



Photo Estève.

Tirage d'une grosse bille.

DÉBARDAGE SECOND PAR TRACTEURS ARTICULÉS A PNEUS AU GABON

par J. ESTÈVE,
Ingénieur de Recherches au CTFT.

SUMMARY

LOG SKIDDING BY WHEEL SKIDDERS IN GABON

The difficulties of terrain and penetration encountered in the second forestry zone used to lead the forester either to build very costly secondary roads, or to skid timber over long distances by crawling tractors, also a costly solution and one which does not give a high yield.

The means of avoiding a long road system and also the disadvantages of lengthy conveying have been partly provided by the use of wheel skidders.

The rapid development of these machines revealed the need for a detailed study of these items of equipment. The first stage of this study was conducted during a two-month stay in Gabon early in 1967.

After a general description of the organization of forestry workings before and after the introduction of articulated tractors, the author defines the modality of the observations made and examines the breakdown of the working time of these machines and the related results.

The fourth section of the article deals with the analysis of the log skidding operation proper. The article ends with a graphic analysis of the time studies made; this analysis makes it possible to express, in the form of curves, the relationships existing between certain factors influencing the hourly production of log skidding, such as distance and payload. The final section is accompanied by the comparison of results obtained during secondary skidding using caterpillar tractors and rubber-tired skidding tractors.

RESUMEN

TRANSPORTE SECUNDARIO MEDIANTE TRACTORES ARTICULADOS DE NEUMATICOS EN EL GABON

Las dificultades derivadas del terreno y de penetración con que se tropieza en la segunda zona forestal conduce a las empresas forestales, ya sea a construir carreteras secundarias muy costosas, o bien a transportar por arrastre sobre largas distancias mediante tractor de orugas, solución que también es costosa y de mal rendimiento.

El medio de evitarla obligación de un largo kilometraje por carretera, al mismo tiempo que se evitan las desventajas de un arrastre largo, ha consistido, en parte, en utilizar el tractor articulado de neumáticos.

El rápido desarrollo de estos equipos nos ha demostrado la necesidad de un estudio detallado de este equipo. La primera fase de este estudio ha sido realizada durante el transcurso de una estancia de dos meses, efectuada en el Gabón a principios de 1967.

Después de una descripción general de la organización de las explotaciones forestales, antes y después de la aparición del tractor articulado, el autor define la modalidad de las observaciones efectuadas, y, acto seguido, examina el desglose del tiempo de trabajo de los tractores, así como los resultados que se obtienen en la práctica.

El cuarto inciso se refiere al análisis de la operación de arrastre secundario propiamente dicha. El artículo finaliza por el análisis gráfico de los cronometrajes efectuados, análisis que nos permite trazar en forma de curvas las relaciones que existen entre ciertos factores que tienen influencia sobre la producción horaria del transporte secundario, como, por ejemplo la distancia y la carga útil. Esta última parte está acompañada de la comparación de los resultados obtenidos durante el transporte secundario por los tractores de orugas y los tractores articulados de neumáticos.

INTRODUCTION

Jusqu'à l'année dernière, l'obligation de circuler en terrain varié, la nécessité de pouvoir développer des efforts de traction très élevés et la polyvalence d'emploi, avaient fait du tracteur à chenilles le maître incontesté du débardage au Gabon, comme dans bien d'autres pays.

L'emploi de ces engins a lui-même évolué en fonction de l'évolution de l'exploitation forestière. Aux chenillards de 140 à 160 CV très puissants utilisés pour le débardage en première zone, l'accès à la seconde zone forestière a fait préférer à plusieurs reprises les modèles de 120 CV, plus maniables.

Cependant les difficultés de terrain et de pénétration rencontrées en seconde zone conduisaient le forestier, soit à construire des routes secondaires très coûteuses, soit à débarder sur de longues distances, solution également onéreuse et d'un mauvais rendement. Le moyen de se libérer de l'obligation d'un long kilométrage routier tout en évitant les désavantages d'un débardage long restait à trouver.

Diverses techniques ont été essayées par les sociétés forestières mais aucune n'avait vraiment recueilli l'unanimité, lorsqu'est apparu le tracteur articulé sur pneus.

Ces tracteurs n'étaient pas inconnus aux forestiers gabonais puisqu'à partir de 1958 plusieurs exploitations utilisaient déjà des engins de ce type mais beaucoup plus lourds et beaucoup plus puissants (poids d'au moins 19 t pour une puissance de plus de 200 CV).

Cependant, les exigences de ces machines quant aux caractéristiques du terrain sur lequel elles

évoluaient, leur prix de revient et leur difficulté d'entretien en avaient grandement limité la diffusion.

Aussi est-ce avec scepticisme et grande prudence qu'ont été accueillis début 1966, les premiers tracteurs de marque « Timberjack » d'une puissance de 97 CV et d'un poids de 5,5 t. A peine un an et demi plus tard, le bilan est d'une trentaine d'engins vendus et l'apparition de trois nouvelles marques sur le marché.

Ce développement rapide et certainement irréversible nous a prouvé la nécessité d'une étude détaillée de ce matériel. La première phase de cette étude a été réalisée au cours d'un séjour effectué au Gabon début 1967. Ce travail a pu être mené à bien grâce à l'obligeance de trois sociétés qui ont bien voulu nous accueillir sur leurs chantiers. Nous tenons à les remercier ici de l'aide qu'elles nous ont apportée.

Notre travail a consisté en une série de chronométrages détaillés de même type que ceux utilisés pour l'étude des chenillards. Le plan de cet article diffèrera donc peu de celui de « Débardage par tracteur à chenilles en seconde zone au Gabon (1) ».

Le tracteur articulé est un nouveau maillon dans la chaîne de l'exploitation. Examinons donc son influence sur cette dernière et les modifications qu'il y a introduites.

Dans cette étude, le bois débardé est de l'okoumé dont la densité est comptée habituellement à 0,6.

(1) *Bois et Forêts des Tropiques* n° 113 de mai-juin 1967.

ORGANISATION DE L'EXPLOITATION

Le relief des permis a toujours commandé les méthodes d'exploitation mises en œuvre (fig. 1).

En terrain facile, le schéma était le suivant : à partir de la route principale d'évacuation, on ouvrait un épi secondaire permettant aux camions grumiers d'aller chercher les billes en brousse. Les tracteurs à chenilles débusquaient les pieds en forêt, les amenaient sur un parc principal situé à une distance moyenne de 500 à 600 m où ils étaient tronçonnés. Les billes étaient alors chargées sur camion et transportées vers le débarcadère.

Ce processus classique a souvent dû être modifié lors de l'accession à la seconde zone, notamment dans les Monts de Cristal. Le relief tourmenté et la pénétration plus malaisée rendaient la construction d'épis secondaires très onéreuse et techniquement plus difficile, voire même impossible dans certains endroits.

Ceci s'est traduit dans tous les cas par un allongement des distances de débarquement. Ce dernier a alors été scindé en deux parties ;

— un débarquement « premier » sur courte distance, amenant les pieds à un parc intermédiaire situé en brousse où ils étaient tronçonnés ;

— un débarquement « second » au chenillard effectué sur des distances souvent supérieures à 1 km emmenant les billes façonnées jusqu'au parc principal en bord de route où elles étaient chargées sur camion.

Sur certains terrains ce schéma n'était même plus concevable car il aurait fallu faire franchir à chaque voyage aux chenillards des dénivellations importantes qui auraient ôté toute rentabilité à l'exploitation. Dans ces régions on a eu recours au téléphérique (1).

Qu'il s'agisse du débarquement long au chenillard ou de l'emploi du téléphérique, aucune de ces méthodes ne donnait satisfaction.

La première, parce que le tracteur à chenilles est un engin lent et coûteux. L'allongement des distances nuisait donc fortement à son rendement et grevait de façon importante le prix de revient du débarquement.

La seconde, parce que le téléphérique entraîne des charges d'installation élevées qu'il faut répartir sur un gros tonnage. La réalisation de ce tonnage réclame une alimentation en continu du téléphérique. La pauvreté de la forêt et la lenteur des chenillards ne le permettent pas et souvent la descente des billes est arrêtée par manque de bois sur parc.

C'est alors qu'est apparu le tracteur articulé sur pneus. Il ne vient ni bouleverser les techniques d'exploitation, ni remplacer la chenille. Son originalité est de pouvoir la compléter dans les cas où elle semble mal adaptée, c'est-à-dire le débarquement sur longue distance. Ce n'est pas un débusqueur

(1) *Bois et Forêts des Tropiques* n° 114 juillet-août 1967.

