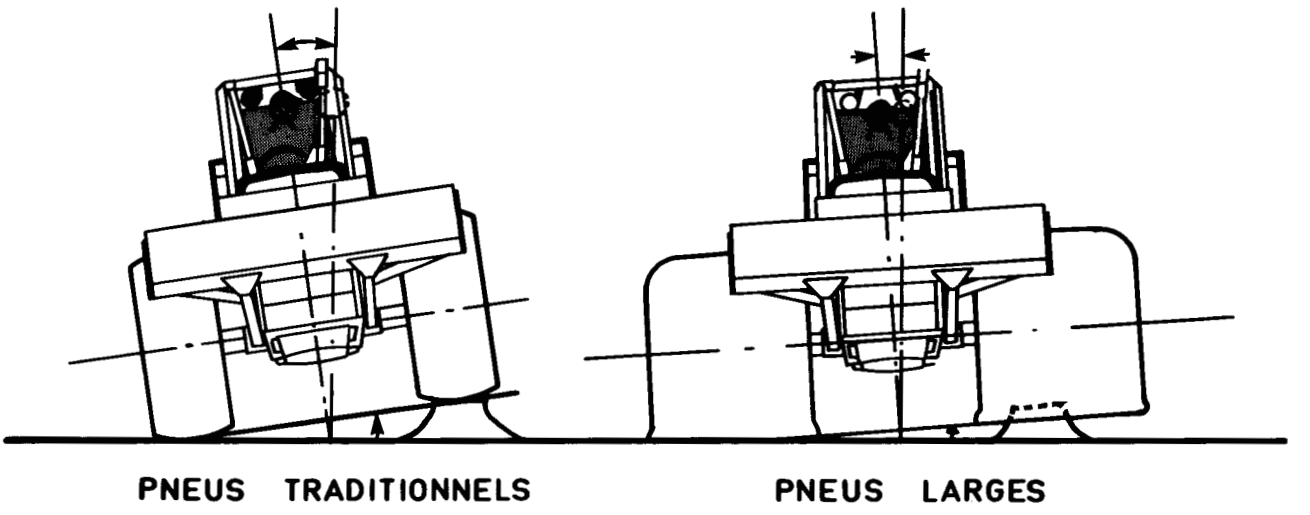


Figure 9. Conduite plus confortable avec des pneus larges et souples. Noter la diminution du roulis latéral.

Comparaison en débardage réel

En septembre et en octobre 1980, Spruce Falls effectua une comparaison par poste de travail entre un JD 540-B équipé de pneus Rolligon et une de leurs machines standard, un Tree Farmer C5 équipé de pneus 71x24.5-32, au cours d'une opération normale de débardage de groupes d'arbres entiers abattus par une abatteuse-groupeuse JD 693-B. On utilisait occasionnellement un Timberjack 230 avec des pneus de 30.5 pouces de largeur au lieu du Tree Farmer C5.

Toutes les machines avaient des moteurs d'environ 67 kW et travaillaient côte à côte. La consommation journalière de carburant était mesurée à l'aide d'une pompe calibrée lors du remplissage. Les opérateurs changeaient de machine à tous les deux jours pour éliminer l'effet d'une différence d'habileté. Les conditions du sol étaient humides, soit semblables aux conditions présentées par les pistes d'essai. On trouvera au tableau 2 un sommaire de la performance relative des machines.

Tableau 2: Comparaison de la performance par poste de travail.

	Tree Farmer C5 ou Timberjack 230 avec pneus traditionnels	JD 540-B avec pneus Rolligon	Diff.
production, m^3	696	930	
jours-homme	12	9.5	
m^3/jour-homme	58	98	+69%
HMP (heures-machine productives)	76	63	
m^3/HMP	9.2	14.8	+61%
consommation de carburant, L/m^3	0.942	0.558	-41%

Durant la période de septembre à novembre 1980, FERIC effectua une étude séparée par poste de travail dans le but de vérifier la performance du JD 540-B équipé de pneus Rolligon. Malheureusement, il nous a été impossible de contrôler en même temps un débardeur traditionnel aux fins de comparaison. Nos chiffres indiquent une productivité de 13.9 m^3/HMP, avec une consommation de carburant de 0.522 L/m^3, ce qui se rapproche beaucoup des données obtenues par Spruce Falls.

Le gain spectaculaire de productivité obtenu avec les pneus Rolligon est le résultat d'une augmentation de la vitesse de déplacement et de la flottaison, ainsi que de la possibilité d'accepter des charges plus fortes sans rester embourbé.

La traction du débardeur, et par suite la dimension de la charge, est déterminée par la résistance au cisaillement de l'entrelacs de racines et par l'empreinte totale des pneus.

Elle est représentée approximativement par l'expression $\tau \cdot A$, où τ est la résistance au cisaillement et A, la surface totale de l'empreinte.

La résistance au cisaillement de l'entrelacs de racines d'un Muskeg de type A peut varier entre 7 et 14 kPa (1-2 psi). Par conséquent, un débardeur équipé de pneus traditionnels, par exemple 71x24.5-32 (surface de l'empreinte = 870 po^2), sera porté à patiner, traversera le tapis de racines et restera probablement embourbé s'il essaie de tirer une charge qui demande une traction supérieure à: 1 psi x 870 po^2 x 4 = 3480 lbs. Cela veut dire qu'en pratique il peut à peine faire démarrer une charge du même poids (1.4-1.7 m^3). Un débardeur équipé de pneus Rolligon 54x68-18 (surface de l'empreinte = 1836 po^2) pourrait tirer une charge d'environ 7344 lbs.

Ainsi, si le sol est un muskeg, les pneus larges à haute flottaison peuvent tirer environ le double de la charge des pneus traditionnels. À Spruce Falls, la technique courante de débardage consiste à n'utiliser que deux colliers étrangleurs pour élinguer un groupe d'arbres entiers d'environ 14 arbres (1.5 m^3). Alors que les pneus traditionnels ne peuvent tirer qu'un seul de ces groupes, les débardeurs à pneus larges peuvent souvent en tirer deux.

1981

Au début de 1981, FERIC réunissait les représentants de l'industrie forestière, les fabricants de pneus et les constructeurs de débardeurs pour leur faire part des résultats positifs obtenus lors des premiers essais et pour suggérer une marche à suivre pour le développement et la recherche future. Cette même année, United Tire mit au point son pneu forestier "Swamper" 68x50-32 et Firestone contribua à la poursuite du programme avec un pneu agricole 66x43-25.

Comparaison sur pistes d'essai

Au mois d'août, Spruce Falls procéda à des essais en piste pour évaluer la performance relative des pneus traditionnels, Firestone et Rolligon. Tous les essais furent effectués avec le même opérateur, la même sélection de vitesse (gamme basse, 2e vitesse), la même charge (3.3 m^3), les mêmes conditions du sol (très humide) et des longueurs de piste comparables (≈425 m en ligne droite). On trouvera au tableau 3 une description détaillée des pneus mis à l'essai et au tableau 4 un sommaire des résultats de l'expérience.

Tableau 3: Description des pneus étudiés.

pneus	traditionnels 71x24.5-32	Firestone 66x43-25	Rolligon 54x68-18	United "Swamper" 68x50-32
diamètre hors-tout, po	71	66	54	68
largeur, po	24.5	43	68	50
empreinte, po^2	870	1420	1840	1700
mesure de la pression de l'empreinte pour une charge de 2400 kg par pneu, kPa	42	26	20	21
poids approximatif du pneu et de la jante, kg	375	500	400	800

Tableau 4: Résultats des essais en piste.

nombre de passages	1	2	3	4	5	6
Tree Farmer C5 avec pneus traditionnels						
vitesse, km/h	5.54	3.20	em-			
vitesse, %	100	58	bour-			
% de la piste remplie d'eau*	24	28	bé			
Timberjack 230E avec pneus Firestone						
vitesse, km/h	4.76	4.50	4.26	3.39	3.13	em-
vitesse, %	100	95	89	71	66	bour-
% de la piste remplie d'eau	5	-	24	-	25	bé
John Deere 540 avec pneus Rolligon						
vitesse, km/h	4.84	4.80	4.64	4.80	4.71	4.64
vitesse, %	100	99	96	99	97	96
% de la piste remplie d'eau	1	-	2	-	-	4

* le niveau de l'eau souterraine se situait à 20 cm sous la surface.

Les résultats de l'essai montrent clairement l'effet positif qu'exerce l'augmentation de l'empreinte du pneu lorsqu'il s'agit d'améliorer la mobilité de la machine et de réduire la perturbation du sol. Là où les pneus traditionnels restaient embourbés, les pneus Rolligon de 68 pouces de largeur pouvaient effectuer des passages répétés sur la même piste avec seulement une diminution de 4% de la vitesse de déplacement et pratiquement aucun dommage au sol (figure 10). Les pneus Firestone, de taille intermédiaire, avaient un rendement intermédiaire. Les pneus "Swamper" 68x50-32, fabriqués par United Tire, n'ont pas été évalués au cours de cette expérience. Des essais préliminaires ont montré que leur carcasse lourde (voir tableau 3) et le profil mordant des nervures entraînaient une résistance élevée au roulement de même qu'une perturbation du sol inacceptable (figure 11). Ces pneus furent réexpédiés à United, pour enlever une partie du caoutchouc sur les nervures dans l'espoir que cela contribuerait à améliorer la performance du pneu.

En octobre, FERIC procéda à un essai comportant des passages répétés, afin de comparer les caractéristiques relatives de perturbation du sol des pneus Rolligon, Firestone (66x43-25) et United (68x50-32) avec nervures amincies. Il s'agissait simplement de passages répétés côte-à-côte, sur des sections de 50 m en ligne droite. Le tableau 5 présente les résultats de l'essai. Le sol était partiellement gelé à ce moment, ce qui explique le niveau élevé de performance de tous les pneus, mais les résultats sont utiles aux fins de comparaison.

