



Vue frontale du Timberjack 550.

Photo Estève.

ÉTUDE DE PRODUCTIVITÉ DU TRACTEUR TIMBERJACK 550 EN CÔTE D'IVOIRE

par J. ESTÈVE, J. VIVIEN et C. DOIN

*Division des Exploitations Forestières
du Centre Technique Forestier Tropical.*

SUMMARY

A STUDY OF THE PRODUCTIVITY OF THE TIMBERJACK 550 TRACTOR

This article deals with the mechanographic and chronometric study of logging in the Ivory Coast using a 185 HP pneumatically-tired articulated tractor recently introduced into Africa : the Timberjack 550.

The study revealed the efficacy of this machine on the site in question. Its production is high ; with an average load per trip of 8.6 tons, over an average logging distance of 300 metres, its real output is 13.9 tons of timber an hour when the tractor itself clears the way ; when the way is previously cleared by a crawler tractor, its output is 21.1 tons an hour.

These results once again highlight the considerable difference in yield between an articulated tractor working on tracks already cleared by a bulldozer and a tractor which conveys logs on a track it clears itself. The articulated tractor cannot be considered, whatever its size, as an earthmoving machine or as a simple deforesting machine. The design of these tractors, and their pneumatic tyres, set limits to them which must be allowed for if low yield and premature wear are to be avoided.

RESUMEN

ESTUDIO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRACTOR TIMBERJACK 550

Este artículo se deriva del estudio mecanográfico de cronometrados de operaciones de carga y descarga efectuadas en Costa de Marfil, en un tractor de neumáticos con bastidor articulado de 185 CV de potencia, introducido muy recientemente en África : el Timberjack 550.

Este estudio ha permitido comprobar la eficacia de este tractor en el tajo considerado. Efectivamente, su producción es elevada, ya que, con una carga media por viaje de 3,6 t sobre una distancia media de transporte de 300 m, alcanza un rendimiento efectivo en tonelaje de madera comercial por hora, indicado en el contador del tractor, de 13,9 toneladas por hora, cuando el Timberjack tiene que abrir por sí mismo la pista, y 21,1 toneladas por hora en pista previamente abierta mediante un vehículo de orugas.

Estos resultados hacen resaltar, una vez más, la importante diferencia de rendimiento que interviene entre un tractor articulado, que trabaja sobre pistas abiertas mediante topadora, y un tractor que transporta maderas en pista abierta por sus propios medios. El tractor articulado no puede ser considerado, sean cuales sean sus dimensiones, como una máquina de movimientos de tierra o, sencillamente, de tala forestal. El diseño de estos tractores y los neumáticos de que están dotados imponen sus límites, que es preciso tener en cuenta bajo pena de rendimientos incorrectos y desgaste prematuro del equipo.

L'article suivant résulte de l'étude mécanographique de chronométrages de débardage effectués en Côte-d'Ivoire, aux mois de janvier et de février

1972, sur un chantier forestier situé à 80 km au Nord-Ouest de Daloa.

MATÉRIEL ÉTUDIÉ

Pour une production mensuelle de 13.000 m³ en février 1972, le chantier considéré était équipé du matériel lourd suivant :

- 2 tracteurs à chenilles Caterpillar modèle D7 47 A ;
- 2 tracteurs à chenilles Caterpillar modèle D8 H ;
- 1 tracteur articulé sur pneus Timberjack modèle 550.

Un D7 47 A et un D8 H se consacraient presque uniquement au débardage. Les deux autres chenillardes étaient essentiellement employés à la construction des routes mais participaient éventuellement au débardage. Le Timberjack 550 n'était utilisé qu'à cette dernière opération.

Le Timberjack 550 objet de cette étude, fut introduit en Côte-d'Ivoire en début d'année 1972 et mis presque aussitôt en service sur le chantier. Son compteur marquait 105 h au début des chrono-

métrages. Il s'agit donc du premier engin de ce modèle observé en Afrique de l'Ouest.

C'est un tracteur sur pneus à chassis articulé équipé d'un moteur General Motors 6 V 53 N d'une puissance de 185 CV à 2.500 tr/mn.

La transmission se fait par convertisseur de couple et boîte powershift à 4 vitesses avant et arrière.

Les essieux avant et arrière du tracteur sont munis d'un blocage automatique de différentiel No Spin. L'oscillation de l'essieu avant est de 15°. La garde au sol est de 559 mm.

L'articulation centrale est assurée par 2 vérins autorisant un débattement latéral de 45° de part et d'autre de l'axe de l'engin.

Le tracteur est équipé d'un treuil Gearmatic 190 de 18 T à commande hydraulique.

La monte des pneus est le 30,5 × 32 — 12 plis. Le poids mort est de 12.250 kg.

MODALITÉ DES OBSERVATIONS

— La période d'observation s'est étendue du 28 janvier au 15 février 1972. Des pluies nocturnes importantes ont constitué une gêne pour le débardage, les matins du 2 et du 8 février.

— La zone dans laquelle se déroulait l'exploitation était essentiellement plate avec quelques pentes douces très localisées, toujours inférieures à 10 %. Le sol était composé d'argile brune avec présence de nombreux gisements de latérite.

Les conditions d'exploitation étaient donc favorables : terrain très facile et saison sèche.

On notait également la présence de plantations nombreuses le long des routes et éparées au cœur de la forêt.

Le chantier exploitait simultanément des zones d'où l'on tirait des bois rouges et du Bété et des zones donnant lieu à l'abattage d'Iroko et de Samba.

Dans les zones de bois rouges, le Timberjack 550

travaillait en parallèle avec les tracteurs à chenilles et débardait, après leur passage, les pieds de petit diamètre. Il effectuait un **débardage premier** c'est-à-dire qu'il se rendait à la souche et revenait chargé au parc bord route, mais cependant bénéficiait de pistes préalablement ouvertes par les chenillardes, soit pour débarder leurs propres bois, soit spécialement pour le débardage du Timberjack. En outre les tracteurs à chenilles assuraient plus d'une fois sur trois le débusquage à la pelle du bulldozer des pieds destinés au tracteur articulé. Le Timberjack circulait donc toujours sur des pistes déjà préparées sur la totalité de la distance de débardage et extrayait des billes se trouvant en position favorable pour l'élingage.

Les tracteurs à chenilles ouvraient les pistes directement en forêt sans « coupé bas » préalable.

Dans les zones à Iroko ou Samba, le Timberjack 550 travaillait seul et pénétrait directement en

brousse à partir de la route en ouvrant la piste par ses propres moyens. Il s'agissait dans ce cas d'un véritable débardage premier. En principe, il ne bénéficiait d'aucune ancienne piste de D7 ou D8 préexistante.