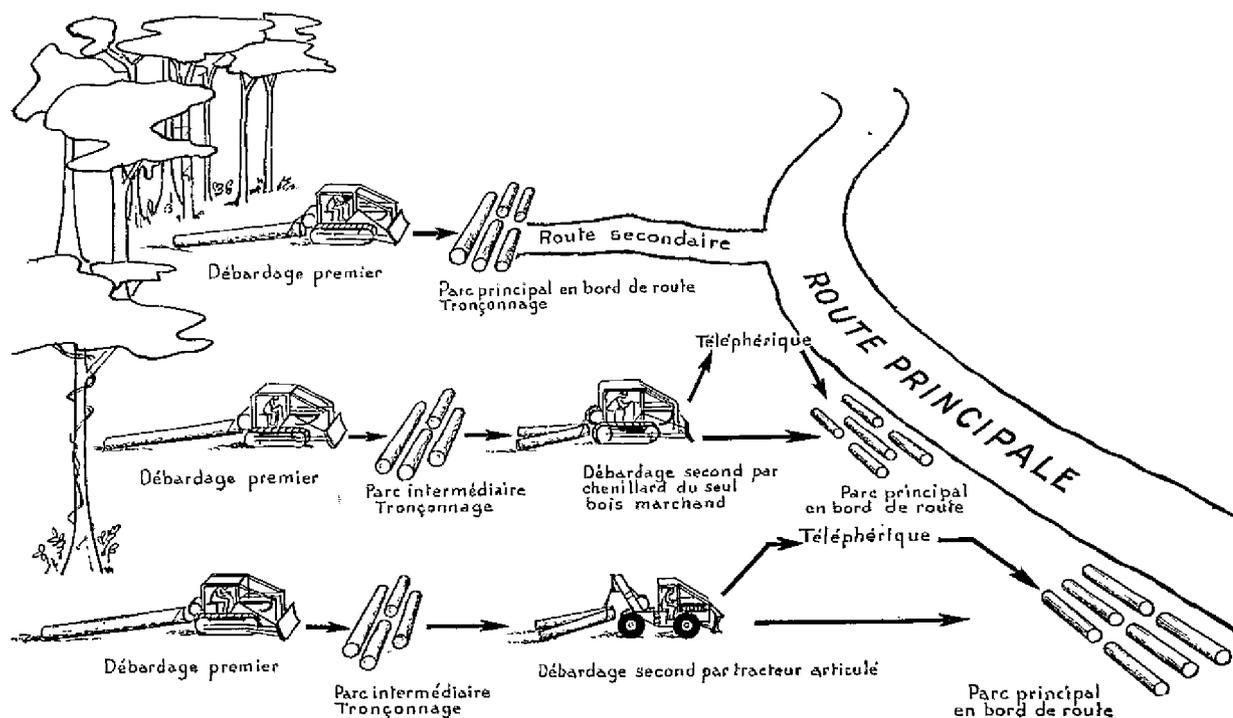


Fig 1. Schémas d'exploitation

mais un transporteur (1). Le tracteur articulé n'a ni la maniabilité en tous terrains, ni la capacité de traction que possède le tracteur à chenilles, mais à la lenteur et au prix de revient élevé de ce dernier, il oppose la vitesse et un prix de revient moindre.

Le nouveau schéma d'exploitation dans les terrains difficiles de seconde zone peut donc être ainsi envisagé :

— le débusquage et un débardage sur distance courte (100 à 200 m) des arbres complets sont effectués au tracteur à chenilles jusqu'à un parc intermédiaire ;

— les *pièds* sont alors tronçonnés en billes marchandes qui sont reprises par le tracteur articulé

et transportées par ce dernier sur des distances de l'ordre de 1.000 à 2.000 m jusqu'au parc principal situé en bordure de route (ou au parc de chargement d'un téléphérique si l'emploi de celui-ci s'avère indispensable) où elles seront chargées sur camion grumier.

Le transport par tracteur articulé doit s'effectuer sur pistes appropriées sur les caractéristiques desquelles nous reviendrons plus tard, mais il est important de signaler qu'en aucun cas ces pistes ne doivent rester *statiques*. Si l'avancement de la piste du tracteur articulé ne suit pas la progression du débardage, on perd une grande part de l'intérêt de cet engin.

ÉTUDE DU DÉBARDAGE

TYPE DE TRACTEURS

Les tracteurs de marque **TIMBERJACK**, modèle 230, d'une puissance de 97 CV, nous ont servi de base de travail puisqu'existants seuls au Gabon à l'époque où l'étude a été faite. Il semble bon de rappeler les principales caractéristiques de cet engin.

Il s'agit d'un tracteur sur pneus, de moyenne puissance, équipé d'un moteur Diesel de 97 CV et composé de deux demi-châssis reliés par une articulation autorisant leur mouvement relatif autour d'un axe perpendiculaire au plan du châssis, sous l'action d'un vérin à double effet. Cette articulation permet une marche en « reptation », facteur de maniabilité et d'adhérence.

Son poids mort est de 5.600 kg répartis à 64 % sur l'essieu avant (supportant moteur, transmission et bulldozer) et 36 % sur l'essieu arrière (supportant treuil et arche).

La transmission comprend une boîte à 4 vitesses synchronisées, un inverseur et une boîte de transfert à deux rapports. Les vitesses de marche sont comprises entre 2,5 et 30 km/h. Le mouvement est transmis à deux ponts avec différentiel puis aux roues par des réducteurs planétaires en bout d'arbre. Un blocage automatique du différentiel

existe toujours sur l'essieu arrière. Sur demande, cas pratiquement général, ce blocage est également monté sur l'essieu avant.

Le freinage hydraulique est monté sur la transmission ce qui le protège de l'eau et de la boue.

Plusieurs dimensions de pneus sont proposées par le fabricant mais seule la monte de 18,4 × 34 est utilisée au Gabon. Ces pneus procurent une surface de contact et une garde au sol importantes mais, relevant le centre de gravité, ils nuisent à la stabilité latérale de l'engin que l'on peut admettre limitée à une pente de 25 %.

Les équipements comprennent :

— un treuil à commandes hydrauliques, d'une puissance de 10 t. Situé derrière la boîte transfert il bénéficie de l'étagement des vitesses. Ce treuil peut être engagé et arrêté pendant la marche du tracteur ;

— une arche intégrée comportant 3 galets : 1 rouleau horizontal de grande dimension et 2 rouleaux de guidage verticaux ;

— une lame dozer à commande hydraulique. Cette lame très pratique pour tous les travaux de parc n'est pas conçue pour les travaux de terrassement.

MODALITÉS DES OBSERVATIONS

Toutes les observations sur lesquelles se base cet article, ont été effectuées sur trois chantiers dont deux situés dans les Monts de Cristal et le troisième sur la rive droite de l'Ogooué, près de N'Djolé.

(1) Cette affirmation est valable pour le cas de terrain très difficile, les modèles de tracteurs articulés actuellement sur le marché ne possédant pas la puissance nécessaire pour *débusquer les pièds à partir de la souche*. L'apparition de modèles 130 CV, la présence de terrains faciles et un tronçonnage au pied s'il y a lieu, pourraient nous amener à rectifier notre position dans un avenir proche.

Les différents chronométrages se sont déroulés pendant une période allant du 1^{er} février au 20 mars 1967. Ils ont porté sur 190 rotations totalisant environ 150 h chrono pour l'ensemble des tracteurs testés.

Nous avons également complété les chiffres que nous possédions sur le débardage second effectué par tracteur à chenilles de type D6 C et D7 E. Les résultats obtenus pour ces engins ayant confirmé ceux fournis dans une précédente étude (*Bois et Forêts des Tropiques*, n° 113), nous ne les repren-



Flottage au Gabon.

Photo Estève.

drons pas dans la quatrième partie de cet article. Ils n'apparaîtront que dans les résultats de l'opération débardage proprement dite, à titre de comparaison avec les rendements obtenus par les Timberjacks.

Comme lors de l'étude du débardage par tracteur à chenilles, les chronométreurs avaient chacun pour tâche de relever depuis le début du travail (moment où les conducteurs arrivaient le matin près de leur engin) jusqu'à la fin du travail le soir :

— la durée de toutes les phases de chacune des rotations de débardage ainsi que tous les temps divers ;

— le volume des arbres débardés à chaque voyage ;

— les facteurs de terrain, de pente et de distance influant sur le débardage.

Les chronométrages ont porté sur toute la durée du poste de travail journalier soit environ 8 h. Tous les temps ont été relevés au chronomètre ou à la montre-bracelet. Les 5 engins chronométrés étaient pratiquement neufs puisqu'arrivés sur les chantiers pendant l'année 1966.

Le tableau 1 indique approximativement (car les premiers compteurs installés sur les Timberjacks eurent quelques défaillances), les « âges » en heures d'utilisation, de ces tracteurs au 1^{er} février 1967.

