



Tracteur Franklin en cours de débardage

UTILISATION DU TRACTEUR ARTICULÉ EN EXPLOITATION FORESTIÈRE TROPICALE ⁽¹⁾

J. ESTÈVE,

*Ingénieur de recherches
au CTFT*

par

C. LÉPITRE,

*Chef de la Division des
Exploitations Forestières au CTFT*

N. D. R. L. — L'article que nous vous présentons ici a été rédigé courant 1969. Il fait donc le point de la situation à cette époque.

Depuis, les méthodes de débardage ont évolué, notamment en raison de l'apparition de nouveaux matériels ; il y est d'ailleurs fait allusion dans l'étude ci-dessous.

Les modifications récentes dans les schémas d'exploitation feront l'objet d'études ultérieures.

Certains prix de revient annoncés dans cette étude ont pu changer depuis 1969.

(1) La première partie de cet article a été publiée dans le n° 130 (mars-avril 1970).

2^e PARTIE

UTILISATION OPTIMALE DU TRACTEUR ARTICULÉ SUR PNEUS

Le but de ce chapitre n'est évidemment pas de proposer une méthode idéale et universelle d'utilisation du tracteur articulé sur pneus mais d'examiner un par un les divers éléments agissant sur le travail des engins et faire part des constatations effectuées au cours de nos études permettant d'améliorer la rentabilité du débardage sur pneus.

Les éléments intervenant au cours du débardage

sont très voisins de ceux examinés dans les chapitres précédents. Il s'agit essentiellement :

- du conducteur,
- de la piste de débardage,
- de la charge utile du tracteur,
- de l'engin lui-même,
- et de la liaison avec les chenillards.

Le conducteur

Bien qu'il soit difficile de lui attribuer une valeur quantitative le rôle du conducteur apparaît comme primordial dans le débardage par tracteur articulé. De son habileté dépend le bon ou mauvais rendement de l'engin.

Sur l'un des chantiers visités comportant deux engins de puissance 130 Cv évoluant sur les mêmes pistes, le premier tracteur conduit par un bon conducteur a débardé 2.840 t en 295 heures compteur, soit un rendement horaire de 9,6 t alors que le second tracteur confié à un conducteur très moyen n'a débardé que 3.210 t en 450 heures compteur soit un rendement horaire moyen de 7,1 t. La différence est de l'ordre de 25 %.

Il est donc très important d'apporter la plus grande attention au choix du conducteur.

De préférence, celui-ci devra être jeune. Les tracteurs articulés étant des engins rapides et maniables qu'il faut toujours mener à fond, un conducteur possédant de bons réflexes même s'il est trop agressif est préférable à un conducteur timoré qui ne se sentira jamais en confiance et n'obtiendra pas le rendement maximal de l'engin. Un conducteur qui a peur ne deviendra jamais un bon conducteur de tracteur articulé.

Il apparaît indifférent que l'employé désigné ait ou non une expérience de la conduite des engins mais s'il s'agit d'un conducteur déjà formé, il faut absolument éviter de choisir un conducteur de tracteur à chenilles. Ceux-ci s'adaptent difficilement au maniement d'un tracteur à pneus et ne perdent jamais totalement l'habitude de treuiller fréquemment. Par contre, les anciens conducteurs de chargeurs sur pneus, de niveleuses ou de camions conviennent parfaitement.

Le temps d'adaptation à la conduite d'un tracteur articulé est généralement très court : trois à quatre jours. Si au bout de ce temps le conducteur n'a pas pris son engin en mains, il ne restera dans la plupart des cas qu'un conducteur très moyen.

A propos de l'utilisation de l'engin par son

conducteur, quelques remarques peuvent être faites :

— les tracteurs articulés sont un matériel qui nécessite un entretien journalier ; il importe de veiller à ce qu'il soit réellement exécuté et dans bien des cas une prime d'entretien même modique simplifie la surveillance ;

— lorsque l'engin vient débarder sur une nouvelle piste, il faut veiller à ce que la vidange des bois commence par le fond de cette piste, c'est-à-dire que l'engin ne se rapproche du parc bord route camion que lorsque toutes les billes du parc de brousse le plus éloigné ont été évacuées.

Il arrive en effet que le conducteur, pour des questions de commodité ou de cubage journalier, soit décidé à ne débarder que les billes proches. Si ceci se produit en saison des pluies, ou bien l'adhérence du tracteur n'est plus suffisante pour aller jusqu'au bout de la piste, ou bien la première partie de la piste est tellement défoncée qu'il ne peut plus l'emprunter. Dans les deux cas, à moins d'attendre le séchage de la piste ou d'en refaire une nouvelle, des billes restent « en brousse ».

— Il est nécessaire de faire utiliser la gamme haute de la boîte de vitesses à vide et la gamme basse en charge mais cela les conducteurs le comprennent très vite ;

— il faut faire comprendre au conducteur qu'il peut treuiller tout en ayant embrayé une vitesse du tracteur. Ce n'est pas un procédé à employer de façon régulière mais il permet dans certains passages difficiles d'augmenter l'adhérence de l'engin ;

— certains conducteurs ont l'habitude de changer de vitesse au milieu d'une côte. Cette manière de procéder est strictement à éviter car l'engin, repartant à une vitesse pratiquement nulle, est obligé, soit d'évoluer « en canard » ce qui laboure profondément la piste lorsque celle-ci est mouillée, soit de lâcher sa charge et de treuiller ce qui augmente le temps de rotation et fait baisser le ren-

dement horaire. Il faut donc habituer le conducteur soit à rétrograder au pied de la côte, soit à essayer de passer sans changer de rapport de boîte grâce à la vitesse acquise, ce qui est généralement possible.

En conclusion, bien qu'elle soit difficilement chiffrable, nous ne pouvons que souligner à nouveau l'importance du choix du conducteur dont dépend la rentabilité du débardage par tracteur articulé.

La piste de débardage

La piste de débardage pour tracteur articulé, bien que moins élaborée qu'une route secondaire pour camions, doit présenter un certain nombre de caractéristiques qu'il faut étudier avec soin.

Notre propos concerne essentiellement les pistes de débardage second qui, devant servir un grand nombre de fois, sont plus élaborées que les pistes de débardage premier qui, à leur extrémité, ne sont en principe utilisées que pour un seul pied. Dans ce cas, le tracteur articulé profite chaque fois que possible du réseau de pistes déjà ouvert par le chenillard.

Le réseau de pistes de débardage par tracteur articulé, devant en principe éliminer une grande partie des routes secondaires, son implantation sur le terrain doit être aussi sérieusement réfléchi que pour ces dernières.

La première phase de cette implantation se fait sur carte au bureau. On y tient compte du relief, en particulier des points de passage obligatoires, de la répartition des bois dans la zone considérée et de l'espacement des routes et des pistes qui conditionne la distance maximum de débardage par chenillard. Si on limite celle-ci entre 500 et 700 m de part et d'autre de la piste du tracteur articulé, 1 km de cette dernière couvre une zone de 100 ha de forêt (1).

Dans le cas d'utilisation en débardage premier, le réseau de piste est conçu de façon à réduire au minimum le kilométrage de pistes à ouvrir.

Le tracé général du réseau étant fixé, il importe de vérifier chaque tracé sur le terrain et surtout de s'assurer du pourcentage des pentes existantes. Si le tracteur articulé accepte une pente à vide de l'ordre de 40 %, il est très gêné lorsque les pentes en charge dépassent 20 %. Cette limite de 20 % n'est cependant pas impérative. En présence d'une pente relativement courte sur sol sain et de bonne adhérence on peut essayer de franchir cette limite, par contre s'il s'agit d'une pente longue sur sol glaiseux et sans fond, il vaut mieux se tenir au-dessous.

Ce maximum dépend aussi de la saison d'exploitation ; l'adhérence des engins est la meilleure en saison sèche.

Suivant l'organisation et les moyens du chantier, deux solutions sont possibles pour éliminer ces pentes : soit le terrassement au bulldozer, solution

coûteuse, soit le contournement et donc l'allongement de la piste. Il ne faut surtout pas hésiter à employer cette dernière solution car l'augmentation des temps de trajet que l'on s'impose reste toujours inférieure au temps de travail au treuil nécessaire au franchissement d'une pente trop importante, sans parler de la détérioration de la piste.

Un autre point important concerne les pentes en devers. Du fait de son centre de gravité relativement élevé, le tracteur articulé y est très sensible. Il faut systématiquement les éviter sinon le tracteur n'ayant aucune adhérence latérale, et, entraîné par le poids de sa charge, dérape au risque de se retourner ou de se coincer entre deux arbres sans avoir la possibilité de se sortir seul de cette position délicate.

Il faut également veiller à ce qu'il n'y ait pas de virages trop aigus sur le parcours. En effet, si grâce à sa maniabilité, le tracteur articulé passe pratiquement partout, lorsqu'il débarde une bille longue, celle-ci peut se trouver coincée entre deux arbres ou deux souches si l'angle du virage est trop aigu, d'où perte de temps appréciable.

Deux autres contre-indications inhérentes au pneu doivent être signalées : les dalles de rochers et les racines. La présence des unes ou des autres gêne considérablement l'évolution du tracteur car il patine et a beaucoup de mal à les franchir. Ceci est particulièrement sensible dans les montées. Il faut donc essayer de les éviter ou de les éliminer.

Le tracé de la piste étant déterminé, on peut se demander s'il est préférable d'effectuer la pénétration par « coupé bas » ou au bulldozer.

