



# TEMPÉRATURES DES HUILES DU SYSTÈME PROPULSIF DES VÉHICULES DE TRANSPORT ROUTIER\*

D.A. Ljubic\*\* and G.P. Chinn\*\*\*

## Introduction

Depuis 1982, FERIC a publié quatre rapports de recherche détaillés [1, 2, 3 et 4], traitant du profil de consommation d'énergie des éléments du système propulsif, pour les ensembles camion-remorque utilisés dans le transport forestier. Ces rapports sont le résultat d'un programme continu de recherche visant à mesurer l'ordre de grandeur des nombreuses variables qui affectent les besoins de puissance et la consommation de carburant des camions grumiers, de même que les relations entre ces variables, compte tenu des diverses conditions rencontrées au Canada. C'est là une information essentielle pour atteindre l'objectif à long terme qui consiste à optimiser la productivité et le coût du transport routier dans le contexte forestier.

Grâce aux progrès technologiques les plus récents, particulièrement dans l'enregistrement des données, il a été possible de mesurer l'ordre de grandeur des variables importantes et les relations qui existaient entre elles, sur des camions se trouvant dans leur milieu réel de travail. Certains des résultats différaient considérablement des chiffres considérés comme les meilleures approximations et acceptés comme un ordre de grandeur probable, aux fins de design et de sélection des composantes dans l'industrie automobile. Il était donc nécessaire de publier les détails de la théorie utilisée pour déterminer le profil de consommation d'énergie, la méthodologie du programme d'essai, et les particularités de l'équipement d'essai et du processus expérimental, pour les soumettre à l'examen rigoureux et à la critique des ingénieurs spécialistes de l'automobile.

Malheureusement, ces sections plus techniques rendent la lecture des rapports difficile pour les personnes qui, dans l'industrie forestière, sont davantage intéressées par l'aspect pratique du transport. Pour faire suite à leurs suggestions, FERIC publiera donc des fiches techniques sur le transport secondaire, dans lesquelles on présentera les résultats des recherches en discutant de leur application dans le cadre d'une opération au jour le jour. Les lecteurs qui désirent connaître davantage la théorie de base ou obtenir de plus amples informations sur la méthodologie et l'équipement d'essais sont invités à consulter les rapports de recherche cités en bibliographie.

## Température du liquide de refroidissement du moteur

Toute personne qui conduit une automobile ou un camion sait que la température du moteur ne doit pas devenir trop élevée. Si cela devait se produire, un signal lumineux sur le tableau de bord avertit le conducteur afin qu'il puisse corriger la situation. Nous sommes beaucoup moins conscients des conséquences néfastes qu'une température trop basse du moteur peut avoir sur le coût de fonctionnement; et comme la température du liquide de refroidissement est contrôlée par un thermostat, nous prenons généralement pour acquis que le fabricant a installé le thermostat approprié et que celui-ci fonctionne correctement.

**MOTS-CLÉS:** Camions grumiers; températures des huiles du système propulsif; températures du liquide de refroidissement du moteur; énergie requise; consommation de carburant; camion-remorque; profils de température de l'huile.

\* Traduit par: T. Sicard-Lussier, ing.f.

\*\* D.A. Ljubic est chercheur principal de la section de transport secondaire, Division de l'Est.

\*\*\* G.P. Chinn a été directeur de la Division de l'Est de FERIC.

This Technical Note is available in English.

La figure 1, tirée d'un document provenant de l'U.R.S.S. [5], montre que la température de l'eau du moteur constitue un facteur-clé dans la consommation de carburant. De plus, la puissance baisse avec la température de l'eau, d'environ 7% par 10 degrés au-dessous de 95°C. Dans le cas illustré sur la figure 1, une chute de température de 95 à 85°C entraîne une hausse de 6 à 7% de la consommation de carburant à une vitesse de 40 km/h, alors qu'une chute de 95°C à 65°C provoque une augmentation de 25% de la consommation.

