

Performances de Traction du Tracteur Cirta.6807

NAKIB Hamid *, KACI Ferhat *, KIDAR Abdelkarim *

**Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Département de Génie Rural,, 16200 El-Harrach, Alger, Algérie*

Résumé

Le rapport poids/puissance à l'essieu moteur constitue un facteur décisif en matière de performance de traction. Le poids appliqué aux roues motrices en interaction avec le sol, confère au tracteur une force nécessaire pour assurer avec souplesse sa fonction de traction. Les performances de traction définies par le glissement, le coefficient de traction, la vitesse de travail et l'efficacité de traction, prennent des valeurs optimales pour un rapport poids/puissance requis variant entre 80 et 100 kg/kW. L'étude a montré que le tracteur Cirta.6807 d'un poids à vide de 2550kg ne peut développer des performances de traction optimales. Le lestage de 530kg préconisé par l'ETRAG et le passage de son poids à vide de 2550 kg à 3131 kg a permis de relever de manière remarquable la capacité de traction.

Mots clés: Traction, Rapport poids/puissance, Glissement, Efficacité en traction.

Abstract

The weight / power ratio at the axle power is a decisive factor in tractive performance. The weight applied to the wheels drive interact with the ground, provides at tractor the force necessary for ensure with facility the traction function. The tractive performance defined by the slip, the coefficient of traction, the speed and the tractive efficiency, take optimum values for a weight / power ratio required between 80 and 100 kg / kW. The study revealed that the tractor Cirta.6807with an initial weight of 2550kg, can not develop the tractive performance optimal. The ballast of 530kg recommended by ETRAG and the passage from the weight of 2550 kg to the weight of 3131 kg has identified a remarkable ability to pull.

Keywords : Traction, Weight/Power Ratio, Slip, tractive Efficiency.

1. Introduction

Le but principal des tracteurs agricoles est d'accomplir un travail de traction. Cependant, le tracteur idéal convertit toute l'énergie du gas-oil en travail utile, en traction à la barre. Les performances de traction sont tributaires en majeure partie de l'interaction pneu-sol. L'interaction pneu-sol n'est pas suffisamment maîtrisée à cause de l'absence de banque de données nécessaires pour établir des modèles mathématiques représentatifs de toutes les conditions de sol. A cet effet plusieurs auteurs ont mis au point des modèles empiriques de prévision des performances de traction des tracteurs agricoles pour des conditions de sols variées [1,2,3,4,5]. Le poids requis par

unité de puissance aux roues motrices varie entre 80 et 100 kg/kW pour des sols cohésifs-frictionnels.

Le développement de l'industrie mécanique en Algérie a vu le jour à partir des années 70 suite à l'avènement de la réforme agraire. La première série de matériel agricole fabriqué par le complexe moteurs tracteurs (CMT) de Constantine issu de la restructuration de l'entreprise nationale de production de matériel agricole (ENPMA) en 1997, a été mise en vente en 1974. La société nationale de construction mécanique (SONACOME) est la société mère. Les deux premiers tracteurs à roues apparus dans le monde rural de puissance moyenne (45 et 60 CV) sont dénommés successivement Cirta 4006 et Cirta 6006 accompagnés du tracteur à chenilles CT.900. Le tracteur Cirta 6807, dérivé du tracteur Cirta 6006 dont la puissance est de 60 CV, est passé à 68 CV pour le même poids à vide

de 25500 N. Leurs boîtes de vitesses n'admettent que neuf et huit rapports répartis successivement en trois et deux gammes.

L'objectif de cette étude est d'analyser les performances de traction du tracteur Cirta 6807 sur la base des résultats de banc d'essais de freinage du moteur. L'analyse de l'effet du rapport poids/puissance sur les performances de traction permet de dégager les améliorations qui s'imposent en matière de ce rapport.

2. Glissement

Le glissement des roues motrices traduit la diminution de la vitesse de travail. Il s'exprime par la formule suivante:

$$\delta = \frac{V_t - V_r}{V_t} \quad (1)$$

où V_t , V_r représentent respectivement la vitesse théorique et la vitesse réelle.

La vitesse théorique se calcule de la manière suivante :

$$V_t = \frac{\pi \cdot n \cdot r_m}{30 \cdot i_{tr}} \quad (2)$$

où n (tr/mn) étant la vitesse de rotation du moteur, r_m (m) le rayon dynamique de la roue motrice et i_{tr} le rapport de transmission entre le moteur et les roues motrices.