— Les relevés ont porté au total sur 300 pieds débardés en 299 rotations, correspondant à 92 h compteur du tracteur. La distinction entre les rotations avec ou sans ouverture de piste n'apparaîtra qu'au niveau de l'étude de la rotation de débardage proprement dite.

— Les chronométrages étaient effectués par un pointeur qui suivait le tracteur pendant toute la durée du poste de travail et notait tous les temps consacrés aux diverses opérations, le volume brut — c'est-à-dire le volume réellement débardé (avant tronçonnage) — l'essence, la longueur de la bille débardée et la distance de débardage.

DÉCOMPOSITION DES TEMPS DE TRAVAIL

Le temps de travail possible d'un engin au cours d'un poste de travail correspond au temps de présence du conducteur sur le terrain.

Une partie de ce temps est perdue pour des causes

diverses, une autre est utilisée à des tâches variées, la majorité enfin sert au débardage. Nous allons examiner la répartition de ces temps sur le chantier considéré.

Vue latérale du Timberjack.

Photo Estève.



TEMPS DE TRAVAIL POSSIBLE ET TEMPS DE TRAVAIL TOTAL

Le temps de travail possible ou temps moyen journalier de présence du conducteur a été de 9 h 21'. La décomposition de ce temps de travail possible pendant la période de chronométrage est la suivante (tableau 1) :

TABLEAU 1

Décomposition du temps de travail possible

	Durée	Pourcentages
Temps de travail total	7 h 02'	75,2 %
Temps hors travail	2 h 19'	24,8 %
Temps de travail possible ..	9 h 21'	100 %

Le coefficient brut d'utilisation, rapport du temps de travail total au temps de travail possible, est donc de 75,2 %. Ce chiffre est très conforme à la moyenne constatée précédemment sur d'autres chantiers.

RÉPARTITION DES TEMPS HORS TRAVAIL

D'après les résultats du coefficient brut d'utilisation, les temps perdus « hors travail » constituent 24,8 % du temps de travail possible. Leurs causes sont multiples : entretien, attentes, pauses, incidents mécaniques.

Examinons leur répartition entre ces différentes catégories dans le tableau 2.

TABLEAU 2

Répartition des temps hors travail

	Temps moyen journalier	Pourcentages
Entretien	42'	7,5 %
Attentes	23'	4,1 %
Pauses	51'	9,1 %
Incidents mécaniques	23'	4,1 %
Total des temps hors travail	2 h 19'	24,8 %

L'amplitude de tous ces temps hors travail est normale en dehors du chiffre un peu élevé « d'incidents mécaniques » sur un engin neuf. Il provient du remplacement, sur le terrain, de la garniture de frein du treuil. Rappelons que ce poste « incidents mécaniques » ne recouvre ni le gros entretien, ni les réparations importantes, s'il y en a, effectuées à l'atelier.

DÉCOMPOSITION DU TEMPS DE TRAVAIL TOTAL

Le temps de travail total est le temps réellement passé par l'engin à travailler. Il recouvre tous les travaux productifs et les travaux non productifs exécutés par le tracteur.

Le temps de travail effectif correspond à tous les travaux productifs c'est-à-dire essentiellement le débardage, le rangement des billes sur parc et divers autres travaux. Les travaux non productifs sont principalement constitués par les déplacements du tracteur d'un parc à un autre ou d'une zone d'exploitation à une autre.

La décomposition en pourcentage entre ces différents temps, pendant la période de chronométrage, figure dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Décomposition du temps de travail total

	Temps de travail total	Temps de travail effectif				Temps de travail non productif		
		Débardage	Rangement sur parc	Terrassement de pistes	Total	Déplacement sur route	Divers	Total
Répartition par rapport au temps de travail possible ...	75,2 %	59,7	0,4	2,7	62,8	10,3	2,1	12,4
Répartition par rapport au temps de travail total	100 %	79,4	0,5	3,6	83,5	13,7	2,8	16,5

Notons par ailleurs que le temps de travail total correspond approximativement au temps horomètre relevé sur le tracteur. En effet, le temps chronométré a été de 91 h 32' pour 91 h 12' au compteur du tracteur.

Le temps consacré aux travaux non productifs apparaît élevé puisqu'il représente 12,4 % du temps de travail possible soit environ 1 h 10' par poste de travail. La raison en est le déplacement trop fréquent du tracteur d'une zone d'exploitation à une autre souvent éloignée de plusieurs kilomètres. Il en découle un coefficient d'utilisation effective de l'engin, rapport du temps de travail effectif au temps de travail total de 83,5 %. Ce coefficient est faible si on le compare à ceux relevés en moyenne sur les chantiers forestiers et qui évoluent entre 95 et 98 %.

RÉCAPITULATION DE LA DÉCOMPOSITION DU TEMPS DE TRAVAIL

Les pourcentages précédemment déterminés nous permettent de reconstituer l'utilisation du tracteur depuis le temps de travail possible jusqu'à l'opération de débardage proprement dite. Nous pouvons, par conséquent, déterminer à partir d'un poste de travail de durée connue, le temps dont dispose réellement le tracteur pour débarder.

La décomposition du temps de travail est la suivante :

Ainsi pour un poste de travail de 9 h 20', le temps de travail effectif est de 7 h et le temps réellement consacré au débardage de 5 h 34'.

Le potentiel de débardage de ce tracteur représente donc 60 % du temps passé sur le chantier, multiplié par le rendement horaire moyen.

Temps de travail possible 100 %	}	Temps de travail total 75,2 %	}	Temps de travail productif 62,8 %	}	Débardage 59,7 %	}	Rangement sur parc 0,4 %	}	Terrassement de pistes 2,7 %
		Temps hors travail 24,8 %		Temps de travail non productif .. 12,4 %		Déplacements sur routes ... 10,3 %				
						Divers improductifs 2,1 %				

ÉTUDE DE LA ROTATION DE DÉBARDAGE PROPREMENT DITE

CHRONOMÉTRAGES UTILISÉS POUR L'ÉTUDE

Comme nous l'avons indiqué précédemment, le tracteur Timberjack 550 pratiquait soit un débardage sur pistes préalablement ouvertes au bulldozer, soit un débardage avec ouverture de pistes par ses propres moyens.

Nous effectuerons donc deux analyses de la rotation de débardage, avec ou sans ouverture de pistes.

Nous avons pu relever à ce sujet :

— 37 rotations avec ouverture de pistes par le Timberjack lui-même,

— 262 rotations avec pistes ouvertes au bulldozer.