Le coupé bas, ne nécessitant que l'intervention de la main-d'œuvre, a l'avantage de la simplicité et demande peu de moyens. D'autre part, les risques de coupures et de crevaison des pneus sont réduits, contrairement à ce qu'on aurait pu croire, si on prend la précaution de maintenir les coupes à 50 cm du sol environ.

Par contre, il n'offre pas la possibilité d'éliminer les devers et laisse apparaître largement les racines lorsque la piste commence à se creuser après un certain nombre de passages du tracteur. De plus, si la surveillance des équipes est assez lâche, celles-ci ont tendance à préférer le chemin le plus court au tracé le mieux adapté.

L'ouverture au bulldozer permet évidemment d'obtenir les pistes les mieux élaborées grâce à un léger terrassement. Elle élimine entièrement les devers et les racines et permet de consolider la piste dans les points bas particulièrement boueux.

(1) En réalité une piste de 1 km draine de l'ordre de 150 ha mais sur une profondeur de 500 m en bordure de la route praticable aux camions, le débardage est effectué directement par chenillards : 50 ha échappent donc aux tracteurs articulés.

Elle implique obligatoirement la présence d'un engin qui y consacrerait tout ou partie de son temps.

Si l'on admet une largeur moyenne de la piste de l'ordre de 4 m c'est-à-dire environ la largeur d'une pelle de tracteur à chenilles, les rendements respectifs des deux méthodes sont environ les suivants :

— coupé bas : 70 m par homme-jour soit environ 15 hommes-jour au kilomètre,

— bulldozer : 50 à 100 m à l'heure compteur soit environ 10 à 20 heures compteur au km selon le volume des terrassements.

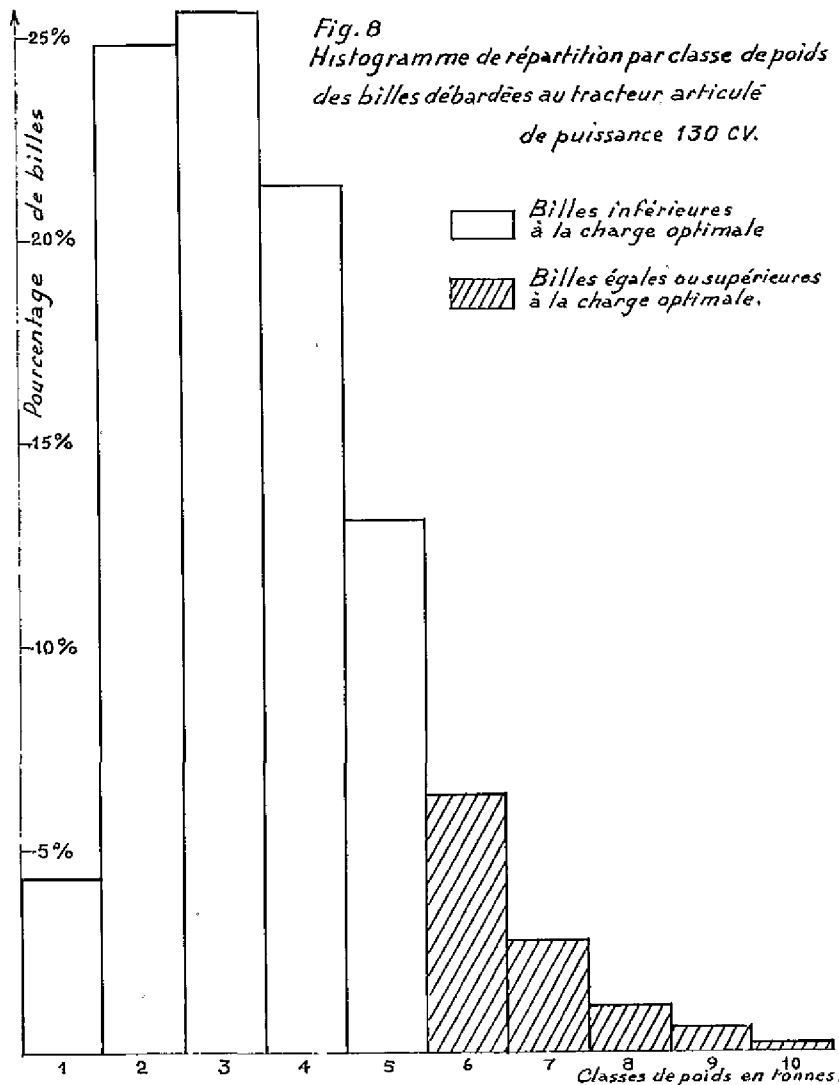
La méthode d'ouverture au bulldozer est donc beaucoup plus onéreuse que l'ouverture au « coupé bas », mais aussi beaucoup mieux adaptée au débardage second par tracteur articulé. Elle facilite grandement l'entretien des pistes.

Quelle est la durée d'utilisation d'une piste ? Il

est très difficile de fournir une réponse précise à cette question. Tout dépend de la saison, de la nature du sol, du nombre d'engins qui empruntent la piste et du tonnage de bois à évacuer. Signalons simplement que le tracteur articulé s'accommode bien d'ornières profondes à condition que le sol soit ferme et que la boue qui les remplit soit liquide. Si on est en présence d'un sol très gras de type glaiseux, les barettes des pneus se remplissent très rapidement et l'engin perd toute adhérence. Dans ce cas l'ouverture d'une déviation s'impose rapidement.

En résumé, la construction d'une piste de tracteur articulé se rapproche de celle d'une piste principale de débardage par tracteurs à chenilles en portant toutefois une plus grande attention aux détails du tracé.

Adaptation de la charge utile du tracteur



Nous avons vu, n° 130, p. 45, que la charge moyenne par rotation des tracteurs articulés était de 2,9 t pour les modèles 97 Cv et de 4,1 t environ pour les modèles 130 Cv alors que la charge optimale respective de ces modèles se situe vers 5 t dans un cas et 6,5 à 7,5 dans l'autre. Donc, sur l'ensemble des chantiers visités à chaque rotation du tracteur, on perd entre 2 t et 4 t de capacité de l'engin. Nous avons même constaté sur un chantier ivoirien employant à la fois des tracteurs de 97 Cv et de 130 Cv que la charge moyenne par rotation des deux types d'engins était la même ! Les tracteurs articulés travaillent constamment en sous-charge.

Comment améliorer cette charge utile et la rendre voisine de la charge optimale de l'engin ? C'est ce que nous allons essayer de définir en examinant tout d'abord les facteurs déterminant le volume des billes, c'est-à-dire diamètre et longueur, puis la répartition en poids de ces billes sur les chantiers. Nous proposerons ensuite des moyens d'améliorer la charge utile et indiquerons leurs limites.

Diamètre et longueur des billes.

Toute grume est désignée par son diamètre et sa longueur. Ces deux facteurs sont-ils limitatifs pour le débardage par tracteurs articulés ?

Le bouclier arrière des engins permet d'introduire des billes allant jusqu'à 1,30 m de diamètre, mais il n'est pas interdit de charger des billes de diamètre plus important, qui n'entrent pas à l'intérieur du bouclier.

En fait, un seul diamètre est critique, c'est celui qui correspond exactement à la largeur du bouclier du tracteur. En effet, si au cours du transport la bille pénètre à l'intérieur du bouclier et s'y coince, l'engin perd toute faculté de se diriger. Un moyen sûr d'y remédier est de modifier légèrement le bouclier au moyen de tôles ou de cornières de façon que la grume ne puisse s'y encastrer. Une autre technique de terrain, bien sûr plus incertaine, est de laisser au moyen du câble un certain jeu à la bille pour qu'elle puisse se mouvoir plus librement et entrer et sortir du bouclier.

Il n'existe pas non plus de limite à la longueur des grumes. Cette dernière est souvent fonction du diamètre et de la densité du bois qui déterminent le poids de la bille.

Les tracteurs articulés préfèrent cependant les billes longues aux billes courtes car il y a alors meilleure répartition de la charge sur l'arrière de l'engin.

Le seul inconvénient des billes longues est le risque signalé précédemment de coincement entre deux arbres si les tournants de la piste ne sont pas suffisamment dégagés.

Répartition en poids des billes sur les chantiers.

Si on répartit par classes de poids, allant de tonne en tonne, les billes débardées au tracteur articulé de puissance 130 Cv, sur quatre chantiers différents, dont deux gabonais, un ivoirien et un camerounais, on obtient les résultats consignés dans le tableau 17.

Ce tableau peut d'ailleurs s'exprimer également par l'histogramme de la figure 8.

On constate que 89,1 % des billes sont de poids inférieur ou égal à 5 t, 9,0 % des billes sont compris entre 6 et 7 t, 1,9 % des billes sont supérieures à 7 t.

TABLEAU 17

Répartition en pourcentage des tonnages des billes débardées au tracteur articulé

Tonnages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Chantier gabonais 1 ..	9,3	26,6	24,2	19,4	11,3	6,8	1,2	1,2	—	—	100 %
Chantier gabonais 2 ..	8,2	48,6	26,7	11,7	2,1	2,7	—	—	—	—	100 %
Chantier camerounais	1,3	18,8	26,2	24,2	16,2	7,2	3,8	1,3	0,8	0,2	100 %
Chantier ivoirien	—	16,3	20,4	22,5	14,3	2,0	2,0	—	—	—	100 %
Moyenne pondérée....	4,3	24,8	25,6	21,3	13,1	6,3	2,7	1,1	0,6	0,2	100 %

La quasi-totalité des billes est donc de poids inférieur à la charge optimale de l'engin et si on débarde une bille par rotation, 89 % des rotations seront donc en sous-charge et 2 % environ en surcharge. Ces deux extrêmes sont aussi mauvais l'un que l'autre car si le premier abaisse sensiblement la rentabilité du tracteur, le second compromet sa durée de vie. On doit donc s'efforcer d'approcher la charge optimale de l'engin sans toutefois la dépasser.