Le glissement peut être également étudié par rapport au coefficient de traction μ_t . Wismer et Luth [6], ont relié ces deux facteurs avec les pneus agricoles par le modèle suivant :

$$\mu_t = 0,75 \cdot (1 - \exp^{-0,3 \cdot C_n \cdot \delta}) \quad (3)$$

où C_n est l'expression initiale de l'indice de mobilité qui s'exprime par :

$$C_n = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W} \quad (4)$$

avec CI l'indice de cône (N/cm²), b largeur du pneu (cm), d diamètre du pneu (cm) et W la charge dynamique appliquée à la roue (N).

Ces deux auteurs considèrent le coefficient de traction maximal μ_{tmax} égal à 0,75 pour un glissement de 100%. Auparavant, Janosi et Hanamoto [7] ont exprimé le coefficient de traction en fonction de la déformation tangentielle j et le module de la contrainte de cisaillement k :

$$\mu_t = \mu_{tmax} \cdot \left(1 - \exp^{-\frac{j}{k}}\right) \quad (5)$$

En résolvant les équations (3), (4) et (5), on obtient la relation ci-après:

$$\delta = -\frac{\ln \left(1 - \frac{\mu_t}{\mu_{tmax}}\right)}{0,3 \cdot C_n} \quad (6)$$

Le glissement est une fonction du coefficient de traction. Tenant compte seulement du coefficient de traction, le glissement s'exprime par:

$$\delta = \frac{0,246 \cdot \mu_t}{1 - 1,306 \cdot \mu_t^3} \quad (7)$$

3. Rendement de traction

Le rendement ou l'efficacité en traction η_t est le rapport de la puissance de traction P_t sur la puissance à l'essieu moteur P_m du tracteur. Il exprime le pourcentage de puissance aux roues motrices convertie en puissance de traction. Il est défini par :

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_m} \quad (8)$$

Sachant que

$$P_t = F_t V_r = \mu_t W V_r = \mu_t W V_t (1 - \delta)$$

et

$$P_m = M_m \omega_m = F_{tb} V_t = (F_t + F_r) V_t = \mu_{tmax} W V_t$$

où F_t : Force de traction (N)

F_{tb} : Force de traction brute ou Force motrice (N)

F_r : Force de résistance au roulement (N)

V_t , V_r : Vitesse théorique et vitesse réelle (m/s)

μ_{tmax} , μ_t : Coefficient de traction maximal,
Coefficient de traction

W : Charge dynamique aux roues motrices (N)

L'expression devient (8):

$$\eta_t = \frac{F_t \cdot V_r}{P_m} = \frac{\mu_t \cdot W \cdot V_r}{P_m} \quad (9)$$

ou encore

$$\eta_t = \mu_t \frac{(1 - \delta)}{\mu_{t+f}} \quad (10)$$

Le coefficient de traction maximale est le pourcentage du poids dynamique supporté par les roues motrices qui se transforme en force de traction brute. C'est donc le rapport de la force de traction brute sur le poids dynamique. Le poids dynamique représente le poids du tracteur réparti aux roues motrices associé au transfert de charge et au lestage.

4. Rapport Poids/Puissance

L'optimisation des performances des tracteurs agricoles résulte de la combinaison appropriée de la puissance du tracteur, de son poids, de la vitesse et de la force de résistance à la traction (ou le glissement). Pour une taille donnée du tracteur, le poids, la vitesse et la force de résistance à la traction exercée par l'outil doivent être combinés jusqu'à ce que la condition optimale soit atteinte. Un arrangement incorrect induirait une consommation exagérée d'énergie. La charge dynamique aux roues motrices W_m sur la puissance motrice P_m exprime le poids spécifique G_s ou le rapport poids/puissance :

$$G_s = \frac{W_m}{P_m} = \frac{\eta_t}{\mu_t \cdot V_r} \quad (11)$$

A cet effet, Zoz [1] a mis au point un modèle de prévision de performance de traction de tracteur à deux roues motrices. Il a donné des valeurs "typiques" pour une performance moyenne du pneu pour plusieurs conditions de sol mais il n'a pas spécifié la combinaison optimale des paramètres. Brixius et Zoz [2] ont établi des recommandations pour un ballasting de tracteurs à quatre roues motrices selon la formule :

$$\frac{W}{P_m} = \frac{1,50}{V_r} \quad (12)$$

où W est le charge dynamique sur l'essieu moteur (N), P_m la puissance disponible à l'essieu moteur (W) et V_r la vitesse d'avancement (m/s).