Cela correspond à 299 rotations pour chacune desquelles l'engin a sorti une bille ou un pied. On peut les répartir par essence de la manière suivante (tableau 4) :

TABLEAU 4

Répartition en % des charges débardées par essence

Essence	Pourcentage	Densité adoptée
Aboudikro	8,1 %	0,90
Acajou	4,5 %	0,75
Ako	0,3 %	0,80
Aniégré	0,6 %	0,95
Bété	52,9 %	0,95
Iroko	9,7 %	1,00
Kosipo	0,9 %	0,90
Koto	0,9 %	0,90
Samba	7,1 %	0,85
Sipo	14,8 %	0,80

La densité moyenne pondérée de ces charges a été de 0,89.

Pour faciliter les comparaisons, les charges débardées à chaque rotation ont été exprimées en



Timberjack au travail sur piste.

Photo Estève.

tonnes et non en mètres cubes dans la suite de l'étude.

Le profil moyen de la rotation de débardage peut s'expliquer comme suit.

Volume et charge moyens par rotation

Moyennes arithmétiques	Avec ouverture de pistes par Timberjack	Pistes ouvertes au bulldozer
Volume moyen ..	11,697 m ³	9,410 m ³
Charge moyenne ..	10,410 t	8,375 t
Minimum	4,2 t	4 t
Maximum	16 t	15 t

Nous constatons que la charge moyenne par rotation avec ouverture de piste est supérieure de 2 t à celle d'une rotation sur piste ouverte au bulldozer.

Cette différence est principalement due au fait que le tracteur pénètre avec ouverture de piste dans des zones de deuxième exploitation où il débardait à lui seul la totalité des bois et que ceux-ci présentaient généralement un plus fort diamètre que ceux issus de l'exploitation de première coupe (où les chenillardes sortaient les gros bois).

L'histogramme de la figure 1 traduit la répartition des charges par classe de tonnage pour les rotations sur piste ouverte au bulldozer. Nous y constatons que 80 % des charges sont comprises entre 4 et 11 t.

Nous n'avons pu dresser un histogramme de répartition des charges, pour l'autre type de rotation en raison d'un nombre trop faible de relevés.

Distance moyenne par rotation

	Avec ouverture de piste par Timberjack	Pistes ouvertes au bulldozer
Moyenne arithmétique	290 m	297 m
Minimum	50 m	50 m
Maximum	650 m	800 m

La distance moyenne de débardage, voisine de 300 m, est la même quelle que soit la nature du mode de débardage.

En réalité les rotations avec ouverture de pistes regroupent :

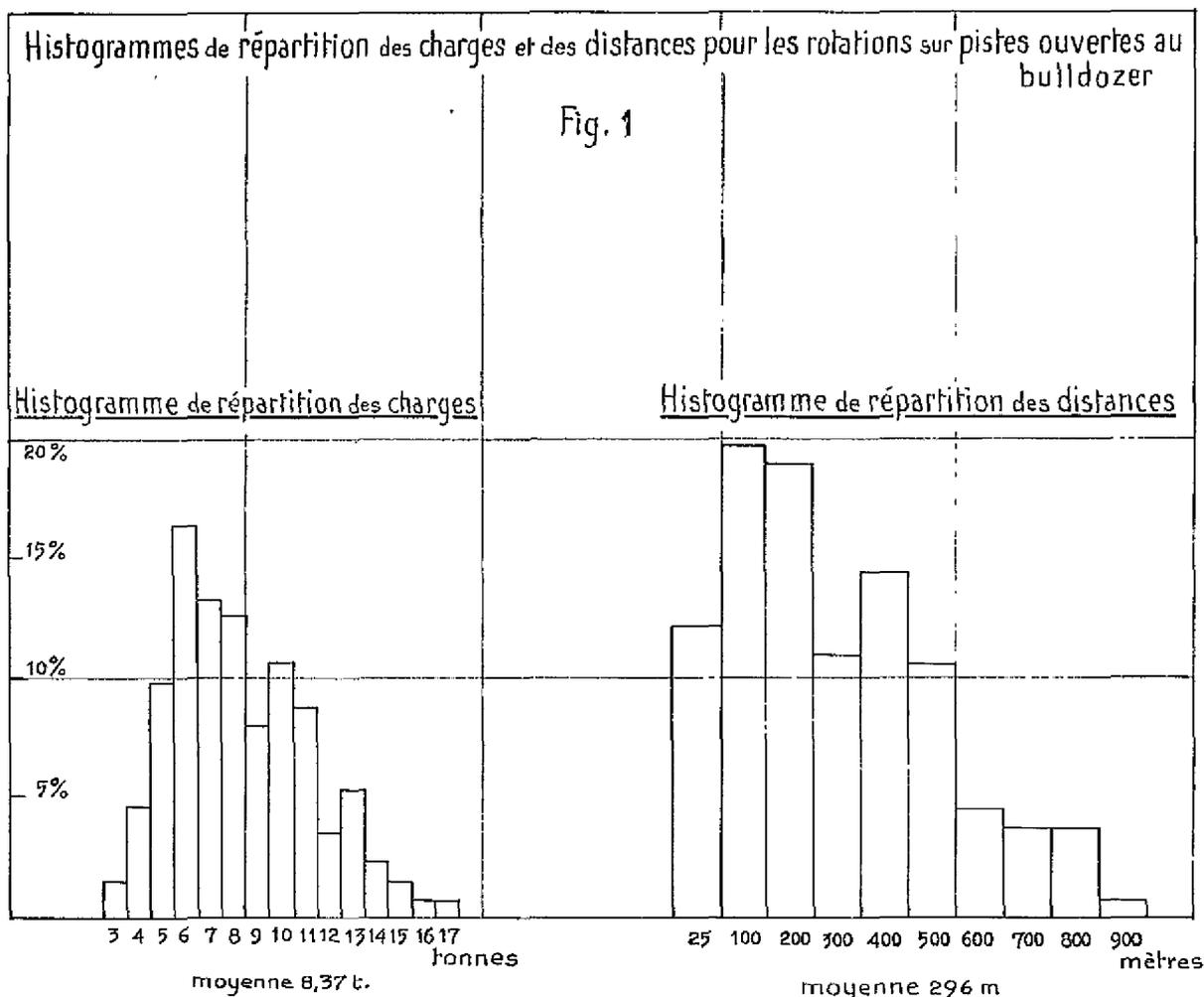
a) des voyages où le trajet à vide a été uniquement constitué par de l'ouverture de piste,

Rotations avec ouverture de pistes par le Timberjack				
	Nombre rotations	Longueur ouverture de piste	Longueur trajet sur piste ouverte	Distance de débardage totale
a) Rotations où la totalité de la piste était ouverte par le tracteur	14	137 m	--	137 m
b) Rotations avec trajet sur piste déjà ouverte puis ouverture de piste.....	20	110 m	290 m	400 m
Ensemble a + b	34	120 m	170 m	290 m

b) des voyages où le tracteur a débardé à la fois sur une portion de piste préalablement ouverte au cours d'une précédente rotation et sur une portion de piste qu'il vient d'ouvrir.

