



Rapport Spécial N° RS-24

août 1984

Projet d'un système modulaire de machines forestières pour l'est du Canada

P.G. Mellgren

This Special Report is available in English.

PRÉFACE

L'augmentation croissante des coûts de la récolte forestière et des coûts de l'énergie, de même qu'un souci grandissant de réduire les dommages causés au sol, ont suscité le besoin de réviser la stratégie de développement des engins forestiers.

En 1981, une réunion du Comité d'étude sur les systèmes et les machines du Groupe Exploitations Forestières (GEF) et du Groupe de Membres Auxiliaires (GMA), de l'Association des Producteurs de Pâtes et Papiers, Division Bois et Forêts, portait sur les exigences de base des systèmes d'exploitation de l'avenir. La discussion a constitué le point de départ du présent rapport.

Un des objectifs de l'étude consistait à élaborer au moins un exemple d'un nouveau système de machines susceptible de répondre adéquatement aux prérequis des activités de récolte forestière dans l'avenir.

À divers stades de sa préparation, le rapport préliminaire a été soumis à plusieurs critiques dont le présent document a tiré profit. L'auteur désire exprimer sa reconnaissance aux membres de l'industrie pour leur contribution et remercie particulièrement:

Domtar Inc. (R.G. Hilliker)
Fraser Inc. (J.R. Leach)
Great Lakes Forest Products Ltd. (J. Garner).

Sa reconnaissance s'adresse également aux membres du personnel de
FERIC:

M. Folkema
E. Heidersdorf
D. Moulson

pour leur critique constructive du premier jet du rapport.



P.G. Mellgren a obtenu une maîtrise en sciences (génie mécanique) de l'Institut royal de technologie, Stockholm, Suède, en 1946. Par la suite il a travaillé au développement à la mise au point de machines pour le compte d'entreprises privées suédoises. En 1958, il devint gérant du Département de l'ingénierie pour SUNDS AB, une filiale de Swedish Cellulosa AB (pâtes et papiers, machines forestières) et en 1968 pour Kockums AB. Il déménagea au Canada en 1974 pour travailler à la mise en marché de machines forestières finlandaises et suédoises et se joignit à FERIC en 1977.

Il est ingénieur professionnel et membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|---|------|
| PRÉFACE | i |
| SOMMAIRE | iv |
| INTRODUCTION | 1 |
| TENDANCES | 1 |
| PRÉREQUIS | 2 |
| PROBLÈMES INTRINSÈQUES AUX MACHINES SUSCEPTIBLES DE SERVIR DE CHÂSSIS AUTOMOTEUR | 3 |
| MACHINES UNIFONCTIONNELLES OU MULTIFONCTIONNELLES | 7 |
| UN NOUVEAU CHÂSSIS AUTOMOTEUR | 8 |
| UN PORTEUR DE CONCEPTION NOUVELLE - LE PORTEUR DE FERIC | 10 |
| ANALYSE ÉCONOMIQUE DU PORTEUR DE FERIC | 14 |
| UNE ABATTEUSE-GROUPEUSE DE CONCEPTION NOUVELLE - LA FAUCHEUSE PIVOTANTE | 19 |
| UNE ÉBRANCHEUSE À GRANDE MOBILITÉ | 21 |
| CONCLUSIONS | 22 |

SOMMAIRE

Le présent rapport propose un système modulaire de machines conçu pour répondre aux prérequis et aux tendances de la récolte des bois dans l'avenir, dans le centre et l'est du Canada et dans certaines parties de la Colombie-Britannique. On s'attend à ce que le système présente les caractéristiques suivantes:

- * un design simple et léger utilisant des composants et des modules déjà existants et facilement disponibles;
- * une grande mobilité hors-route;
- * une faible pression au sol;
- * une productivité élevée;
- * une plus grande sécurité et un plus grand confort pour l'opérateur;
- * des coûts d'investissement et de récolte plus faibles;
- * la possibilité d'acheminer des arbres plus propres (arbres portés);
- * la compatibilité avec les systèmes actuels (possibilité de mise en oeuvre graduelle).

Nous espérons que le présent document contribuera à susciter chez le lecteur des idées nouvelles et de nouveaux principes de machines.

INTRODUCTION

Le présent rapport a pour but:

- a) d'identifier les tendances;
- b) de formuler les prérequis;
- c) de localiser les problèmes intrinsèques aux machines actuelles;
- d) de présenter des choix de systèmes améliorés pour la récolte des bois, dans le centre de l'est du Canada et dans certaines parties de la Colombie-Britannique.

Le rapport vise à stimuler la créativité et à favoriser un dialogue plus ouvert entre les utilisateurs-propriétaires de machines et les fabricants, de façon à mettre au point des systèmes améliorés de récolte des bois pour les 10 prochaines années. Étant donné le grand nombre de variables qui entrent en jeu, c'est-à-dire terrain, dimensions des arbres, climat et distances, il est extrêmement difficile de concevoir des systèmes optimum de récolte au Canada. Il est donc nécessaire d'obtenir la collaboration de toutes les parties en cause, depuis l'ingénieur concepteur jusqu'à l'opérateur de machines.

TENDANCES

On peut dès maintenant identifier les diverses tendances qui influenceront les systèmes de récolte des bois dans l'avenir, à savoir:

1. Le système d'exploitation par arbres entiers (arbres non ébranchés transportés en bordure de route pour le façonnage) gagne en popularité, pour les raisons suivantes:
 - a) des coûts de récolte plus faibles, attribuables au nombre de machines moins élevé travaillant dans un milieu hostile (l'amélioration de la productivité à l'ébranchage, en bordure de route, fait plus que compenser pour le transport des branches et des houppiers);
 - b) des coûts plus faibles pour les traitements sylvicoles, étant donné qu'il reste moins de déchets sur le sol;
 - c) la chance de mieux utiliser la biomasse forestière à l'avenir, pour faire face à l'augmentation des coûts de l'énergie ou à la rareté grandissante de fibre ligneuse.
2. Les ententes relatives à l'aménagement forestier en vue d'assurer un rendement soutenu demanderont une meilleure intégration des opérations de récolte et des travaux sylvicoles qui permettra éventuellement une baisse du coût total de la foresterie.

3. Des raisons sylvicoles et environnementales rendront désormais les dommages au sol et l'orniérage inacceptables.
4. L'emploi des scies à chaîne diminuera à mesure que des machines plus sûres et moins coûteuses verront le jour.
5. On assistera de plus en plus à l'abattage multiple de petits arbres au moyen d'abatteuses-groupeuses munies de dispositifs collecteurs.
6. L'emploi de têtes d'abattage à scie circulaire prendra plus d'ampleur afin d'éliminer les fentes du pied dans les billes de sciage.
7. On utilisera davantage les ébrancheuses à flèche multi-arbres (par exemple, à tête jumelée).
8. On a besoin de machines capables de porter une charge propre en bordure de route, éliminant par le fait même les problèmes d'usure des couteaux de déchiquetage, la présence de saletés à l'usine de pâte, la formation excessive de cendres dans les chaudières, etc., conditions reliées (actuellement) au traînage de bois dans la poussière et le sable.
9. Plusieurs entreprises forestières favorisent l'augmentation du nombre de machines mises en oeuvre par de petits entrepreneurs forestiers.

PRÉREQUIS

La section qui suit présente une liste des prérequis que les utilisateurs de machines espèrent trouver à l'avenir dans les systèmes mécanisés de récolte des bois. Une partie de cette liste provient des discussions tenues aux réunions du Comité d'étude sur les systèmes et les machines GEF/GMA, de l'Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers.

1. une productivité élevée du capital et de la main-d'oeuvre; c'est-à-dire des machines moins coûteuses grâce aux éléments suivants:
 - temps du cycle plus courts,
 - plus grande fiabilité,
 - fonctionnement plus simple,
 - temps de formation plus court,
 - plus grande disponibilité des pièces de rechange,
 - designs mieux conçus au point de vue ergonomique,
 - capacité de traiter plusieurs arbres à la fois,
 - mobilité et vitesse hors-route plus élevées;
2. une sécurité plus grande pour l'opérateur;
3. la récupération et l'utilisation maximales des fibres;

4. la compatibilité avec l'environnement, c'est-à-dire pas d'orniérage, pas de tassement du sol;
5. la compatibilité sylvicole, ce qui dans la plupart des régions signifie le fait de faciliter le reboisement en laissant le minimum de broussailles ou d'arbres résiduels sur les sites coupés à blanc. On admet cependant la nécessité d'apporter des traitements spéciaux aux sites déficients en substances nutritives;
6. le façonnage effectué à l'endroit où il est le plus facile de contrôler la qualité et la production tout en transportant économiquement la matière première (en bordure de route, à un centre de façonnage intégré, à l'usine, etc.); c'est-à-dire que le moins de machines possible auront à travailler dans un environnement difficile;
7. une matière première propre, libre de sable, de saletés et de poussière;
8. une plus grande économie de carburant;
9. la simplicité dans la planification, dans l'entretien et dans la surveillance du système de production;
10. la possibilité de trier les catégories de bois (par essences, par dimensions, etc.);
11. l'existence de pièces communes à plusieurs machines.