Turnage [8] et Wismer et Luth [6] ont établi des équations empiriques de prévision de performance de traction des pneus tout terrain mais n'ont pas utilisé ces équations pour des recommandations spécifiques au rapport poids/puissance aux différentes vitesses et en différentes conditions de sol. Domier et Willans ([9] ont examiné plusieurs combinaisons de ballast et de vitesse et ont conclu que le rapport poids/puissance de 60 kg/kW est la meilleure valeur à travers le spectre de valeurs de vitesses utilisées en agriculture. Cette valeur représente

seulement un seuil minimal, insuffisant pour les travaux lourds.

Gee-clough [4] et Dwyer [3] ont corrélé le rapport optimum de la charge dynamique requise aux roues motrices sur la puissance disponibles aux essieux moteurs, à une vitesse de travail donnée et à l'efficacité en traction. En conséquence, il a été suggéré une méthode de choix de pneus pour les tracteurs agricoles tenant compte de la capacité de charge maximum des pneus à la pression de gonflage minimale. Le rapport est défini comme suit :

$$\eta_t \cdot P_m = (F_t / W) \cdot W \cdot V_r \quad (13)$$

où η_t efficacité en traction, P_m puissance motrice, W charge dynamique, F_t force de traction, V_r vitesse réelle.

Assumant à 70% la puissance disponible aux essieux motrices P_m convertible en puissance de traction P_t et à 40% la charge dynamique W supportée par les roues motrices convertible en force de traction F_t , l'équation s'exprime par :

$$0,7 \cdot P_m = 0,4 \cdot W \cdot V_r$$

c'est-à-dire:

$$\frac{W}{P_m} = \frac{1,75}{V_r} \quad (14)$$

Cette approche, cependant limitée aux valeurs optimales de l'efficacité de traction (70%) et du coefficient de traction (0.4), au poids requis aux roues motrices de 100 kg/kW à une vitesse de 6,5 km/h, a été établie sur la base d'essais effectués sur des sols cohésifs-frictionnels et les recommandations ne peuvent s'appliquer qu'à de tels sols. Pour ces relations, les dimensions des pneus peuvent être choisies pour ce poids à une valeur de pression de gonflage recommandée.

En réalisant des essais de traction sur un tracteur John Deere 8870, Zoz [9,10] a montré que pour un poids requis aux roues motrices variant de 77 à 97 kg/kW, la plage de vitesse est de 7,5 à 13 km/h avec une efficacité en traction de 95-97,5% et un coefficient de traction brute de 0,54. Une vitesse de 8 km/h exige un poids spécifique compris entre 70 et 97 kg/kW.

Cela représente des situations les plus représentatives des sols agricoles cohésifs frictionnels. Il existe néanmoins, des situations particulières caractéristiques de certaines régions qui n'admettent pas de telles performances de traction.

En effectuant des essais en conditions sèches de sols marocains, Jenane [11] a montré que pour labourer à l'efficacité en traction maximale à une vitesse de 5,70

km/h, il faut un rapport poids/puissance variant de 105 à 145 kg/kW.

En réalisant des essais de traction en Inde, sur des sols de type sablonneux-argilo-limoneux et sec (humidité de 7% environ), Sharma et Prandey [5] (humidité de 7% environ), ont montré que les performances de traction des tracteurs à deux roues motrices et de moyenne puissance sont plus faibles. L'efficacité de traction est seulement d'environ 53% pour un coefficient de traction de 0.22 et un glissement de 30%. Le poids spécifique correspondant est plus élevé. Il est de 347 kg/kW et 248 kg/kW pour des vitesses respectives de 2,5 km/h et 3,5 km/h. La relation empirique établie est comme suit:

$$\frac{W}{P_m} = \frac{2,41}{V_r} \quad (15)$$

5. Analyse des performances de traction

5.1. Résultats d'essais au banc de freinage - moteur

Les tracteurs Cirta.6807 fabriqués par le Complexe Moteur – Tracteur de Constantine actuellement appelé ETRAG (Entreprise de Tracteur Agricole) sont équipés de moteur de type F4L912. Les essais de freinage du moteur réalisés au banc ont donné les résultats mentionnés dans le tableau 1. Les paramètres du moteur sont le régime moteur n , le couple M_e , la puissance P_e , la consommation horaire G_h et la consommation spécifique g_s . Il n'a été considéré que les valeurs aux régimes particuliers du moteur (surcharge, nominal, à vide).