Ces rotations se répartissent conformément au tableau ci-dessus (statistique sur 34 rotations sur un total de 37).

Nous avons par ailleurs porté sur l'histogramme de la figure 1 concernant les rotations sans ouverture de piste par le Timberjack, la répartition des distances de débardage suivant les classes de distance. Les distances comprises entre 100 et 500 m représentent 75 % des rotations.



TEMPS MOYEN PAR ROTATION

Pour chacun des deux types de débardage les temps moyens de rotation ont été :

	Avec ouverture de pistes par Timberjack	Pistes ouvertes au bulldozer
Moyenne arithmétique	26' 36"	14' 06"
Minimum	11'	6'
Maximum	30'	40'

RENDEMENT HORAIRE MOYEN

La connaissance du temps moyen et de la charge moyenne par rotation nous permet de calculer un rendement horaire moyen à l'heure chronomètre. Bien entendu, ce rendement horaire est théorique puisqu'il ne concerne que des volumes bruts débardés et ne tient strictement compte que des temps de débardage à l'exclusion de tous les autres temps productifs. Il est donc surévalué par rapport au rendement généralement retenu par les exploitants, à savoir le quotient du tonnage de bois marchand sorti pendant un certain nombre d'heures d'engin par ce même nombre d'heures.

	Avec ouverture de pistes par Timberjack	Pistes ouvertes au bulldozer
Distance moyenne de rotation	290 m	297 m
Rendement horaire moyen	23,5 t/h	35,7 t/h

On constate d'après ce tableau que, quoique légèrement compensé par une charge par voyage plus élevée, le rendement horaire des rotations avec ouverture de piste est inférieur de 34 % au rendement du tracteur sur pistes ouvertes au bulldozer. A charge égale la différence serait d'environ 50 %.

DÉCOMPOSITION DE LA ROTATION DE DÉBARPAGE

Afin de mieux apprécier l'importance relative des diverses phases constituant la rotation moyenne de débardage, nous pouvons décomposer cette dernière de la façon suivante (tableau 5) :

Nous pouvons faire plusieurs remarques au sujet de cette décomposition :

— Avec ouverture de piste, le trajet aller dure en moyenne $2,2 + 7,5 = 9,7$ mn, il ne prend que 2,8 mn dans l'autre cas.

— Les temps d'ouverture de piste représentent 28 % de la durée de rotation.

— Le temps moyen consacré au débusquage de chaque pied est court puisque de l'ordre d'une minute quel que soit le type de rotations. Il faut rappeler qu'il était assuré plus d'une fois sur trois par les tracteurs à chenilles. Si on ne tient compte que des 184 rotations où le Timberjack 550 a exécuté lui-même cette opération, le temps de débusquage s'élève à 1,7 mn.

— L'ensemble des temps de trajet, c'est-à-dire les temps de trajet à vide, d'ouverture de piste et de trajet en charge, représentent 14,6 mn (ou 54,6 % du temps de la rotation) pour le débardage avec ouverture de piste et 6,4 mn (ou 44,3 %) pour le débardage avec pistes ouvertes au bulldozer.

— Par ailleurs, les temps correspondant aux phases indépendantes de la distance du débardage, sont très proches dans les deux cas, sauf en ce qui concerne l'élingage et la mise en place du tracteur (variation de 8,7 à 4,0 mn).

TABLEAU 5

Décomposition de la rotation moyenne de débardage. Moyennes arithmétiques

Phases de la rotation	Avec ouverture de pistes par Timberjack		Pistes ouvertes au bulldozer	
	Minutes et 1/10 de mn	Pourcentages	Minutes et 1/10 de mn	Pourcentages
Trajet à vide	2,2	8,3	2,8	19,2
Ouverture de piste	7,5	28,1	—	—
Mise en place du tracteur	5,9	22,1	2,1	15,5
Elingage	2,8	10,4	1,9	13,0
Débusquage	0,9	3,5	1,1	7,8
Trajet en charge	4,9	18,3	3,6	25,2
Désélingage	1,1	4,4	1,1	8,3
Rangement	0,9	3,6	1,1	8,1
Incidents	0,4	1,3	0,4	2,9
Temps moyen de rotation	26,6	100 %	14,1	100 %

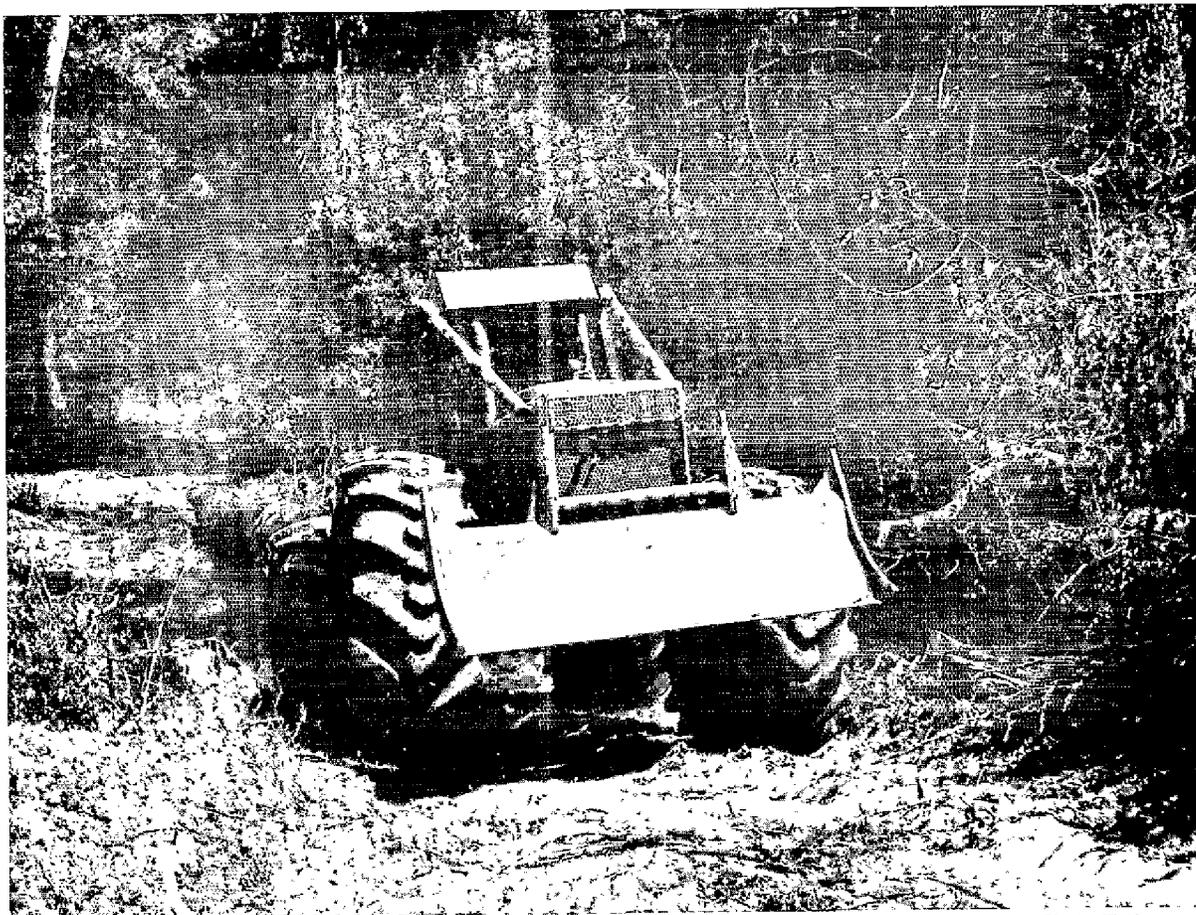


Photo Estève.