Figure 10. Superficie débardée avec les pneus Rolligon. Remarquer la perturbation minimale du sol.

Figure 11. Pneu "Swamper" 68x50-32 fabriqué par United Tire. Remarquer les nervures mordantes.

Tableau 5: Essais de passages répétés.

passage	JD 540-B avec pneus United à nervures amincies	TJ 230E avec pneus Firestone	JD 540-B avec pneus Rolligon
	% de piste avec sol organique à découvert (tourbe noire)		
10	58	2	2
12	embourbé	-	-
14		-	-
16		-	-
18		26	4
20		50	-
22		embourbé	16
24			-
26			33

Cet essai a démontré l'avantage d'un pneu léger et souple (Rolligon) par rapport à un pneu lourd et rigide (United Tire), même si leur empreinte était semblable. Ici encore, le pneu Firestone a eu une performance intermédiaire.

Comparaison en débardage réel

En octobre et novembre 1981, FERIC effectua une comparaison par poste de travail des pneus traditionnels, Firestone, United à nervures amincies et Rolligon, au cours d'une opération normale de débardage de groupes d'arbres entiers, sur les concessions de Spruce Falls. La cueillette des données sur le terrain, accompagnées des diagrammes journaliers de l'enregistreur Servis, était effectuée par le personnel de la compagnie selon des techniques uniformes, mises au point par FERIC. La consommation journalière de carburant était mesurée lors du remplissage à l'aide d'une pompe calibrée.

Les résultats de l'étude sont résumés au tableau 6. Toutes les machines travaillaient à proximité l'une de l'autre dans des conditions de sol humide.

Une fois de plus, les résultats confirment l'amélioration de la flottaison, de la vitesse et de la traction attribuable à l'emploi de pneus larges. Les résultats obtenus avec les pneus Rolligon étaient pratiquement les mêmes que ceux de 1980 (tableau 2). Le pneu lourd fabriqué par United Tire donna un rendement inférieur à ce qu'on attendait, compte tenu de la surface importante de l'empreinte. La bonne performance, relativement à la consommation de carburant, du TJ 230E équipé des pneus Firestone est sans doute attribuable en partie au poids plus léger de la machine et à son moteur Deutz refroidi par air, ce dernier étant reconnu pour son économie en carburant.

Tableau 6: Comparaison de la performance par poste de travail.

	nombre de postes étudiés	HMP	m^3 débardés	m^3/HMP	augmentation par rapport aux pneus traditionnels	litres consommés	L/HMP	L/m^3	diminution par rapport aux pneus traditionnels
Tree Farmer C5 avec pneus traditionnels (71x24.5-32)	10	65.0	536	8.3	-	442	6.80	0.824	-
Timberjack 230E avec pneus Firestone (66x43-25)	10	71.0	779	11.0	+33%	394	5.55	0.506	-39%
John Deere 540-B avec pneus United Tire (à nervures amincies) (68x50-32)	10	69.5	695	10.0	+21%	543	7.82	0.782	- 5%
John Deere 540-B avec pneus Rolligon (54x68-18)	10	71.8	948	13.2	+60%	492	6.86	0.519	-37%

1982

En 1982, United Tire introduisit un nouveau pneu 68x50-32 appelé le "Super Muskeg". Ce pneu à base de KEVLAR avait les mêmes dimensions que le pneu "Swamper" mis à l'essai en 1981, mais il était plus léger, plus souple et ses nervures étaient moins mordantes, ce qui favorisait le déplacement sur l'entrelacs de racines.

Comparaison sur pistes d'essai

En juin, FERIC procéda à des essais comparatifs de perturbation du sol avec les nouveaux pneus United, les pneus Rolligon, et les pneus agricoles Firestone 66x43-25 (figure 12). L'essai comportait des passages répétés sur des pistes d'essais de 100 m en ligne droite, situées côte-à-côte (figure 13). Dans tous les essais le volume de la charge était en moyenne de 2.3 m^3. Le sol était encore légèrement gelé et un peu plus sec que dans les essais précédents, ce qui peut expliquer la haute performance de tous les pneus. On voit au tableau 7 le sommaire des résultats de l'expérience.

Figure 12. Pneus mis à l'essai. À gauche: pneus "Super Muskeg" 68x50-32 fabriqué par United Tire; à droite: pneus Firestone 66x43-25.

Figure 13. Essai de perturbation du sol (Rolligon par rapport à United).

Tableau 7: Essais de passages répétés.

nombre de passages	JD 540-B avec pneus "Super Muskeg" de United	JD 540-B avec pneus Rolligon	TJ 230E avec pneus Firestone
	% de la piste avec sol organique à découvert (tourbe noire)		
5	1	1	-
10	4	1	3
15	9	2	-
20	15	3	20

La performance des trois pneus a été considérée acceptable pour ce qui est de la perturbation du sol.

Comparaison en débardage réel

En juin, une comparaison par poste de travail des pneus Rolligon et "Super Muskeg" de United durant une opération normale de débardage des arbres entiers, sur les concessions de Spruce Falls, a donné les résultats qui figurent au tableau 8. Ici aussi, les machines travaillaient côte-à-côte, les opérateurs effectuant une rotation journalière.

Tableau 8: Comparaison de la performance par poste de travail.

	JD 540-B avec pneus Rolligon	JD 540-B avec pneus "Super Muskeg" de United
nombre de poste étudiés	9	9
HMP	63.5	58.5
m^3 débardés	963	999
m^3/HMP	15.2	17.1
litres consommés	391	479
L/HMP	6.16	8.18
L/m^3	0.406	0.479

Les résultats indiquent que les performances des deux types de pneus étaient comparables pour la productivité et pour la consommation en carburant.

Au même moment, Abitibi-Price Inc. essayait deux débardeurs, un TJ 230E à câble et un TJ 230E à pince (figure 14), équipés de pneus "Super Muskeg" de United dans leurs limites de Smooth Rock Falls, également dans la zone argileuse. FERIC contrôla la performance de ces machines sur un sol tellement imbibé d'eau que des débardeurs chaussés de pneus traditionnels ne pouvaient même pas pénétrer sur le terrain; même les pneus de grande largeur causaient une perturbation considérable du sol. La productivité était faible (4.4 et 7.4 m^3/HMP pour le débardeur à câble et le débardeur à pince, respectivement) et la consommation en carburant était élevée (2.05 et 1.67 L/m^3 respectivement) comparativement à la performance obtenue à Spruce Falls, mais le seul fait que les machines réussissaient à travailler malgré tout suffisait pour démontrer la valeur des pneus.

Abitibi-Price fit également une expérience avec des pneus Goodyear de 50 po de largeur, utilisés par l'industrie minière et qui ont des rainures dans la face du pneu (figure 15). Ces rainures avaient tendance à se remplir de tourbe, conférant au pneu une surface lisse. On décida d'abandonner les essais avec ce type de pneus.

Figure 14. Débardeur à pince Timberjack 230E équipé de pneus "Super Muskeg" de United.

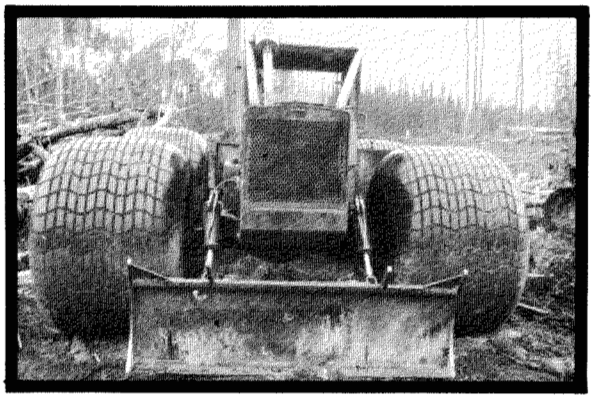


Figure 15. Pneus Goodyear de 50 po utilisés par l'industrie minière.

1983

En 1983, Firestone introduisit un nouveau pneu à haute flottaison (66x50-26) appelé le "Flotation 23° Logger" (empreinte = 1650 po^2). Il avait un profil un peu plus mordant que les "Super Muskeg" de United.

Comparaison sur pistes d'essai

En 1983, FERIC mit fin à son programme d'essai dans la zone argileuse, étant donné que la valeur des pneus larges en sol mou avait été prouvée, qu'un choix de plusieurs pneus était maintenant disponible et que tout ce qui restait à vérifier, c'était l'expérience à long terme avec de tels pneus, ce qui ne pouvait se faire adéquatement que par les industries utilisatrices.

Cependant, Spruce Falls a évalué la performance relative des nouveaux pneus "Flotation 23° Logger" (figure 16) de Firestone et des "Super Muskeg" de United (68x50-32), pour ce qui est de la perturbation du sol.

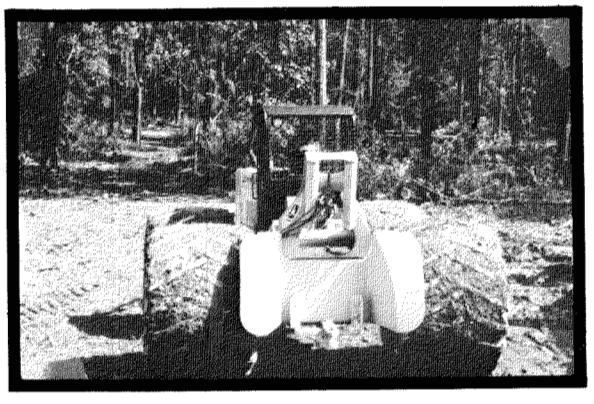
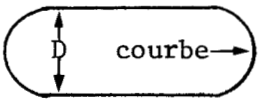


Figure 16. "Flotation 23° Logger" 66x50-26, de Firestone.

En août 1983, Spruce Falls a tracé trois pistes ovales concentriques, pour mesurer la flottaison relative des deux pneus après des passages répétés. Le volume de la charge était le même pour tous les essais. Les résultats de cette expérience figurent au tableau 9.