Il est possible de rencontrer plusieurs de ces prérequis grâce à un système uniformisé de machines qui utiliserait le même châssis automoteur auquel s'ajouteraient des composantes différentes pour l'abattage, le débardage, l'ébranchage, le chargement des camions et peut-être la construction de routes, ce qui assurerait les avantages suivants:

- * pièces communes - stock réduit de pièces de rechange;
- * formation simplifiée des opérateurs et des mécaniciens;
- * coûts plus faibles grâce à une plus longue série de production de pièces ayant fait leurs preuves.

PROBLÈMES INTRINSÈQUES AUX MACHINES SUSCEPTIBLES DE SERVIR DE CHÂSSIS AUTOMOTEUR

Jusqu'à maintenant les tentatives visant à utiliser un châssis automoteur commun n'ont pas rencontré de succès, les machines actuelles n'ayant pas été capables de répondre aux prérequis du marché, pour toutes les fonctions.

Omniprésent, le débusqueur constitue le premier candidat susceptible de servir de châssis de base (figure 1). Malheureusement il présente des désavantages intrinsèques qui limitent son emploi comme châssis automoteur d'une abatteuse-groupeuse et d'une ébrancheuse, entre autres:

- l'instabilité;
- le grand diamètre des pneus qui réduit la visibilité de l'opérateur;
- la nécessité de limiter la capacité de la flèche, étant donné les restrictions de poids résultant d'un faible couple de rotation et d'une portée restreinte;
- la complexité des boyaux hydrauliques de la tourelle, puisque toutes les fonctions hydrauliques de la tête et des flèches d'abattage doivent passer par la tourelle ou la colonne.

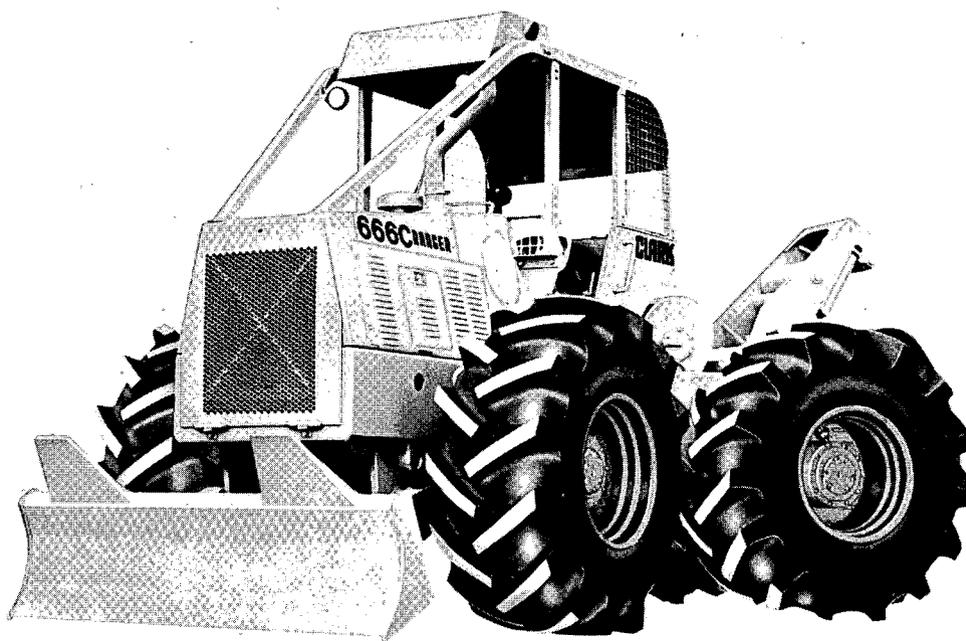


Figure 1. Débusqueur.

Le débusqueur a toutefois servi dans le passé de châssis automoteur pour abatteuse-groupeuse (figures 2 et 3). On rencontre des exemples de compromis passablement réussis qui diminuent dans une certaine mesure les problèmes intrinsèques, mais non sans frais. On peut améliorer la stabilité en réduisant la portée de la flèche et en dotant les essieux oscillants d'un verrouillage automatique. On pourra également améliorer la visibilité aux dépens de l'uniformisation en installant la cabine sur le châssis arrière (figure 2). Les têtes d'abattage ne peuvent avoir de dispositif collecteur pour des raisons de poids et de stabilité.



Figure 2. Abatteuse-groupeuse.

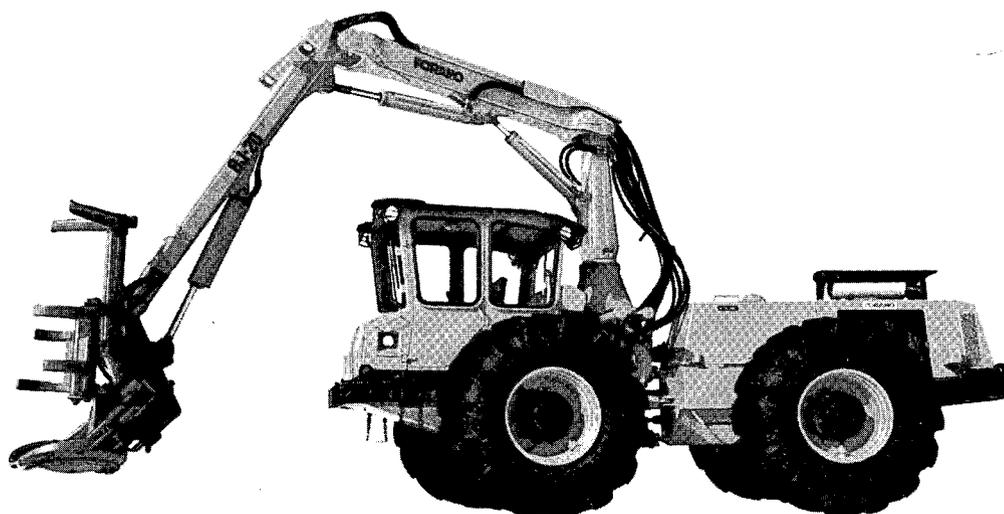


Figure 3. Abatteuse-groupeuse.

Dans sa configuration actuelle, le débusqueur offre une stabilité insuffisante pour pouvoir supporter une ébrancheuse à flèche coulissante.

Les grosses abatteuses-porteuses à deux essieux ont une bonne stabilité mais souffrent de certains problèmes inhérents qui ont limité leur emploi comme châssis automoteurs. En effet:

- leur pression au sol est élevée;
- elles sont trop coûteuses pour servir de châssis automoteur à une ébrancheuse, à cause de leurs dimensions et de leur poids élevés;
- un certain nombre de commandes du système hydraulique et toutes les commandes du moteur doivent être transmises par le pivot d'articulation ou la tourelle;
- le moteur est trop puissant pour donner un bon rendement au point de vue économie de carburant, lorsque la machine ne fait qu'ébrancher.

Un nouveau modèle d'abatteuse-porteuse permet d'éliminer quelques-uns de ces problèmes.

Les châssis automoteurs d'excavatrices (à chenilles) ont été utilisés depuis des années comme machines de base pour les abatteuses-groupeuses (figure 4). Dans la plupart des cas, ils donnent un meilleur rendement que les abatteuses-groupeuses montées sur le châssis d'un débusqueur à roues, grâce à une plus grande stabilité, à une meilleure visibilité et à une fiabilité plus élevée.

Le train de roulement à chenilles d'une excavatrice qui travaille sur le parterre de coupe présente toutefois les inconvénients suivants:

- la courte durée de vie des chenilles (1 à 2 ans), qui ne sont pas conçues pour se déplacer par-dessus les souches ou en terrain difficile;
- une faible vitesse, hors-route et sur route, ce qui présente l'inconvénient d'avoir à faire le plein de carburant et à assurer le service sur le parterre de coupe même, si les machines sont mises en oeuvre à une bonne distance de la route;
- la nécessité d'un transport coûteux et peu commode par fardier surbaissé, même pour des distances assez courtes d'un site de travail à un autre.