Débardage d'une grume.

Ces deux opérations sont évidemment facilitées lorsque la piste de débardage a été préalablement ouverte.

La connaissance des temps moyens d'ouverture de pistes, de trajet à vide et de trajet en charge ainsi que des distances de débardage qui s'y rapportent nous permet de calculer la vitesse apparente du tracteur sur ces différents trajets (tableau 6).

On constate que le fait de circuler sur des pistes qu'il a lui-même ouvertes ralentit nettement la progression du T 550 à vide et en charge. La pelle dont est équipé ce tracteur est surtout destinée aux manutentions, ce qui limite ses capacités d'ouverture de piste.

TABLEAU 6
Vitesses apparentes du tracteur

	Avec ouverture de pistes	Pistes ouvertes au bulldozer
Distance moyenne de rotation	289 m	296 m
Vitesse apparente à vide	4,65 km/h (1)	6,38 km/h
Vitesse apparente en ouverture de piste ..	1,00 km/h (2)	—
Vitesse apparente en charge	3,70 km/h	4,94 km/h

ANALYSE MÉCANOGRAPHIQUE DES RÉSULTATS DE DÉBARDAGE

Comme nous l'avons déjà souligné dans nos précédentes études chaque rotation de débardage se caractérise par le temps de rotation Z exprimé en minutes, la charge transportée X en tonnes et la distance de débardage Y en mètres. Bien que d'autres facteurs, mais difficiles à interpréter, inter-

viennent dans la variation, le temps de rotation est essentiellement fonction de X et de Y .

(1) Calculée à partir d'une longueur moyenne de parcours à vide de 170 m par rotation.

(2) Calculée à partir d'une longueur moyenne d'ouverture de piste de 120 m par rotation.



Tracteur effectuant un demi-tour pour se positionner par rapport au pied à débarder.

Le traitement mécanographique des relevés de terrain a consisté à effectuer un calcul de régression progressive multiple, nous permettant d'obtenir les familles de courbes, exprimant la variation du temps de rotation Z_1 ainsi que des temps de trajet Z_2 en fonction de X et de Y .

Les temps de rotation et les temps de trajet, fonctions de X et de Y sont explicités de la manière générale suivante :

$$Z = A + BX + CY + DX^2 + EY^2 + FXY$$

où A, B, C, D, E, F sont des coefficients déterminés pour chaque régression.

On constate qu'en fixant la valeur de l'un des paramètres, la formule précédente se ramène à une fonction du second degré du deuxième paramètre.

On peut ainsi étudier la variation

- en fonction de la distance, à charge constante ;
- en fonction de la charge, à distance constante.

D'autre part, la production horaire d'un engin, charge débarrassée en une heure, étant égale à $60 X/Z_1$, nous pouvons déduire des équations de temps de rotation, les courbes de variation de cette production horaire en fonction de X et de Y (production en volume brut à l'heure effectivement consacrée au débardage proprement dit).

Pour comparer plus aisément les résultats obtenus par le T. 550 pour les deux modes de débardage, à savoir avec ou sans ouverture de piste, nous présenterons les courbes de variation sur un même graphique.

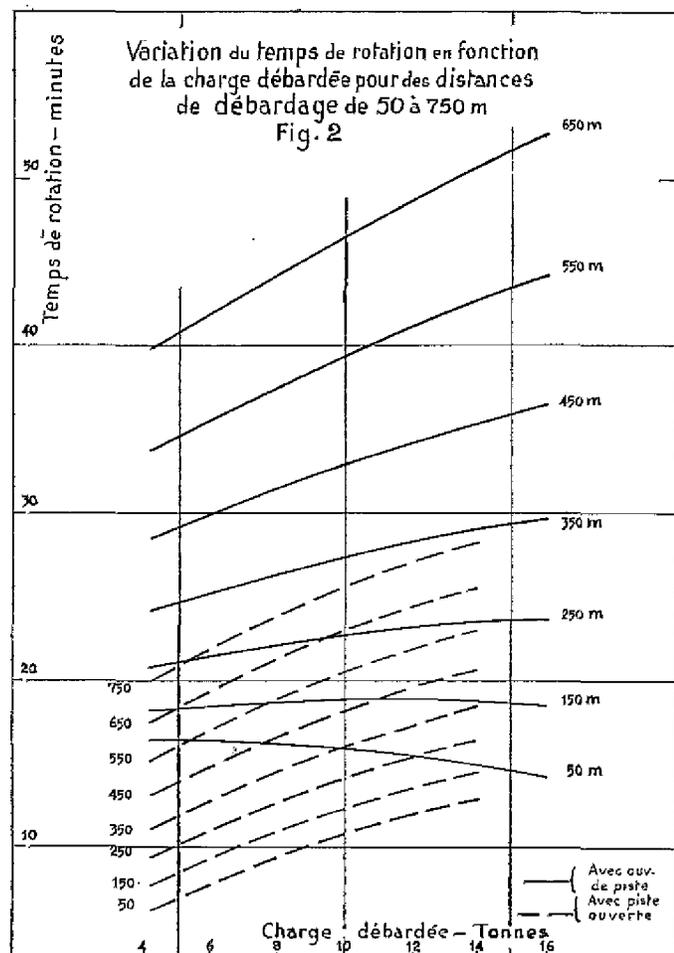
VARIATION DU TEMPS DE ROTATION EN FONCTION DE LA CHARGE ET DE LA DISTANCE

Les familles de courbes exprimant cette variation sont portées sur les figures 2 et 3 (1).

(1) Les équations de régression correspondantes sont, pour les rotations avec ouverture de piste par le Timberjack :

$$Z_1 = 16,1505 - 0,01427 X^2 + 0,00004287 Y^2 + 0,002123 XY,$$

pour les rotations, avec piste ouverte au bulldozer :

$$Z_1 = 1,374 + 1,132 X + 0,01185 Y - 0,0265 X^2 + 0,00000835 Y^2 + 0,0002575 XY.$$


Emploi du Timberjack au débardage.