Tableau 9: Perturbation relative du sol (divers débardeurs).

pistes d'essai 	JD 540-B avec avec pneus "Super Muskeg" de United	JD 540-B avec avec pneus "Super Muskeg" de United	TJ 240A avec avec pneus Firestone 66x50-26
empreinte, po^2	1700	1700	1650
nombre de passages	10	15	10
% de piste droite avec ornières >25 cm de profondeur	0	0	0
diamètre de la courbe D, m	30	55	43
% de piste courbe avec ornières >25 cm de profondeur	36.0	59.5	62.7

On ne constata aucun dommage grave du sol sur les sections droites des pistes, avec aucun des pneus. Les deux types de pneus causaient des dommages considérables dans les sections courbes de la piste à cause de l'augmentation de l'effort de cisaillement transmis à l'entrelacs de racines durant le virage, mais les pneus Firestone créaient 74% plus d'orniérage que les pneus United pour le même nombre de passages. On ne pouvait cependant attribuer directement la moins bonne performance des pneus Firestone dans les courbes aux pneus eux-mêmes, puisque les différentes caractéristiques des débardeurs ont aussi une incidence sur la performance en virage, ainsi qu'il sera mentionné plus loin dans le présent rapport.

On répéta donc le même essai, les deux pneus étant montés sur le même modèle de débardeur, un Timberjack 350. Cette fois on se servit de pistes concentriques circulaires pour évaluer la perturbation relative du sol. Le tableau 10 donne un sommaire des résultats de cette expérience.

Tableau 10: Perturbation relative du sol (même débardeur).

piste d'essai (D)	TJ 350 avec pneus "Super Muskeg" de United	TJ 350 avec pneus Firestone 66x50-26
nombre de passages	10	10
volume de la charge, m^3	2.90	2.11
diamètre de la piste D, m	46	61
% de piste avec ornières >25 cm de profondeur	69.7	74.9

Ainsi, les pneus United causaient un peu moins de perturbation du sol après des passages répétés que les pneus Firestone, même s'ils tiraient une charge 37% plus forte dans un virage plus serré. Comme les empreintes des deux pneus sont exactement comparables, cela est probablement attribuable aux nervures et à l'épaulement moins mordants des pneus United et à leur plus grande souplesse.

PARTIE B - AUTRES APPLICATIONS

Même si le programme de mise au point et d'essai des pneus de grande largeur visait principalement à améliorer la performance des débardeurs en sol mou, il devint vite évident que cette nouvelle génération de pneus pouvait également trouver son application dans d'autres contextes. Le plus grand confort de la conduite peut être avantageux en terrain difficile; théoriquement ils assurent une bonne traction et une meilleure stabilité dans les pentes; de plus leur faible pression au sol devrait se révéler un avantage sur les sites fragiles.

Pour vérifier ces théories, FERIC acheta en 1982 un jeu de pneus "Super Muskeg" 68x50-32 de United Tire, aux fins de comparaison avec des pneus traditionnels dans des applications variées à travers le Canada. La présente section du rapport décrit les essais effectués.

Great Lakes Forest Products Ltd (sol plat et ferme)

En 1982, Great Lakes Forest Products Ltd, Thunder Bay, Ontario, accepta de participer à un essai conjoint visant à évaluer la performance des pneus de grande largeur, compte tenu de leur propres conditions de travail. Timberjack Inc. fournit un jeu d'essieux allongés 5128 pour l'essai.

Comparaison en débardage réel

Les essais eurent lieu au Camp 328, au nord-ouest d'Ignace, Ontario, au cours des mois de septembre et d'octobre. Il s'agissait de comparer la performance par poste de travail d'un Timberjack 350 équipé de pneus "Super Muskeg" 68x50-32 de United, à celle d'un TJ 350 à pneus traditionnels, dans ce cas des pneus 65x18.4-34 (figure 17). Le terrain dans l'aire de coupe était légèrement ondulé avec quelques courtes pentes plus escarpées (figure 18). Le sol était ferme, consistant surtout en sable et en gravier avec quelques affleurements rocheux (classification*: 1.2.2). Les deux machines procédaient au débardage des troncs entiers, aussi près que possible l'un de l'autre. Pour éviter toute déviation, les opérateurs faisaient une rotation journalière. On verra au tableau 11 les résultats de la comparaison des performances par poste de travail.

---

* Classification du terrain basée sur:
Mellgren, P.G. 1980. Classification du terrain pour la foresterie du Canada. L'Association Canadienne des Producteurs de Pâtes et Papiers, Montréal, Québec. W.S.I. 2840F. 13 p.

Figure 17. Machines comparées.

Figure 18. Pneus United 68x50-32 à l'oeuvre.

Tableau 11. Comparaison des performances par poste de travail.

	TJ 350 avec pneus United (68x50-32)	TJ 350 avec pneus traditionnels (65x18.4-34)
postes de travail observés	13	12
HMP	75.5	68.5
m^3 débardés	837	831
m^3/HMP	11.1	12.1
litres consommés	500	435
L/HMP	6.62	6.35
L/m^3	0.597	0.523

Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'avantage réel à utiliser des pneus de grande largeur sur le sol ferme et relativement facile que présentait cette aire de coupe. Ce type de terrain ne demande probablement pas l'emploi de pneus à flottaison élevée.

Cependant plusieurs contraintes inhérentes à l'opération même peuvent avoir exercé un effet négatif sur la performance relative des pneus larges. Nous les mentionnons ici à titre de mise en garde pour d'autres utilisateurs éventuels. La distance de débardage n'était en moyenne que de 82 m au cours de l'expérience. Compte tenu de cette courte distance, ainsi que du schéma de travail adopté par les équipes, 20% seulement du cycle total de travail était consacré aux déplacements. À mesure que le pourcentage du temps de déplacement diminue, les avantages des pneus larges deviennent moins apparents.

De par sa politique, l'entreprise limitait le volume de la charge à cause des troubles mécaniques répétés du treuil. On ne pouvait donc profiter d'une augmentation éventuelle de traction provenant de l'emploi de pneus plus larges. Enfin on espérait que le plus grand confort de la conduite attribuable à l'emploi de ces pneus permettrait d'augmenter la vitesse de déplacement. Cependant les transmissions automatiques à 3 vitesses du TJ 350 n'offraient pas suffisamment de modulation de la vitesse et du couple pour permettre d'utiliser pleinement cette possibilité.

Dans l'ensemble, même si les résultats étaient négatifs, ils ont permis d'obtenir des renseignements précieux.

Essais de scarifiage

Les pneus "Super Muskeg" de United, montés sur un Timberjack 380, ont aussi été brièvement mis à l'essai dans une opération de scarifiage par parcelles au cours du mois d'octobre. L'expérience consistait à comparer la performance d'un débardeur à pneus larges avec celle d'un autre TJ 380 équipé de pneus de 30.5 po de largeur entourés de chaînes d'adhérence, pour tirer un scarificateur Bräcke (figure 19). L'aire d'essai était ondulée et présentait beaucoup de roc en surface. Une pluie abondante tomba durant toute la durée de l'expérience.

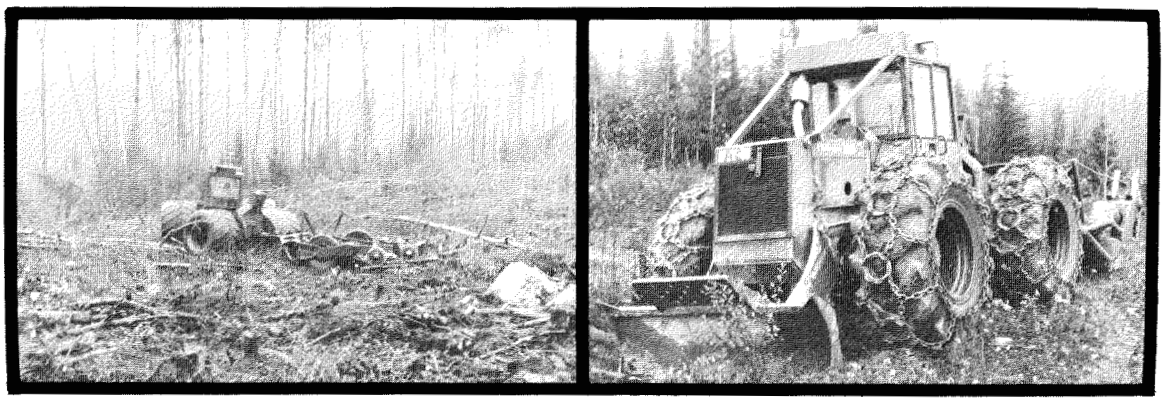


Figure 19. Machines utilisées pour l'expérience de scarifiage. On voit à gauche les pneus "Super Muskeg" de United et à droite les pneus traditionnels (30.5 po) avec chaînes d'adhérence.

Au cours de l'essai, la productivité au scarifiage était 70% plus élevée (1.7 ha/HMP par rapport à 1.0 ha/HMP) avec les pneus larges qu'avec les pneus de type traditionnel. Cependant on avait l'impression que cette différence était attribuable à des différences chez les opérateurs et n'était pas reliée aux pneus. En fait, les deux types de pneus semblaient essentiellement identiques, quant à leur capacité de traction. Les pneus larges accédaient plus facilement aux divers blocs en terrain humide et assuraient plus de confort (opinion de l'opérateur). Par ailleurs, ils étaient plus susceptibles de déraper sur les pentes transversales en passant dans des zones de chablis humides; et les arbres résiduels (peupliers et bouleaux) posaient un problème à cause de la largeur des pneus.

Durant le scarifiage, des roches pointues causèrent de nombreuses coupures à la surface externe du caoutchouc des pneus "Super Muskeg" (figure 20). Bien que ce type de dommage ne soit pas trop grave en soi et n'ait pas entraîné de problèmes ultérieurs durant la suite de l'opération, il indique peut-être la possibilité de difficultés en terrain rocheux, surtout durant le scarifiage qui demande de se déplacer nécessairement en ligne droite et souvent de faire tourner les roues sans avancer. Pour travailler en terrain rocheux, les pneus devraient sans doute être fabriqués d'une qualité de caoutchouc plus résistant aux coupures et avoir des nervures un peu plus larges.