Si on compare les poids moyens des billes obtenus à partir du tableau 17 aux charges moyennes par rotation des différents chantiers, on obtient (tableau 18) :

TABLEAU 18

	Poids moyen des billes	Charge moy./rotation
Chantier gabonais 1	3,3 t	4,8 t
Chantier gabonais 2	2,6 t	3,1 t
Chantier camerounais ..	3,8 t	4,1 t
Chantier ivoirien	4,1 t	4,1 t

Ce tableau nous montre que la plupart des chantiers ont amélioré leur charge moyenne par rotation par rapport au poids moyen des billes transportées. Ceci est particulièrement visible pour le premier chantier gabonais.

Par contre, sur le deuxième chantier gabonais et le chantier camerounais, l'amélioration est très faible et nous sommes encore très éloignés de la charge optimale de l'engin.

Les différences entre ces trois chantiers résultent du débardage de plusieurs billes lors de certaines rotations. La charge moyenne par rotation du chantier ivoirien est égale au poids moyen de ses billes, car nous sommes en présence de débardage premier où le tracteur se trouve obligé de débarder pied par pied.

Moyens d'améliorer la charge par rotation.

Comment essayer d'augmenter la charge utile des engins de façon à approcher la charge optimale ? Deux possibilités sont envisageables :

- l'aménagement du tronçonnage,
- le débardage de deux billes par rotation.

— AMÉNAGEMENT DU TRONÇONNAGE : il a pour but d'adapter le tronçonnage aux possibilités du tracteur articulé, c'est-à-dire chaque fois que peut se faire, d'obtenir des billes d'un tonnage voisin de la charge optimale du tracteur.

Cette pratique est loin d'être courante. Les cubeurs ont parfois tendance à tronçonner en fonction de la capacité des chenillards, ou bien ils font découper des billes trop petites.

Une formation tendant à leur faire acquérir la notion du volume et du tonnage des billes réservées aux tracteurs articulés est très souhaitable.

Mais cette méthode est loin d'être toujours applicable car il est difficile de concilier charge optimale du tracteur, longueurs préférentielles de certains exploitants, valeur maximale à tirer des arbres, tonnage moyen des pieds dans certaines régions et enfin impératifs résultant du transport routier.

— DÉBARDAGE DE DEUX BILLES PAR ROTATION : c'est sûrement la méthode la plus efficace pour améliorer la charge par rotation. Malheureusement elle n'est pas encore généralisée et souvent laissée à l'initiative ou à la bonne volonté du conducteur de tracteur. Le travail d'élingage en particulier, étant doublé, le conducteur n'y consent pas souvent et la majorité des rotations se font avec une bille quel que soit le poids de cette dernière.

Il faudrait imposer cette méthode tout en faisant comprendre à l'équipage du tracteur que le surcroît de travail qui lui est demandé lui sera largement remboursé par les primes correspondant au tonnage supplémentaire débardé. L'élingage de deux billes ne pose pas de problèmes particuliers. Il peut se faire soit au moyen du seul câble du treuil, soit au moyen du câble et d'une élingue ou de deux élingues de longueurs inégales. Dans le premier cas il y a intérêt à procéder en passant le crochet du câble sous les billes et en l'accrochant le plus près du sol possible. De cette façon les billes se superposent lors du relevage de la charge et restent relativement bien groupées pendant le trajet.

Il est bon, par ailleurs, que le conducteur puisse repérer et choisir les billes capables de lui constituer une charge optimale. On peut proposer que le cubeur fasse une estimation rapide à la tonne près, du poids de la bille en fonction de la densité de l'essence et qu'il indique cette charge au moyen d'un repère situé sur la face de la bille tournée vers le parc camion.

Ce repère, différent suivant le poids de la bille, pour toutes les billes comprises entre 1 et 5 t, pourrait être matérialisé par de la peinture, de la craie ou par tout autre moyen visuel.

Le conducteur pourrait ainsi repérer rapidement les billes qui constitueront sa charge de retour.

Une autre méthode susceptible de réduire les temps de rotation est le préélingage des billes.

Nous avons souvent constaté que le rôle de l'élingueur était minime lors du désélingage de la charge sur le parc camion ou même qu'il restait en brousse lors du voyage du tracteur.

Si cet élingueur pouvait disposer d'un jeu d'élingues, il lui serait possible de préparer les billes pendant le voyage du tracteur. Il n'aurait alors qu'à accrocher ces élingues au câble du treuil de sorte que le tracteur pourrait immédiatement recommencer une autre rotation. On gagnerait ainsi le temps d'élingage à chaque rotation.

L'application de cette méthode suppose que les billes soient à peu près correctement disposées le long de la piste de débardage.

Mais le double élingage a ses limites et il est intéressant de se demander à partir de quel moment il n'est plus rentable de grouper deux billes par rotation c'est-à-dire à partir de quand le temps d'une rotation avec deux billes est équivalent à la durée de deux rotations avec une bille.

Nous avons constaté que seules les phases d'élingage, de débusquage et, dans une plus faible mesure, de trajet en charge, étaient majorées par la mise en place de deux billes au lieu d'une.

Affectons, dans le cas du tirage de deux billes, le temps de l'ensemble (élingage + débusquage) d'un coefficient α et le temps de trajet en charge d'un coefficient β .

Appelons :

- TV le trajet à vide,
- MP la mise en place du tracteur,
- EL l'élingage,
- Deb le débusquage,
- TC le trajet en charge,
- Des le désélingage,
- Rgt le rangement.

L'équivalence 1 rotation à 2 billes = 2 rotations à une bille peut s'écrire :

$$TV + MP + \alpha(EL + Deb) + \beta TC + Des + Rgt = 2(TV + MP + EL + Deb + TC + Des + Rgt)$$

d'où :

$$TV + MP + Des + Rgt + (2 - \beta) TC = (\alpha - 2)(EL + Deb)$$

Dans le n° 130, p. 46, nous avons déterminé pour chacune des phases de la rotation de débardage les valeurs approchées suivantes :

Mise en place	1 minute
Elingage	3 minutes
Débusquage	2 minutes
Désélingage	1 minute
Rangement	1 minute.

Remplaçons ces phases par leur valeur dans l'équation précédente qui devient :

$$TV + 1 + 1 + 1 + (2 - \beta) TC = (\alpha - 2)(3 + 2)$$

soit :

$$TV + (2 - \beta) TC + 3 = (\alpha - 2) 5$$

La valeur moyenne trouvée pour β sur les différents chantiers a été de 1,2, c'est-à-dire que le trajet en charge avec deux billes dure 1,2 fois plus longtemps que le trajet en charge avec une seule bille pour une même distance de débardage.

La relation devient :

$$TV + (2 - 1,2) TC + 3 = 5 (\alpha - 2)$$

d'où :

$$TV + 0,8 TC + 3 = 5 (\alpha - 2).$$

Nous pouvons donc calculer pour différentes distances de débardage la valeur du coefficient α .

Si la distance moyenne de débardage est de 1.000 m, les tableaux 12 et 14 nous donnent respectivement :

$$TV = 7 \text{ mn},$$

$$TC = 11 \text{ mn d'où on tire } \alpha \approx 6.$$

Pour qu'une rotation avec deux billes ait une durée égale à celle de deux rotations avec une bille,

il faut donc que l'ensemble des phases d'élingage et de débusquage dure 6 fois plus longtemps dans le premier cas. Si ces deux phases durent en moyenne 5 mn au total, on disposera donc de 30 mn pour le double élingage et le double débusquage avant que ce dernier ne devienne défavorable. Suivant la distance de rotation, α varie de 3 à 9 pour des distances comprises entre 100 m et 2.000 m.

A moins d'avoir une équipe très peu entraînée, le transport de deux billes par rotation de tracteur articulé reste très avantageux sauf pour des distances très courtes.