Tableau 1. Résultats au banc d'essais de freinage moteur

Paramètres	n	M_e	P_e	G_h	g_s
Moteur	(tr/min)	(daN.m)	(kW)	(kg/h)	(g/kW.h)
Régime de surcharge	1500	21,8	33,70	7,6	230
Régime nominal	2300	19,3	49	10,6	221
Régime à vide	2400	0	0	4,7	∞

Le premier facteur à analyser est la réserve de couple R_c . Elle est la première indication qu'il faut relever pour un moteur thermique équipant les engins roulants agricoles. Le comportement du moteur d'un tracteur soumis aux grandes charges pendant le travail est défini par sa réserve de couple. Ce facteur traduit la souplesse de fonctionnement d'un moteur lorsque sa valeur se situe entre 20 et 30%. Les valeurs respectives du couple nominal

M_n et de surcharge M_s étant de 19,3 daN.m et de 21,8 daN.m, la réserve de couple R_c du tracteur Cirta. 6807 n'est que de 13 % :

$$R_c = \frac{M_s - M_n}{M_n} = 13\% \quad (16)$$

Cette valeur est inférieure au seuil minimal pour les tracteurs agricoles. A la moindre surcharge, la vitesse de rotation chute et la puissance fournie est plus faible. En conséquence le moteur fonctionne rudement en induisant une perte de la vitesse de travail. Les valeurs recommandées sont de l'ordre de 20 à 30%. Dans certains cas, la valeur dépasse celle de 30%. Lorsque la réserve de couple est incorrecte, il est impossible d'avoir un étagement adéquat de la boîte de vitesses, du fait que la plage d'utilisation du moteur est assez limitée (régime surcharge-régime nominal). Ce qui explique clairement le nombre de vitesses réduit à huit dont dispose le tracteur Cirta.6807.

5.2. Charge dynamique à l'essieu moteur

Le poids et la puissance aux roues motrices doivent être en adéquation pour faciliter le comportement du tracteur au champ. Il se définit de deux manières :

- Déterminé par fabrication, le rapport requis à vide G_{svr} , compris entre le poids total du tracteur G et la puissance nominale P_n du moteur :

$$G_{svr} = \frac{G}{P_n} \quad (17)$$

Les valeurs recommandées pour les tracteurs à roues de moyenne puissance, comme le Cirta.6807, varient de 60 à 70 kg/kW.

- En exploitation, pour un tracteur à deux roues motrices, ce facteur se réduit au rapport du poids W_m sur la puissance motrice P_m , comme indiqué par la formule (11):

$$G_{svr} = \frac{W_m}{P_m} \quad (18)$$

La valeur moyenne requise à vide est de 50 kg/kW.

La puissance motrice P_m est le produit de la puissance nominale P_n par le rendement mécanique de transmission η_{tr} :

$$P_m = P_n \cdot \eta_{tr} \quad (19)$$

D'où :

$$G_s = \frac{W}{P_n \cdot \eta_{tr}} \quad (20)$$

Le rendement mécanique entre le moteur et l'essieu moteur est estimé à 0,90.

Le tracteur Cirta.6807 est un dérivé du tracteur Cirta.6006. Sa puissance a été augmentée pour atteindre la valeur de 49 kW en conservant le même poids de 2550 kg. Son poids spécifique à vide G_{sv} est donc égal à 38,55 kg/kW. Etant équipé de pneumatiques de dimensions de 16,9/78-30, le lestage à l'eau G_{ar} à 75% préconisé par l'ETRAG est de 530 kg. La valeur de G_{sv} passe ainsi de 38,55 kg/kW à 50,56kg/kW. Le tracteur similaire Deutz AGROXTRA 4.07, d'un poids total de 3375 kg et d'une puissance nominale de 48 kW, présente un rapport/puissance de 52 kg/kW. Equipé du même pneumatique et alourdi à la même quantité d'eau, son poids spécifique prend la valeur de 64,35 kg/kW. A l'origine le tracteur Cirta.6006 d'une puissance nominale de 45 kW et de même poids que le Cirta.6807, non alourdi par eau dispose d'un rapport poids/puissance de 42 kg/kW. Alourdi, il développe aux roues motrices une valeur de 55,56 kg/kW. Le tracteur C.6807 accuse par conséquent un déficit en poids initial ΔG . Pour évaluer la différence de poids nécessaire aux performances de traction définies aux chapitres 2,3 et 4, il faut considérer que le tracteur soumis à des conditions de charges lourdes tels que l'utilisation d'une charrue (Fig.1), un chisel, une sous-soleuse...Ce sont des machines qui provoquent de grandes résistances permettant ainsi de tester correctement les performances du tracteur. Les données de l'attelage considéré sont mentionnées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques de l'attelage

$G = 2550$ kg	Poids du tracteur
$a = 0,79$ m	Abscisse de G
$L = 2,15$ m	Empattement
$G_m = 274$ kg	Poids de la charrue
$G_{ar} = 530$ kg	Lestage arrière en eau (75%)
16,9/78-30	Dimensions pneus arrière
$l = 0,94$ m	Distance du point O_2 au point d'attelage
$y = 0,58$ m	Ordonnée de P_{wy} par rapport au point d'attelage
$x = 0,30$ m	Profondeur de travail
$\alpha = 11^\circ$	Angle de décomposition de la force de traction
$\mu_{topt} = 0,4$	Coefficient de traction optimal

Le tracteur Cirta.6807 étant à deux roues, la charge appliquée à l'essieu moteur est notée par W_m pour la différencier de celle supportée par les roues avant W_d (Fig.1).