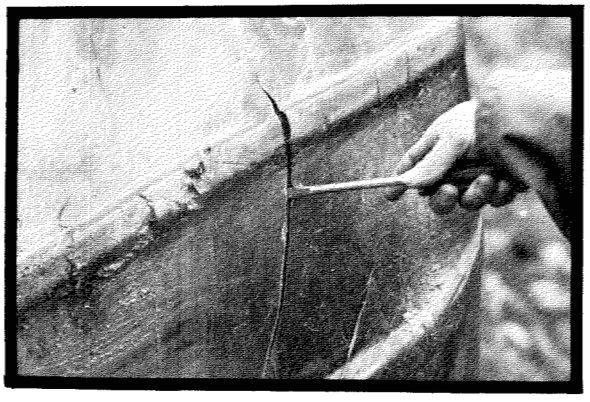


Figure 20. Coupures de surface à la suite du scarifiage en terrain rocheux.

St. Regis (Alberta) Ltd (terrain difficile et pentes)

En 1983, FERIC expédia les pneus larges à St. Régis (Alberta) Ltd, à Hinton, pour évaluer leur performance en terrain difficile et escarpé, principalement sur des sols argileux. Cette fois encore, Timberjack Inc. fournit un jeu d'essieux allongés 5128 pour l'expérience.

En collaboration avec St. Regis, FERIC effectua plusieurs essais dans le but de comparer la performance relative, durant le débardage, des pneus "Super Muskeg" de United et des pneus traditionnels 67x23.1-26 (empreinte = 774 po^2) de St. Regis, avec et sans chaînes d'adhérence selon le cas. Vers la fin de l'essai, FERIC remplaça les pneus "Super Muskeg" par un jeu de pneus "Super Swamper" nouvellement mis au point par United et on répéta plusieurs des essais. Ces pneus également de dimensions 68x50-32, ont des nervures un peu plus mordantes que les "Super Muskeg" (figure 21).

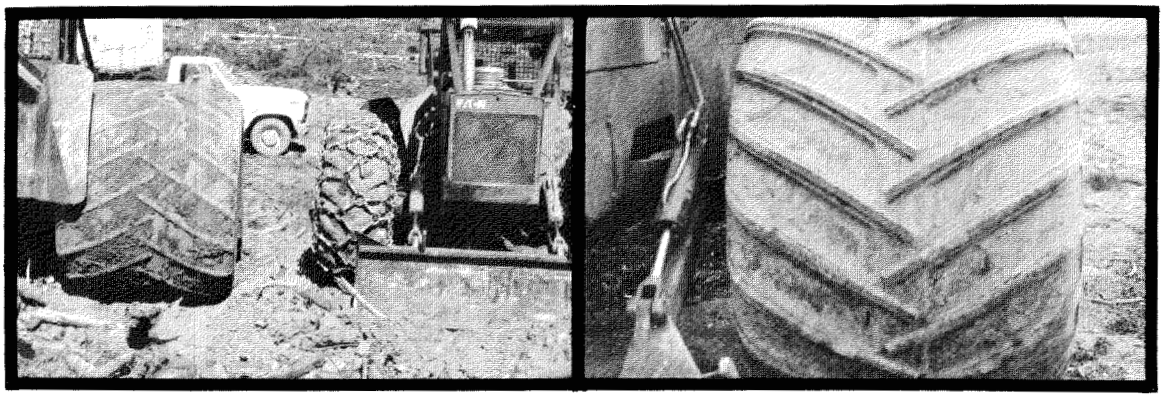


Figure 21. Pneus étudiés. On voit à gauche un "Super Muskeg" (68x50-32) de United à côté d'un pneu traditionnel (67x23.1-26). Le "Super Swamper" (68x50-32) est illustré à droite.

Tous ces essais ont été effectués avec les deux mêmes débardeurs Timberjack 240D, un pour chaque jeu de pneus. Préalablement à l'expérience, on évalua la performance relative des deux débardeurs eux-mêmes et on les trouva comparables.

Comparaison sur pistes d'essai (terrain difficile)

La piste d'essai était pratiquement plate (2% de pente). Le sol était un loam argileux (36% de sable, 38% de limon, 26% d'argile) mais il était encore gelé à 15 cm sous la surface durant l'essai au début de juin. La difficulté du terrain était de classe 3*, avec 1500 obstacles/hectares ayant en moyenne 27 cm en hauteur et au maximum 86 cm (figure 22).

---

* Voir renvoi p. 26.

Les essais avaient lieu sur des pistes droites de 150 m, situées l'une à côté de l'autre. On utilisait dans chaque cas le même opérateur, et les débardeurs tiraient une charge identique de 3 m^3. On évalua la vitesse, la consommation de carburant et la perturbation du sol (en ligne droite seulement) durant chaque voyage (1 voyage = 2 passages = 150 m + demi-tour + 150 m de retour sur la même piste ≃350 m) pour chaque type de pneu. On mesurait la consommation en carburant au moyen de débitmètres-enregistreurs de carburant de marque Ruhl, montés derrière la cabine de chaque débardeur.

Figure 22. Aire d'étude (terrain difficile).

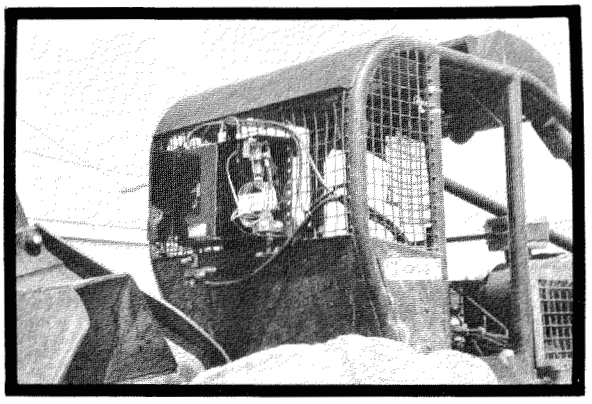


Figure 23. Débitmètre-enregistreur de carburant Ruhl.

On trouvera au tableau 12 les résultats de comparaison des essais sur pistes en terrain difficile.

Tableau 12: Résultats des essais en piste (terrain difficile).

	TJ 240 D avec pneus traditionnels (67x23.1-26) SANS CHAÎNES	TJ 240 D avec pneus "Super Muskeg" (68x50-32)	diff.
gamme basse, 1ère vitesse (régime max.)			
vitesse moyenne, km/h	5.17	5.97	+15%
consommation en carburant, L/km	3.62	2.35	-35%
% de piste avec sol minéral à découvert après 20 passages	8	3	
enfoncement maximum, cm	47	25	
gamme basse, 2e vitesse (régime max.)			
vitesse moyenne, km/h	7.35	8.63	+17%
consommation en carburant, L/km	2.59	2.24	-14%
% de piste avec sol minéral à découvert après 20 passages	3	1	
enfoncement maximum, cm	42	26	

On voit d'après les résultats que, en terrain difficile, les pneus larges "Super Muskeg" ont eu une performance environ 15% meilleure que les pneus traditionnels, pour ce qui est de la vitesse de déplacement et de la consommation en carburant. On ne constata que peu de changements dans la performance après des passages répétés des deux pneus, étant donné la perturbation minimale du sol. Les mauvais résultats obtenus par les pneus traditionnels en 1ère vitesse, au point de vue de la consommation en carburant, résultats qui se sont répétés à tous les voyages, restent inexpliqués, mais sont peut-être attribuables aux conditions un peu moins bonnes de la piste. Les résultats positifs obtenus avec les pneus souples et flexibles résultaient probablement d'une augmentation de la traction et de l'amélioration du confort de la conduite permettant à l'opérateur de choisir une route un peu plus droite tout en hésitant moins longtemps.

Les essais avec les pneus larges ont été répétés pour des pressions de gonflage de 96, 76 et 55 kPa. Les différentes pressions apportèrent peu de changements dans la performance. L'opérateur fit cependant remarquer qu'il y avait une augmentation notable du confort de la conduite quand la pression descendait de 96 à 76 kPa, mais il ne constatait pas d'amélioration supplémentaire en passant à 55 kPa. La pression de gonflage fut donc fixée à 80 kPa pour tout essai ultérieur des pneus larges au cours de cette expérience.

On se servit des pneus "Super Muskeg" en 3e vitesse (8.77 km/h) pendant quelques voyages, mais l'essai fut arrêté, compte tenu de l'inconfort de l'opérateur. Ce dernier refusa d'ailleurs de renouveler l'expérience avec les pneus traditionnels.

Comparaison sur pistes d'essai (pente)

On répéta sur une pente uniforme de 24% des essais sur pistes semblables à ceux qui avaient été effectués en terrain difficile. La longueur de la piste était de 130 m à l'aller et les Timberjack 240 D se déplacaient à vide. Le sol minéral était là encore un loam argileux (29% sable, 43% limon, 28% argile).

Vers la fin de juin, on compara la performance relative des pneus traditionnels (23.1 po de largeur) avec chaînes d'adhérence à l'avant et des pneus "Super Muskeg" de United, dans des conditions humides (pluie la veille). Les pneus "Super Swamper" de United furent évalués en septembre sur le même site dans des conditions humides pour la 1ère vitesse et avec 5 cm de neige mouillée pour la 2e vitesse.

On trouvera au tableau 13 le sommaire des résultats de la comparaison sur pistes d'essai en pente.

Sur des pentes humides, la vitesse de déplacement avec les "Super Muskeg" et avec les "Super Swamper" dépassait environ de 16% la vitesse atteinte avec les pneus traditionnels munis de chaînes à l'avant. Durant l'essai en 2e vitesse avec les pneus "Super Swamper", la vitesse de déplacement n'était que de 6% plus élevée dans l'ensemble à cause du dérapage sur les 5 cm de neige. Pour les voyages sans dérapage excessif, la vitesse de déplacement augmentait encore de 15%. Pour cette pente, on ne remarqua aucune différence appréciable de performance entre les deux jeux de pneus larges.