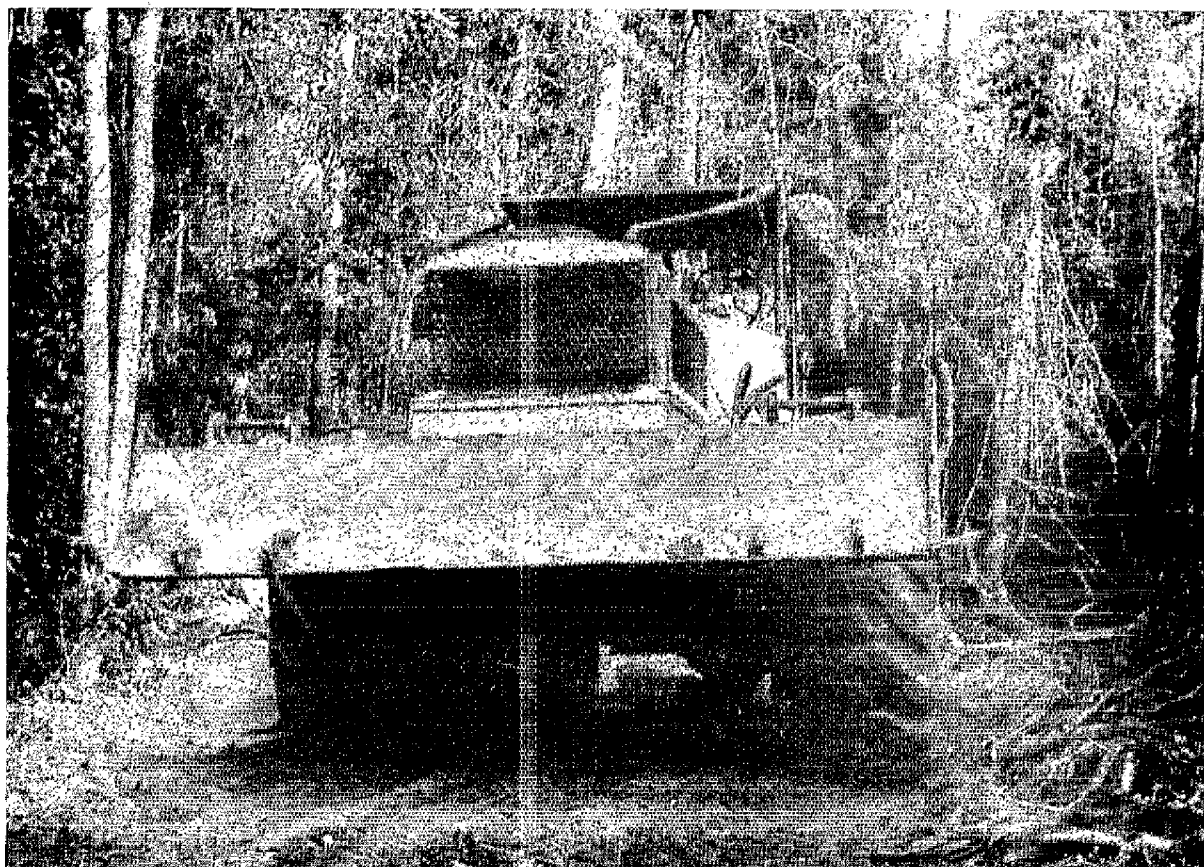
L'obtention d'une charge par rotation voisine de la charge optimale du tracteur et donc d'un rendement voisin du rendement maximal de l'engin, est étroitement liée à l'amélioration du tronçonnage et surtout à la pratique généralisée du débardage de deux billes par rotation. Seule l'application de ces techniques permettra d'obtenir des rendements supérieurs à ceux constatés.

Adaptation de l'engin

Si certaines modifications techniques sont maintenant généralisées sur les tracteurs articulés,

d'autres problèmes font encore l'objet de solutions diverses selon les constructeurs.

Le Latil T. 10.



Notre propos dans ce chapitre est de faire le point des modifications apportées et des questions encore en suspens.

— **Blocage de différentiel automatique** : la totalité des engins est maintenant équipée d'un différentiel « no spin » à l'avant et à l'arrière, alors qu'il y a quelque temps encore seul le blocage arrière était livré de série, le blocage avant restant en option.

Cet équipement est indispensable sur les deux points et conditionne largement les possibilités de l'engin en tous terrains.

— **Bouclier arrière** : les concessionnaires se sont rapidement aperçus que les boucliers fournis par les constructeurs américains étaient trop étroits pour convenir aux dimensions des billes tropicales. Ils se sont appliqués à les élargir en fonction du dessin de leur engin et l'ensemble des boucliers arrière donne maintenant satisfaction.

— **Commande de changement de direction** : cette commande varie selon les marques. Certains tracteurs sont équipés d'un volant, d'autres d'un levier de direction. L'idéal serait semble-t-il de posséder les deux. Si le volant permet une direction plus précise et plus souple lors du déplacement du tracteur sur route, il paraît moins bien adapté à la « marche en canard » dans les passages difficiles. La démultiplication de la direction oblige à une succession de tours de volant à droite et à gauche qui se révèle pénible et fatigante pour le conducteur alors que le levier ne nécessite qu'un mouvement avant et arrière.

Nous avons vu des conducteurs laisser tomber leur charge et utiliser leur treuil afin d'éviter cette dépense d'énergie.

— **Choix des pneus** : le pneumatique est un des éléments essentiels du tracteur articulé car il conditionne le comportement de l'engin sur le terrain. Son rôle étant de répartir sur le sol le poids représenté par l'engin et la charge qu'il transporte, il

doit permettre d'obtenir la pression minimale au sol pour que l'engin ait une bonne capacité évolutive.

Quelles sont les qualités à exiger d'un pneumatique de tracteur articulé ?

— Un grand rayon de roulement, c'est-à-dire une hauteur du moyeu par rapport au sol, procurant une garde au sol suffisante.

— Une bonne adhérence et une flottation élevée permettant l'évolution du tracteur sur des terrains glissants ou boueux.

— Une pression de gonflage relativement basse permettant au pneu « d'absorber » les obstacles.

— Une construction solide devant résister aux crevaisons ou aux coupures.

La fonction principale d'un pneumatique est de contenir un certain volume d'air qui sert à supporter le véhicule et sa charge. Des nombreux facteurs qui influencent la sélection d'un pneu de tracteur articulé, la charge de l'engin est donc le facteur à considérer en premier. A partir de celle-ci, on peut déterminer la taille du pneu et la pression de gonflage nécessaires.

Supposons un tracteur articulé de puissance 130 Cv d'un poids mort de 6.500 kg répartis comme suit :

Essieu avant : 4.225 kg,
Essieu arrière : 2.275 kg,

tirant une charge moyenne de 6.000 kg. Nous admettrons que 65 % de cette charge s'appuient sur le train arrière du tracteur, soit 3.900 kg, auxquels il convient d'ajouter un report de charge estimé à $\frac{3.900}{4} = 975$ kg. Le poids total supporté par l'essieu arrière est de :

$2.275 + 3.900 + 975 = 7.150$ kg soit 3.575 kg/pneu.

Si nous nous référons au tableau publié par la Société Goodyear, nous donnons dans les conditions américaines, la dimension des pneus et la pression de gonflage en fonction de la charge admissible

TABLEAU 19

Sélection de la dimension et de la pression de gonflage des pneus de tracteurs articulés en fonction de la charge
Pneus Goodyear modèle « traction type » pour tracteurs articulés

Charge en kg		2.500	2.720	2.950	3.175	3.400	3.630	3.855	4.100	4.310	4.540	4.760	4.990	5.220	5.450
Dimension du pneu	Plyrating	Pressions de gonflage en kg/cm ²													
		18.4-26	10	1,7											
18.4-30	10	1,55	1,75												
18.4-34	10	1,4	1,6	1,8											
18.4-38	10	1,3	1,5	1,7	1,8										
23.1-26	10	0,85	1,0	1,1	1,3	1,4									
23.1-30	10	0,7	0,85	1,0	1,1	1,3	1,4								
23.1-34	10	0,7	0,8	0,9	1,05	1,1	1,3	1,4							
24.5-32	12		0,7	0,8	0,85	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,55				
30.5-32	12					0,7	0,8	0,85	0,9	0,9	1,0	1,05	1,1	1,2	1,3

*Tirage au treuil à la sortie
d'un passage marécageux.*

(tableau 19), nous constatons que la dimension minimale des pneus de ce tracteur doit être 23.1×30 avec une pression de gonflage de $1,4 \text{ kg/cm}^2$.

Il semblerait donc d'après ce tableau établi, répétons-le, suivant les normes américaines, que la monte de 23.1-26, communément adoptée en Afrique pour les tracteurs articulés de puissance 130 Cv, soit sous-dimensionnée, car elle ne peut supporter que des charges allant jusqu'à 3.400 kg par pneu, avec une pression de gonflage de $1,4 \text{ kg/cm}^2$.

Outre sa taille, d'autres facteurs peuvent intervenir dans la sélection d'un type de pneumatique déterminé : garde au sol du véhicule, potentiel de traction, mobilité et flottation... Nous n'entrerons pas dans ces considérations connues des praticiens.

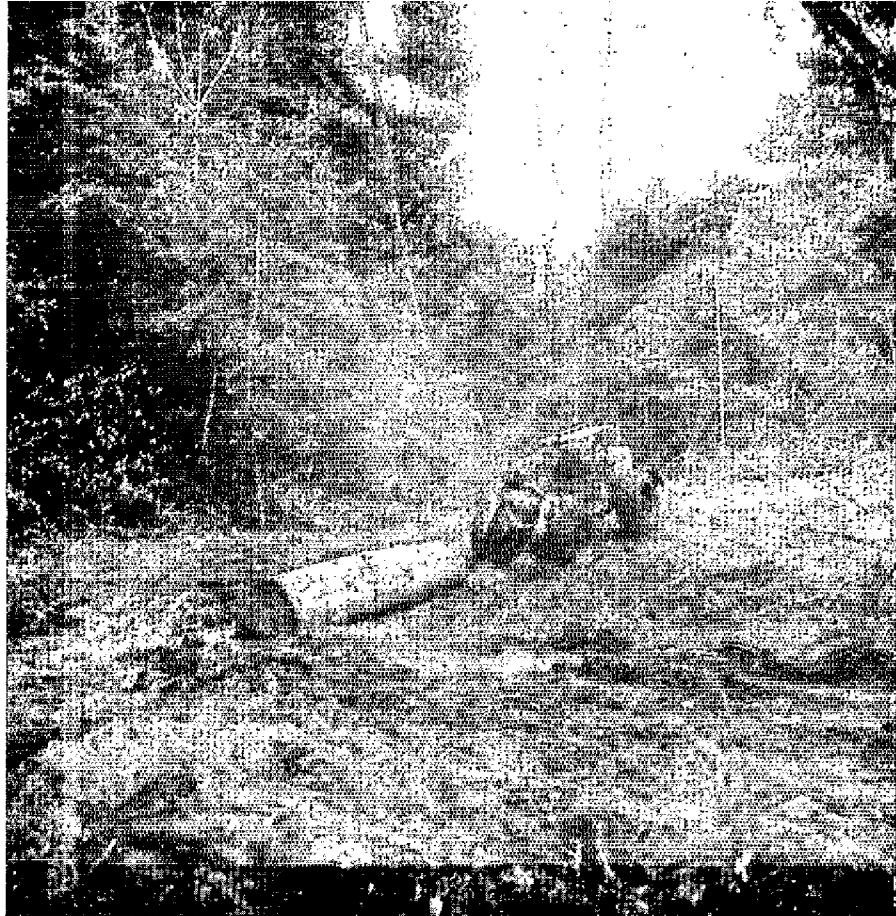
Quelle est la durée de vie d'un pneumatique ? Il est très difficile de fournir une réponse précise car elle varie beaucoup en fonction de la nature du terrain. Elle se situe entre 1.000 h dans les cas les plus défavorables (terrain très abrasif) et 2.500 h dans les terrains particulièrement roulants.