Photo Estève.

Variation en fonction de la charge.

La figure 2 nous indique que l'influence de la charge débardée sur le temps de rotation, avec pistes ouvertes, reste pratiquement la même quelle que soit la distance de débardage considérée.

En effet, pour une distance de 250 m, le temps de rotation augmente de 7' pour des charges variant de 4 à 14 t. Cette variation est de 8' pour une distance de 650 m.

Pour les rotations avec ouverture de piste l'influence de la charge sur le temps de rotation augmente avec l'accroissement de la distance de débardage. Sur une distance de 250 m, le temps de rotation augmente de 2' pour des charges variant de 4 à 14 t alors que cette variation est de 12' pour une distance de débardage de 650 m. Le Timberjack 550 semble donc plus sensible, quand il circule sur ses propres pistes, à l'augmentation de la charge lorsque la distance de débardage s'accroît.

Cette figure nous montre également que les temps de rotation des voyages sur piste ouverte sont toujours fortement inférieurs à ceux des rotations avec ouverture de piste. Ce décalage entre les temps de rotation est d'autant plus important que la distance de débardage est plus grande.

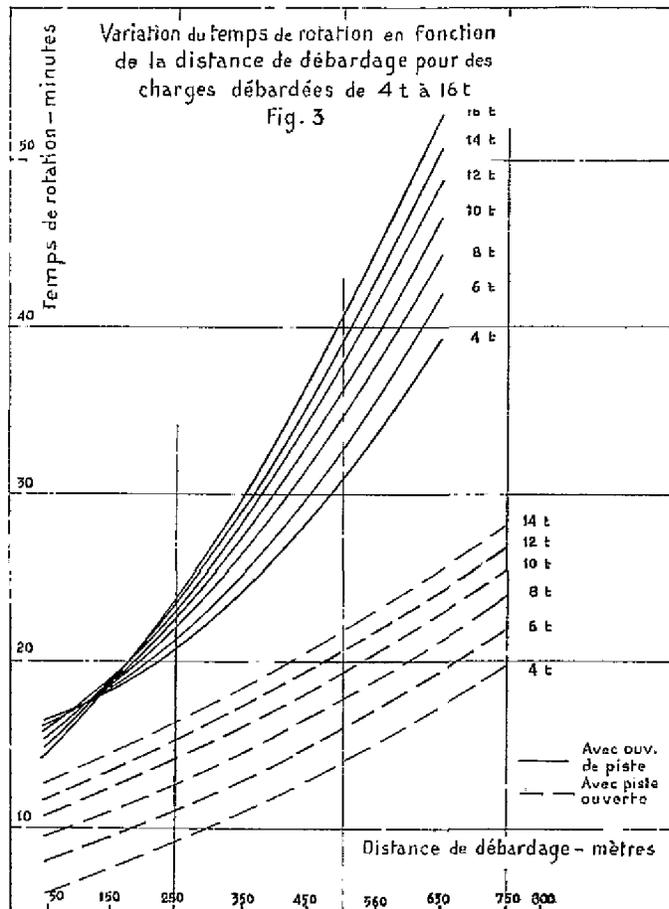
Sur une piste de 250 m, l'augmentation de temps de rotation due à l'ouverture de piste est de 9' pour une charge de 10 t. Cette augmentation, pour une même charge, est de 23' sur une piste de 650 m.

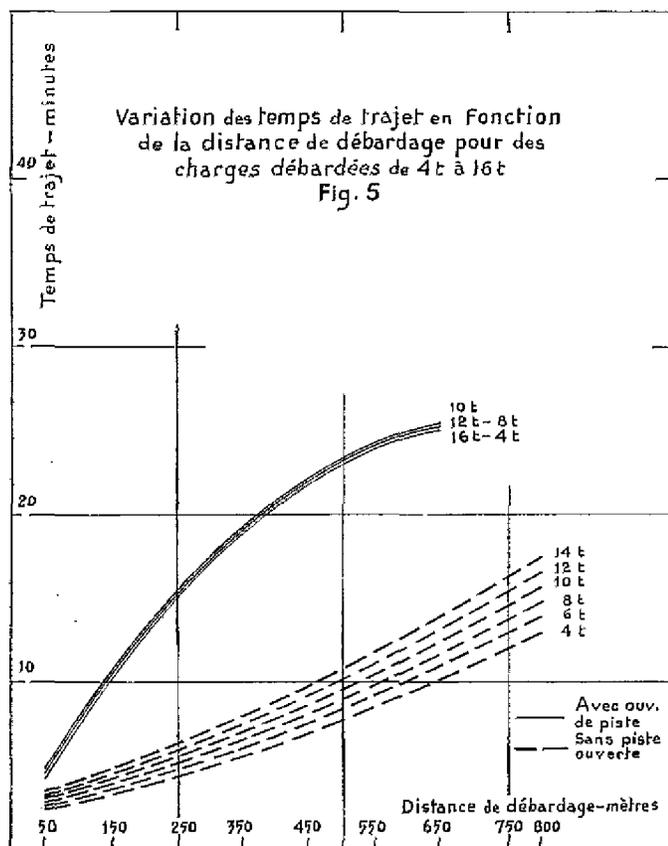
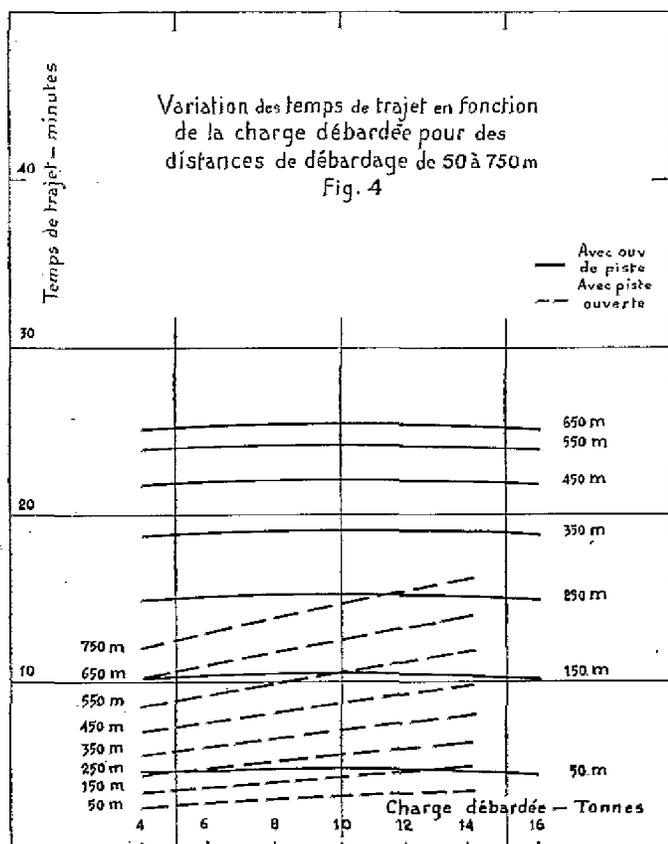
Remarquons aussi que le temps mis pour effectuer une rotation de 750 m sur piste ouverte au bulldozer reste, quelle que soit la charge, toujours inférieur au temps d'une rotation de 350 m sur piste ouverte par le T. 550 lui-même.