TABLEAU 1

	Nombre d'heures d'utilisation
Chantier 1	507 h
Chantier 2	700 h 140 h
Chantier 3	310 h 710 h

PLUVIOMÉTRIE

La période d'étude qui nous concerne est située entre la fin de la petite saison sèche et le début de la saison des pluies.

Les deux chantiers où se sont déroulés la presque totalité des relevés étant situés dans les Monts de Cristal, nous ne donnerons les hauteurs d'eau enregistrées que pour cette région :

- en février : 164 mm.
- en mars : 594 mm.

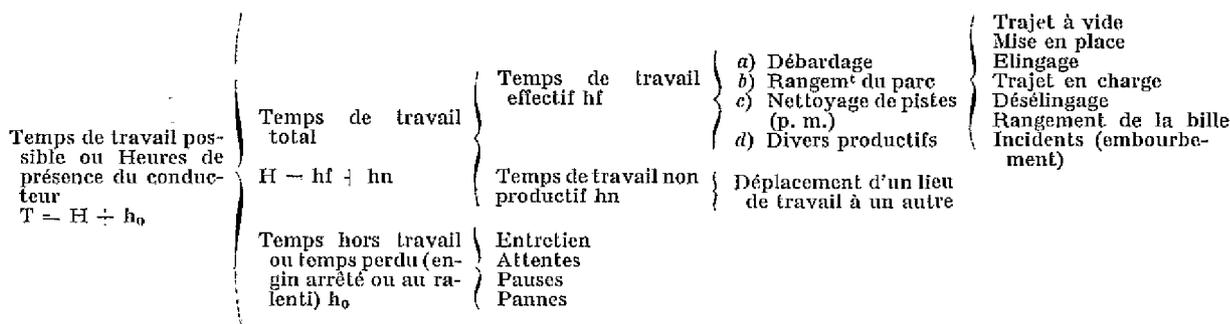
DÉCOMPOSITION DU TRAVAIL DES ENGIN — RÉSULTATS

Cette décomposition consiste à fractionner par opérations le temps de travail des engins. Elle est résumée dans le tableau 2.

Ce tableau 2 dérive directement du tableau établi pour le débardage par chenillard. Il nous semble cependant bon de le rappeler ici. Par contre,

pour toutes les définitions, sauf celles essentielles à la bonne compréhension du texte, les lecteurs pourront utilement se reporter à l'article sur « Le débardage par tracteurs à chenilles en seconde zone au Gabon » paru dans le n° 113 de *Bois et Forêts des Tropiques*.

TABLEAU 2



TEMPS DE TRAVAIL POSSIBLE — COEFFICIENT BRUT D'UTILISATION

Le temps de travail possible correspond au temps de présence du conducteur auprès de son engin. Le temps moyen pour l'ensemble des chantiers a été de 7 h 49 mn. Le tableau 3 montre le temps de travail possible moyen pour chacun des chantiers.

TABLEAU 3

	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée
Temps de travail possible	7 h 20'	8 h	8 h 39'	7 h 49'

- Ce temps peut être décomposé en deux phases :
- le temps de travail total (H) ;
 - le temps hors travail ou temps perdu (h₀).

Coefficient brut d'utilisation des engins.

C'est le rapport en pourcentage du temps de travail total (H) sur le temps de travail possible (T).

Coefficient brut d'utilisation =

$$\frac{\text{Temps de travail total}}{\text{Temps de travail possible}} \times 100 = \frac{H}{T} \times 100$$

Ce coefficient a été de 70 % pour deux des chantiers visités. Nous n'avons pas tenu compte du chantier 3 car de multiples causes d'attentes avaient rendu ce résultat aberrant.

Résultats et commentaires.

La décomposition en pourcentage du temps de travail possible a été la suivante (tableau 4) :

Si l'on veut étudier plus particulièrement les

TABLEAU 4

Décomposition en pourcentage du temps de travail possible

	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée (1)
H = Temps de travail total.....	67,6	73,6	38,8	70,1
h ₀ = Temps hors travail				
Entretien	4,2	4,5	8,0	4,3
Attentes	9,6	18,1	52,0	13,2
Pauses	1,1	2,2	1,2	1,6
Pannes	17,5	1,6	—	10,8
	100 %	100 %	100 %	100 %

TABLEAU 5

Décomposition du temps perdu en pourcentage

	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée (1)
Entretien	12,8	16,9	13,0	14,1
Attentes	29,7	68,5	85,0	42,0
Pauses	3,4	8,4	2,0	5,0
Pannes	54,1	6,2	—	38,9
Temps perdu	100 %	100 %	100 %	100 %

(1) Chantier 1 + chantier 2 seulement.

différentes causes de pertes de temps, on obtient les résultats donnés par le tableau 5.

Ces résultats appellent certains commentaires :

a) Les temps hors travail représentent environ 30 % de la journée de travail ce qui signifie qu'au cours d'un poste de 8 h, le temps de travail total de l'engin est d'environ 5 h 30'.

b) La principale cause de temps perdu réside dans les attentes qui à elles seules représentent 42 % de ce temps. Ce pourcentage élevé résulte de retards au tronçonnage sur parc, d'arrêts pour remise en forme de la piste Timberjack par les chenillards, d'arrêts pour laisser passer un engin. Le pourcentage constaté sur le chantier 3, doit être considéré comme anormal et provient des conditions d'exploitation du moment.

c) Les pauses représentent toujours un temps très faible et certainement sous-estimé sauf pour le chantier 2. On peut donc admettre qu'une certaine partie de ce temps est venue gonfler les attentes.

d) Le pourcentage de pannes est assez

élevé : près de 40 %. Ceci est dû à une panne de frein sur l'engin du chantier 1 qui explique d'ailleurs le mauvais coefficient d'utilisation brut enregistré sur ce chantier.



Piste en forêt.

Photo Estève.

TEMPS DE TRAVAIL TOTAL — COEFFICIENT D'UTILISATION EFFECTIVE

Le temps de travail total recouvre des travaux productifs et des travaux non productifs. On peut grossièrement assimiler les heures de travail total aux heures compteur indiquées par l'horomètre du tracteur.

Ainsi, par exemple, pour l'engin du chantier 1, nous avons constaté : Heures de travail total (Heures de travail — Heures hors travail) = 44 h 36'.

Heures compteur d'après l'horomètre du tracteur : 42 h 08'.

Soit une différence de 5,7 %.

Temps de travail effectif (hf).

Ce temps recouvre tous les travaux productifs exécutés par le tracteur. Ceci concerne principalement le débardage pendant lequel le tracteur tire les billes du parc secondaire au parc principal situé en bord de route.

Les autres travaux productifs peuvent être :

— le rangement des parcs : c'est le nettoyage des parcs secondaire et principal et le rangement des billes sur ceux-ci,

— le terrassement de la piste de débardage : qui n'est cité ici que pour mémoire car à part quelques coups de pelle de nivellement ou un léger nettoyage, le Timberjack est incapable d'assumer un véritable terrassement,

— certains « incidents » de débardage dus à la nature du sol ou à l'état du terrain. Ce sont essentiellement les pertes de temps dues à l'embourbement des tracteurs mais qui n'en figurent pas moins dans le temps de travail effectif ;

— certains « divers » productifs tels que l'aide apportée à un engin ou à un véhicule embourbé.

Il est évident que toutes les rubriques ci-dessus ne seront pas forcément réunies au cours d'un même poste de travail.

Le temps de travail effectif permet la détermination d'un coefficient d'utilisation effective du tracteur. C'est le rapport en pourcentage du temps de travail effectif sur le temps de travail total.

$$\frac{\text{Temps de travail effectif (hf)} \times 100}{\text{Temps de travail total (H)}}$$

Sur les différents chantiers, ce coefficient a été le suivant :

Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée
97,4 %	99,9 %	96,3 %	98 %



Travaux non productifs.

Le principal travail non productif est le déplacement d'un lieu de travail à un autre.

Résultats et commentaires.

La décomposition du temps de travail total des tracteurs sur les différents chantiers nous est donnée par le tableau 6 :

Si l'on s'attache plus particulièrement au temps de travail effectif, l'on obtient les résultats résumés dans le tableau 7.

D'après les résultats précédents l'on constate que :

— le débardage représente 90 % du temps de travail effectif, c'est-à-dire la presque totalité de ce temps. Le temps

Saison des pluies

Photo Estève.