Une plus grande uniformisation aurait signifié une baisse de productivité dans le cas de certaines fonctions. Par conséquent, nous devons poursuivre nos recherches dans le but de trouver le châssis automoteur idéal répondant aux prérequis de toutes les fonctions de récolte des bois. C'est là sans doute un objectif irréaliste et nous devons peut-être nous contenter du meilleur compromis possible.

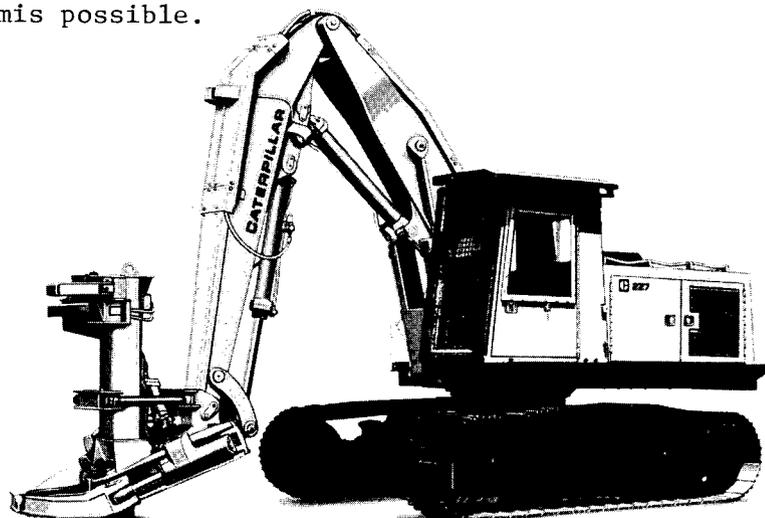


Figure 4. Abatteuse-groupeuse montée sur le train de roulement à chenilles d'une excavatrice.

MACHINES UNIFONCTIONNELLES OU MULTIFONCTIONNELLES

Avant d'examiner plus attentivement les prérequis des châssis automoteurs de l'avenir, il pourrait être intéressant d'étudier la question suivante, à savoir si l'on devrait utiliser des machines unifonctionnelles ou multifonctionnelles.

Au Canada, on a senti depuis quelques années une tendance bien définie à s'écarter des machines multifonctionnelles.

1. Les machines multifonctionnelles sont parfois trop complexes pour convenir au marché canadien. Les problèmes rencontrés pour en assurer le service sont aggravés par les longues distances que doivent parcourir les mécaniciens.
2. Étant donné le faible diamètre des arbres dans l'est du Canada, les machines doivent être capables de traiter plusieurs arbres à la fois pour donner un bon rendement économique. Il est extrêmement difficile de concevoir une machine multifonctionnelle, comme une abatteuse-ébrancheuse, une ébrancheuse-porteuse, etc., qui soit à la fois simple, fiable et multi-arbres.

Les abatteuses utilisés en terrain difficile et escarpé demandent un maximum de stabilité et de traction en pente pour pouvoir retenir verticalement des arbres lourds et couverts de neige, malgré les rafales de vent. L'emploi d'une machine unifonctionnelle semble plus logique dans de telles conditions, car l'addition d'une autre fonction comme l'ébranchage entraînera un poids supplémentaire, de même qu'une réduction de la stabilité et de la capacité de traction en pente. L'utilisation d'un châssis automoteur plus gros pourrait constituer une alternative.

Les bonnes ébrancheuses à flèche coulissante accomplissent une seule fonction principale: l'ébranchage. Elles sont conçues de façon à pouvoir effectuer également des fonctions secondaires comme l'empilage ou le triage, et sans aucune composante additionnelle. Ces machines sont caractérisées par une manutention très efficace et ce, avec un minimum de déplacement des arbres, des troncs, des branches et des houppiers.

Le transport devrait être effectué par une machine unifonctionnelle, parce que toutes les fonctions additionnelles comme l'abattage ou l'ébranchage ont pour résultat de réduire la charge utile, la capacité de traction en pente et la stabilité. De meilleures caractéristiques de manutention ne réussissent pas à compenser la réduction de la charge utile. Les débusqueurs et les porteurs sont des exemples de véhicules à fonction unique.

Les abatteuses-porteuses constituent une exception à la règle affirmant selon laquelle les machines unifonctionnelles sont plus économiques. Ces machines accomplissent deux fonctions principales: l'abattage et le débardage. Malgré le coût élevé qu'entraîne l'augmentation de largeur et de poids nécessaire à assurer la stabilité suffisante pour supporter une tête d'abattage dans laquelle se trouvent un ou plusieurs arbres en position verticale, il a été prouvé que ces machines sont économiques sur certains terrains et avec des arbres assez courts (moins de 18 à 20 m).

En dépit du succès que rencontrent les abatteuses-porteuses sur des sols durcis, la tendance générale devrait favoriser l'emploi de machines unifonctionnelles pour les raisons suivantes:

- * ce sont des machines plus fiables, moins compliquées;
- * on obtient une plus grande mobilité avec des machines plus légères exerçant moins de pression au sol - d'où une plus grande souplesse.
- * la tendance vers de petits entrepreneurs aux ressources et aux installations de service limitées favorise l'emploi de machines simples, fiables et peu coûteuses.

UN NOUVEAU CHÂSSIS AUTOMOTEUR

Un nouveau châssis automoteur devrait répondre à plusieurs prérequis.

L'abatteuse-groupeuse doit s'approcher de chaque arbre. La mobilité, une faible pression au sol et la stabilité constituent donc des facteurs importants affectant la productivité de cette machine.

Le service quotidien devrait de préférence avoir lieu en bordure de route ou au garage situé en forêt, ce qui veut dire que le châssis automoteur devrait pouvoir se déplacer à une vitesse de 3 à 6 km/h hors-route et d'au moins 10 km/h sur route pour réduire le temps non productif affecté au déplacement.

Une ébrancheuse doit travailler sur la route aussi bien que dans un fossé ou par-dessus un fossé. Elle doit donc exercer une faible pression au sol. Une vitesse de déplacement de 10 km/h sur route lui est suffisante. Son châssis automoteur doit absolument jouir d'une bonne stabilité.

Les prérequis pour la chargeuse forestière et l'excavatrice sont essentiellement les mêmes que pour l'ébrancheuse. Quant au véhicule de transport, il doit se déplacer sur des distances assez longues, en terrain difficile, escarpé ou trop mou. Il est donc important qu'il jouisse d'une mobilité élevée, d'une haute flottaison, d'une bonne traction et d'une grande stabilité.

Comme il doit sans cesse se déplacer en transportant de 50 à 500 m³/ha de bois, depuis la souche jusqu'en bordure de route, c'est le véhicule de transport ou le porteur qui déterminera le design et les caractéristiques du châssis automoteur de base.

Nous proposons donc un châssis automoteur de conception nouvelle (figures 6 et 8), susceptible de répondre à ces prérequis et présentant les caractéristiques suivantes:

- * quatre pneus de grande largeur 68 x 50-32 avec la possibilité de passer aux pneus traditionnels avec chaînes à neige ou chenilles, dans la neige épaisse (plus de 75 cm);

- * un dispositif à bogie, simple, installé sur un côté seulement, permettant de conserver une distribution égale de poids sur les roues en terrain difficile;
- * une transmission hydrostatique et le virage à traction de façon à assurer la rapidité des manoeuvres;
- * une grande cabine avec siège pivotant assurant le confort de la conduite dans les deux directions. Changer la position de l'opérateur est plus rapide et plus sûr que de faire demi-tour à la machine; de plus cela réduit les dommages au sol et l'usure des pneus;
- * le centre de gravité bien au centre de la machine, peu importe qu'elle soit en charge ou à vide, c'est-à-dire que les arbres transportés ont toujours leur centre de gravité au milieu du véhicule (figure 7);
- * un châssis automoteur très bien balancé, grâce à l'emplacement du moteur et des pompes. On élimine ainsi la nécessité d'avoir de lourds contre-poids (figures 13 et 14);
- * des bogies qui peuvent être verrouillés en différentes positions de façon à mettre les machines de niveau;
- * un poids brut maximum du véhicule de 10 à 15 tonnes;
- * une très bonne garde au sol (environ 1 m);
- * des composantes communes: roues, transmission, bogies, moteur, système hydraulique, cabine, etc. Design modulaire.



Figure 5. Débardeur à pince portante.

UN PORTEUR DE CONCEPTION NOUVELLE - LE PORTEUR DE FERIC

Dans l'Est du Canada, 85 à 90% du débardage se fait actuellement au moyen de débusqueurs. Les 10 à 15% qui restent sont transportés par des abatteuses multifonctionnelles, des abatteuses-porteuses ou des porteurs de divers types. Le débusqueur, qu'il soit à câble ou à pince, est un véhicule très souple qui peut être utilisé dans des conditions variées de terrain. Bien que simple, fiable et peu coûteux, le débardeur à câble présente certains problèmes intrinsèques qui risquent de le rendre moins populaire à l'avenir.