La durée de vie moyenne constatée sur les chantiers est de l'ordre de 2.000 h environ.

— **La transmission :** trois types de transmission sont proposés sur les tracteurs articulés : la boîte de vitesses mécanique classique, la boîte de vitesses avec convertisseur de couple, l'ensemble Powershift. La tendance actuelle chez les constructeurs en relation avec l'augmentation de puissance des tracteurs va vers l'emploi de plus en plus répandu de ces deux derniers types de transmission.

Les avantages et les inconvénients de la boîte de vitesses mécanique sont bien connus. C'est la transmission la moins élaborée mais aussi la plus accessible aux mécaniciens moyens. Elle nécessite des conducteurs expérimentés et connaissant bien leur engin.

La transmission par convertisseur de couple augmente la souplesse de l'engin en permettant au



moteur de toujours travailler à son régime le meilleur. Elle permet une transmission progressive du couple moteur au moment du démarrage puis adopte ensuite constamment le couple moteur au couple résistant.

Point important, elle agit comme sécurité de surcharge et évite la rupture des organes de transmission. Elle ne supprime pas la sélection des vitesses.

La transmission Powershift est la plus élaborée puisqu'elle associe le convertisseur de couple à une boîte de vitesses à trains épicycloïdaux à commande hydraulique. La transmission est alors entièrement automatique et procure une grande souplesse de marche au tracteur. La conduite est très simplifiée et les risques de rupture des organes de transmission sont supprimés. Par contre, l'embrayage étant très progressif, le tracteur manque parfois de nervosité pour des efforts instantanés et l'ensemble Powershift absorbe une partie de la puissance du moteur.

L'emploi d'une telle transmission exige aussi la présence de mécaniciens spécialisés.

Liaison du tracteur articulé avec les tracteurs à chenilles

Lorsque les articulés font du débardage premier, il n'y a pas de problème de liaison avec les chenillardes puisque les engins travaillent en parallèle et pour leur propre compte. Il n'existe qu'une

simple répartition des tâches, les billes lourdes étant réservées aux tracteurs à chenilles.

Lorsque les tracteurs articulés exécutent un débardage second, ils ne peuvent se rendre au pied

de l'arbre et dans ce cas le rôle des chenillards change ; trois sortes de tâches sont alors dévolues à ces derniers :

- le débardage des bords de route,
- l'approvisionnement en bois des tracteurs articulés,
- le débardage des billes trop lourdes pour les articulés.

Le débardage des bords de route est réservé aux tracteurs à chenilles. Il s'effectue sur des distances inférieures à 500 m et concerne en particulier les bois de déforestation de l'emprise routière. Le débardage est parfaitement indépendant et ne nécessite aucune liaison avec les articulés.

L'approvisionnement en bois des tracteurs articulés est le rôle principal des chenillards dans ce schéma d'exploitation. Ils doivent exécuter le débardage premier de tous les bois marchands jusqu'au bord de la piste de tracteurs articulés ou jusqu'au parc secondaire situé en bout de piste. Ce débardage s'effectue théoriquement sur des distances maximales d'environ 500 m.

On peut concevoir le travail des chenillards soit en avance par rapport au débardage second, c'est-à-dire que le débardage premier est complètement terminé lorsqu'arrivent les articulés, soit simultanément avec le débardage second.

Le premier procédé serait le plus valable puisqu'il n'existait pas de possibilité de rupture d'approvisionnement des articulés, les chenillards ayant toujours une ou plusieurs pistes d'avance. Le second procédé est le plus courant et le plus délicat car il faut constamment maintenir l'équilibre entre la production des chenillards et des articulés ce qui exige une parfaite organisation du chantier.

Un autre inconvénient est le passage presque obligatoire des chenillards sur la piste des articulés, soit au cours du débardage, soit au retour des engins au parc principal en fin de journée. Ces passages ont peu d'importance en saison sèche alors qu'en saison des pluies il rendent très rapidement la piste impraticable.

Là où se pratique le débardage second avec engins à pneus, selon les régions et les essences exploitées, les tracteurs articulés peuvent débarder de 60 à 90 % des billes tronçonnées. Les billes restantes doivent être débardées au chenillard. On peut imaginer deux solutions pour ce faire :

— soit laisser ces billes sur parc ou bord de piste jusqu'à ce que les tracteurs articulés aient terminé le débardage second des autres billes, puis faire un deuxième débardage second au tracteur à chenilles si possible équipé d'une arche de débardage lorsque le terrain n'est pas trop accidenté.

Cette méthode présente l'inconvénient de devoir déplacer les engins et les faire revenir sur des zones déjà exploitées ;

— soit faire ramener ces billes par les tracteurs à chenilles en fin de journée. Cette solution qui est la plus logique lorsque le nombre de billes lourdes n'est pas très important, oblige malheureusement les tracteurs à chenilles à emprunter la piste des articulés.

Combien de chenillards sont nécessaires pour travailler en liaison avec un tracteur articulé ?

La réponse type n'existe pas. Tout dépend en effet de la distance de débardage des deux catégories d'engins et de leur rendement respectif. Si on admet suivant l'expérience gabonaise que le rendement horaire moyen des articulés est de 8 t à l'heure, qu'ils débardent les 2/3 de la production et si on retient un rendement horaire des chenillards de 4 t à l'heure, il faut 3 chenillards pour un tracteur à pneus.

En se référant aux chantiers visités, on peut estimer que pour effectuer les trois principales tâches décrites plus haut (débardage bord route, débardage premier jusqu'aux pistes d'engins à pneus, débardage second des billes lourdes), il faut, suivant les cas, trois ou quatre chenillards pour un tracteur articulé. Ce rapport ne tient pas compte des heures de chenillard consacrées aux pistes et aux routes.

ESSAI D'ANALYSE DE L'ÉCONOMIE DU DÉBARDAGE PAR TRACTEUR ARTICULÉ

Le tracteur articulé constitue un maillon nouveau dans le schéma d'exploitation des bois d'œuvre. Quel est le prix de revient horaire du tracteur dans les différentes conditions d'utilisation ? Quel est le prix de revient du mètre cube ou de la tonne débardée ? Quelles économies permet-il de réaliser ou au contraire quelles augmenta-

tions du coût représente-t-il par rapport au débardage classique ?

Telles sont les questions que nous allons tenter d'étudier dans ce chapitre. Il est évident que les calculs ci-dessous ne portent que sur des ordres de grandeur très moyens : la réalité d'un chantier donné peut s'en écarter sensiblement.



Route principale en zone accidentée.

Estimation du prix de revient horaire d'un tracteur articulé de 130 Cv

Le prix d'achat des tracteurs articulés de même puissance mais de marques différentes est très variable dans un même pays en fonction des prix pratiqués par les concessionnaires et d'un pays à l'autre en fonction du régime douanier et du prix des fournitures dans chaque état.

Nous nous contenterons de calculer, dans cet article, les prix de revient horaire minima et maxima pour les tracteurs articulés de puissance 130 Cv laissant aux lecteurs le soin d'adapter ces chiffres aux conditions du marché local. Les coûts de base qui nous ont permis de déterminer ces prix de revient horaires sont les suivants.

- Valeur d'achat des tracteurs.

Nous avons retenu en valeur d'achat fin 1969, les prix suivants pour les deux tracteurs de référence :

- tracteur articulé de puissance 130 Cv équipé d'une boîte mécanique :
Prix Gabon 2^e zone..... 6.450.000 F.CFA

- tracteur articulé de puissance 130 Cv équipé d'un Powershift :

Prix Côte-d'Ivoire..... 9.700.000 F.CFA

Bien qu'il n'existe pas de marché d'occasion bien développé, nous avons admis une valeur de revente correspondant à 10 % du prix d'achat de l'engin neuf.

— Amortissement.

La durée de vie des tracteurs articulés n'est pas une donnée encore bien établie, la plupart des engins étant relativement récents. On peut cependant se fixer une durée d'amortissement de 6.000 h en trois ans à raison de 2.000 h de fonctionnement annuel.

Le coût horaire des pneus étant incorporé dans les frais proportionnels, nous déduirons le coût du train de pneus fourni avec l'engin, de la valeur à amortir.

— **Personnel de conduite.**

Le prix de revient du personnel varie d'un chantier à l'autre et d'un pays à l'autre. Nous avons adopté les salaires moyens suivants :

Conducteur : 25.000 F.CFA par mois
 Elingueur : 10.000 F.CFA par mois

Ces salaires sont majorés par un coefficient de 1,25 pour tenir compte des charges.

— **Carburant et lubrifiants.**

La consommation moyenne de gas-oil d'un tracteur articulé de 130 Cv est d'environ 14 l à l'heure. Le prix du gas-oil a été pris égal à 28 F.CFA le litre. La consommation de lubrifiants divers correspond en quantité à environ 5 % de la consommation de carburant. Le prix des lubrifiants est de 130 F.CFA le litre.