TABLEAU 6

Décomposition du temps de travail total en pourcentage

		Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée
Travail effectif hf	Débardage.....	87,1	89,8	87,5	87,9
	Rangement sur parc.....	6,4	8,1	0,8	6,3
	Terrassement de pistes.....	0,2	—	—	0,1
	Incidents productifs.....	—	0,4	—	0,1
	Divers productifs.....	3,7	1,6	8,0	3,6
Travaux non productifs hn	Déplacements sur route.....	2,6	0,1	,73	2,0
		100 %	100 %	100 %	100 %

TABLEAU 7

Décomposition du temps de travail effectif

		Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée
Travail effectif hf	Débardage.....	89,4	89,9	90,9	89,7
	Rangement sur parc.....	6,6	8,1	0,8	6,4
	Terrassement de pistes.....	0,2	—	—	0,1
	Incidents productifs.....	—	0,4	—	0,1
	Divers productifs.....	3,8	1,6	8,3	3,7
	100 %	100 %	100 %	100 %	

consacré aux autres travaux est donc plus réduit dans le cas du tracteur articulé que dans celui du tracteur à chenilles où le débardage ne représentait que 80 % du travail effectif ;

— le terrassement et le nettoyage de la piste n'existent vraiment que pour mémoire puisqu'ils ne figurent que sur un seul chantier et pour un pourcentage très faible de 0,2 %.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DE LA DÉCOMPOSITION DU TEMPS DE TRAVAIL DES TRACTEURS

Nous pouvons ramener tous les pourcentages précédemment déterminés en temps de travail possible. Ceci nous donne le tableau suivant :

Retour à vide

Photo Estève.



Temps de travail possible 100 %	Temps de travail total 70,1 %	Temps de travail effectif 68,7 %	Travaux non productifs 1,4 %	Débardage	61,6 %
				Rangement sur parc	4,4 %
	Temps hors travail 29,9 %				Terrassement de piste
				Incidents de débardage	0,1 %
				Divers productifs	2,5 %

RÉSULTATS DE L'OPÉRATION DÉBARDAGE PROPREMENT DITE

CONDITIONS DU DÉBARDAGE

Les mesures de débardage ont porté, comme nous l'avons signalé précédemment sur 190 rotations pour l'ensemble des 5 Timberjacks testés.

Nous avons d'autre part relevé environ 170 rotations de débardage second de tracteurs à chenilles de type D6 C et D7 E. Les résultats obtenus pour ces engins figureront conjointement avec ceux des Timberjacks de manière à rendre la comparaison possible.

Les mesures effectuées sur les Timberjacks concernent presque exclusivement les trois chantiers des chantiers 1 et 2, divers incidents ne nous ayant pas permis de recueillir un nombre suffisant de chronométrages sur le chantier 3. Les deux premiers chantiers étant situés dans les Monts de Cristal, le débardage s'est effectué sur des terrains très accidentés, avec de fortes pentes dépassant parfois 40 % et présentant des affleurements rocheux.

Les travaux s'étant déroulés entre la fin de la petite saison sèche et le début de la saison des pluies, le sol le plus souvent sec au cours du mois de février, est devenu mouillé ou très mouillé au cours du mois de mars.

La figure 2 représente le levé, implanté sur le fond de carte I. G. N., de deux pistes de Timberjack du chantier 1.

Ce levé effectué au clisimètre a permis de déterminer le profil en long de ces deux pistes tel qu'il apparaît sur les figures 3 et 4. Ces pistes ont été spécialement conçues pour le travail au Timberjack

et demandent plus d'attention qu'une piste principale de débardage au chenillard.

Leur tracé doit être repéré à l'avance par le forestier ou l'agent route et prévu de façon à comporter le minimum de montées en charge. L'un des atouts du tracteur articulé étant sa vitesse, le contournement d'un mamelon entraîne un allongement de la piste mais influe beaucoup moins sur le rendement que le passage direct obligeant la montée en charge de ce mamelon.

Par ailleurs, les pneus perdant toute adhérence sur le rocher dès que celui-ci est humide, il est important d'essayer de contourner les dalles rocheuses pouvant se trouver sur le tracé initial de la piste.

Le terrassement doit être conçu de manière à laisser le moins de pentes en devers possible et fournir un passage d'environ 4 m. Un ensoleillement et éventuellement la pose de buses en bois est souhaitable dans les mauvais passages et le long des points bas pour permettre un meilleur drainage de la chaussée et éviter une trop grande formation de poto-poto.

La charge moyenne par voyage de chacun des chantiers est donnée par le tableau 8.

Rappelons qu'il s'agit d'un tonnage marchand puisque les pieds débardés par les chenillards ont été tronçonnés sur parc secondaire avant le transport par les tracteurs articulés.

La plupart des chronométrages ont été relevés sur deux pistes différentes :

TABLEAU 8

Charge moyenne par rotation

	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée	D6 C	D7 E	Moyenne pondérée
Charge moyenne de rotation.....	3 t	2,7 t	2,8 t	2,9 t	3,7 t	4,2 t	3,8 t
Minimum	1 t	1 t	1,7 t		1,5 t	1,6 t	
Maximum	5,5 t	4,7 t	3,3 t		6,8 t	9,7 t	