- les temps de chargement et de déchargement sont très longs. (Généralement 50 à 75% du temps total par charge dans les opérations d'abatage-débusquage);
- l'opérateur doit descendre de la machine 2 à 4 fois par charge (ce qui demande du temps, contribue à la fatigue et peut être dangereux);
- la charge est traînée dans la boue, ce qui rend difficile l'utilisation complète de l'arbre.

Les débardeurs à pince sont pratiques si les arbres sont gros et groupés. L'opérateur n'a pas à descendre de sa machine. Les débardeurs à pince présentent, toutefois, les mêmes problèmes que les débardeurs à câble au point de vue de la propreté de la charge. L'emplacement de celle-ci, loin derrière l'essieu arrière, crée une mauvaise distribution de la charge qui réduit considérablement la capacité potentielle de charge, de même que la durée de vie du débardeur. De plus, le facteur de charge est très faible (charge utile/poids en marche = 0.15 à 0.25 comparativement à 0.30 à 0.60 pour le débardeur à câble).

Le débardeur à pince portante (figure 5) n'a pas réussi à remplacer le débusqueur sur une grande échelle dans l'Est du Canada, et ce malgré plusieurs caractéristiques intéressantes:

- * une charge utile élevée, 5 à 15 m³ de troncs entiers ou d'arbres entiers, rend les longues distances de débardage économiques. Le rapport charge utile/poids en marche = 0.60 à 0.70;
- * la machine est auto-chargeuse;
- * 60 à 80% de la charge est portée, ce qui contribue à la livraison de bois plus propre en vue du déchiquetage d'arbres entiers.

Les inconvénients suivants expliquent sans doute pourquoi un si petit nombre de débardeurs à pince portante sont actuellement en usage au Canada:

- le temps de chargement est élevé, 5 à 15 min;
- la complexité de la grue et de l'opération de chargement nécessite de longues périodes de formation (3 à 6 mois) et entraîne une fiabilité peu élevée (5 à 6 fonctions hydrauliques sur la grue et 2 fonctions hydrauliques sur la pince portante);

- la machine est coûteuse (3 à 4 fois le coût d'un débusqueur);
- les roues avant exercent sur le sol une pression élevée, 70 à 80 kPa (10-12 psi).

Le nouveau porteur proposé par FERIC (figures 6 à 8) possède les caractéristiques suivantes et est conçu de façon à éviter plusieurs des problèmes inhérents aux débusqueurs:

- * il porte les charges de troncs entiers ou d'arbres entiers - d'où propreté du bois;
- * le centre de gravité de la charge peut être situé constamment au milieu de la machine entre les roues, ce qui permet de transporter des arbres plus longs;
- * il offre plus de sécurité sur les pentes escarpées. Il n'est pas nécessaire de tourner. L'opérateur conduit droit vers le haut de la pente, puis vers le bas;
- * la machine est très souple, en ce sens qu'elle peut aussi être utilisée pour tirer un arbre d'une position fâcheuse au moment du groupage et peut porter ou traîner les arbres;
- * le grappin de chargement peut soulever soit un seul arbre, soit une charge entière atteignant presque le poids du véhicule;
- * le chargement et le déchargement ne demandent que quelques secondes, si la charge est pré-groupée convenablement;
- * il peut s'avancer sur les piles déjà formées d'arbres entiers ou de troncs entiers permettant un déchargement rapide et la formation de piles élevées. On élimine ainsi la nécessité d'empiler et d'aligner les troncs avec la lame, pratique courante aujourd'hui avec les débusqueurs (figure 8);
- * des pneus de grande largeur, à faible pression, contribuent à réduire la quantité de bois endommagé;
- * le nouveau porteur recule simplement en s'éloignant de la pile après avoir déposé sa charge, alors que le débusqueur doit descendre la face verticale de la pile; habitude néfaste pour la machine et limitant la hauteur de la pile;
- * il est plus rapide d'inverser la position de l'opérateur que de faire demi-tour avec la machine. Un siège oscillant avec manipulateurs fixés aux bras et une vaste cabine permettant de faire fonctionner la machine confortablement dans les deux directions avec un minimum de fatigue pour l'opérateur et pour la machine, avec moins de perturbation du sol, avec des distances de déplacement plus courtes et sans virages périlleux sur les pentes escarpées;
- * afin d'assurer la simplicité et la stabilité, seules les roues du côté de la charge ont une suspension à bogie;
- * extrêmement simple, la machine ne comporte que trois fonctions hydrauliques pour la grue: la flèche principale, le bras secondaire et le grappin;

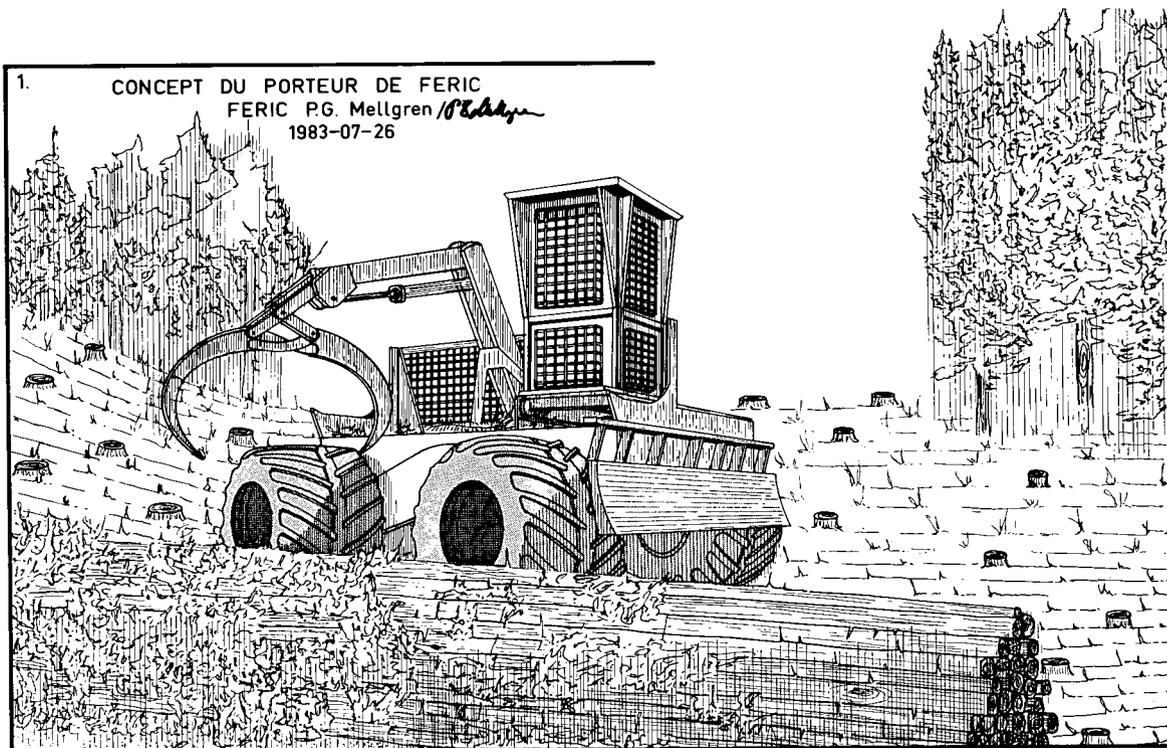


Figure 6. Porteur de FERIC, phase de chargement.