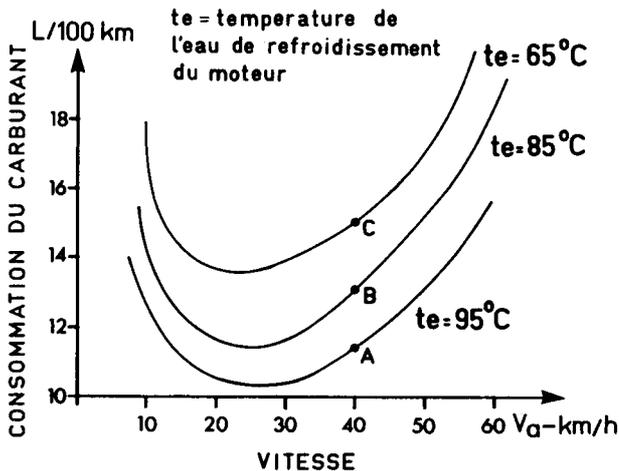


Figure 1. Rapport entre la vitesse sur route du véhicule et sa consommation de carburant, compte tenu de diverses températures de l'eau de refroidissement du moteur.

FERIC a mesuré le rapport entre la température de l'eau du moteur et la consommation de carburant, pour un moteur de fabrication nord-américaine détaché du système propulsif, à une vitesse constante du moteur de 1800 tr/min. Les résultats apparaissent à la figure 2. Au-dessous de 75°C, la consommation de carburant augmentait d'environ 6,5% à chaque fois que la température de l'eau baissait de 10°C. La différence semble beaucoup moins prononcée quand les températures de l'eau se situent au-dessus de 80°C.

Si le véhicule est doté du thermostat approprié et que celui-ci fonctionne bien, les données ci-dessus ne présentent tout au plus qu'un intérêt théorique. Toutefois, dans le cas des quatre parcs de véhicules avec lesquels FERIC a travaillé étroitement jusqu'à ce jour, on a pu constater que plusieurs camions équipés de thermostats d'été, avaient été livrés par le fabricant. Par ailleurs, d'autres thermostats étaient devenus défectueux de sorte qu'ils s'ouvraient pour laisser refroidir le moteur mais demeuraient ouverts durant tout le trajet. Dans tous les cas, une vérification de routine et le remplacement des thermostats défectueux ou inappropriés aurait justifié les sommes en jeu.

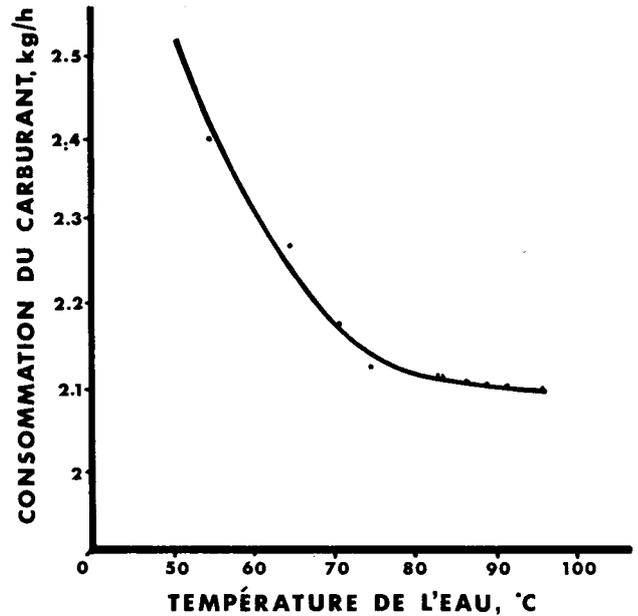


Figure 2. Consommation de carburant en fonction de la température du liquide de refroidissement du moteur (moteur détaché du système propulsif).

## Températures des huiles lubrifiantes dans un système propulsif en marche

Les principaux éléments du système propulsif ont une chose en commun. Le moteur, la transmission et les essieux moteurs ont tous des pièces qui tournent ou se meuvent dans un bain d'huile lubrifiante. Cela demande une dépense d'énergie et la quantité d'énergie requise sera en relation directe avec la viscosité de l'huile et avec la vitesse de rotation des pièces en mouvement. L'énergie utilisée pour "brasser" l'huile n'est qu'un des principaux facteurs de consommation d'énergie du système propulsif, mais il revêt une grande importance dans les climats tempérés où une bonne partie du transport du bois est effectué durant la saison froide. Au point de vue pratique, ce facteur est particulièrement important parce qu'il n'est pas affecté par les dimensions de la charge ni par le couple moteur qui doit être appliqué pour déplacer le camion sur la route, compte tenu du rapport choisi par le conducteur entre la vitesse d'avancement et la vitesse de rotation du moteur. Ainsi les pertes énergétiques dues au brassage de l'huile s'appliquent au voyage entier--en charge et à vide. En fait, elles peuvent même augmenter durant la portion du trajet à vide si le conducteur choisit une vitesse moyenne plus élevée.