PROFIL EN LONG DE LA PISTE TIMBERJACK N°1 CHANTIER 1

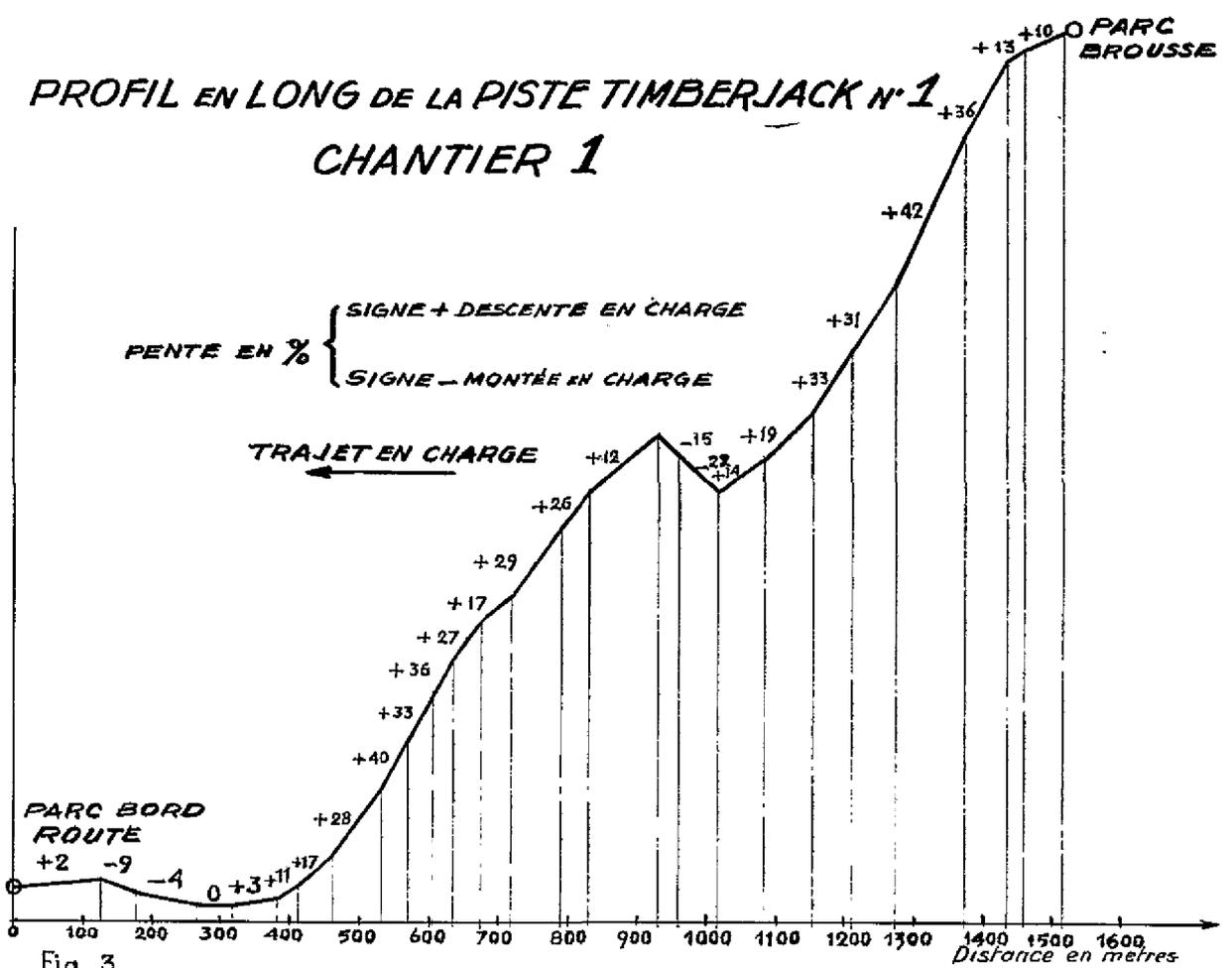


Fig. 3

PROFIL EN LONG DE LA PISTE TIMBERJACK N°1 CHANTIER 1

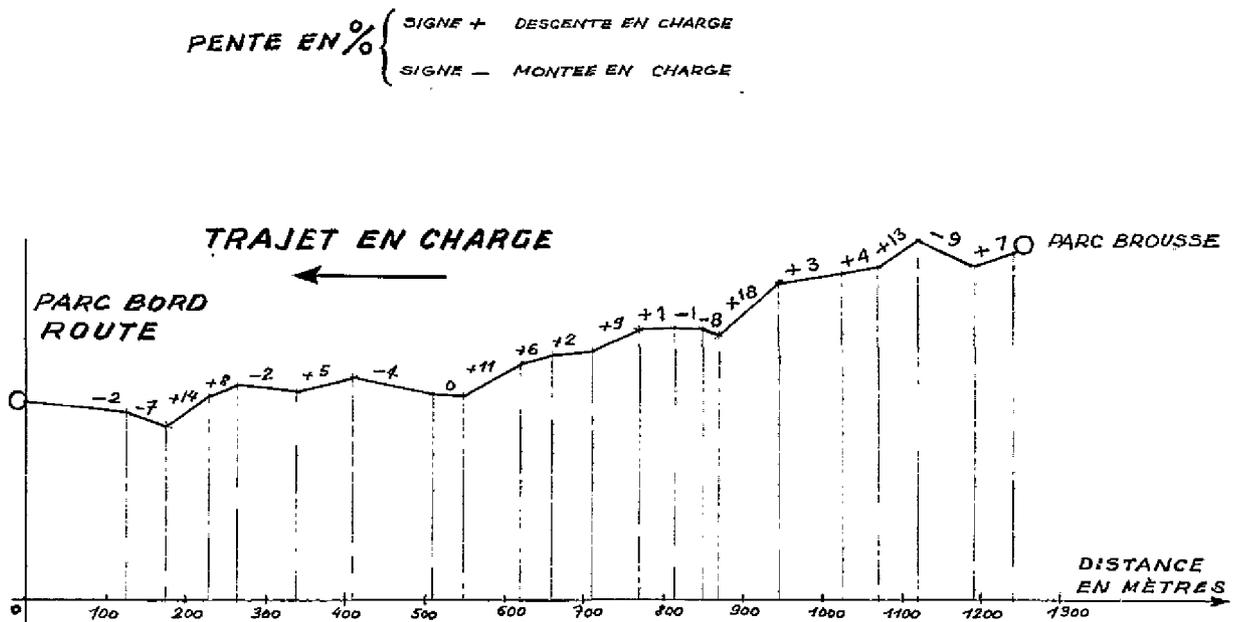


Fig. 4

TABLEAU 9

Temps moyen de rotation

	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée	D6 C	D7 E	Moyenne pondérée
Distance moyenne de rotation.	1.170 m	2.000 m	945 m	1.380 m	730 m	790 m	720 m
Durée moyenne de rotation. . . .	21'	35'	29'	28'	31'	38'	33'
Minimum	12'	19'	16'		11'	10'	
Maximum	31'	50'	51'		73'	76'	

TABLEAU 10

Rendement horaire moyen

	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée	D6 C	D7 E	Moyenne pondérée
Rendement horaire moyen.	8,7 t	4,6 t	5,1 t	7,1 t	7,1 t	6,6 t	7,0 t

— une piste de 1.250 m de long au relief facile mais comportant plusieurs points bas très boueux,

- - une piste de 2.000 m de long au relief très accidenté avec une forte proportion de descentes en charge.

La durée moyenne de rotation pour chacun des tracteurs est indiquée dans le tableau 9.

De la charge et de la durée moyenne par rotation nous pouvons déduire le rendement horaire moyen des tracteurs, exprimé par le tableau 10.

Bien entendu, ce rendement horaire est purement théorique puisqu'il ne tient strictement compte que des temps débarbage à l'exclusion de tous les autres temps productifs ainsi que des temps perdus. A titre d'exemple, le « rendement horaire compteur » sur les chantiers 1 et 2 pendant la période d'étude a été respectivement de 6,7 t et de 4,1 t pour les Timberjacks soit environ 37 t et 23 t par poste de travail de 8 h. Le rendement horaire des D6 C ayant été de 3 t soit environ 17 t par poste de travail, il faut cependant signaler que ce faible rendement est en partie la conséquence du plus grand pourcentage de temps de travail effectif consacré par les chenillards aux

Jeunes okoumés.

Photo Lepitre.



autres travaux productifs. Nous pouvons d'ailleurs essayer de retrouver sur le chantier 1 ce rendement compteur à partir des données précédemment déterminées :

— l'engin étudié, utilisé 8 h par jour, fournit environ 5 h 25' de travail effectif, *c'est-à-dire pratiquement d'heures compteur* ;

DÉCOMPOSITION D'UNE ROTATION DE DÉBARDAGE

Par rapport à la rotation de débardage premier d'un tracteur à chenilles, la rotation de débardage second d'un tracteur articulé ou d'un chenillard est plus simplifiée. On peut la décomposer comme suit :

ALLER A VIDE.

C'est le temps mis pour parcourir la distance comprise entre le parc principal de chargement des camions situé en bord de route et le parc intermédiaire de tronçonnage.

La moyenne des chronométrages donne :

• Pour le Timberjack : 8' pour un parcours moyen de 1.400 m soit une vitesse apparente de 10,5 km/h.

Selon les distances et l'état de la piste, cette durée a varié entre 3 et 24' comme l'exprime le tableau 11 :

TABLEAU 11

Distance	Temps de trajet à vide
650 m	3 à 8'
1.250 m	5 à 14'
2.000 m	10 à 24'

• Pour les tracteurs à chenilles : 10' sur une distance moyenne de 720 m, soit une vitesse apparente de 4,3 km/h.

— Mise en place du tracteur.

C'est le temps passé par le tracteur pour effectuer son demi-tour sur le parc de tronçonnage et présenter son arrière à la bille devant être transportée. Cette phase de débardage nécessite en moyenne 20' pour le Timberjack et 1' 10" pour les tracteurs à chenilles.

— Élingage de la bille ou des billes.

C'est la mise en place du câble ou de l'élingue autour de la bille à transporter. Elle peut se décomposer en trois opérations élémentaires : dévidage du câble du treuil, passage de ce câble autour de la bille, mise en place du crochet.

Le temps moyen nécessaire à l'ensemble de ces opérations qui varie en fonction du nombre de

— le temps consacré au débardage est d'environ 4 h 35' avec une production moyenne de l'ordre de 8,65 t à l'heure. La production journalière globale de l'engin est donc d'environ 39 t pour un temps de travail effectif de 5 h 25', soit une production horaire d'environ 7 t. Cette donnée théorique s'écarte donc assez peu du rendement horaire de 6,7 t constaté en pratique.

billes élinguées (au maximum deux) a été de 4' 40" pour les Timberjacks et de 4' pour les chenillards.

— Retour en charge.

C'est le temps de trajet entre le parc secondaire de tronçonnage et le parc principal.

• *Timberjack* : sur une distance moyenne de 1.400 m ce trajet a demandé 10' 10", soit une vitesse apparente d'un peu plus de 8 km/h. Suivant la distance et l'état du terrain ce temps a évolué entre 4 et 26' (tableau 12).

TABLEAU 12

Distance	Temps de trajet en charge
650 m	4 à 12'
1.250 m	5 à 26'
2.000 m	11 à 24'

• *Chenillards* : le retour en charge sur une distance moyenne de 720 m, a duré 15' 10" soit une vitesse apparente de l'ordre de 3 km/h.

— Désélingage et déchargement.

C'est essentiellement le désélingage de la bille après l'arrivée du tracteur sur le parc principal. Cette phase demande en moyenne 1' 30" pour les Timberjacks et pour les chenillards.

— Rangement.

Il s'agit ici du rangement de la bille ou des billes transportées à ne pas confondre avec le rangement et le nettoyage du parc. Ce rangement n'existe pas obligatoirement pour chacune des rotations. Il dure en moyenne une minute pour tous les engins.

— Incidents de débardage.

C'est le temps passé par les tracteurs pour se dégager lorsqu'ils sont embourbés ou pour dégager la piste de débardage si celle-ci est encombrée d'obstacles. Non productifs en eux-mêmes, ces temps principalement dus aux conditions topographiques et météorologiques doivent cependant être incorporés dans les rotations car ils influent sur le temps de trajet et par conséquent sur le rendement du tracteur. Leur incidence est en moyenne de 0' 20".

RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Les observations sur le terrain nous ont permis de chiffrer pour chaque chantier la part respective de chacune des phases de débardage de ses tracteurs. Cette décomposition en pourcentage est indiquée dans le tableau 13.

Rapportés à la durée de la rotation moyenne, ces pourcentages nous donnent le tableau 14.

Ces deux tableaux appellent les commentaires suivants :

— Les temps de trajet à vide et en charge représentent 70 à 75 % du temps de débardage aussi bien pour les chenillards que pour les Timberjacks. Mais pour ces derniers, les temps sont légèrement plus courts pour un trajet double.

Si l'on se rapporte au paragraphe précédent, les vitesses apparentes à vide et en charge sont les suivantes :

Vitesses	Timber-jack	Tracteurs à chenilles
Vitesse apparente à vide . . .	10,5 km/h	4,3 km/h
Vitesse apparente en charge.	8 km/h	3 km/h

Le temps de mise en place des chenillards est plus long que celui des Timberjacks. Cela provient de la maniabilité respective de ces deux types d'engins, qui est certainement supérieure pour le tracteur articulé.

Il n'existe pas de différence notable entre les deux types d'engins pour les autres phases de la rotation.

TABLEAU 13
Décomposition du débardage en %

	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée	D6 C	D7 E	Moyenne pondérée
Aller à vide	27,8	37,1	29,7	30,6	31,0	29,7	30,6
Mise en place du tracteur	1,8	1,1	1,2	1,5	4,8	1,9	3,8
Elingage	21,1	13,5	11,5	17,9	12,4	13,5	12,8
Retour en charge	36,3	43,4	41,7	38,9	44,5	49,0	46,0
Désélingage	5,2	4,5	11,1	5,7	4,8	3,8	4,4
Rangement	5,4	—	4,8	3,8	2,4	2,1	2,3
Incidents de débardage	2,4	0,4	—	1,6	0,1	—	0,1
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

TABLEAU 14
Décomposition du débardage en minutes

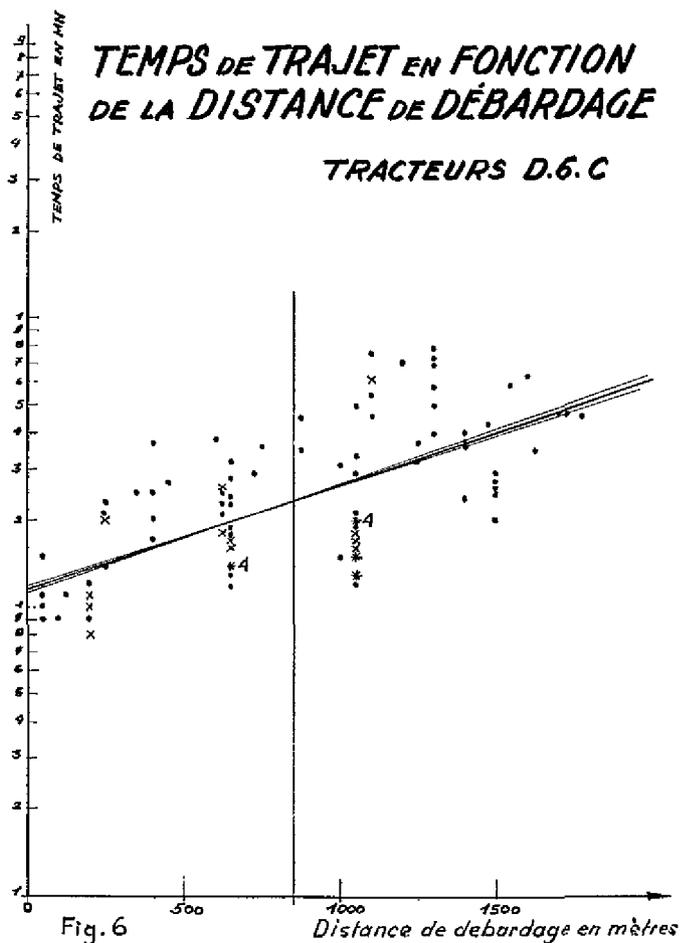
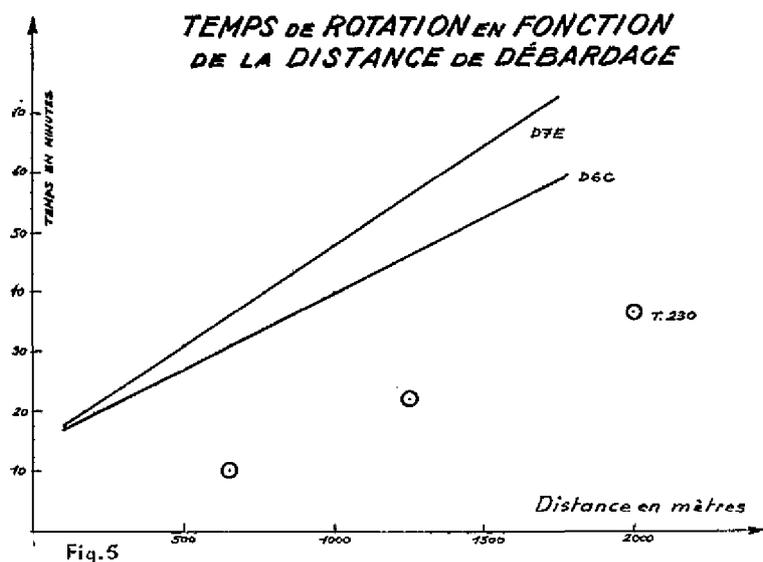
	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Moyenne pondérée	D6 C	D7 E	Moyenne pondérée
Aller à vide	5' 50	13'	8' 40	8'	9' 30	11' 20	10'
Mise en place du tracteur	0' 20	0' 20	0' 20	0' 20	1' 30	0' 40	1' 10
Elingage	4' 25	4' 40	3' 20	4' 40	3' 50	5' 10	4' 10
Retour en charge	7' 40	15' 10	12' 05	10' 10	13' 40	18' 40	15' 10
Désélingage	1' 05	1' 40	3' 10	1' 30	1' 30	1' 25	1' 30
Rangement	1' 10	—	1' 25	1'	0' 50	0' 45	0' 50
Incidents de débardage	0' 30	0' 10	—	0' 20	0' 10	—	0' 10
	21'	35'	29'	26'	31'	38'	33'

ANALYSE GRAPHIQUE DES RELEVÉS

Les chronométrages effectués sur les tracteurs articulés et sur les tracteurs à chenilles nous ont permis d'étudier les relations existant entre certains facteurs qui influent sur la production horaire du débardage second tels que : distance, charge utile. Les temps utilisés ne concernent que l'opération

débardage proprement dite à l'exclusion de tous les autres travaux productifs.

Ces résultats ont été traduits sous forme de courbes réunies sur un même graphique pour les chenillards et les articulés. Pour ces derniers, le nombre de pistes sur lesquelles se sont déroulés les



travaux, est malheureusement insuffisant pour nous permettre d'en déduire des courbes continues. La traduction des résultats a donc été faite sous forme de points représentatifs, relevés sur les chantiers 1 et 2.

Les courbes les plus intéressantes que nous vous présentons ci-après sont :

— variation du temps de rotation en fonction de la distance de débardage,

— variation des temps de trajet à vide et en charge en fonction de la distance de débardage.

— variation de la production horaire en fonction de la distance de débardage,

— variation de la production horaire en fonction de la charge utile du tracteur,

— variation du temps de trajet en charge en fonction de la charge utile du tracteur.

Ces courbes ont toutes été établies, sauf la quatrième, suivant la méthode semi-graphique de KEEN et PAGE appliquée sur papier millimétré ou semi-logarithmique selon les cas.

VARIATION DU TEMPS DE ROTATION EN FONCTION DE LA DISTANCE DE DÉBARDAGE

Cette relation est sujette à de nombreuses variations du fait du grand nombre de facteurs intervenant dans le temps de rotation t . Ce dernier est la somme de deux termes :

— un terme constant groupe les phases indépendantes de la distance de débardage c'est-à-dire : mise en place du tracteur, élingage, désélingage, rangement...

— un terme dépendant de la distance de débardage : D .

Le temps de rotation s'exprime donc sous la forme :

$$t = Cte + f(D)$$

La courbe représentative des engins, illustrée par la figure 5 a été établie directement sur papier millimétré pour les Timberjacks et les chenillards.

Les durées moyennes de rotation pour quelques distances types sont données par le tableau 15.

Le tracteur de type D7 E apparaît plus influencé par la distance que le tracteur de type D6 C.