— **Pneumatiques.**

Le prix des pneumatiques varie en fonction de la dimension de la monte adoptée sur l'engin. Nous avons admis un prix moyen de 180.000 F.CFA par pneumatique.

Leur durée de vie est de 1.000 h pour les cas défavorables et de 2.000 h pour les cas favorables.

— **Entretien et réparation.**

Nous avons estimé le coût horaire des pièces de rechange à 400 F.CFA pour le tracteur gabonais et 500 F.CFA pour le tracteur ivoirien. L'intervention de l'atelier est chiffrée à 250 F.CFA l'heure.

— **Charges financières.**

Au total des coûts précédents doit s'ajouter le calcul des charges financières sur le capital investi : le taux moyen représenté par ces charges est de 8 %.

Ces charges sont calculées par la formule simplifiée :

$$\text{Charges financières annuelles} = \frac{t}{100} \left(\frac{\text{valeur à amortir}}{2} + \text{valeur de revente} \right)$$

A partir des coûts de base précédents, les prix de revient horaires minima et maxima peuvent s'établir comme suit (tableau 20).

La variation de prix de revient horaire est donc importante entre deux engins de même type utilisés dans des pays différents.

TABLEAU 20

Prix de revient horaires minima et maxima de tracteurs articulés de 130 Cv en F. CFA

Postes de frais	Prix minima	Prix maxima
— Prix d'achat des engins : Gabon 2 ^e zone	6.450.000	9.700.000
Côte d'Ivoire	— 645.000	— 970.000
— Valeur de revente : 10 % du prix d'achat	— 720.000	— 720.000
— Prix du train de pneus : 4 × 180.000		
Valeur à amortir	5.085.000	8.010.000
— Amortissement sur 6.000 heures	848	1.335
— Conduite : 1 conducteur à 25.000 + 1 élingueur à 10.000		
$\frac{35.000 \times 12 \times 1,25}{2.000}$	265	265
— Carburant : 14 l/h à 28 F.	392	392
— Lubrifiant : $14 \times \frac{5}{100} \times 130$	91	91
— Pneus : 4 pneus à 180.000 pour 1.000 à 2.000 heures	360 à 720	360 à 720
— Pièces de rechange	400	500
— Entretien : intervention de l'atelier : main-d'œuvre et divers	250	250
Total	2.606 à 2.966	3.193 à 3.553
— Charges financières $\frac{(2.542.500 + 645.000) 8}{2.000 \times 100} =$	127	
$\frac{(4.005.000 + 970.000) 8}{2.000 \times 100} =$		199
Total	2.733 à 3.093	3.392 à 3.752
Arrondi à	2.750 à 3.100	3.400 à 3.750

Prix de revient à la tonne débardée

Deux éléments interviennent pour calculer le prix de revient d'une tonne de bois débardée par tracteur articulé :

— le coût du tracteur lui-même en fonction de son rendement horaire,

— le coût de construction de la piste de débardage.

— Prix de revient du tracteur à la tonne.

Pour ne pas alourdir le calcul, nous ne tiendrons compte dans ce paragraphe que d'un prix de revient horaire moyen de 3.000 F.CFA.

Si on se rapporte aux productions horaires en fonction de la distance obtenues dans le tableau 16 (production à l'heure « horomètre ») concernant le débardage premier et le débardage second, le prix de revient du tracteur à la tonne est de (tableau 21) :

TABLEAU 21

Prix de revient du tracteur à la tonne débardée
Prix de revient horaire du tracteur : 3.000 F. CFA

Distance de débardage en m	Débardage premier		Débardage second	
	Prod. horaire en tonnes	Coût à la tonne débardée	Prod. horaire en tonnes	Coût à la tonne débardée
250	9,5	315	—	—
500	7	428	10,5	285
750	6	500	9	333
1.000	—	—	8	375
1.250	—	—	7,5	400
1.500	—	—	6,5	461
1.750	—	—	6	500
2.000	—	—	5,5	545

— Prix de revient à la tonne de la piste de débardage.

Nous avons effectué précédemment une estimation du coût moyen d'un kilomètre de piste pour tracteur articulé : 15 hommes-jour dans le cas de l'ouverture par « coupé bas » et 15 h compteur pour l'ouverture au bulldozer.

Pour un salaire journalier de manœuvre de 250 F.CFA, affecté d'un coefficient de 1,25 pour tenir compte des charges, le prix moyen d'un kilomètre de piste ouverte par « coupé bas » est de $250 \times 1,25 \times 15 = 4.687,5$ F.CFA arrondi à 4.700 F.CFA.

Pour un coût horaire moyen d'un tracteur de terrassement de 4.200 F.CFA, le coût du kilomètre de piste ouverte au bulldozer est de :

$$4.200 \times 15 = 63.000 \text{ F.CFA.}$$

Nous admettrons par ailleurs que les pistes de débardage second peuvent être ouvertes soit au bulldozer, soit par « coupé bas », alors que les pistes de débardage premier ne seront ouvertes que par « coupé bas ».

Quelle est l'incidence, à la tonne de bois marchand, du coût de la piste de débardage ?

Théoriquement, au débardage premier, chaque piste ne sert que pour un seul pied. Pratiquement, sur un réseau de pistes, il existe des troncs communs utilisés pour plusieurs billes. Suivant des estimations effectuées sur certains chantiers ivoiriens on peut admettre qu'il faut environ 15 m de piste par m³ débardé (ou 13,5 m par t en prenant une densité moyenne des bois égale à 0,9).

Le coût de la piste à la tonne débardée est donc d'environ 65 F.CFA.

Au débardage second, la piste de débardage permet de drainer une certaine surface de forêt. Supposons qu'une piste de 1 km de long draine environ 100 ha, une piste de 2 km, 200 ha, etc...

La richesse de la forêt détermine le tonnage à débarder, duquel on déduit l'incidence de la piste à la tonne de bois marchand.

Pour une richesse de 6 t à l'hectare, le prix de revient du débardage, piste incluse, s'établit conformément au tableau 22, pour un tracteur de 130 Cv. Il ne faut voir dans ces coûts que des ordres de grandeur autour desquels les variations possibles sont très larges comme on l'a vu précédemment (dans le cas envisagé ici, le coût de la piste par tonne produite est de 105 F sur la base 63.000 F/km).

TABLEAU 22

Prix de revient à la tonne du débardage par tracteur articulé en fonction de la distance

Distance de débardage m	Prix de Revient F.CFA		
	Débardage premier	Débardage second	
		Piste coupé bas (1)	Piste bulldozer (2)
250	380	—	—
500	493	289	390
750	565	338	438
1.000	—	380	480
1.250	—	406	505
1.500	—	467	566
1.750	—	506	605
2.000	—	551	650

(1) Correspond en fait à une piste en terrain facile.
(2) Piste en terrain accidenté.

Économie de débardage par tracteur articulé

S'il est techniquement tentant d'introduire un nouvel engin dans le schéma d'exploitation, encore faut-il savoir s'il permettra de diminuer le coût du débardage par rapport aux anciennes méthodes et dans quelles limites.

L'incidence du tracteur articulé sur le prix de revient du débardage est différente suivant qu'il s'agit de débardage premier ou de débardage second.

Débardage premier.

Le tracteur articulé n'a pas alors de liaison directe avec les chenillards. Il débarde en leur lieu et place une certaine proportion de la production correspondant à ses capacités. Pour que son emploi soit avantageux, il faut donc que le prix de revient de la tonne de bois qu'il débarde soit inférieur au prix de revient de la même tonne de bois débarquée par un chenillard.

Nous admettrons que le coût de l'ouverture du réseau de pistes ne varie pas, qu'on débarde avec des chenillards ou des articulés : en effet, ce sont les premiers qui vont d'abord chercher les gros bois correspondant à leur puissance, ainsi les tracteurs articulés interviennent ensuite empruntant des pistes déjà ouvertes dans la plus grande partie de leurs rotations. Les prix de revient du débardage pour chaque type d'engins sont alors fonction uniquement des productions et des coûts horaires respectifs.

On cherche à avoir :

$$\frac{\text{Prix revient horaire chenillard}}{\text{Production horaire}} > \frac{\text{Prix revient horaire tracteur articulé}}{\text{Production horaire}}$$

Prenons un exemple.

Si un tracteur à chenilles coûtant 4.200 F/h débarde 13 m³/h (productivité au débardage au sens strict, tout autre travail mis à part), pour être compétitif, un tracteur articulé coûtant 3.000 F/h devra fournir une production P répondant à la condition :

$$\frac{4.200}{13} > \frac{3.000}{P} \quad \text{ou } P > 9 \text{ m}^3/\text{h}.$$

En fait, la comparaison est un peu plus complexe : lors d'un débardage premier, on réserve au tracteur à pneus les billes les plus petites pour lesquelles la productivité du tracteur à chenilles est la plus mauvaise. Ce n'est plus alors une production moyenne de 13 m³/h qu'il faut prendre comme base de comparaison si cette moyenne a été établie sur l'ensemble du chantier : c'est la production obtenue avec les petits bois. Si cela est plus commode, on peut effectuer la comparaison sur le nombre de pieds débarqués : par exemple, pour le Bété, si un tracteur à chenilles sort 2 pieds/h, soit 7 à 8 m³, pour être compétitif, le tracteur à pneus devra en sortir au moins 1,4/h soit 5 à 5,5 m³, toutes choses égales par ailleurs.