L'équation des moments par rapport au point O_1 est :

$$\sum M_{O_1} = G \cdot (L - a) - W_m \cdot L + G_{ar} \cdot L + P_{wy} \cdot (L + l + y) + P_{wx} \cdot x = 0 \quad (21)$$

La charge dynamique aux roues motrices W_m s'exprime donc par :

$$W_m = \frac{G \cdot (L - a) + G_{ar} \cdot L + P_{wy} \cdot (L + l + y) + P_{wx} \cdot x}{L} \quad (22)$$

Sachant que la composante horizontale de la résistance du sol P_{wx} représente la force de traction F_t , la composante verticale du sol P_{wy} se définit par :

$$P_{wy} = G_m + F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (23)$$

L'équation de charge aux roues motrices W_m (22) en fonction de F_t devient :

$$W_m = \frac{G \cdot (L - a) + G_{ar} \cdot L + (G_m + F_t \operatorname{tg} \alpha)(L + l + y) + F_t \cdot x}{L}$$

ou bien :

$$W_m = \frac{G \cdot (L - a) + G_{ar} \cdot L + G_m \cdot (L + l + y) + F_t \cdot [(L + l + y) \cdot \operatorname{tg} \alpha + x]}{L} \quad (24)$$

En travaux lourds, le tracteur doit fonctionner avec un rendement de traction maximal η_t de 70% qui correspond à une force de traction optimale $F_{t,opt}$ égale au produit du coefficient de traction optimal $\mu_{t,opt}$ par la charge dynamique W_m aux roues motrices :

$$F_{t,opt} = \mu_{t,opt} \cdot W_m \quad (25)$$

La relation (24) prend alors la forme suivante :

$$W_m = \frac{G \cdot (L - a) + G_{ar} \cdot L + G_m \cdot (L + l + y)}{L - \mu_{t,opt} \cdot [(L + l + y) \cdot \text{tg} \alpha + x]} \quad (26)$$

Pour les conditions optimales de déplacement de l'attelage considéré (Fig.1 et Tableau 2) et selon la relation (26), la charge dynamique W_m à l'essieu moteur est de 3216,28 kg, y compris le lestage à eau de 530 kg. Le poids spécifique dynamique n'est alors que de 72,93 kg/kW pour un poids initial à vide de 2550 kg. L'alourdissement souscrit par fabrication et le transfert de charge n'ont pas suffi à obtenir un poids spécifique adéquat en charge.

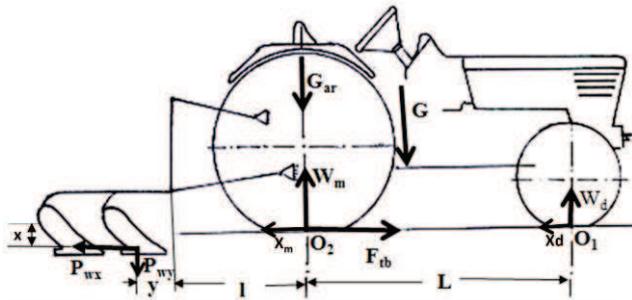


Fig.1. Identification des efforts et des charges appliqués sur le tracteur Cirta.6807 en charge.

Le déficit en poids ΔG s'exprime par:

$$\Delta G = (G_{svr} - G_{sv}) \cdot P_n \cdot \eta_{tr} \quad (27)$$

5.3. Performances de traction

Selon les conditions réelles de déplacement retenues (Fig.1) et en considérant l'alourdissement G_{ar} de 530kg, en fonction de la charge F_t et le déficit en poids ΔG , la relation (24) prend la forme suivante:

$$W_m = 2610,73 + \Delta G + 0,446 \cdot F_t \quad (28)$$

Pour étudier le déficit ΔG , trois valeurs de référence du poids spécifiques à vide requis G_{svr} (cf.5.2) des tracteurs alourdis à l'eau sont retenues :

- Valeur moyenne requise : 50 kg/kW
- Cirta.6006 : 55 kg/kW
- Deutz AGROXTRA 4.07 : 64,35 kg/kW

Le déficit en poids ΔG du tracteur Cirta 6807 est évalué selon la relation (27) (Tableau 3).
Tableau 3.