TABLEAU 15

Distance en mètres	Durée moyenne de rotation en minutes		
	D6 C	D7 E	T 230
500	27'	31'	—
650	31'	36'	10'
1.000	40'	48'	—
1.250	46'	56'	22'
1.500	52'	65'	—
2.000	—	—	37'

VARIATION DU TOTAL : TEMPS DE TRAJET A VIDE + TEMPS DE TRAJET EN CHARGE EN FONCTION DE LA DISTANCE DE DÉBARDAGE

Pour l'étude de cette variation, nous ne nous intéressons plus qu'aux éléments directement dépendants de la distance, c'est-à-dire les temps de trajet. Les courbes relatives au tracteur à chenilles ont été établies d'abord sur papier semi-logarithmique (fig. 6) puis reportées sur papier millimétré (fig. 7). Quant aux Timberjacks, vu la difficulté d'obtenir une courbe avec le peu de distances dont on dispose, nous nous sommes contentés de calculer le temps moyen pour chacune des distances.

Le graphique général de la variation est donné par la figure 7. Il permet les remarques suivantes :

— L'ordonnée à l'origine devrait être nulle puisqu'à la distance 0 le temps de trajet est nul. L'ordonnée constatée provient du délai inhérent aux manœuvres du tracteur entre l'instant où celui-ci est considéré comme quittant le parc et celui où il le quitte réellement.

— Le tracteur D7 E semble avoir subi plus fortement l'influence de la distance tout au moins jusqu'à 1.500 m que le tracteur D6 C. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'au-delà d'une certaine distance, le tracteur D6 C perd l'avantage de sa vitesse légèrement supérieure à celle du D7. Mais nous ne possédons pas assez de points significatifs à cette distance pour aller plus loin dans ce sens.

VARIATION DE LA PRODUCTION HORAIRE EN FONCTION DE LA DISTANCE DE DÉBARDAGE

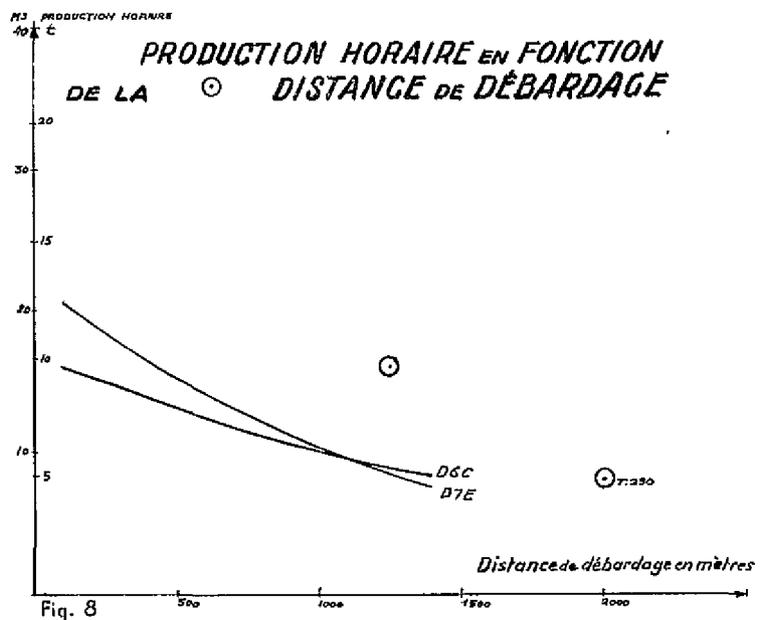
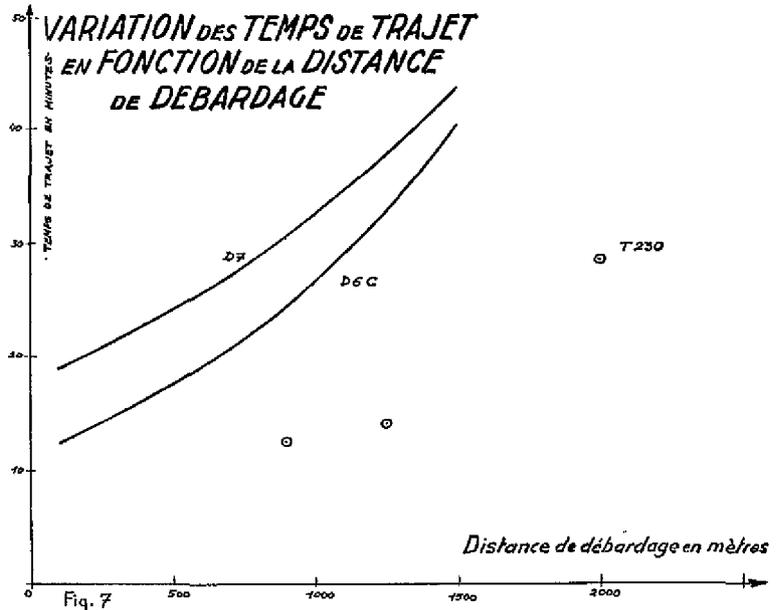
Le temps de rotation et les temps

de trajet sont des fonctions croissantes de la distance, la production horaire en sera donc une fonction décroissante. Plus la distance s'allonge, plus le rendement horaire diminue.

Les courbes représentatives de cette variation ont d'abord été calculées sur papier semi-logarithmique puis reportées sur papier millimétré. Elles se présentent par conséquent sous forme d'exponentielles résumées sur la figure 8.

Ce graphique appelle quelques remarques :

— la production horaire en ordonnée n'a qu'une valeur indicative puisque déterminée à partir des temps de débardage à l'exclusion de tous les autres



temps productifs et hors travail. C'est une production horaire théorique,

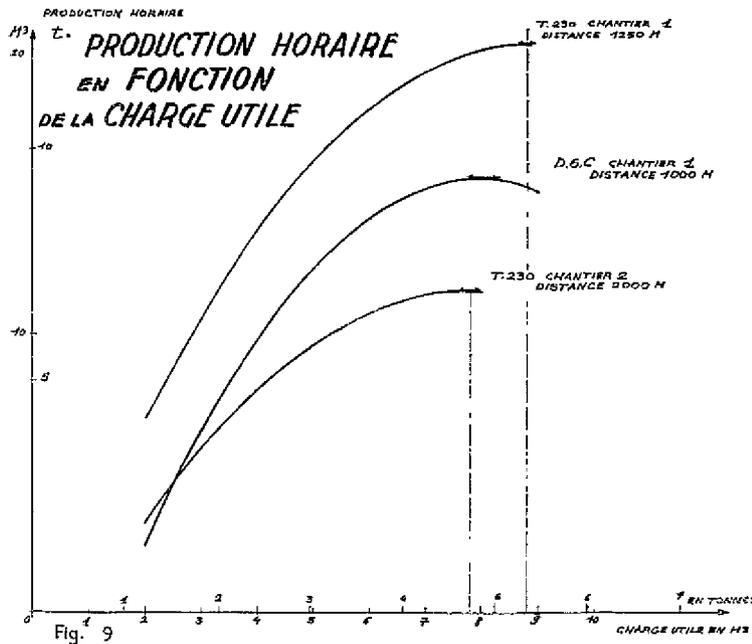
— les courbes des D6 C et D7 E sont bien groupées. Le D7 E possède sur courte distance un rendement supérieur au D6 C. Ceci n'est plus vrai à partir de 1.100 m et apparaît comme tout à fait logique, les courbes précédentes nous ayant montré la plus grande influence de la distance sur ce type de tracteur,

— le Timberjack a un rendement très élevé sur courte distance mais celui-ci semble décroître assez rapidement. Le rendement sur une distance de 2.000 m peut paraître faible par rapport à celui des D6 C et D7 E. Il ne faut pas oublier qu'il a été obtenu sur un chantier différent, dans des conditions plus difficiles que celles des autres Timberjacks.

Nous pouvons résumer quelques productions moyennes pour des distances types dans le tableau 16.

TABLEAU 16

Distance en mètres	Production horaire en m ³		
	D6 C	D7 E	T 230
500	13	15	—
650	12	13,5	36
1.000	10	10	—
1.250	8 à 9	8 à 9	16
1.500	8	7	—
2.000	—	—	7



VARIATION DE LA PRODUCTION HORAIRE EN FONCTION DE LA CHARGE UTILE

A distance constante, la production horaire d'un tracteur croît à mesure que la charge augmente, d'abord assez vite pour les faibles charges, puis de plus en plus lentement. La production passe par un maximum pour une charge optimale ; pour des charges plus élevées, la production décroît de plus en plus rapidement.

La courbe représentative a donc une forme concave vers l'axe des abscisses, caractérisée par la position de son maximum.