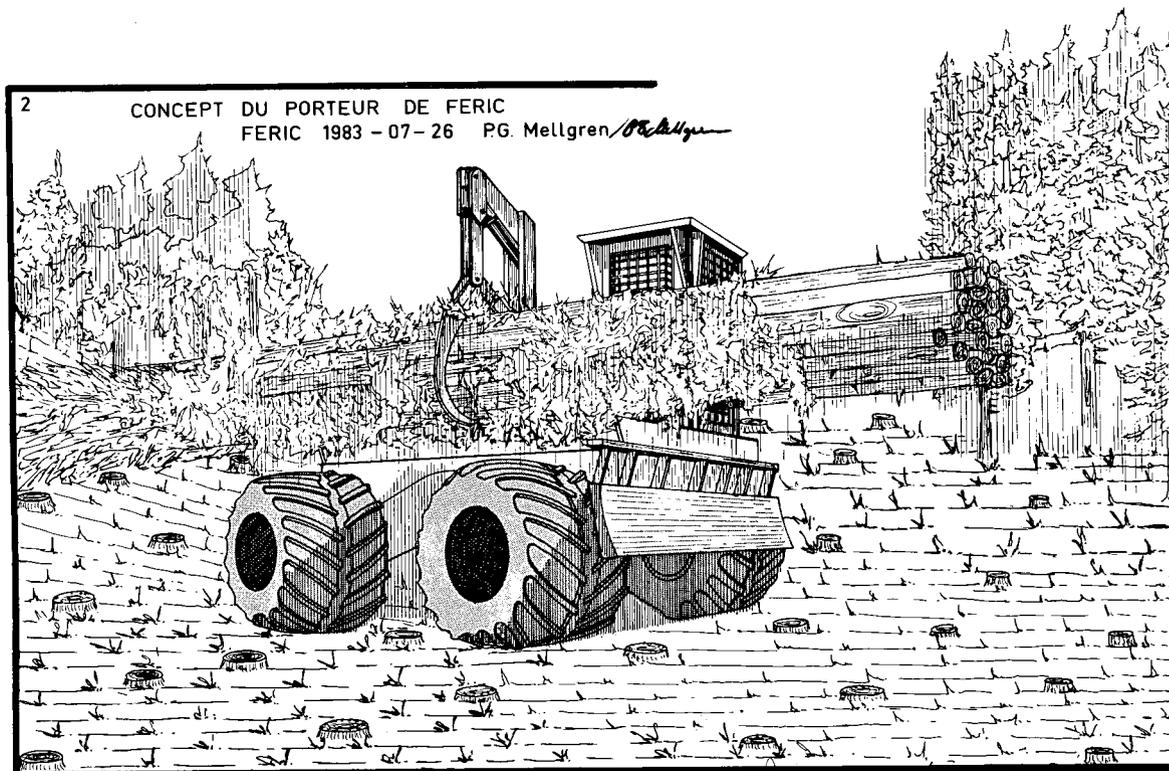


Figure 7. Porteur de FERIC, phase de transport.

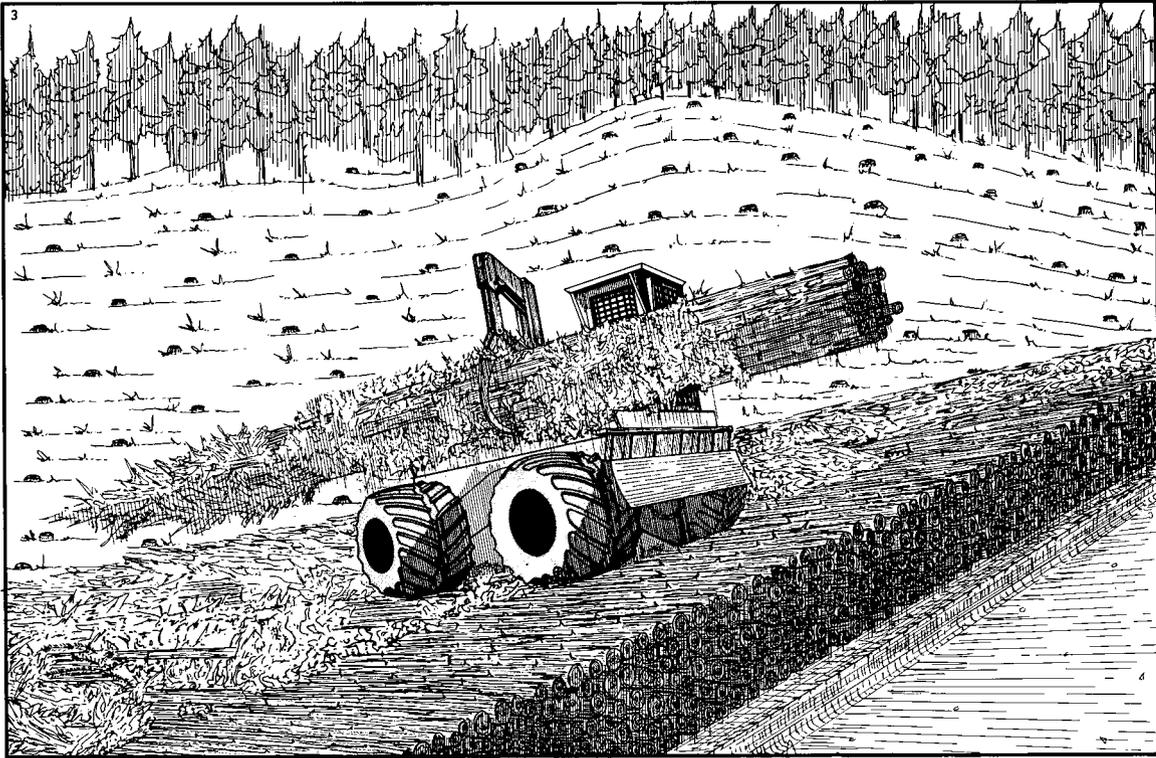


Figure 8. Porteur de FERIC, phase de déchargement.

- * la machine assure une meilleure récupération de la fibre - elle ne laisse pas tomber des arbres, comme il peut arriver aux débardeurs à pince;
- * l'opérateur pourra, s'il désire, diriger les roues situées du côté de la cabine de façon à contourner les obstacles et à assurer une conduite plus douce. Les roues qui ont une suspension à bogie de l'autre côté peuvent facilement passer par-dessus les obstacles sans qu'aucune des quatre roues ne quitte le sol.

Naturellement, le concept du porteur est le résultat de plusieurs compromis et présente tout de même quelques inconvénients:

- la machine est plus large qu'un débusqueur à pneus réguliers, d'où la possibilité de problèmes de manoeuvre dans les peuplements mélangés avec arbres résiduels;
- la présence d'arbres très branchus pourra éventuellement réduire la visibilité de même que les dimensions de la charge;
- il reste à étudier la performance de la machine dans la neige épaisse (sans changement de pneus).

ANALYSE ÉCONOMIQUE DU PORTEUR DE FERIC

Un des principaux avantages du porteur de FERIC réside dans la courte durée des temps de chargement et de déchargement et dans le fait qu'il n'a pas besoin de faire demi-tour avant de charger et après avoir déchargé. L'opérateur n'a qu'à faire pivoter son siège de 180° et à conduire dans la direction opposée. L'opérateur d'un débardeur à pince doit tourner sa machine de 180° avant de ramasser la charge et après le déchargement, ce qui demande beaucoup de temps. De plus, l'opérateur doit utiliser sa lame niveleuse pour aligner les pieds et faire une pile plus haute, car l'espace à la jetée est habituellement insuffisant. Le facteur décisif dans le choix du porteur de FERIC serait le coût du transport comparativement à celui du débardeur à câble, du débardeur à pince ou du débardeur à pince portante.

Pour calculer la production par heure-machine productive (HMP) ainsi que le coût du transport, aux fins de comparaison avec les machines actuelles, nous devons poser certaines hypothèses basées sur des essais réels avec des machines existantes transportant des arbres groupés. Le prix approximatif que nous avons supposé pour le porteur de FERIC doit être considéré comme le prix que nous cherchons à atteindre. Le temps de chargement inclut le demi-tour dans le cas des débardeurs à câble, à pince et à pince portante. Le temps de déchargement inclut le demi-tour et l'empilage.

Tableau 1 - Hypothèses posées aux fins de l'analyse comparative

| Machine | Pneus | Vitesse de déplacement, km/h | Temps de chargement, minutes | Temps de déchargement, minutes | Volume de la charge, m ³ | Coût approx. machine, \$ |
|----------------------------|----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Porteur de FERIC | larges | 5 | 1 | 1 | 3 | 140 000 |
| Porteur de FERIC | larges | 5 | 2 | 1 | 4 | 140 000 |
| Débardeur à pince | larges | 5 | 2 | 2 | 2 | 100 000 |
| Débardeur à câble | larges | 5 | 4 | 4 | 3 | 80 000 |
| Débardeur à pince portante | standard | 4 | 6 | 1 | 7 | 240 000 |

On trouvera aux figures 9 et 10 un résumé des calculs qui suivent relativement à la productivité de ces machines.