Comme ces pertes énergétiques dépendent fortement de la viscosité de l'huile lubrifiante, qui varie en fonction de la température de l'huile, nous avons là un point de départ évident à notre étude; il consistait à déterminer les températures de l'huile lubrifiante et leur variabilité dans les composantes de la transmission d'un ensemble de transport forestier, durant une journée habituelle de travail. Ces données ont été recueillies sur des camions travaillant dans quatre exploitations forestières différentes, au Québec et en Ontario, dans des conditions d'hiver et d'été. Comme constatation générale, disons que les températures de l'huile étaient beaucoup moins élevées que prévu et semblaient atteindre leur limite supérieure de stabilisation pendant moins de 25% du cycle normal de transport.

Dans le but de confirmer les résultats obtenus sur le terrain, une expérience contrôlée a également eu lieu sur la piste d'essais de Transports Canada, à Blainville (Québec). Elle consistait à enregistrer les températures du système sur un ensemble camion-remorque circulant à des vitesses constantes choisies, depuis le démarrage jusqu'à la stabilisation des températures des huiles de la transmission. La figure 3 montre le rapport température/temps pour un ensemble camion-remorque à vide, et la figure 4 pour un ensemble en charge dans des conditions d'hiver moyennes dans le sud-ouest du Québec.

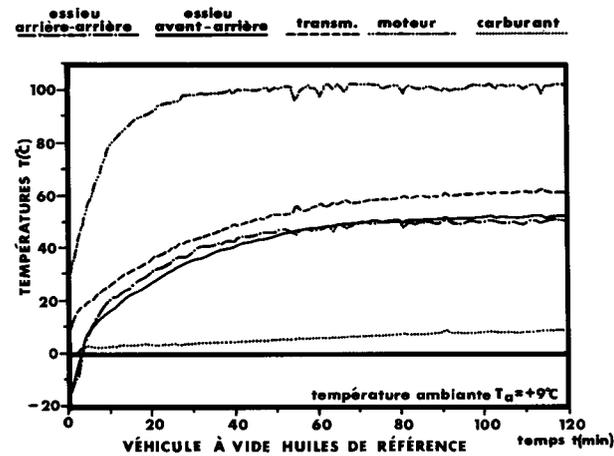


Figure 3. Essai de stabilisation des températures de l'huile pour le moteur, la transmission et l'essieu arrière, ainsi que de la température du carburant.

La hausse des températures de l'huile lubrifiante est due à la conversion en chaleur de cette partie de l'énergie provenant du moteur qui est utilisée pour vaincre la résistance de l'huile au brassage, ainsi qu'au frottement entre les pièces mobiles des éléments de la transmission. Cette chaleur, par contre, est éliminée du système par l'air ambiant et par l'air qui circule rapidement sous le camion. Comme la chaleur générée vient de ces deux sources

principales, la raison pour laquelle la température du camion en charge prend moins de temps à se stabiliser (figure 4) vient de l'augmentation du facteur de perte due au frottement, augmentation qui résulte de l'application d'un couple plus élevé. Ceci n'entre pas en contradiction avec l'énoncé précédent selon lequel les pertes énergétiques dues au brassage de l'huile sont les mêmes pour une vitesse et une viscosité de l'huile données, que le camion soit en charge ou à vide.

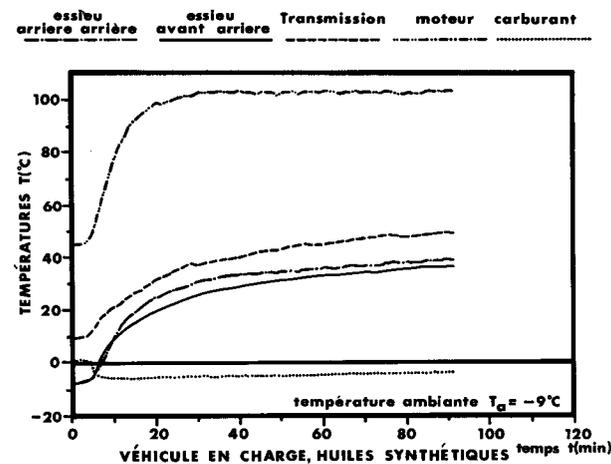


Figure 4. Essai de stabilisation des températures de l'huile pour le moteur, la transmission et l'essieu arrière, ainsi que de la température du carburant.