Cette amélioration dans la vitesse de déplacement avec des pneus larges était attribuable à une diminution de la perturbation du sol (enfoncement) et par suite à une diminution du dérapage et de la résistance au roulement. Avec les pneus traditionnels, le tapis de surface se brisait rapidement et les pneus patinaient et restaient embourbés (7e passage en 1ère vitesse, 11e passage en 2e vitesse) dans le sol argileux (figure 24). Avec les pneus larges, la perturbation du sol après 20 passages sur le même sol était inférieure à celle causée par les pneus traditionnels après 4 passages. Sur des sites fragiles, cette réduction dans la perturbation du sol présente des avantages non seulement au point de vue de la vitesse de déplacement, mais elle diminue également l'impact environnemental, particulièrement sur les pistes de débardage très fréquentées.

Une évaluation de la consommation en carburant, pour les pneus traditionnels et "Super Muskeg" seulement, montra une réduction de 18% avec les pneus larges.

Tableau 13: Résultats des essais en piste (pente).

VITESSE (régime max.)	gamme basse, 1ère vitesse					gamme basse, 2e vitesse				
NOMBRE DE VOYAGES	1	2	3	5	10	1	2	3	5	10
NOMBRE DE PASSAGES	2	4	6	10	20	2	4	6	10	20
pneus traditionnels (chaînes à l'avant)										
vitesse, km/h	3.31	3.28	3.22	embourbé au 7e passage		5.42	5.39	5.28	5.00	embourbé au 11e passage
% de piste avec sol minéral à découvert	2	7	10	↓ 10		0	4	10	26	↓ 26
enfoncement maximum, cm	48	54	56	76		26	38	42	52	56
"Super Muskeg" de United										
vitesse, km/h	3.91	3.72	3.77	3.80	3.70	6.22	6.21	6.10	6.08	6.10
% de piste avec sol minéral à découvert	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3
enfoncement maximum, cm	-	-	-	-	36	-	-	-	-	40
UNITED "Super Swamper"							dérapage		dérapage	
vitesse, km/h	3.77	3.78	3.88	3.92	3.79	6.25	4.59	6.14	5.11	5.84
% de piste avec sol minéral à découvert	0	1	1	1	2	non évalué				
enfoncement maximum, cm	-	-	-	-	24					

Figure 24. Comparaison sur pistes d'essai en pente. Remarquer la différence dans la perturbation du sol causée par les pneus traditionnels et par les pneus de grande largeur.

Essai de la pente maximale

Cet essai avait pour but d'évaluer la capacité relative de trois jeux de pneus à gravir les pentes (traction), ainsi que leur stabilité transversale relative. Une piste d'essai fut tracée en montant une pente uniforme qui devenait de plus en plus abrupte. Pour chaque combinaison pneu/vitesse, la machine à vide (TJ 240D) accélérait à partir d'un arrêt complet au bas de la piste (pente de 18%) et essayait de grimper aussi haut que possible en ligne droite. On enregistrait la distance parcourue avant que la machine se mette à patiner (ou le moteur à caler) et le pourcentage de pente au patinage. Pour l'essai de stabilité, l'opérateur traversait la côte selon des pentes progressivement plus abruptes et on enregistrait la pente maximale à laquelle il se sentait en sécurité. L'opérateur était un contremaître de camp possédant plusieurs années d'expérience au débardage; à notre avis, il poussait les machines à fond, compte tenu des conditions de l'expérience.

Le terrain était humide pour l'essai des pneus "Super Muskeg" (c'était le matin suivant une pluie abondante tombée la veille), seulement un peu plus sec avec les pneus traditionnels (début de l'après-midi, même jour) et recouvert de 2 cm de neige mouillée avec les pneus "Super Swamper". Les résultats des essais de la pente maximale figurent au tableau 14.

Tableau 14: Résultats des essais de la pente maximale.

PNEU	pneus traditionnels (67x23.1-26) CHAÎNES À L'AVANT		"Super Muskeg" (68x50-32)		"Super Swamper" (68x50-32)	
VITESSE, gamme basse	1e	2e	1e	2e	1e	2e
distance moyenne de déplacement avant patinage, m	36.5	38.5	34	45	61	61
pente au patinage, %	28	28	28	34	40	40
pente maximale en dévers*, %	30		40		44	

* Les limites de pente transversale figurant au tableau 14 sont spécifiques aux pneus, aux machines et aux conditions de l'essai. Comme ces limites ne s'appliquent pas nécessairement dans d'autres situations, la sécurité de l'opérateur exige une certaine prudence.

Pour les pneus traditionnels munis de chaînes d'adhérence à l'avant et les pneus "Super Muskeg", l'aptitude à gravir les pentes était sensiblement comparable. Les "Super Muskeg" avaient une surface importante en contact avec le sol, mais leurs nervures peu prononcées n'adhéraient pas adéquatement dans le sol humide. Les pneus "Super Swamper" montraient une amélioration nette de traction, malgré la mince couche de neige, à cause de leurs nervures plus mordantes.

La stabilité en dévers et par suite la sécurité de l'opérateur augmentaient considérablement avec les pneus larges (figure 25). La largeur accrue de la machine éloigne le centre de gravité du point d'appui lors d'un renversement latéral. De plus, la réduction du roulis latéral revêt une importance particulière dans les pentes critiques. Les pneus "Super Swamper" avaient une performance légèrement supérieure aux "Super Muskeg", à cause de leur plus grande adhérence. En fait, l'opérateur avait l'impression que, n'eût été de la mince couche de neige, les "Super Swamper" auraient pu s'attaquer à des pentes encore plus fortes, car le facteur limitatif était le dérapage latéral de l'arrière, et non l'instabilité.

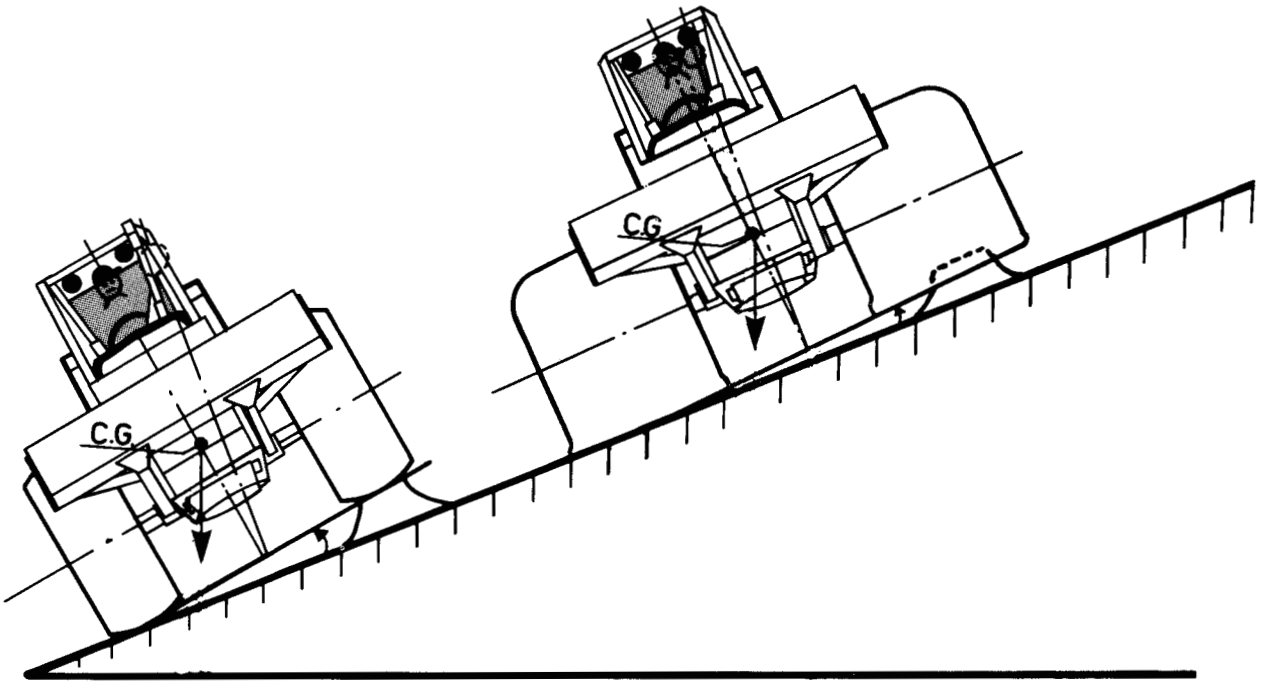


Figure 25. Stabilité accrue en dévers avec les pneus larges.

Comparaison en débardage réel

Pendant une période de deux semaines en juin 1983, on compara la performance des deux TJ 240D (pneus traditionnels avec chaînes à l'avant par rapport aux pneus "Super Muskeg") par poste de travail, au cours d'une opération traditionnelle de débardage de troncs entiers. On travaillait par équipe de trois hommes, deux débardeurs desservant un abatteur. Le terrain était passablement escarpé (pente de 20 à 30% généralement) dans l'aire de coupe, la distance moyenne de débardage étant de 300 m. Afin d'éviter toute déviation, les deux opérateurs changeaient de machine tous les jours.

Comme on s'y attendait, la productivité des deux machines était à peu près identique, (pneus traditionnels: 32.6 arbres/HMP; pneus larges: 31.3 arbres/HMP, soit 4% de plus pour les pneus traditionnels), de même que la consommation en carburant (6.4 L/HMP et 6.9 L/HMP respectivement, soit 7% de moins pour les pneus traditionnels). Cette similitude dans les résultats était largement fonction du système d'exploitation lui-même. Comme les trois hommes formaient équipe et étaient payés en tant qu'équipe, les opérateurs réglaient leur allure de façon à minimiser la congestion près de l'abatteur en alternant leurs allées et venues. Il n'y avait pas d'avantage à dépasser le partenaire; ainsi à la fin de chaque jour, les opérateurs avaient le même nombre de voyages et la même productivité.