Variation en fonction de la distance.

La figure 3 illustre l'influence de la distance de débardage sur les temps de rotation. On constate que cette influence sur les temps de rotation avec piste ouverte est pratiquement la même quelle que soit la charge débardée. En effet, les temps de rotation varient de 16' indépendamment de la charge pour des distances croissant de 50 m à 800 m.

Par contre l'influence de la distance sur





les temps de rotation est croissante avec la charge débarquée pour les rotations avec ouverture de piste. Débarquer une charge de 4 t sur une distance évoluant de 50 à 650 m, entraîne une augmentation des temps de rotation de 22'. Cette augmentation passe à 34' pour une charge de 14 t.

La figure 3 nous permet de dire aussi que les temps de rotation avec « ouverture de piste » sont toujours supérieurs à ceux avec « piste ouverte ». Ceci est d'autant plus vrai que les distances de débarquement sont élevées.

VARIATION DES TEMPS DE TRAJET EN FONCTION DE LA CHARGE ET DE LA DISTANCE (temps de trajet = trajet à vide + ouverture de piste s'il y a lieu + trajet en charge).

Les familles de courbes exprimant cette variation sont portées sur les figures 4 et 5 (1).

Variation en fonction de la charge.

La figure 4 indique qu'à distance donnée, la charge débarquée n'a pratiquement aucune influence sur les temps de trajet dans le cas de rotation avec ouverture de piste.

Ceci n'est plus vrai pour les rotations avec piste ouverte où l'influence croissante de la charge sur les temps de trajet s'amplifie avec l'allongement de la distance de débarquement.

Les constatations précédentes peuvent s'expliquer ainsi :

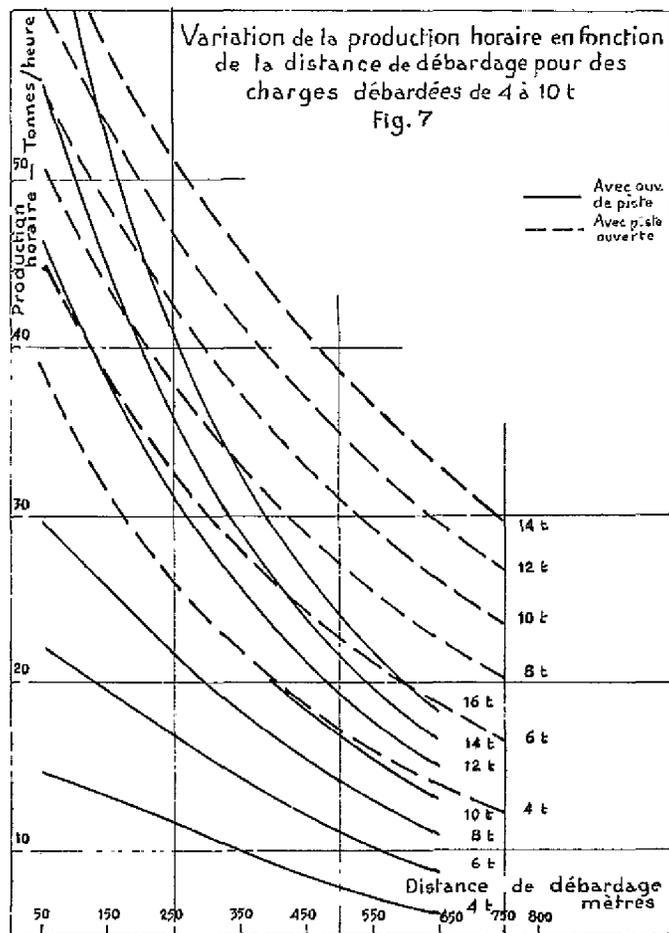
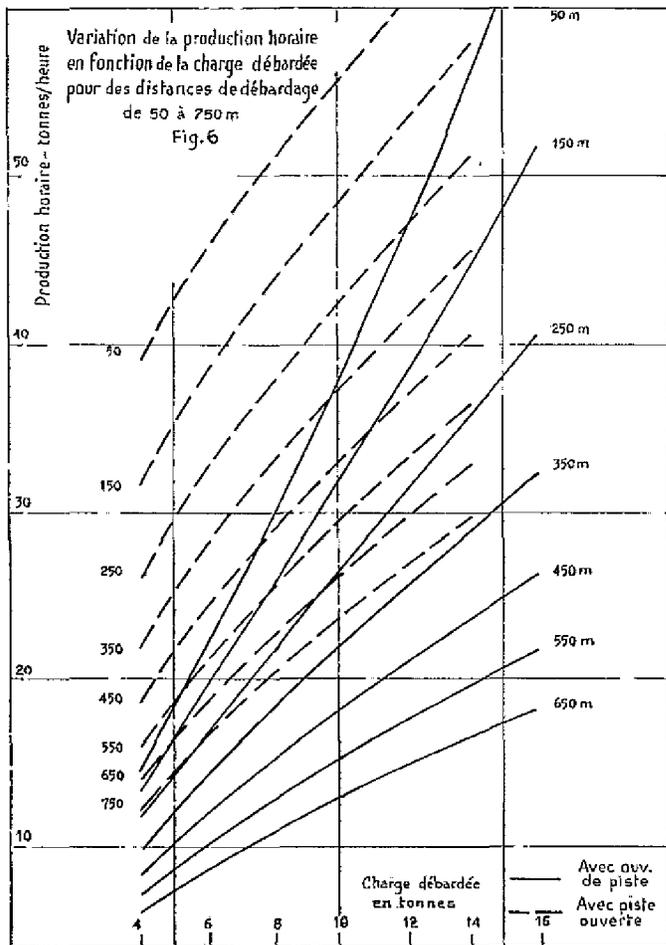
— dans le premier cas, les temps de trajet tiennent compte des temps d'ouverture de piste, la vitesse du tracteur est donc peu élevée et l'augmentation de charge ou de distance ne peut l'abaisser ;

— dans le second cas, la vitesse de déplacement est plus élevée, environ 5,5 km/h en moyenne, et par conséquent plus sensible au transport de charges lourdes sur des distances croissantes.

Variation en fonction de la distance.