La compétitivité du tracteur à pneus varie avec la distance de débardage. Ces engins, grâce à leur vitesse, donnent des résultats d'autant meilleurs comparativement que la distance est plus grande. Les comparaisons chiffrées que nous pouvons effectuer sont valables jusqu'à des distances de 750 m (au-delà les données de terrain nous manquent). Si nous ne comparons que les résultats du débardage proprement dit (à l'exclusion d'activités annexes) nous obtenons le tableau 23. Nous y avons repris les temps par rotations relevés pour des D7 en Côte-d'Ivoire, en terrain facile, en considérant ici une charge de bois marchand de 5 t seulement à chaque voyage.

La production des engins à pneus est ici basée sur une charge utile par voyage de 4,1 t. Pour les engins à chenilles, il est évident qu'il est fréquemment possible de réaliser des charges de plus de 5 t (de bois marchand) ; dans ce cas la balance va en faveur du tracteur à chenilles. Sur les bases de temps de rotation ci-dessus, il est compétitif sur 750 m avec 7 t par voyage. Rappelons toutefois — cela a été dit plus haut — que la comparaison ci-dessus tient compte d'engins à chenilles en saison sèche et d'engins à pneus en saison des pluies. Mais une charge utile de 5 t est faible pour un tracteur à chenilles.

Nous avons vu ce qu'il faut penser de l'amélioration de la charge utile des tracteurs articulés au

TABLEAU 23

Comparaison tracteurs à pneus — tracteurs à chenilles selon la distance de débardage

Distance de débardage	Productivité horaire tracteur à pneus 130 Cv (1)	Tracteur à chenilles		Rapport des prix de revient débardage chenilles/pneus Base : 4.200 F/h chenillard
		Durée Rotation	Production 5 t/voyage (1)	
250	10,8 t	19'	16 t	0,93
500	8,2 t	29'	10,4 t	1,1
750	6,6 t	44'	36,8 t	1,36

(1) Production ramenée au temps consacré au débardage seul, à l'exclusion de toute autre opération.

débardage premier ; la dimension des arbres et des billes la conditionne directement.

Sur distance supérieure à 750 m, on peut supposer que l'avantage des engins articulés de 130 Cv s'accroît, car une partie importante de chaque voyage s'effectue sur une piste principale qui s'apparente à une piste de débardage second : la vitesse y est plus grande.

Mais la mise en œuvre d'un engin à pneus sur un chantier suppose un certain nombre d'autres conditions :

— leur charge utile maximale avoisinant 7 t, il faut qu'au moins une partie de la production puisse être constituée par des charges égales ou inférieures. Il faut que les volumes correspondants aboutissent sinon au plein emploi, du moins à l'utilisation satisfaisante d'un tracteur. A raison d'une production horaire, à l'heure compteur de 7,5 t (correspondant aux 8,5 t théoriques du tableau 8) cela correspond à 15.000 t en 2.000 h annuelles sinon à au moins 11.000 t en 1.500 h.

L'expérience montre que bien des chantiers ne remplissent pas cette condition ;

— plus les distances de débardage sont courtes et plus la charge utile des tracteurs à chenilles est élevée, moins le tracteur à pneus est compétitif. Dans l'exemple traité au tableau 23, le tracteur à chenilles l'emporte aisément sur 250 m ;

— les considérations ci-dessus expliquent pourquoi le tracteur à pneus de 130 Cv ne s'est pas plus répandu pour assurer le débardage premier. Dès que les bois sont d'une taille au moins moyenne, le tracteur à chenilles reste compétitif, d'autant plus que :

- il permet de débarder des fûts complets et de concentrer le tronçonnage sur parc ;
- il est apte à de nombreuses besognes qui échappent à l'engin à pneus.

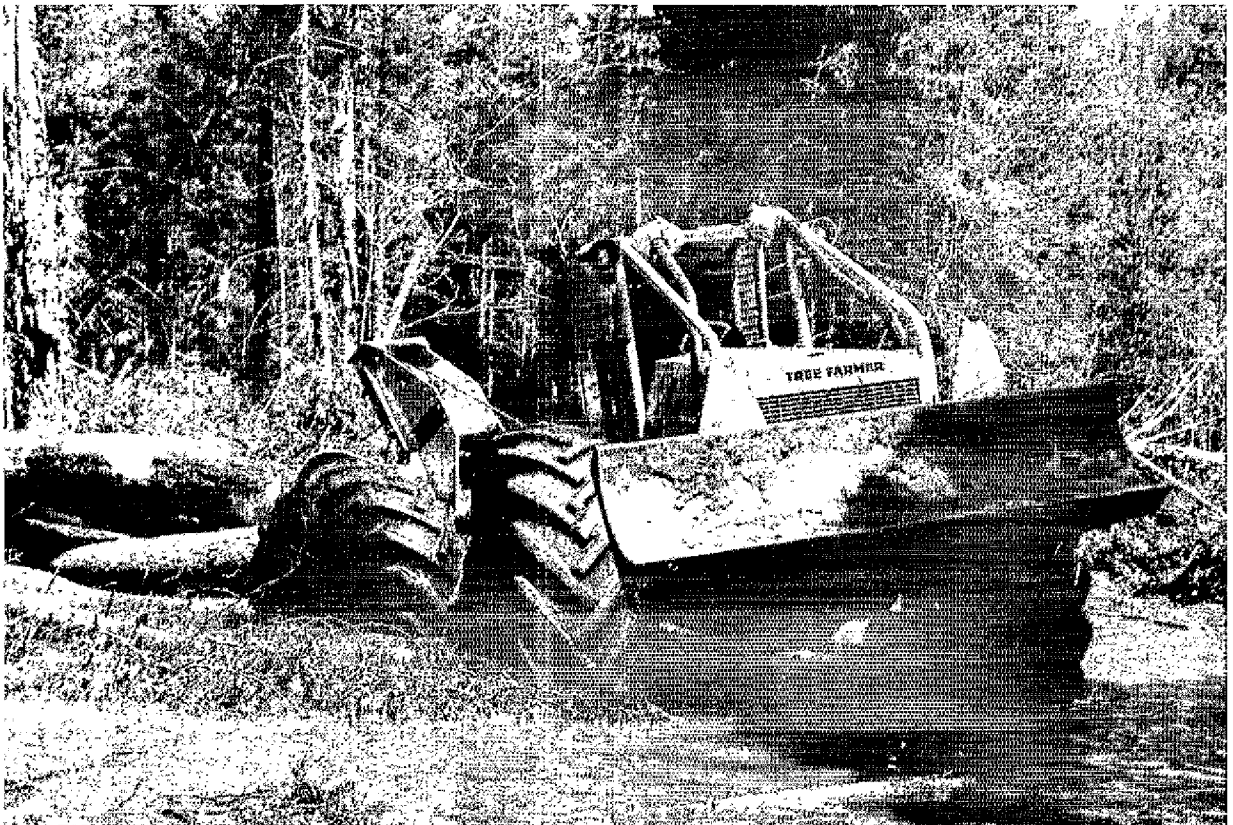
Débardage second.

Nous avons dit que dans ce schéma le tracteur à chenilles est seul capable d'aller au pied de l'arbre, la topographie, la nature de la forêt, les efforts à exercer pour extraire la grume ne permettant pas au tracteur à pneus d'intervenir économiquement à ce stade. L'association chenilles-pneus a pour but de permettre un débardage long à un coût avantageux.

Nous avons vu p. 59 que dans ce schéma, au moins 3 tracteurs à chenilles (types D6 et D7) sont nécessaires au débardage pour un tracteur à pneus.

L'économie d'emploi de ce dernier se présente tout différemment de ce que nous avons examiné pour le débardage premier. Pour que le tracteur à pneus soit avantageux, il faut que l'ensemble

Le Tree Farmer C. 8.



des opérations de débardage et d'ouverture de pistes et de routes secondaires soit susceptible d'une économie à l'intérieur d'une zone donnée.

a) Cas d'emploi des engins à pneus ; la somme à considérer est :

Coût de l'intervention des tracteurs à chenilles ;

+ Coût de l'intervention des tracteurs à pneus ;

+ Coût de piste pour tracteurs à pneus.

b) Cas d'emploi d'engins à chenilles seuls ; la somme à comparer à la précédente est :

Coût de l'intervention des tracteurs à chenilles (en principe plus élevé que pour a) ;

+ Coût des routes secondaires à ouvrir en plus de celles prévues de toute façon en a ;

+ Coût du roulage des grumiers sur les portions de routes ci-dessus (bien qu'il s'agisse d'un roulage sur routes médiocres, donc d'un roulage coûteux, ce terme peut souvent être négligé).

Il faut que l'on ait $b > a$ pour que la mise en œuvre d'engins articulés se justifie.

Le nombre de facteurs en jeu montre qu'un examen complet de l'économie du débardage est ici assez complexe. S'il mérite d'être fait, aboutissant à la détermination du meilleur schéma en fonction des divers facteurs, il sort du cadre de cette étude : nous nous proposons de l'aborder ailleurs.

Il est évident que le débardage second s'impose si les routes secondaires sont coûteuses, le débardage par chenillard cher ou la forêt pauvre. Nous pouvons prendre deux exemples qui montreront comment effectuer les comparaisons indispensables : l'une concerne un terrain accidenté, l'autre un terrain facile mais une forêt pauvre. Les ordres de

grandeur à prendre en considération sont résumés dans le tableau 24.