Comparaison des temps du cycle

Comme la structure de l'équipe ne permettait pas une comparaison significative par poste de travail, la performance relative des pneus dans une équipe de trois hommes fut réévaluée vers la fin du mois de juin, en chronométrant en détails la répartition des temps du cycle durant deux jours (figure 26). Au cours de cet essai, les deux débardeurs se déplaçaient à vide jusqu'au même abatteur en montant une pente moyenne de 12%, avec quelques courtes dénivellations de 20%. Le déplacement en charge était en moyenne d'environ 500 m, dont quelque 100 m de sol mou à proximité de la jetée. Le volume de la charge se situait en moyenne vers 3 m^3. Les deux opérateurs changeaient de machine tous les jours, au moment de la pause du dîner, pour éliminer toute déviation.

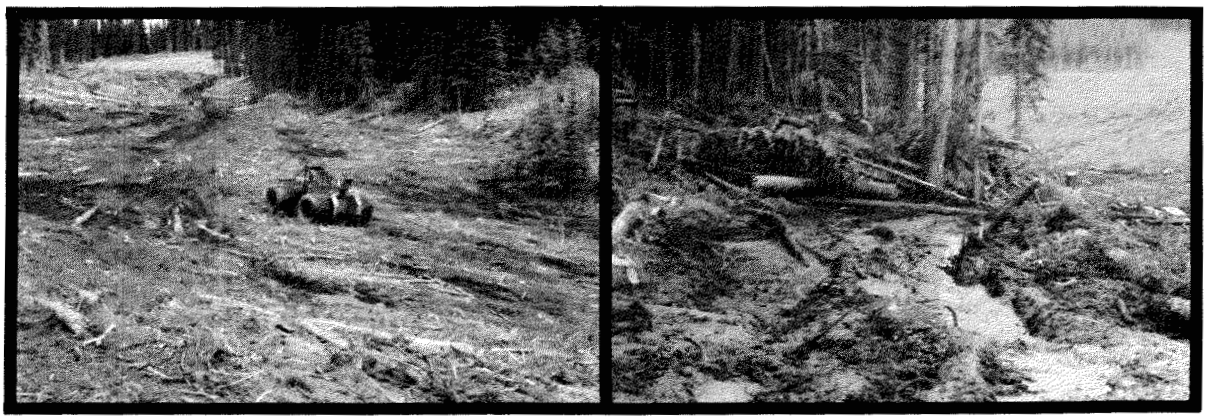


Figure 26. Aire d'essai. Remarquer la perturbation du sol causée par le débardeur à pneus traditionnels, surtout sur la piste.

On trouvera au tableau 15 un sommaire des résultats de la comparaison des temps du cycle.

Tel que prévu, il n'y avait pas de différence réelle entre les deux types de pneus dans le temps total du cycle à cause du schéma de travail de l'équipe de trois hommes. Cependant, l'emploi de pneus larges améliorait la performance de la machine durant les éléments du cycle consacrés aux déplacements. La vitesse de déplacement à vide augmentait de 10%, et la vitesse de déplacement en charge de 11%. De plus, la nécessité de se servir du treuil en se déplaçant en charge était coupée de moitié. Et tout cela malgré le fait que les opérateurs n'aient pas su tirer pleinement profit de l'emploi des pneus larges. Ils avaient tous deux tendance à utiliser la même piste de débardage; les pneus larges étaient donc désavantagés par la perturbation du sol déjà causée par les pneus traditionnels (voir figure 26). En plus, les

Tableau 15: Comparaison des temps du cycle (équipe de 3 hommes).

TYPE DE MACHINE	TJ 240D avec pneus traditionnels (chaînes à l'avant) (67x23.1-26)		TJ240D avec pneus "Super Muskeg" (68x50-32)	
ÉLÉMENT DE TEMPS	temps du cycle par charge (min.)	%	temps du cycle par charge (min.)	%
déplacement à vide	4.54	14.1	4.14	12.7
manoeuvres	0.27	0.8	0.31	0.9
chargement	8.31	25.7	9.43	29.0
déplacement durant chargement	0.74	2.3	0.90	2.8
déplacement en charge (DC)	6.15	19.0	5.52	16.9
déchargement	2.57	8.0	2.72	8.4
empilage	2.57	8.0	2.50	7.7
temps morts				
ébranchage avec lame	3.63	11.2	3.67	11.3
treuillage durant DC	2.24	6.9	1.11	3.4
autres	1.28	4.0	2.26	6.9
temps total par cycle	32.30	100.0	32.56	100.0
CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE				diff.
distance moyenne de débardage, m	491		489	
arbres/charge	12.3		13.3	
productivité, arbres/HMP	22.8		24.5	
vitesse de déplacement à vide, km/h	6.48		7.10	+10%
vitesse de déplacement en charge, km/h	4.79		5.32	+11%
vitesse de déplacement en charge (treuillage inclus), km/h	3.51		4.43	+26%

deux faisaient un détour pour éviter la partie de la piste où le sol était mou, même si les pneus larges avaient traversé cette section à plusieurs reprises sans difficulté fâcheuse. Les opérateurs n'avaient sans doute pas suffisamment d'expérience avec les nouveaux pneus pour se risquer en-dehors de leur schéma de travail habituel.

Au mois d'août, on évalua la performance relative des pneus avec une équipe de deux hommes (un seul débardeur par abatteur) en faisant le chronométrage détaillé de la répartition des temps du cycle, au cours d'une opération de récolte de troncs entiers dans deux bandes situées côte à côte. Les deux opérateurs changeaient de machine tous les jours durant la pause du dîner afin d'éliminer les déviations. Le volume des arbres était légèrement plus faible que lors des expériences précédentes et le sol était sec et ferme. Le déplacement à vide se faisait sur une pente ascendante uniforme de 28% et le déplacement en charge allait jusqu'à 300 m.

Compte tenu des conditions de l'expérience, l'emploi de pneus de grande largeur permettait d'augmenter la vitesse de déplacement à vide de 23% et la vitesse de déplacement en charge de 5%. La faible différence dans la vitesse de déplacement en charge était à prévoir, étant donné la pente descendante et le sol ferme. L'augmentation dans la vitesse de déplacement prend plus d'importance quand augmente la distance moyenne de débardage, en d'autres mots quand le temps de déplacement représente une plus grande proportion du temps total du cycle (17% seulement au cours de l'étude).

L'emploi de pneus larges avait aussi une incidence intéressante sur le temps total de chargement. Les opérateurs avaient l'habitude de pousser les arbres abattus en groupes avec la lame du débardeur afin de faciliter l'élingage. On obtenait ainsi un temps total moyen de chargement (temps de chargement + temps requis pour pousser les arbres) de 12.2 minutes par charge. Le principal sujet de plainte des opérateurs à propos des pneus larges était que la largeur accrue de la machine ne leur permettait pas de se déplacer facilement entre la ligne des arbres et les arbres abattus pour procéder au groupage. L'opérateur ne pouvait donc que tirer jusqu'au bout le câble de traction principal sans trop essayer de grouper sa charge, puis devait retourner à chaque arbre pour serrer le collier étrangleur. Bien qu'elle soit probablement plus ardue pour l'opérateur, cette méthode donnait un temps total moyen pour le chargement de 10.55 minutes, soit 13% de moins que la technique habituelle.

Le tableau 16 donne le sommaire des résultats de la comparaison des temps du cycle.

Tableau 16: Comparaison des temps du cycle (équipe de 2 hommes).

TYPE DE MACHINE	TJ 240D avec pneus traditionnels (chaînes à l'avant) (67x23.1-26)		TJ240D avec pneus "Super Muskeg" (68x50-32)	
ÉLÉMENT DE TEMPS	temps du cycle par charge (min.)	%	temps du cycle par charge (min.)	%
déplacement à vide	2.32	10.4	1.99	9.8
manoeuvres	0.49	2.2	0.37	1.8
chargement	8.40	37.6	9.63	47.5
déplacement durant chargement	1.07	4.8	0.98	4.8
déplacement en charge (DC)	1.48	6.6	1.49	7.3
déchargement	2.18	9.8	2.57	12.7
empilage	1.48	6.6	1.72	8.5
temps morts				
ébranchage avec lame	3.72	16.6	0.92	4.5
autres	1.21	5.4	0.62	3.1
temps total par cycle	22.35	100.0	20.29	100.0
CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE				diff.
distance moyenne de débardage, m	123		130	
arbres/charge	26.1		25.6	
productivité, arbres/HMP	70.0		75.6	
vitesse de déplacement à vide, km/h	3.59		4.41	+23%
vitesse de déplacement en charge, km/h	5.00		5.27	+ 5%

RÉFLEXIONS SUR L'EMPLOI DE PNEUS LARGES

Choix de pneus pour le débardage

L'utilisateur éventuel a maintenant le choix entre plusieurs pneus de grande largeur, à haute flottaison. Chacun de ces pneus présente des avantages et des inconvénients dont l'utilisateur tiendra compte selon ses besoins particuliers.

Rolligon Corp. offre ses pneus 54x68-18 (empreinte 1836 po^2) pour le débardage (figure 2). Ces pneus à base de KEVLAR sont légers (environ 390 kg avec la jante), présentent une carcasse extrêmement souple assurant le confort de la conduite, et des nervures non mordantes permettant de se déplacer sans enfoncer sur l'entrelacs de racines. Le faible diamètre (54 po) du pneu peut en certains cas présenter un problème de garde au sol. Étant donné le faible diamètre de la jante, ces pneus ne peuvent être installés sur des débardeurs avec réductions finales à planétaires montés sur le moyeu de la roue (c'est-à-dire la plupart des marques sauf John Deere). Cependant, Rolligon fabriquera sur demande des pneus avec une jante de 26 pouces de diamètre. Le prix approximatif (1984) des pneus Rolligon est de 12 000$ chacun, avec la jante.