Tableau 2. Productivité comparée

| Véhicule | Porteur de FERIC 3 m ³ /charge 83.5 m/min | | | Débardeur à pince 83.5 m/min | | | Débardeur à câble 83.5 m/min | | | Débardeur à pince portante 67 m/min | | |
|---|--|------|------|---------------------------------|------|------|---------------------------------|------|------|---|------|------|
| | 100 | 200 | 400 | 100 | 200 | 400 | 100 | 200 | 400 | 100 | 200 | 400 |
| Distance 2 x m | 100 | 200 | 400 | 100 | 200 | 400 | 100 | 200 | 400 | 100 | 200 | 400 |
| Temps de déplacement, min. | 2.4 | 4.8 | 9.6 | 2.4 | 4.8 | 9.6 | 2.4 | 4.8 | 9.6 | 3 | 6 | 12 |
| Temps de chargement et déchargement, min. | 2 | 2 | 2 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| Temps total/charge, min. | 4.4 | 6.8 | 11.6 | 6.4 | 8.8 | 13.6 | 10.4 | 12.8 | 17.6 | 10 | 13 | 19 |
| Charge/HMP | 13.6 | 8.8 | 5.2 | 9.4 | 6.8 | 4.4 | 5.8 | 4.7 | 3.4 | 6.0 | 4.6 | 3.16 |
| Volume de la charge, m ³ | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 7 | 7 | 7 |
| m ³ /HMP | 41 | 26.4 | 15.6 | 18.8 | 13.6 | 8.8 | 17.5 | 14.1 | 10.2 | 42 | 32.2 | 22.0 |

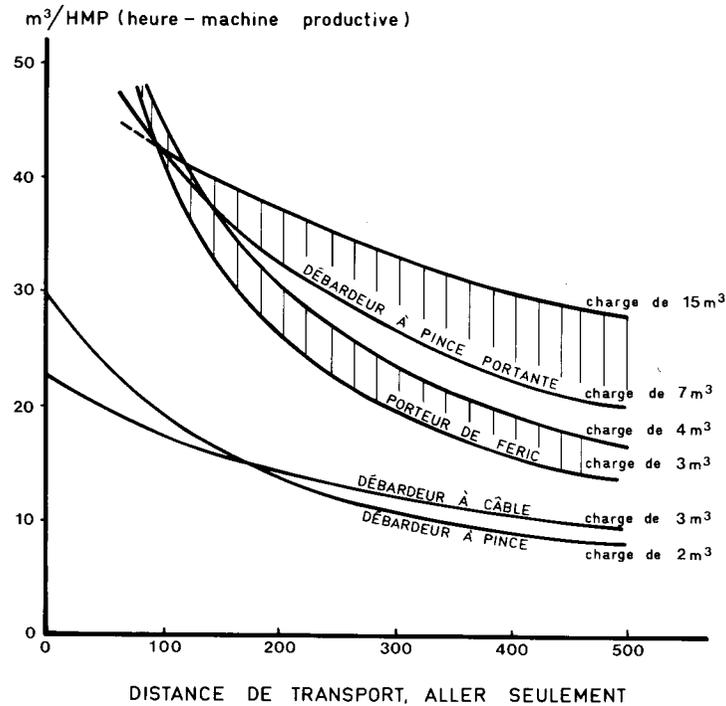


Figure 9. Productivités comparées - m^3/HMP

ESTIMATION DU COÛT DE FONCTIONNEMENT
DE LA MACHINE

Les hypothèses suivantes ont servi aux estimations du coût de fonctionnement des machines, aux fins de comparaison:

| | |
|---|------------------|
| valeur résiduelle | 10% |
| durée de vie - années | 6 |
| - HMPv (heures-machine prévues) | 6 x 2250 = 13500 |
| intérêt annuel | 15% |
| assurances par année | 2% |
| coût de réparations pour toute la durée de vie | 120% |
| carburant, lubrifiants, \$/HMP | 5 |
| coût de l'opérateur et des bénéficiaires marginaux, \$/HMPv | 15 |

Tableau 3. Comparaison des coûts de transport

| Coût par HMP | Porteur de FERIC | Débardeur à pince | Débardeur à câble | Débardeur à pince portante |
|---|------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Coût total par machine, C, \$ | 140 000 | 100 000 | 80 000 | 240 000 |
| Valeur résiduelle, V | <u>14 000</u> | <u>10 000</u> | <u>8 000</u> | <u>24 000</u> |
| Dépréciation, \$ | 126 000 | 90 000 | 72 000 | 216 000 |
| Taux d'utilisation | 0.85 | 0.85 | 0.87 | 0.75 |
| Durée de vie, HMP | 11 500 | 11 500 | 11 700 | 10 100 |
| Durée de vie, années, Y | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Investissement moyen | | | | |
| $\frac{C(Y+1)+V(Y-1)}{2Y}$ | 87 500 | 62 500 | 50 000 | 150 000 |
| Intérêt par année, 15%, \$/an. | 13 100 | 9 400 | 7 500 | 22 500 |
| Assurances, 2%, \$/an. | 1 750 | 1 250 | 1 000 | 3 000 |
| Coût de réparations pour toute la durée, 120% | 168 000 | 120 000 | 96 000 | 288 000 |
| Dépréciation, \$/HMP | 11.00 | 7.85 | 6.15 | 21.40 |
| Intérêt, 15% | 6.88 | 4.90 | 3.85 | 13.40 |
| Assurances, 2% | 0.91 | 0.65 | 0.51 | 1.78 |
| Réparations | 14.60 | 10.50 | 8.20 | 28.50 |
| Carburant | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Opérateur | 17.70 | 17.70 | 17.30 | 20.00 |
| Coût total, \$/HMP | 56.09 | 46.60 | 41.01 | 90.08 |
| Distance de transport, m | 100 | 200 | 400 | 100 |
| Production m ³ /HMP | 41 | 26.40 | 15.6 | 18.8 |
| Coût, \$/m ³ | 1.37 | 2.12 | 3.60 | 2.48 |
| | | 200 | 400 | 400 |
| | | 100 | 200 | 200 |
| | | 8.8 | 17.5 | 14.10 |
| | | 13.60 | 2.35 | 2.92 |
| | | 3.43 | 4.03 | 2.15 |
| | | 5.30 | 2.80 | 4.10 |
| | | 42 | 32.20 | 22 |
| | | 2.80 | 4.10 | |

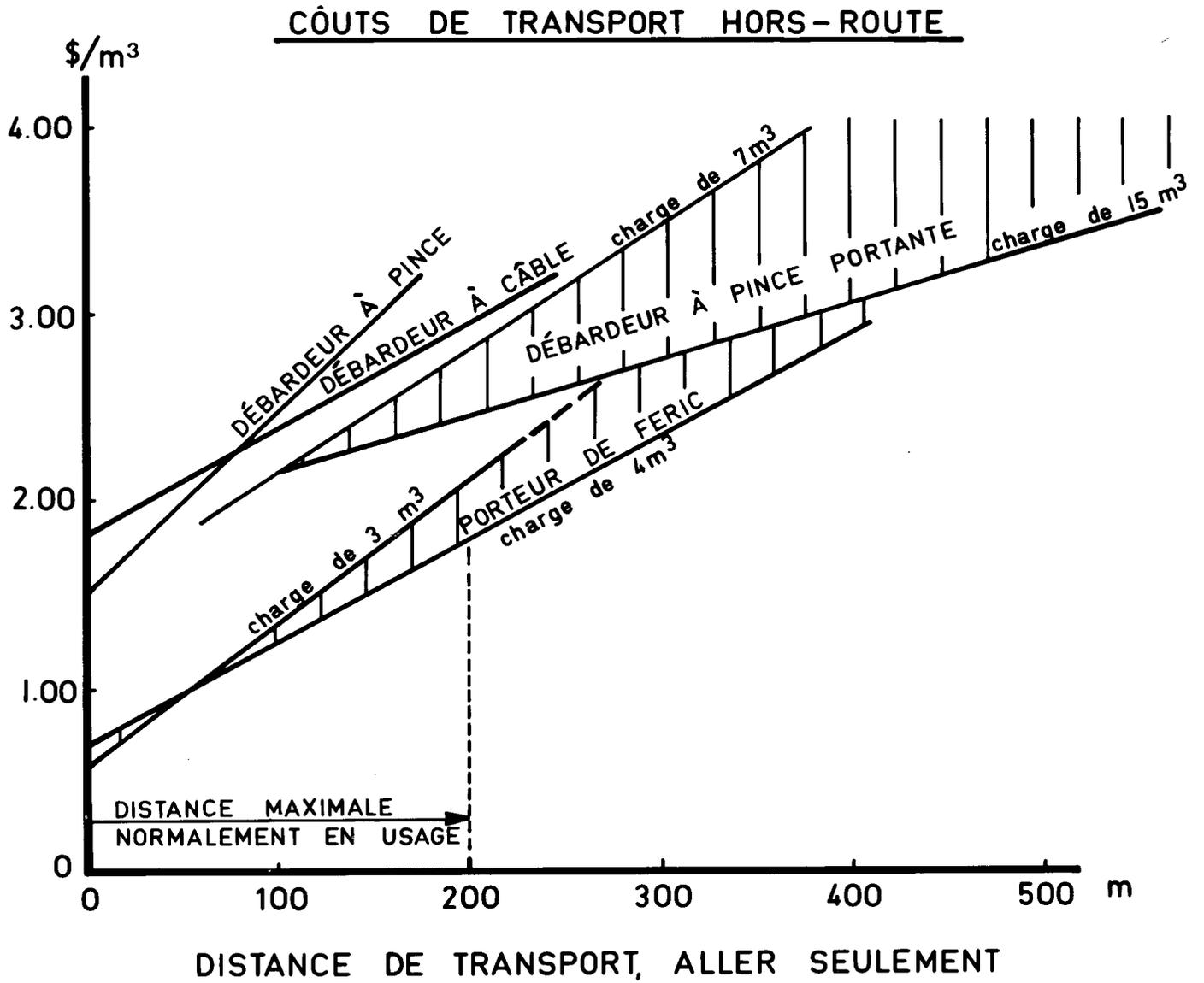


Figure 10. Comparaison des coûts de transport.