Tableau 3. Comparaison des Poids spécifiques du tracteur C.6807 avec le tracteur Cirta.6006 et AGROXTRA 4.07

Tracteur	Poids spécifique G_{sv} (kg/kW)		
	C.6807	C.6006	AGROXTRA 4.07
	$G_v=2550$ kg	$G_v=2550$ kg	$G_v=3375$ kg
	$P_n=49$ kW	$P_n=45$ kW	$P_n=48$ kW
Non Lesté	38,55	42	52
Lesté à l'eau à 75% (530 kg)	50,56	55	64,35
Déficit en poids ΔG (kg)	494	149	581
Poids à vide	3044	2699	3131
Corrigé G_v (kg)			

Le tracteur Cirta.6807 accuse une carence en poids à vide par rapport au tracteur Cirta.6006 et au tracteur AGROXTRA 4.07.

Seule l'analyse des performances de traction permettra de juger de la suffisance du poids amélioré du tracteur.

Les performances de traction sont définies par trois facteurs essentiels en relation avec le coefficient de traction μ_t et le poids spécifique G_s :

- Le glissement δ
- L'efficacité de traction η_{tr}
- La vitesse réelle V_r

En utilisant successivement les relations (28), (7), (9) et (20) on détermine la variation de δ , η_t , V_r et G_s . Leurs courbes de variation en fonction du coefficient de traction sont représentées par les figures 2,a, b, c et d. ($\Delta G = 0, 494, 149$ et 581 kg). Les valeurs particulières des paramètres de traction (δ , η_t , V_r et G_s) obtenues par rapport au coefficient de traction μ_t sont sélectionnées dans le tableau 4.

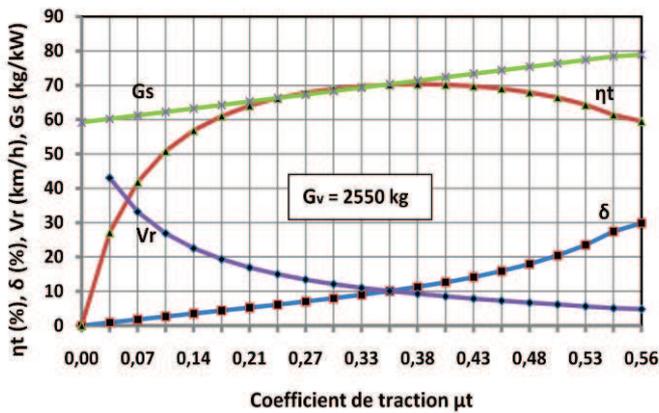
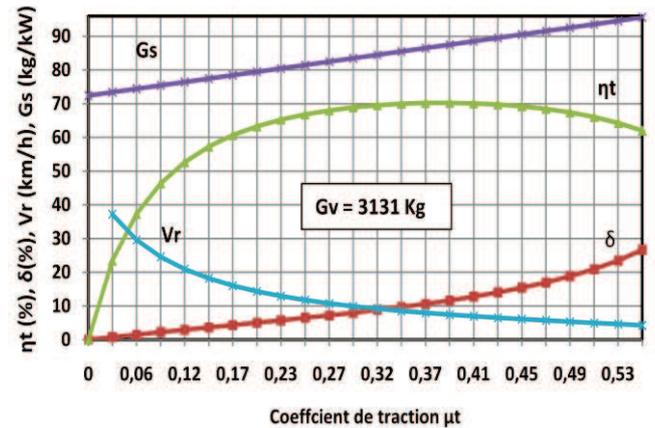
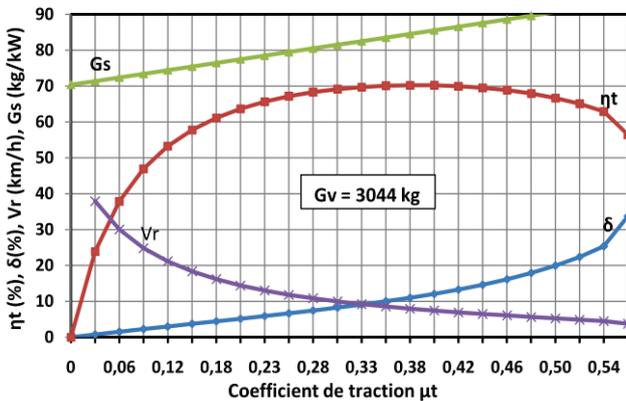