La figure 5 montre que l'influence de la distance de débarquement sur les temps de trajet des rotations, avec ouverture de piste,

(1) Les équations de régression sont :
 — pour les rotations avec ouverture de piste,
 $Z_2 = 0,6065 + 0,1923 X + 0,066 Y - 0,00975 X^2 - 0,0000451 Y^2$,
 — pour les rotations avec piste ouverte au bulldozer,
 $Z_2 = 1,747 + 0,0819 X + 0,0054 Y + 0,00000813 Y^2 + 0,0004505 XY$.



est la même quelles que soient les charges débarquées. En effet, les courbes sont pratiquement confondues. Par ailleurs, l'augmentation rapide des temps de trajet avec la distance tend à s'atténuer lorsqu'on atteint des distances élevées.

Pour les rotations sur piste ouverte, l'influence de la distance sur les temps de trajet est légèrement plus grande pour les fortes charges.

Nous constatons également que l'influence de la distance est plus importante pour les rotations avec ouverture de piste que pour celles sur piste ouverte. Ainsi pour une charge de 8 t, le temps de trajet augmente dans le premier cas de 8', sur une distance variant de 150 à 650 m. Cette variation du temps de trajet est de 15' dans le second cas.

VARIATION DE LA PRODUCTION HORAIRE BRUTE EN FONCTION DE LA CHARGE ET DE LA DISTANCE.

Les figures 6 et 7 illustrent cette variation.

Il s'agit là aussi d'une production horaire théorique déterminée uniquement à partir des temps de débarquement à l'exclusion de tous les autres temps productifs. Elle est donc surévaluée par rapport

aux rendements que l'exploitant a coutume d'utiliser, c'est-à-dire :

$$\frac{\text{nombre de tonnes de bois marchand débarqué pendant } N \text{ heures d'engin}}{N \text{ heures d'engin}}$$

Pour passer d'un rendement horaire à distance et charge données, lu sur la courbe, au rendement horaire précédent, il faut le multiplier par le rapport

$$\frac{\text{tonnage bois marchand}}{\text{tonnage bois brut}}$$

et par le rapport

$$\frac{\text{temps de débarquement}}{\text{temps de travail total}}$$

$$\text{Rendement horaire employé par l'exploitant} = \text{Rendement horaire de la courbe} \times \frac{\text{Tonnage bois marchand}}{\text{Tonnage bois brut}} \times \frac{\text{Temps passé au débarquement}}{\text{Temps de travail total}}$$

Variation en fonction de la charge.

Théoriquement les courbes de production horaire sont fonction croissante de la charge débarquée et

ceci jusqu'à un maximum qui représente le chargement optimal du tracteur. Au-delà de cette limite, la production horaire commence à décroître. La figure 6 permet de constater que les relevés de terrain ne nous ont pas donné connaissance de cette charge optimale.

L'influence de la charge sur les rotations avec ouverture de piste est d'autant plus sensible que la distance de débardage est courte. A 150 m, les charges évoluant de 4 à 16 t, la production horaire passe de 13 à 52 t/h. A 650 m, pour une même variation de charge, elle n'augmente plus que de 6 à 18 t/h.

La production horaire sur pistes ouvertes au bulldozer reste toujours largement supérieure, pour une même charge et une même distance, à celle des rotations avec ouverture de pistes. La courbe de

750 m de la première méthode est plus élevée que celle des 350 m de la seconde méthode.

Le fait pour le T. 550 de pénétrer directement en brousse en ouvrant lui-même sa piste abaisse donc son rendement de près de moitié (pour 8 t sur 300 m, respectivement 35 et 20 t/h). Cette constatation vient d'ailleurs confirmer des observations précédentes (1).

Variation en fonction de la distance (figure 7).

Les mêmes remarques que sur la figure 6 peuvent être faites : rendement inférieur et décroissance plus rapide des courbes avec ouverture de pistes.

Notons que les courbes 4 t avec piste ouverte et 10 t avec ouverture de piste sont pratiquement confondues, c'est-à-dire que les deux méthodes de débardage ont le même rendement horaire.

CONCLUSION

Cette étude qui s'appliquait à un modèle de tracteur articulé sur pneus de puissance élevée et tout récemment introduit en Afrique a permis de constater l'efficacité de cet engin sur le chantier considéré.

En effet, sa productivité est très élevée puisqu'atteignant sur une distance moyenne de débardage d'environ 300 m, un rendement horaire théorique brut de 23,5 t/h lorsque le Timberjack ouvrait lui-même sa piste et de 35,7 t/h sur piste préalablement ouverte au chenillard. Dans les conditions du chantier ces rendements théoriques correspondent respectivement à des rendements réels en tonnage de bois marchand à l'heure compteur du tracteur de 13,9 t/h et de 21,1 t/h.

Si l'on essaie de comparer les rendements bruts ci-dessus avec ceux d'un D7 48 A et d'un Latil T. 10 travaillant dans des conditions semblables sur des chantiers voisins, on obtient le tableau ci-dessous (tous les relevés sont faits en terrain facile et en saison favorable).

On constate au vu de ce tableau que les charges par voyage et les rendements horaires des 2 trac-

teurs sur pneus ne sont pas très écartés et ne justifient pas la différence de puissance existant entre ces deux engins. La charge utile maximale est plus élevée pour le Latil T. 10, mais on en retrouve peu le bénéfice au niveau des moyennes.

Cette étude met, d'autre part, en évidence une fois encore la différence importante de rendement intervenant entre un tracteur articulé qui travaille sur pistes préalablement ouvertes au bulldozer et un tracteur qui débarde sur piste ouverte par ses propres moyens. Le tracteur articulé ne peut pas être considéré, quelle que soit sa taille, comme un engin de terrassement ou simplement de déforestation. La conception de ces tracteurs et le pneu imposent leurs limites dont il faut tenir compte sous peine de mauvais rendements et d'usure prématurée du matériel.

(1) B. F. T. nos 130 et 131, mars à juin 1970.

(2) Si pour faciliter la comparaison, on recherche sur les courbes de production horaire du Latil T. 10 en fonction de la distance quel est le rendement horaire pour une charge de 12 t à 300 m, on trouve 12,8 t/h.

Éléments de la rotation moyenne	D7 48 A	Latil T. 10		T. 550	
		Avec pistes ouvertes par le Latil	Avec pistes ouvertes au chenillard	Avec pistes ouvertes par le T. 550	Avec pistes ouvertes au chenillard
Charge moyenne par rotation	12,95 t	9,65 t	11,88 t	10,41 t	8,37 t
Distance moyenne.....	360 m	283 m	810 m (2)	290 m	297 m
Rendement horaire théorique brut	28,78 t/h	28,95 t/h	25,4 t/h	23,5 t/h	35,7 t/h