La figure 10 illustre les coûts de transport comparatifs pour le porteur de FERIC, le débardeur à câble, le débardeur à pince et le débardeur à pince portante.

Le porteur de FERIC offre la possibilité de réduire les coûts de transport de 25 à 50% pour la distance maximale normalement en usage de 200 m (600 pi). Pour des distances supérieures à 200 m, il est économique de prendre le temps de ramasser deux groupes d'arbres pour former une charge de 4 m³.

Un débardeur à pince portante ayant une capacité de charge utile de 10 à 12 tonnes peut en théorie transporter jusqu'à 15 m³ de troncs entiers. Cependant le fait de prendre d'aussi fortes charges peut augmenter jusqu'à 15 à 18 min. le temps de chargement, surtout si les arbres transportés sont courts. Avec sa charge utile maximale de 4 m³, le porteur de FERIC peut donc être économique même à des distances de transport de 400 à 500 m, grâce à la courte durée de ses temps de chargement et de déchargement.

UNE ABATTEUSE-GROUPEUSE DE CONCEPTION NOUVELLE - LA FAUCHEUSE PIVOTANTE

Le concept de la faucheuse pivotante est celui d'une abatteuse-groupeuse légère, de grande capacité, conçue pour travailler sur des terrains relativement libres de roches, dans des peuplements d'arbres de faible volume (0.10 à 0.25 m³/arbre) (figures 11 à 13).

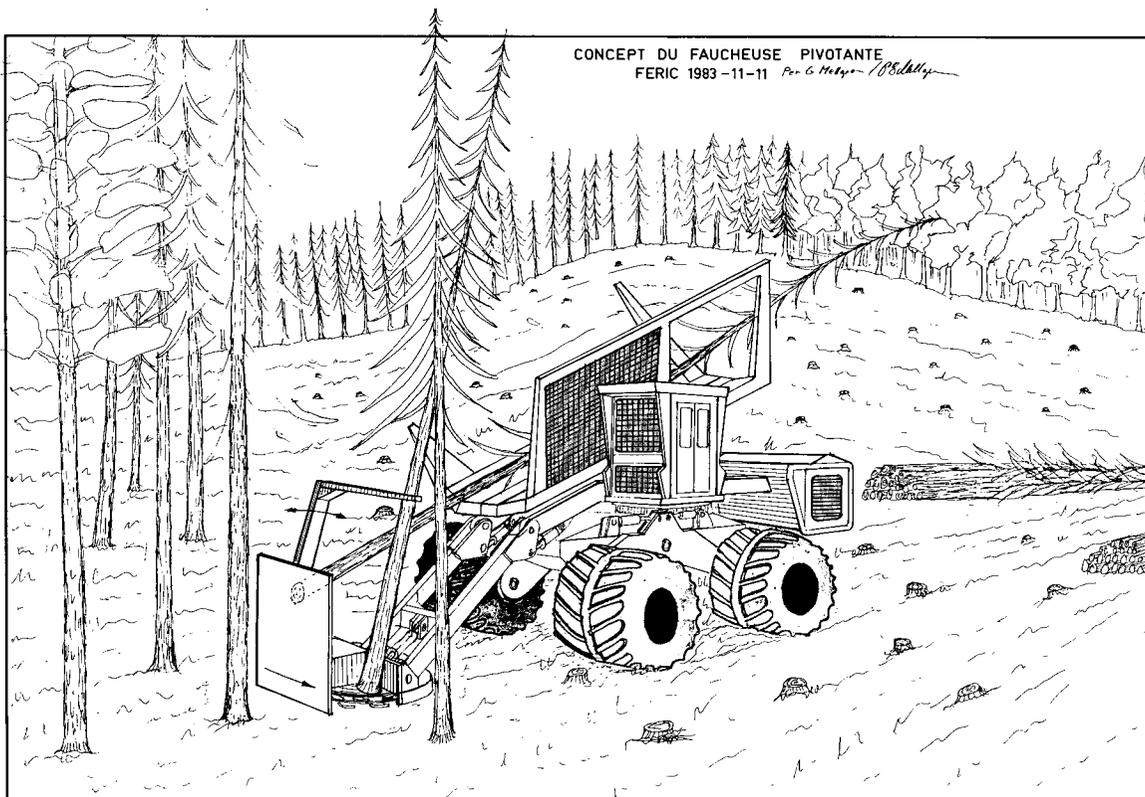


Figure 11. Faucheuse pivotante.

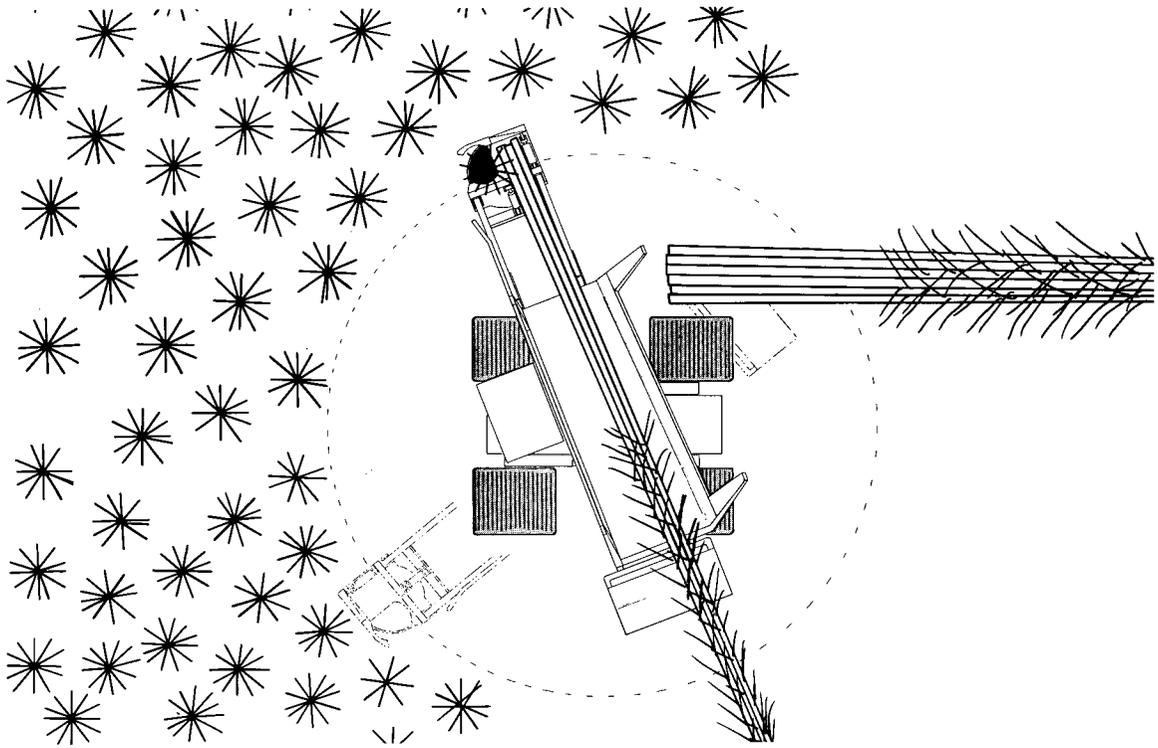


Figure 12. Faucheuse pivotante.