United Tire fabrique maintenant trois pneus à haute flottaison à base de KEVLAR (empreinte 1700 po^2). Les pneus lourds "Swamper" (environ 820 kg avec la jante) ont une carcasse plus rigide et un profil de nervures très prononcé (figure 11). Ces pneus ont été conçus pour travailler sur des terrains qui ne sont pas recouverts d'un entrelacs de racines, comme certaines régions du sud-est des États-Unis, où la traction constitue le souci principal. Cependant les sculptures deviennent parfois obstruées par la boue, ce qui réduit la traction. Cette ligne de production a donc été discontinuée, sauf sur commande spéciale. Le pneu "Super Muskeg" 68x50-32 (figure 12) est léger (500 kg avec la jante) et présente des nervures peu mordantes sur une carcasse souple, permettant ainsi le déplacement sur l'entrelacs de racines. Le pneu "Super Swamper" (environ 634 kg avec la jante) offre un compromis entre le "Muskeg" et le "Swamper" pour ce qui est de la souplesse et du profil des nervures (fig. 21); il est donc bien adapté au travail en terrain difficile ou escarpé. Le coût approximatif des pneus United est de 8 000$ chacun, avec la jante.

Firestone a mis au point un pneu forestier intermédiaire 66x43-25 et le pneu "Flotation 23° Logger" 66x50-26 (figure 16). Ce dernier (empreinte 1650 po^2) est fabriqué de fil de nylon et ceinturé d'acier, ce qui donne un pneu plus rigide, mais moins cher (environ 6 500$ chacun avec la jante). Le profil des nervures se compare à celui du "Super Swamper".

Goodyear offre un pneu intermédiaire 66x43-25, et projette de mettre sur le marché un pneu de 50 po de largeur en 1984.

Pression de gonflage

La pression de gonflage des pneus devrait être maintenue aussi basse que possible (c'est-à-dire près de la résistance du sol à la compression), afin d'obtenir une surface d'empreinte maximale et ainsi un enfoncement minimal pour une charge donnée. De plus avec des pneus souples, une pression de gonflage plus basse assure un plus grand confort de la conduite. Cependant on recommande une pression de gonflage minimale d'environ 70-80 kPa pour minimiser le risque de glissement entre le pneu et la jante et la possibilité que le pneu se déjante à la suite des pressions exercées contre ses flancs.

Les fabricants de pneus de grande largeur font appel à diverses techniques pour assurer un ancrage adéquat du pneu dans la jante. Rolligon pince le talon entre les joues de la jante et les anneaux de blocage boulonnés à chaque joue de jante. United Tire place une série de boulons dans la gorge de la jante pour garder les pneus pressés étroitement contre les joues, alors que Firestone utilise des saillies dans la gorge aux mêmes fins.

Durée des pneus

Les mêmes caractéristiques qui contribuent à la bonne performance des pneus larges, à haute flottaison (c'est-à-dire poids léger, souplesse et grande surface de contact) ont malheureusement tendance à augmenter leur susceptibilité aux perforations, particulièrement pour les pneus arrière qui sont habituellement soumis à une plus forte charge durant le débardage. Cependant les fabricants de pneus se sont servis de la technologie la plus récente au point de vue construction et matériaux pour essayer de remédier à ce problème tout en conservant aux pneus leurs caractéristiques positives.

Les premiers pneus Rolligon, conçus surtout en vue de l'exploitation géophysique, éprouvaient des problèmes énormes d'usure dans le milieu plus rude de l'exploitation forestière. Les flancs souples avaient tendance à se déformer jusqu'aux joues et aux anneaux de blocage entraînant des coupures de la paroi latérale, aussi bien à la surface interne qu'externe. Aussi, les jantes légères et les anneaux de blocage n'étaient pas suffisamment robustes pour les besoins de l'exploitation. De plus, un couple élevé se trouvant alors appliqué à une petite surface (diamètre de jante de 18 pouces), il en résultait une déformation des flancs suivie d'un glissement du pneu sur la jante et d'une déchirure du flanc. Aussi, les boulons retenant les anneaux de blocage devaient être resserrés fréquemment pour maintenir un ancrage adéquat du pneu dans la jante. Dans de telles conditions, les pneus duraient rarement au-delà de 300 heures avant de demander à être réparés.

Rolligon a réduit de beaucoup la gravité de ces problèmes en améliorant à la fois le pneu et la jante. On a augmenté la résistance aux crevaison du pneu à "nylon 30 plis", même pour le flanc. Les jantes et les anneaux de blocage ont été renforcés de façon à minimiser les déchirures. De plus, on a redessiné les joues de la jante et les anneaux de blocage afin de réduire les conséquences de l'affaissement du pneu et d'étaler le couple sur une plus grande surface. Ces améliorations ont grandement contribué à augmenter la durée de vie des pneus, mais avant de porter un jugement final, il faut attendre qu'ils aient été soumis à une utilisation plus poussée.

Les pneus United, moins souples et de plus grand diamètre, ont évité plusieurs des problèmes d'usure auxquels ont dû faire face les premiers pneus Rolligon. Il reste encore le problème de bouts de bois pénétrant entre les flancs et la jante à des faibles pressions de gonflage et celui des crevaisons trop nombreuses quand la température descend sous le point de congélation. De plus, les coupures de surface observées au cours de notre court essai de scarifiage à Great Lakes Forest Products soulèvent une certaine inquiétude à propos de la durée des pneus en terrain rocheux, au moins pour les pneus "Super Muskeg". Néanmoins, en sol mou, les utilisateurs ont atteint jusqu'à 1800 heures de travail à ce jour sans usure excessive des pneus. Ajoutons que United Tire poursuit actuellement un programme extensif de recherche et de développement axé sur l'amélioration de la fiabilité des pneus.

À ce jour, le peu d'expérience acquise avec les pneus Firestone et Goodyear n'est pas suffisante pour qu'on puisse passer des commentaires sur leur performance en termes d'usure, bien qu'elle ait semblé positive, au cours d'essais plutôt limités. Cependant, ces manufacturiers travaillent activement afin d'augmenter la fiabilité de leurs pneus.

La réponse décisive, quant à la durée de vie des pneus de grande largeur, à haute flottaison, ne viendra qu'après l'emploi continu et prolongé de ces pneus dans une gamme variée de conditions de travail. La susceptibilité des flancs aux perforations restera sans doute un sujet de difficulté, mais c'est l'inconvénient de la souplesse des pneus. Cependant, nous croyons que dans l'ensemble leur fiabilité devrait au moins être comparable à celle des pneus traditionnels, surtout dans certaines applications. De plus, on peut s'attendre à d'autres améliorations, à mesure que se précise la technologie d'utilisation de nouvelles fibres très résistantes.

Réflexions sur les débardeurs

L'emploi de pneus larges augmente les contraintes de flexion et d'impact exercées sur les essieux du débardeur, puisque la charge est appliquée plus loin. Pour éviter les bris, il peut être nécessaire d'utiliser des essieux plus robustes que ceux qu'on emploierait normalement avec des pneus traditionnels, particulièrement avec des débardeurs de

petite taille. Ici encore le problème est plus prononcé sur l'essieu arrière, à cause de l'augmentation de la charge. Durant nos premiers essais des pneus Rolligon à Spruce Falls, des bris fréquents des essieux se sont produits sur le John Deere 540-B servant à l'expérience. Le problème s'est trouvé éliminé, après qu'on eût remplacé les essieux originaux par des essieux John Deere 640. À l'heure actuelle John Deere prétend que les réductions finales de tous ses nouveaux modèles de débardeurs ont été renforcés de façon à ce qu'on puisse y adapter des pneus de grande largeur sans avoir à faire de conversion. À St. Régis, au cours de notre essai de 1983, deux planétaires arrière se sont brisés, sur le Timberjack 240D équipé de pneus larges. Timberjack Inc. ne recommande plus l'emploi des essieux allongés 5128 utilisés durant les essais, mais suggère plutôt les essieux allongés WR5 pour adapter aux pneus larges. Comme on le voit, l'utilisateur éventuel de pneus de grande largeur sera bien avisé de vérifier si ses essieux peuvent s'adapter à leur installation.

Sur des sols fragiles, l'utilisation d'un différentiel bloquant peut en fait diminuer la performance du débardeur dans un virage. Sur des sols à faible résistance au cisaillement (par exemple, entrelacs de racines), l'effort de cisaillement additionnel transmis par un différentiel bloquant durant un virage peut dépasser la résistance du sol au cisaillement, entraînant ainsi une augmentation de la perturbation du sol et une diminution de l'efficacité de braquage. Compte tenu de ces conditions, on ne recommande pas l'emploi de débardeurs à différentiels auto-bloquant. Il est préférable d'utiliser des différentiels à verrouillage manuel qui peuvent être actionnés seulement si nécessaire. Ce fait peut expliquer en partie la performance médiocre des pneus Firestone 66x50-25 en virage durant les essais en piste décrits à la page 23. Les pneus Firestone étaient montés sur un Timberjack 240A (verrouillage automatique de différentiel) alors que les pneus United étaient montés sur un John Deere 540-B (verrouillage manuel).

Dans certaines conditions, l'emploi de pneus larges peut permettre des vitesses de déplacement plus élevées et/ou des charges plus fortes, à cause de l'augmentation de la flottaison, de la traction et du confort. Cependant ces avantages potentiels sont perdus si le débardeur ne jouit pas de gammes de vitesse suffisantes ou d'une capacité du treuil adéquate pour en tirer pleinement profit.

Les utilisateurs officiels devraient tenir compte de ces interrelations débardeur/pneu, de façon à en optimiser la performance d'ensemble dans leurs diverses applications.