Appelons R la densité exploitable à l'hectare. Les dépenses évoquées plus haut sont, dans l'exemple d'une exploitation de 1.000 ha en zone accidentée :

a) emploi du débardage second :

$$\frac{1.000 R \times 4.000}{5} + (7 \times 65.000)$$

(déb. chenillards) + (pistes)

$$+ \frac{2}{3} \frac{1.000 R \times 3.000}{9}$$

+ (déb. engins pneus)

b) débardage par engins à chenilles seuls :

$$(3 \times 600.000) + \frac{1.000 R \times 4.000}{4}$$

(Routes second.) + (déb. chenillards)

Quelle que soit la richesse R de la forêt à l'hectare (du moins pour les tonnages rencontrés en matière de bois d'œuvre), le débardage second est, comme l'expérience le montre, beaucoup plus économique, c'est-à-dire que b est largement supérieur à a. Cette relation reste vraie quand on fait varier les divers paramètres à l'intérieur des limites habituelles. Pour une exploitation de 6 t/ha, le gain constaté est de 200 F/t : il provient de l'économie de route et de l'amélioration de la production des engins chenilles.

Si la production des engins à chenilles était, dans les deux cas, respectivement de 4 et 3 t/h, l'économie passerait, toutes choses égales par ailleurs, à 330 F/t.

En terrain facile, sur les bases exposées au tableau 24, le débardage second ne se justifie que si la forêt contient moins de 4,5 t/ha. Cet ordre de grandeur peut varier considérablement si les divers paramètres changent. On voit alors que l'intérêt

TABLEAU 24

Comparaison de méthodes de débardage

	Débardage en terrain accidenté		Débardage en terrain facile	
	Tracteur à chenilles seul	Intervention d'un débardage second	Tracteur à chenilles seul	Intervention d'un débardage second
— Kilométrage total de routes pour 1.000 ha	8 km	5 km	8 km	5 km
— Economie sur les routes secondaires.....	—	3 km	—	3 km
— kilométrage de piste pour engins à pneus pour 1.000 ha	—	7 km	—	10 km
— Prix de revient du kilomètre				
de route secondaire	600.000	600.000	200.000	200.000
de la piste pour engins à pneus	—	65.000	—	10.000
— Production horaire des tracteurs à chenilles (débardage proprement dit toutes opérations diverses exclues)	4 t/h	5 t/h	7 t/h	10 t/h
— Production horaire des engins à pneus (débardage proprement dit)	—	9 t/h	—	8 t/h
— Prix de revient de l'heure :				
de tracteur à chenilles	Types D6 et D7	4.000	Type D7 :	4.200
d'engins à pneus		3.000		3.000
— Partie de la production pour laquelle les engins à pneus interviennent		2/3		2/3



Débardage au tracteur articulé.

du débardage second ne se vérifie que dans certaines conditions de forêt pauvre.

Ces exemples, donnés à titre purement indicatif, montrent la nécessité d'un examen dans chaque cas

particulier, en s'aidant de la carte du permis sur laquelle on peut estimer le développement du réseau de routes ou de pistes selon les hypothèses considérées.

CONCLUSION

Notre tour d'horizon sur l'emploi du tracteur articulé est maintenant achevé. Que faut-il essayer d'en retenir ?

L'introduction du tracteur articulé sur pneus en Afrique a marqué une étape de l'exploitation forestière. L'intérêt de ces engins est désormais acquis qu'il s'agisse du débardage premier ou du débardage second. Ce n'est déjà plus une mode mais une technique, qui évolue tous les jours, tant au point de vue puissance que dimensions des engins.

Comme toute technique, le tracteur articulé a ses limites, qu'elles soient imposées par la dimension des pneus ou par les conditions de la forêt.

Nous avons développé plus haut les techniques susceptibles d'aboutir à l'emploi optimum de ce type d'engins :

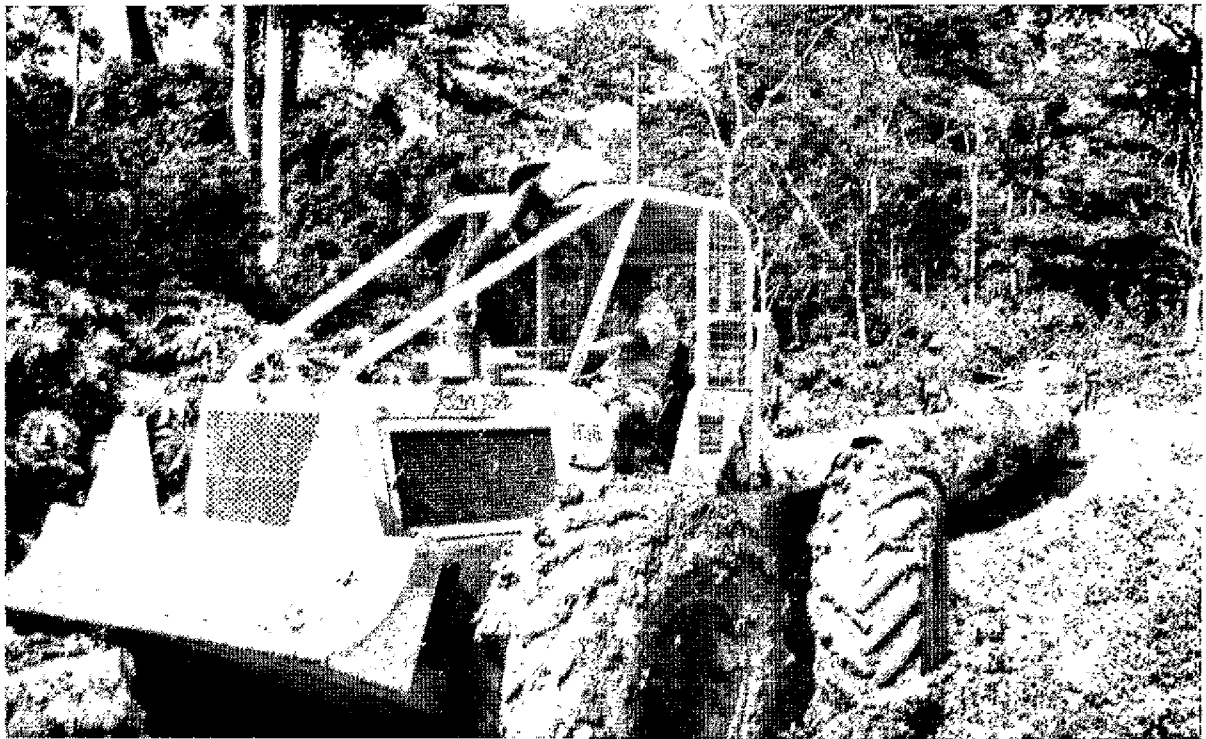
Choix du conducteur : ses réactions ne doivent pas être celles d'un conducteur de tracteur

à chenilles ; il doit être formé dans le but d'utiliser une machine rapide.

— **Préparation de la piste de débardage :** les pentes excessives à monter en charge et les devers sont à prohiber, s'il le faut au prix d'un allongement du parcours, lequel n'est pas gênant.

— **Charge utile du tracteur :** l'attention portée à la charge utile du tracteur est un moyen très efficace d'augmenter son rendement ; si les billes sont de petites dimensions, on a vu combien il est économique de perdre du temps à attacher deux billes au lieu d'une au câble du treuil. On a l'habitude de souligner que la surcharge coûte cher, mais la sous-charge coûte au moins autant.

Enfin, le tracteur à pneus n'est pas un engin isolé qui vient seulement s'ajouter au matériel du chantier, mais un engin que l'on doit intégrer dans



La Ranger Clark au cours d'une opération de débardage.

le schéma d'exploitation et auquel l'exploitation doit s'adapter. Les quelques réflexions développées

dans cette étude montrent l'importance des modifications à prévoir.

* * *

Nous avons indiqué en commençant que les engins à pneus de 130 Cv se sont développés de façon très inégale selon les régions : ce qui précède montre combien ils répondent à un besoin dans un pays au relief généralement accidenté comme le Gabon. Ailleurs la place qu'ils ont prise a été moins importante parce qu'ils y satisfont des besoins moins courants ou moins évidents : les considérations qui précèdent montrent pourquoi.

Des engins plus puissants font ou vont faire leur apparition ; peut-on s'imaginer ce que sera leur emploi ? Un certain nombre de réflexions découlent de ce qui précède.

— L'accroissement de puissance ira de pair avec un accroissement de poids : les performances en tous terrains ne risquent-elles pas de s'en ressentir quels que soient les pneus choisis ? Nous avons déjà vu qu'un engin de 97 Cv était plus maniable qu'un de 130.

— L'accroissement de puissance ira de pair avec un prix d'achat et un coût horaire plus élevés. Pour maintenir la compétitivité avec le matériel classique, il faudra une production horaire plus élevée. Or, on a vu qu'au débardage premier, les

engins à pneus ne sont pas tellement plus rapides que les chenillards, sur courte distance. A coût horaire égal, il faudra donc qu'ils tirent des charges plus élevées : celles-ci sont conditionnées par la forêt.

Pour le débardage long (ou le débardage second) un calcul analogue au calcul ci-dessus devra être refait en tenant compte des nouveaux paramètres.

Quant à l'allongement du débardage, il dépendra de la richesse de la forêt et du coût des épis routiers secondaires (économiques en terrain facile).

— La charge utile des engins de 130 Cv (7 t) est insuffisante dans bien des régions. Il est certain que des matériels plus puissants permettront la solution de problèmes aujourd'hui du ressort des seuls engins à chenilles.

Mais jusqu'où pourra aller, économiquement, la course à la puissance, au poids et au prix ?

— L'organisation la plus courante restera probablement à l'avenir l'association chenilles/pneus, les premières restant d'un prix de revient inférieur pour une partie plus ou moins grande des tâches.

Octobre 1969.