Les figures 3 et 4 illustrent comment la température de l'huile lubrifiante évolue en fonction du temps de fonctionnement, pour des températures ambiantes de +5°C et de -9°C. Mais le lecteur serait justifié de se demander ce qui se passera en réalité, les températures ambiantes subissant des écarts beaucoup plus grands tout au long de l'année de travail. Nous avons développé une équation (N° 91), donnée dans le document [4] de la bibliographie, qui montre que si on connaît la température de stabilisation de l'huile pour une température ambiante donnée, il suffit d'ajouter ou de soustraire la différence de température ambiante pour obtenir la température approximative de stabilisation de l'huile aux autres températures ambiantes. Ainsi, si la température de stabilisation de l'huile de la transmission était de 60°C à une température ambiante de 5°C, elle serait d'environ 70°C pour une température extérieure de 15°C.

## Effet des températures de l'huile de la transmission sur l'énergie requise

N'oublions pas que le rôle de l'huile lubrifiante consiste à réduire la friction entre les pièces en mouvement des composantes de la transmission et à éliminer la chaleur générée par le frottement entre les surfaces en prise. La perte énergétique par brassage de l'huile n'est qu'un malheureux effet secondaire. Aussi, même s'il est possible de diminuer ces pertes en réduisant la viscosité de l'huile, faut-il s'assurer de préserver les propriétés lubrifiantes de cette dernière. Pour un ensemble camion-remorque donné, circulant à vitesse constante sur un revêtement routier plat et uniforme, la détérioration des propriétés lubrifiantes d'une huile se manifesterait sous la forme d'une augmentation de la force motrice à appliquer et d'une hausse accélérée de la température de l'huile lubrifiante. Tant que ces conditions ne se réalisent pas, une baisse de la viscosité de l'huile attribuable à une augmentation de sa température n'entraînerait aucun effet négatif sur le rendement du graissage. On voit à la figure 5 que le couple requis aux roues motrices pour maintenir l'ensemble camion-remorque en charge à une vitesse de 83 km/h, sur la piste d'essai de Blainville, diminuait à mesure que la température des huiles lubrifiantes augmentait (leur viscosité diminuait). Donc il faut moins de carburant pour faire avancer un véhicule de transport à une vitesse donnée si on peut réduire les viscosités de l'huile, soit en contrôlant l'augmentation des températures de l'huile de la transmission, soit en mettant au point des huiles lubrifiantes de remplacement qui ont des courbes de viscosité moins élevées.

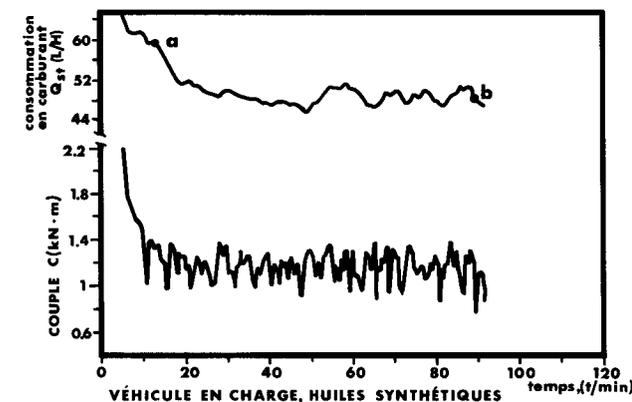


Figure 5. Couple en aval de la transmission et consommation spécifique au moteur, mesurés durant l'essai de stabilisation sur piste.

## Températures de l'huile lubrifiante pour un camion grumier au travail

Les profils de température de l'huile des figures 3 et 4 proviennent d'un camion circulant à vitesse constante autour de la piste d'essai de Blainville. Mais les conditions sont différentes dans la réalité. La vitesse varie selon l'intensité de la circulation, l'état de la route et le comportement du conducteur. Il peut même y avoir des arrêts le long du chemin, soit avec le moteur arrêté, soit avec le moteur en marche.

La figure 6 (voyage 1) représente la séquence des températures de l'huile pour l'essieu moteur avant, durant un trajet aller-retour d'un camion grumier au travail en hiver.

À noter que, compte tenu de la température extérieure, peu élevée à ce moment là, la température de l'huile du différentiel avant (la seule qui ait été enregistrée) baissait à chaque arrêt du camion. La plupart de ces arrêts sont essentiels au cycle de travail (chargement, arrimage de la charge, vérification de la charge, etc.). Le tableau 1 montre une analyse de la figure 6 (voyage 1), ainsi que du trajet effectué par un camion semblable faisant le même voyage aller-retour (voyage 2), pour la portion à vide de 115 km.