Le calcul des courbes a été effectué en deux temps :

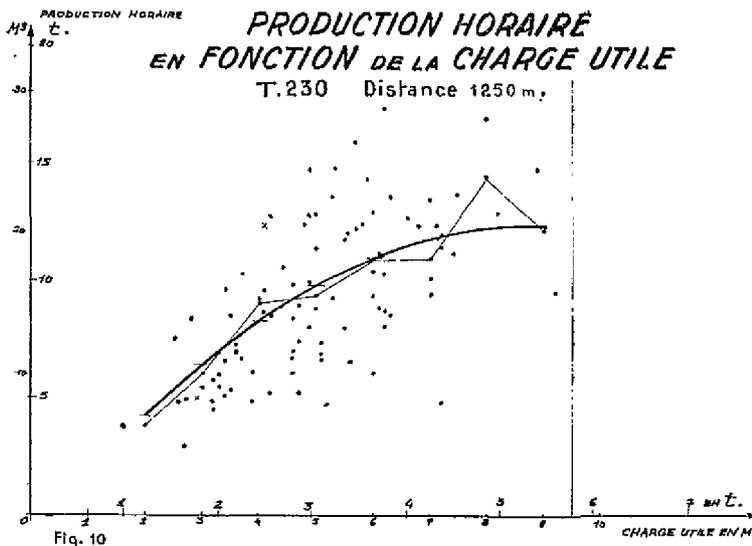
— Le graphique millimétré a été divisé par des parallèles à l'axe des ordonnées en classes régulières de charge utile variant de m³ en m³. Pour chacune de ces classes, on a calculé le point moyen représentatif de l'ensemble des points compris à l'intérieur de la classe. La jonction de ces points moyens deux à deux par une droite, forme une ligne brisée.

— A partir des sommets de cette ligne brisée, nous avons effectué un calcul de régression parabolique pour obtenir la courbe représentative de la production en fonction de la charge.

Nous ne présenterons ici que le graphique d'ensemble n° 9 et l'un des graphiques (n° 10) ayant permis d'effectuer le calcul pour les Timberjacks.

Ces courbes appellent les commentaires ci-dessous :

La mesure de cette relation ne peut se faire qu'à distance constante, c'est pourquoi n'ayant pas assez de points pour une même distance, nous n'avons pu établir la courbe du D7 E.



- Sur le chantier 1 et pour une distance de 1.250 m la charge optimale du Timberjack est comprise entre 8 et 9 m³, soit 4,5 et 5,5 t.

- Sur le chantier 2 et pour une distance de 2.000 m la charge optimale du Timberjack est comprise entre 7 et 8 m³, soit 4 et 5 t.

- Sur le chantier 1 et pour une distance de 1.000 m la charge optimale du D6 C est comprise entre 7,5 et 8,5 m³, soit 4,5 et 5 t.

La charge optimale du Timberjack du chantier 1 peut sembler élevée. Il ne faut pas perdre de vue que la charge optimale d'un tracteur est essentiellement fonction du terrain sur lequel il évolue. Cette charge pour un même tracteur sera totalement différente suivant qu'il travaille sur terrain plat ou sur terrain très accidenté. Or la relation précédente a été déterminée à partir d'une piste relativement facile (cf fig. 4) ce qui explique la charge optimale élevée.

On peut admettre que la charge optimale moyenne du Timberjack 230 doit se situer entre 4 et 5 t et est donc très voisine de celle du D6 C.

La charge moyenne des tracteurs par rotation a été de 2,9 t pour les Timberjacks et de 3,8 t pour les D6 C.

Au vu des charges optimales respectives des engins, on peut dire que seuls les D6 C ont été correctement employés, les Timberjacks ayant travaillé en sous-charge. Ceci apparaît d'ailleurs nettement sur le graphique n° 9 où le nombre de points situés à proximité de la charge optimale est très faible.



CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSION

Cette première étude sur l'emploi du tracteur articulé permet de nous poser quelques questions et de formuler un certain nombre de conclusions. Celles-ci ont d'ailleurs été plus ou moins exprimées dans le texte au fur et à mesure de l'exposé. Nous les reprendrons dans cette dernière partie.

L'introduction récente au Gabon du tracteur articulé sur pneus a permis d'améliorer le débardage sur longue distance dans les chantiers de 2^e zone. L'intérêt pour ces engins ne pourra vraisemblablement que s'amplifier dans un avenir proche grâce à une meilleure connaissance de ce type de matériel et en raison de l'arrivée de modèles plus puissants (130 CV) sur le marché.

Quels sont les principaux avantages ayant motivé le succès de ces tracteurs ?

Nous ne chiffrerons pas ici le gain réalisé sur le prix de revient de débardage, nous réservant d'en reparler dans une prochaine étude.

La juste appréciation de l'économie réalisée suppose de tenir compte des facteurs suivants :

- Economie réalisée sur le coût de construction des routes par la diminution de la densité du réseau routier secondaire qui entraîne une meilleure utilisation des grumiers puisqu'ils ont moins à circuler sur des pistes peu élaborées ;

- Meilleur rendement des chenillards utilisés sur distance plus réduite ; cela se traduit par une

augmentation de la productivité, de la durée des trains de chenilles et une amélioration de l'état des engins ;

— Meilleure présentation des billes qui peut influencer sur leur classement ;

— Au débit de la technique mettant en œuvre le tracteur à pneus, il faut mettre l'obligation de faire intervenir dans le chantier un type de matériel supplémentaire et de préparer au bulldozer des pistes suffisamment élaborées pour permettre sa circulation dans de bonnes conditions.

Au total on peut résumer ainsi l'intervention de ce nouveau matériel :

— si un débardage long se pratique déjà (Monts de Cristal) on peut en effectuer la plus grande partie avec des engins à pneus au lieu de le faire avec des engins à chenilles (et éventuellement un téléphérique),

— si le débardage est effectué sur les distances usuelles, le tracteur à pneus permet de réduire la densité du réseau routier en allongeant le débardage.

Mais toute médaille a son revers et il est bon d'examiner les inconvénients du tracteur articulé et les erreurs à éviter lors de son utilisation. Ce sont souvent des inconvénients dus non pas au matériel lui-même mais à la façon de l'employer.

Signalons, en premier lieu, le léger manque de puissance des engins actuels qui interdit leur utilisation en débusqueur et ne leur permet pas de débarder toutes les billes. Ceci devrait être compensé lors de l'apparition des modèles de 130 CV. Il est même possible de penser que, sur des terrains

faciles et moyennant une petite réorganisation du tronçonnage, ces tracteurs iront jusqu'au pied de l'arbre et remplaceront le chenillard.

Les avantages du tracteur articulé mais aussi ses exigences doivent conduire à repenser l'exécution du débardage. Les pistes doivent être mieux conçues et plus élaborées. Elles doivent évoluer en fonction de l'éloignement progressif du débardage premier, ce dernier devant être réduit à la plus courte distance possible de façon à *rentabiliser* au maximum l'utilisation des engins.

Avec une distance de débardage premier de 150 à 200 m maximum en moyenne, on peut évaluer les besoins à :

2 tracteurs à chenilles pour approvisionner un Timberjack débardant sur 1.000 m environ,

1 tracteur à chenilles pour approvisionner un Timberjack débardant sur 2.000 m environ.

Les résultats obtenus sur le chantier 2 viennent d'ailleurs confirmer cette hypothèse. Pendant la durée de l'expérimentation, les deux HD 11 travaillant sur 150 m ont eu une production de 22 t par jour et par engin et les deux Timberjacks 230 débardant sur 2.000 m ont eu une production de 25 t par jour et par engin.

Le coefficient brut d'utilisation des engins reste faible puisque de 70 % pour l'ensemble des chantiers, soit environ 30 % de temps hors travail. La cause principale en est les attentes et particulièrement les attentes de tronçonnage. Une meilleure organisation de l'opération débardage devrait permettre de réduire ces temps hors travail.

Plus gênant encore est le sous-emploi des engins. La charge optimale d'un Timberjack 230 se situe autour de 4 t à 4,5 t, or la charge moyenne par rotation n'est que de 2,9 t sur l'ensemble des trois chantiers. La même constatation est également valable pour les D6 C.

Nous pensons que l'incidence du coût de débardage sur le prix de revient des bois est suffisante pour que l'on attache de l'importance à cette sous-charge constante qui diminue de façon sensible la productivité du matériel. Une organisation plus soignée des parcs, une surveillance plus grande des chargements et l'introduction généralisée d'une prime au tonnage permettraient de pallier cette insuffisance.

Malgré les lacunes de cet article, inhérentes à une première étude d'un matériel nouveau, nous espérons qu'elle aura apporté au lecteur un certain nombre d'ordres de grandeurs que nous pourrions compléter avec l'expérience.

Passage de marigot.

Photo Estève.