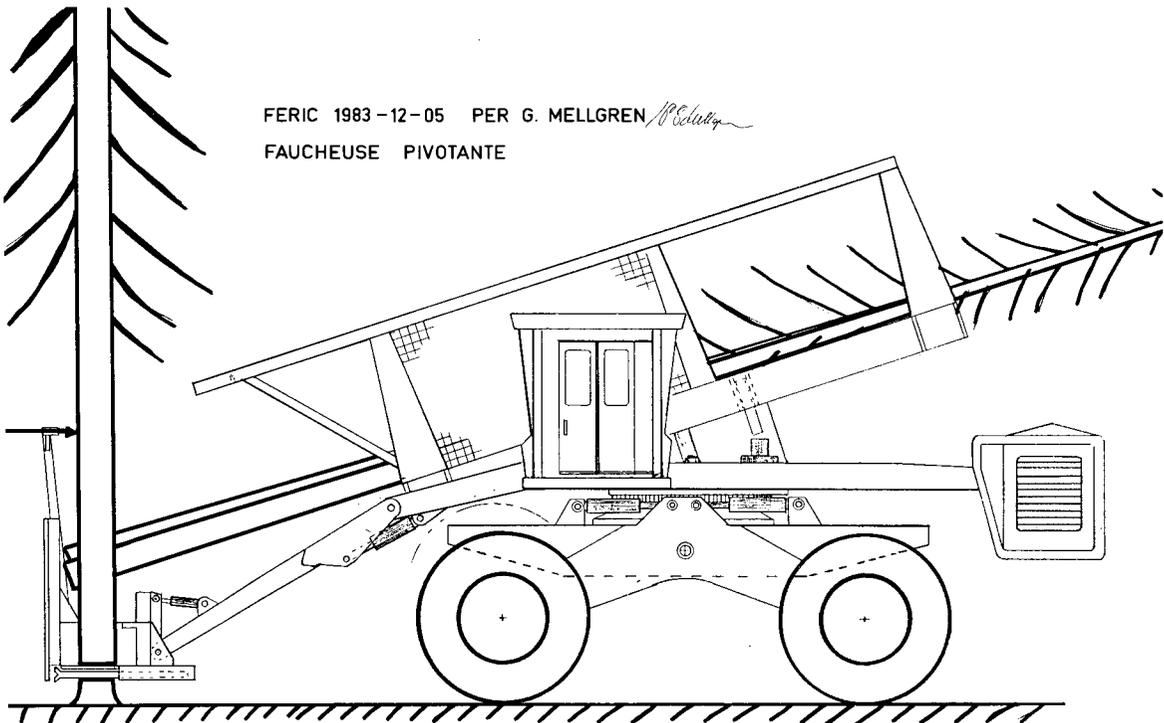


Figure 13. Faucheuse pivotante.

Ce design léger est rendu possible grâce à la combinaison de plusieurs caractéristiques:

- * la machine sectionne d'abord l'arbre, puis le dirige en le poussant vers le berceau collecteur. Elle ne tient donc jamais les arbres à la verticale;
- * les arbres s'entassent horizontalement dans le berceau collecteur;
- * le centre de gravité des arbres abattus se tient toujours près du milieu de la machine. Ceci assure une bonne distribution de la charge, que la machine soit en charge ou à vide;
- * le module formé par le moteur, l'entraînement de la pompe hydraulique, les pompes et le réservoir à carburant agit comme contre-poids à la tête de la faucheuse pivotante. On n'a pas besoin d'ajouter d'autres lourds contre-poids, étant donné le moment du long bras qui supporte le module;
- * les arbres sont poussés radialement vers le centre de rotation immédiatement après avoir été coupés. On élimine ainsi des efforts élevés de torsion qui pourraient être exercés sur les flèches à cause du contact entre les cimes et de l'enchevêtrement possible des arbres groupés tenus à la verticale avec les arbres debout - problème sérieux avec les abatteuses-groupeuses traditionnelles.

UNE ÉBRANCHEUSE À GRANDE MOBILITÉ

La figure 14 illustre le principe de l'ébrancheuse de conception modulaire. Le module formé du moteur et de la pompe hydraulique sert de contre-poids au moment de balancer l'arbre et la flèche en extension; on a donc une machine plus légère et moins coûteuse.

Les bogies sont verouillés au châssis principal avec la tourelle au moyen de vérins hydrauliques. Aucune articulation supplémentaire n'est nécessaire pour mettre la tourelle de niveau de façon à créer des conditions de travail optimales.

Les principaux avantages de cette machine sont les suivants:

- * une mobilité élevée, 10 km/h sur la route lorsqu'elle se rend au garage pour faire le plein et effectuer le service;
- * une faible pression au sol facilitant le travail dans les fossés et sur sol mou;
- * un accès facile pour l'entretien;
- * une tourelle de conception simple - un simple pivot étant donné qu'il n'y a que deux moteurs hydrauliques à alimenter;
- * un châssis automoteur léger;

- * le module du moteur monté à l'extrémité d'un long bras assure plus de liberté et d'espace pour manutentionner les arbres ébranchés à divers angles. Avec les châssis d'excavatrices, les tiges doivent être déplacées dans un espace étroit entre le moteur et la flèche d'ébranchage.

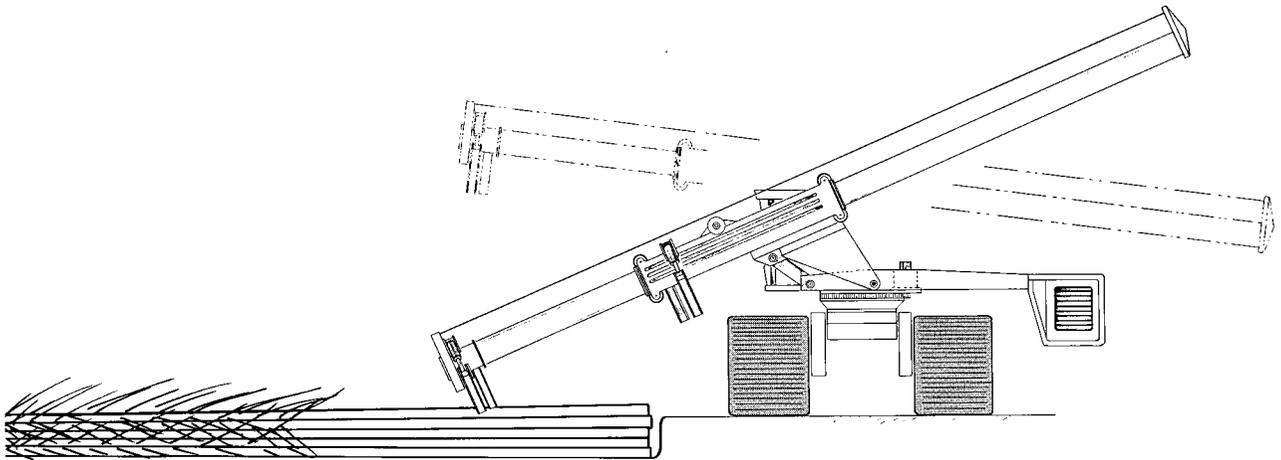


Figure 14. Ébrancheuse.

CONCLUSIONS

Le nouveau système modulaire proposé offre la possibilité de réduire substantiellement le coût de la récolte des bois en coupe rase, grâce à sa plus grande efficacité au point de vue manutention.

Le système utilise des techniques et des composants qui existent déjà. Ce qui est nouveau, c'est la combinaison unique de ces composants pour donner des machines plus simples et plus efficaces. Les coûts de mise au point devraient donc être relativement modérés.

Le système de récolte proposé comporte trois machines: une abatteuse-groupeuse, un porteur et une ébrancheuse. L'abatteuse-groupeuse pourrait aussi donner un bon rendement comme abatteuse-porteuse, au moins pour de courtes distances de débardage de 100 à 200 m. Sur de courtes distances, elle serait plus économique qu'une abatteuse-groupeuse et un porteur, pourvu qu'il soit possible de concevoir une machine ayant une charge utile de 2 à 3 m³. On devrait donc accorder beaucoup d'attention au design de l'abatteuse-groupeuse-porteuse de façon à diminuer le poids mort et à augmenter la charge utile.

Afin d'établir la performance et les avantages économiques réels de ces machines de récolte de conception nouvelle, nous proposons le programme de développement suivant, par étapes:

1. faire les plans, construire, mettre à l'essai et évaluer le porteur de FERIC à titre expérimental;
2. quand le porteur de FERIC atteindra une performance répondant à nos attentes, faire les plans, construire, mettre à l'essai et évaluer en prototype de l'abatteuse-groupeuse-porteuse (faucheuse pivotante). On pourrait minimiser les coûts en convertissant le porteur en châssis automoteur qui supporterait les éléments de la faucheuse pivotante.