CONCLUSIONS

En 1980, FERIC entreprit un projet de recherche visant à mettre au point un pneu forestier à haute flottaison permettant d'élargir le champ d'applications et les possibilités de travail des débardeurs traditionnels. Il en est résulté quatre années d'essais et de développement que décrit la section du présent rapport intitulée ESSAIS DE PERFORMANCE. Notre programme, joint aux efforts de plusieurs fabricants de pneus et de l'industrie forestière du Canada et des États-Unis, a débouché sur une nouvelle génération de pneus de grande largeur, à haute flottaison, susceptibles d'améliorer considérablement la performance des débardeurs dans plusieurs de leurs utilisations. Ces pneus sont maintenant une réalité et on en trouve environ une centaine déjà utilisés au Canada (1983).

Le succès de ces nouveaux pneus larges, souples, à haute flottaison, est attribuable à plusieurs avantages qu'ils possèdent, par rapport aux pneus traditionnels de débardeurs, plus étroits. Mentionnons entre autres:

+ Des augmentations de productivité allant jusqu'à 60% en sol humide, à cause de leur aptitude à rester sur l'entrelacs de racines et de la possibilité d'augmenter la charge et de se déplacer plus rapidement. Certains indices permettent aussi de croire à des améliorations significatives, quoique moins importantes, de la performance en terrain difficile ou escarpé, selon la distance de débardage et le schéma de travail.

+ Des économies de carburant par unité de volume pouvant atteindre 40%, selon le sol, parce qu'une plus grande proportion de l'effort de travail se traduit en production.

+ Des réductions remarquables de la perturbation du sol (orniérage) sur les sites fragiles, même après des passages répétés, étant donné les caractéristiques de haute flottaison des pneus. Sur sol humide, ceci se traduit par une amélioration des chances de régénération, et sur les pentes par une diminution du risque d'érosion.

+ Le tassement plus faible du sol, assurant une meilleure régénération et des taux de croissance élevés à l'avenir.

+ Moins d'arbres brisés à la souche ou dans l'empilement, selon ce qu'ont rapporté les utilisateurs.

+ La possibilité, compte tenu d'une meilleure utilisation de l'effort de travail, d'accomplir une tâche équivalente avec une machine plus petite, favorisant ainsi une perturbation minimale du sol.

+ Une conduite plus douce pour l'homme et pour la machine, attribuable à la largeur, à la souplesse et à la faible pression de gonflage des pneus, d'où de plus grandes vitesses de déplacement et/ou une augmentation de confort et de satisfaction pour l'opérateur. Cette caractéristique peut être d'un intérêt particulier lors de la préparation du terrain en vue du reboisement.

+ Une meilleure stabilité, donc une plus grande sécurité sur des pentes transversales, étant donné la largeur des pneus.

+ l'accès à des peuplements traditionnellement inaccessibles étant donné l'amélioration de la flottaison et de la stabilité. En sol humide, ceci se traduit par une plus longue saison d'exploitation. En pente, on peut arriver à exploiter en toute sécurité des blocs trop escarpés pour des débardeurs à pneus traditionnels. C'était le cas à St. Regis où nous avons réussi à nettoyer un bloc où les opérateurs avaient refusé de travailler avec leurs machines traditionnelles. De plus la stabilité accrue et la diminution de tassement et de perturbation du sol peut permettre de travailler sur des sites fragiles autrement réservés à des systèmes plus coûteux par téléphérage ou par véhicules à chenilles. Ce dernier point fait l'objet d'un projet de recherches que poursuit actuellement MacMillan Bloedel Research sur l'île de Vancouver, grâce à une subvention du gouvernement fédéral. Les résultats de cette étude devraient intéresser ceux qui songent à faire du débardage en terrain escarpé.

+ Cette possibilité d'accès à un plus grand nombre de peuplements peut représenter une diminution du temps improductif pour le parc de débardeurs et un moins grand besoin d'équipement spécialisé coûteux.

Les utilisateurs éventuels profiteront à divers degrés de ces avantages selon leurs conditions particulières et le type d'utilisation. Cependant, comme avec la plupart des bonnes choses, un certain nombre d'inconvénients s'ajoutent aux avantages, entre autres:

- Le coût d'achat élevé des pneus. Cependant, étant donné le nombre élevé de fabricants de pneus qui se lancent dans ce nouveau marché et la disponibilité probablement grandissante des fibres très résistantes utilisées pour la fabrication des pneus, on peut prévoir certaines réductions éventuelles dans les coûts.

- La performance douteuse des pneus de grande largeur dans la neige épaisse. Les pneus Rolligon ont été mis à l'essai durant l'hiver de 1980 et leur performance a été jugée acceptable jusqu'à 0.3 m de neige (figure 27). Au-delà de cette épaisseur, les pneus, à cause de leur largeur, un diamètre plus petit, et de leurs nervures peu mordantes, ne réussissaient qu'à niveler

la neige et à patiner. Bien qu'on ne les ait pas mis à l'essai, on s'attend à ce que les pneus larges d'autres marques donnent les mêmes résultats, même si on prévoit une légère amélioration, attribuable à une largeur un peu moindre, à un peu plus grand diamètre et à un profil plus mordant. De plus, les pneus larges sont plus susceptibles aux crevaisons durant la saison froide. L'utilisateur serait donc bien avisé de changer de pneus selon les saisons, comme il le ferait avec sa voiture.

Le tassement de la neige sur les routes d'hiver constitue une application intéressante des pneus larges durant la saison hivernale. À Spruce Falls, la production était alors huit fois supérieure à celle des méthodes traditionnelles, étant donné la largeur des pneus et la vitesse de la machine.

- La nécessité d'avoir des essieux et des réductions finales renforcés, surtout avec les débardeurs de petite taille.

- L'incidence de la largeur accrue du véhicule sur la maniabilité de la machine, les dimensions du garage et la facilité d'expédition.

- L'équipement et les installations spécialisés que peut nécessiter l'entretien des pneus de grande largeur.

- La durée de vie encore incertaine, bien que prometteuse.

Figure 27. Pneus Rolligon dans la neige épaisse.

Les utilisateurs éventuels doivent bien peser ces avantages et ces inconvénients avant de choisir le pneu qui convient le mieux, compte tenu de leurs conditions particulières, de leurs besoins, et de l'application qu'ils veulent en faire. Toutefois il n'y a aucun doute qu'au bon endroit et au bon moment, l'emploi de cette nouvelle génération de pneus larges à haute flottaison, peut augmenter considérablement la performance d'un débardeur, comme peuvent déjà l'affirmer les utilisateurs actuels. Avec une plus grande expérience et d'autres développements l'avenir de ces pneus s'annonce brillant, non seulement avec des débardeurs, mais aussi avec d'autres véhicules hors-route. La recherche relative à ces autres utilisations fera l'objet de travaux futurs de FERIC.

ANNEXE A

BIBLIOGRAPHIE

1. Adams, Paul W., et Froehlich, Henry A. 1981. Compaction of forest soils. Pacific Northwest Extension Publication PNW-217.

2. Bekker, M.G. 1969. Introduction to terrain vehicle systems. Ann Arbor: University of Michigan Press, 846 p.

3. Björkhem, Uno, Lundeberg, Göran, et Scholander, Jan. 1975. Root distribution and compressive strength in forest soils. Stockholm: Royal College of Forestry, Research Note 22.

4. Garland, John J. 1983. Designated skidtrails minimize soil compaction. Corvallis: Oregon State University, Extension Service, Circular 1110.

5. Gemmel, J.R. 1981. A step toward improved forest management in the clay belt. In Proceedings. Canadian Pulp and Paper Association Woodlands Section 62nd Annual Meeting, pp. 7-11. Montréal: Canadian Pulp and Paper Association.

6. Green, W. Dale. 1983. The effect of machine and tire size on soil compaction due to skidding with rubber-tired skidders. Master's Thesis, School of Forestry and Wildlife Resources. Virginia Polytechnic Institute and State University.

7. Karafiath, L.L., et Nowatzki, E.A. 1978. Soil mechanics for off-road vehicle engineering. Clausthal, FRG: Trans Tech, 515 p.

8. Mellgren, Per G. 1980. Evaluating the effect of tire width on logging machine performance. Pointe Claire, Qué.: FERIC Interim Report, 13 p.

9. _____. 1980. Classification du terrain pour la foresterie du Canada. L'Association Canadienne des Producteurs de Pâtes et Papiers, W.S.I. 2840F. 13 p.

10. _____. 1981. Trials on muskeg with high flotation forestry tires. In Proceedings 7th Conference of the International Society for Terrain Vehicle Systems, pp. 737-753. Hanover, N.H.: International Society for Terrain Vehicle Systems.

11. Morley, John. 1982. Using doughnut tires may help tree growth. Forest Industries, 109(13): 28-29.

12. Pierrot, Victor C. 1983. Logging in adverse conditions. Presentation made at American Pulpwood Association Annual Meeting, March 1983, Atlanta, Georgia.

13. Porter, Carl D. 1983. Tire choices in small wood harvesting - high-flotation tires. John Deere Ltd. Forum day presentation at Canadian Pulp and Paper Association Woodlands Section 65th Annual Meeting, 4 p. Montréal: Canadian Pulp and Paper Association.

14. Radforth, N.W., et Browmer, C.O. 1977. Muskeg and the northern environment in Canada. Toronto: University of Toronto Press, 387 p.

ANNEXE B

TABLE DE CONVERSION

1 cm	(centimètre)	0.39 pouce
1 m	(mètre)	3.28 pied
1 km	(kilomètre)	0.62 mille
1 ha	(hectare)	2.47 acres
1 m^3	(mètre cube)	0.353 cunit
1 L	(litre)	0.22 gallon impérial 0.26 gallon américain
1 L/km	(litre/kilomètre)	0.354 gallon impérial/mille 0.418 gallon américain/mille
1 kg	(kilogramme)	2.20 livres
1 kPa	(kilopascal)	0.145 livre par pouce carré (psi)
1 kW	(kilowatt)	1.34 unité de puissance en hp