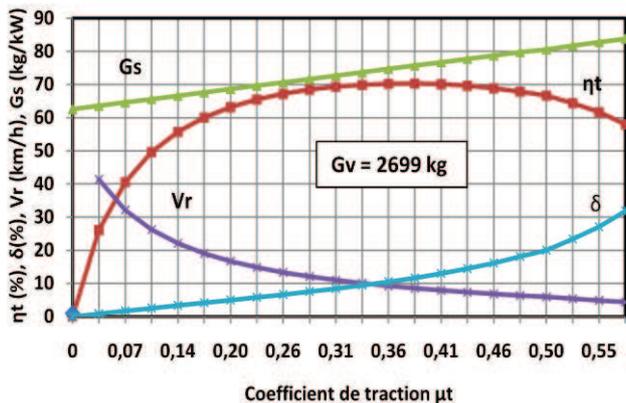
Fig.2. Variation de δ , η_t , V_r et G_s en fonction de μ_t
a : $G_v = 2550$ kg



d : $G_v = 3131$ kg



b : $G_v = 3044$ kg



c : $G_v = 2699$ kg

Pour des raisons économiques, les valeurs limites autorisées en exploitation des tracteurs agricoles, correspondent à l'efficacité en traction η_t de 60%. Le glissement est de 30% pour un coefficient de traction de 0,56.

Le lestage et l'amélioration du poids du tracteur ont permis d'acquies de meilleures performances de traction. Il a été obtenu ce qui suit :

- $G_v=2550$ kg (Fig.2,a):

Pour le poids initial et un lestage à eau, la force de traction développée est 1300 pour une efficacité en traction maximale de 70% et une vitesse réelle de 8,57 km/h. Le rapport poids/puissance reste faible à la valeur de 72 kg/kW. Aux conditions limites d'utilisation du tracteur, la force de traction obtenue est de 1950 kg. La capacité de traction reste insuffisante du fait que le rapport poids/puissance à l'essieu moteur est inférieur à la valeur limite inférieure de 80 kg/kW.

- $G_v= 3044$ kg (Fig.2,b):

En plus du lestage, le poids du tracteur Cirta.6807 a été relevé de 580 kg par rapport à la valeur moyenne requise de 50 kg/kW. Aux conditions optimales d'utilisation du tracteur, la force de traction F_t délivrée se situe entre 1500 à 1600 kg, pour laquelle le coefficient de traction est de 0,41, un glissement de 12 à 14%, une efficacité de traction de 70%, une vitesse réelle de 7 km/h avec un poids spécifique important, proche de 86 kg/kW. Au glissement limite de 30%, on note une très bonne valeur du rapport poids/puissance de 96,65 kg/kW pour une vitesse réelle de 3,90 km/h.

- $G_v = 2699$ kg (Fig.2,c) :

Le tracteur Cirta.6807 d'un poids d'exploitation de 2699 kg, revue sur la base du poids du tracteur Cirta.6006, accuse une légère amélioration des performances de traction. Au coefficient de traction optimale de 0, 4,

l'efficience de traction est de 70%, le glissement voisin de 12%, la force de traction de 1500 kg. Le rapport poids/puissance de 85,57 kg/kW reste insuffisant. Au vue de ces résultats, il apparait qu'à l'origine le tracteur Cirta.6006 est plus performant que le tracteur Cirta.6807

Tableau 4. Relation entre le coefficient de traction et les paramètres de traction

Poids Tracteur G (kg)	Ft (kg)	W_m (kg)	μ_t	δ (%)	η_t (%)	G_s (kg/kW)	V_r (km/h)
$G_v = 2550$	1300	3189,80	0,41	12,64	70,14	72,33	8,57
	1400	3234,40	0,43	14,16	69,73	73,34	7,91
	1500	3279,00	0,46	15,92	69,00	74,35	7,30
	1950	3479,70	0,56	29,87	59,51	78,90	4,84
$G_v = 3044$ ($\Delta G = 494$)	1500	3773,73	0,40	12,10	70,23	85,57	7,43
	1600	3818,33	0,42	13,30	69,99	86,58	6,95
	1700	3862,93	0,44	14,65	69,55	87,59	6,50
	2400	4262,13	0,56	30,54	58,99	96,65	3,90
$G_v = 2699$ ($\Delta G = 149$)	1500	3773,73	0,40	12,10	70,23	85,57	7,43
	1600	3818,33	0,42	13,30	69,99	86,58	6,95
	1700	3862,93	0,44	14,65	69,55	87,59	6,50
	1800	3907,53	0,46	16,17	68,88	88,61	6,08
$G_v = 3131$ ($\Delta G = 581$)	1500	3860,73	0,39	11,65	70,27	87,54	7,44
	1600	3905,33	0,41	12,76	70,12	88,56	6,96
	1700	3949,93	0,43	14,00	69,78	89,57	6,52
	1800	3994,53	0,45	15,40	69,24	90,58	6,11

- $G_v = 3131$ kg (Fig.2,d):

Dans ce cas, les paramètres de traction prennent des valeurs optimales pour la vitesse de travail de 6,96 km/h. Le coefficient de traction est de 0,41. L'efficience de traction touche la valeur optimale de 70% en présence de force de traction variant entre 1600 et 1700 kg. Le glissement reste dans les normes de 12 à 14%. La vitesse de travail demeure dans la plage des valeurs optimales oscillant entre 6,5 et 7,5 km/h. La vitesse réelle de 6,96 km/h correspond à une charge radiale aux roues de 3791,88 kg très proche de la capacité maximale de charge autorisée des pneus équipant les tracteurs Cirta.6807 (4000 kg sur l'essieu moteur).

6. Conclusion

A travers cette étude, il a été démontré que le rapport poids/puissance à l'essieu moteur est d'une importance extrême en matière d'exploitation de l'ensemble tracteur/outils. La tendance à vouloir augmenter la puissance du moteur au dépend du poids du tracteur est

une pratique qui ne peut aboutir. Une puissance plus élevée ne peut se transformer en traction que si et seulement si le poids appliqué aux roues motrices est compatible avec le poids spécifique requis.

L'analyse des performances de traction du tracteur Cirta.6807, dérivé du tracteur C.6006, a permis de noter les points suivants :

- D'un poids initial à vide de 2550 kg, les performances de traction résultantes sont inférieures aux valeurs optimales recommandées,
- Le tracteur Cirta.6807 a un poids spécifique à vide faible de 38,55 kg/kW et accuse un déficit moyen en poids de 500 kg à l'essieu moteur,
- Le poids à vide, passant de 2550 kg à 3131 kg a permis de relever de manière significative les performances de traction.
- La force de traction optimale développée par le tracteur alourdi est de 1700kg au lieu de 1200kg.

Au vu des ces résultats, une nouvelle boîte de vitesses doit être adaptée

Références

- [1] Zoz, FM. 1970. Predicting tractor field performance. American Society of Agricultural Engineers N°70-118.. St.Joseph, Michigan 49085.
- [2] Brixius, W. W., and Zoz, F.M. 1976. Tires and tracks in agriculture. Society of automotive engineers, Inc. 400 Commonwealth Drive, Warrendale Pa, 15096. Off-Highway Vehicle Meeting Milwaukee, Wisconsin .Sept. 13-16.
- [3] Dwyer, M. J. 1984. The tractive performance of wheeled vehicles. *J. Terramechanics* 21(1): 19-34.
- [4] Gee-Clough, D., M. McAllister, and G. Pearson. 1982. Ballasting wheeled tractors to achieve maximum power output in frictional-cohesive soils. *J. Agric. Eng. Res.* 27(1): 1-19.
- [5] Sharma Ajay Kumar, K.P. Prandey. 2001. Matching tyre size to weight, speed and power available for maximising pulling ability of agricultural tractors *Journal of Terramechanics* 38 : 89-97. Pergamon Press
- [6] Wismer, R. D.; Luth, H. J. 1973. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. *J. Terramech.* 10 (2) : 49-61.
- [7] Janosi, Z. et Hanamoto, B. 1961. An analysis of pneumatic tire performance on deformable soil. *Proceedings of the 1 st ISTVS Conference*, pp 707-726.
- [8] Turnage, G. W. 1972. Tire selection and performance prediction for off-road wheeled vehicle operations. *Proc. 4th Int. Conf. Int. Soc. Terrain-Vehicle Systems*, Stockholm.
- [9] Domier, K. W.; Willans, A. E. 1977. Maximum or optimum tractive efficiency? *Am. Soc. agric. Engrs Paper* 77-1053, presented at the Annual Meeting of the Am. SOC. agric. Engrs, Raleigh, North Carolina, June 1977.
- [10] Zoz, FM., Wiley, J.C. 1995. Theoretical basis for tractor ballasting. *Proceedings of the 5th North American ISTVS Conference/Workshop* Saskatoon, SK, Canada, May 10-12.
- [11] Zoz, FM., Grisso, R D. 2003. Traction and Tractor Performance. *ASAE Distinguished Lecture # 27, Agricultural Equipment Technology Conference*, 9-11 February 2003, Louisville, Kentucky USA.
- [12] Jenane. C. 2000. Tractive performance of a mechanical front-wheel assist tractor as related to forward speeds. *J. agric. Engng Res.* 77 (2), 221- 226.