Tableau 1. Données enregistrées pour la portion à vide du voyage

	temps total portion à vide	vitesse moyenne	attente pour chargement	température huile après attente	chute de température huile
voyage 1	105 min	66 km/h	25 min	40,6°C	6,1°C
voyage 2	85 min	81 km/h	55 min	34,2°C*	13,5°C

\* corrigé en fonction de températures ambiantes similaires.

Ainsi la vitesse plus élevée du voyage 2 a été obtenue au prix d'une plus grande consommation de carburant pour la maintenir à ce niveau, et d'une consommation additionnelle durant la portion du voyage en charge, alors que la température de l'huile s'élevait depuis sa température de départ, inférieure de 7,4°C (d'où une plus grande viscosité). On voit donc qu'il y a des frais de fonctionnement supplémentaires quand on permet aux chauffeurs de rouler plus vite que nécessaire, ce qui ne fait qu'augmenter le temps d'attente au chargement et au déchargement.

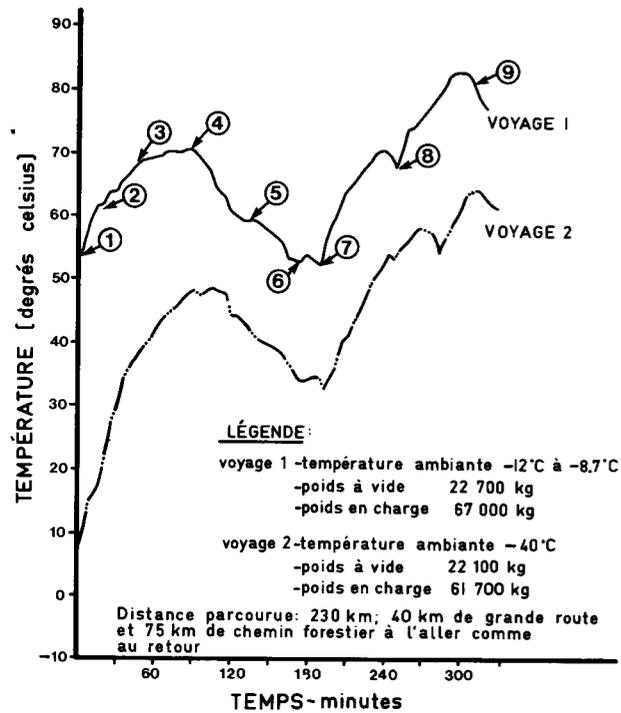


Figure 6. Profil des températures de l'huile du différentiel avant pour un camion de Great Lakes Forest Products Ltd, chaque voyage correspondant à une épaisseur différente dans la couche isolante des essieux moteurs. Les niveaux de température sont donc plus élevés que si les essieux n'avaient pas été isolés, mais on croit que les profils de température sont relativement similaires.

Points de repère:

1. Départ à vide du parc de l'usine
2. Arrivée à la grande route
3. Arrivée au chemin forestier
4. Route vers la jetée et stationnement
5. Déplacement jusqu'à la chargeuse et chargement
6. Départ du point de chargement, en direction du chemin forestier
7. Arrêt pour arrimer la charge
8. Arrêt au dispositif d'alignement de la charge, arrivée sur la grande route
9. En route vers les balances

Le second point qui ressort de la figure 6, c'est qu'au cours du voyage aller-retour de 5 ¼ heures, il est douteux que l'huile ait jamais atteint sa température de stabilisation. Ceci correspond aux résultats des essais rapportés dans les documents [1] et [2] et a des conséquences importantes pour les conducteurs de camions travaillant dans des climats frais ou rigoureux:

- a) Si la puissance du moteur et les caractéristiques des composantes de la transmission sont déterminées en fonction de températures de fonctionnement de l'huile prévues de 80°C, toute baisse des températures réelles de l'huile à un niveau inférieur augmente les pertes énergétiques entre le moteur et les roues motrices. D'où une réduction de la puissance effective du moteur.
- b) À mesure qu'augmente la différence entre la puissance absorbée par un élément du système de transmission et la puissance transmise par ce même élément (le brassage de l'huile entraînant des pertes plus élevées dans les huiles à viscosité plus grande), il y a augmentation de la fatigue des composantes et fort probablement diminution de leur durée de vie.
- c) Certains additifs utilisés dans la fabrication d'huiles lubrifiantes ne sont efficaces que pour un éventail relativement peu étendu de températures. Il est donc important que les fabricants d'huiles lubrifiantes connaissent les conditions réelles dans lesquelles elles seront utilisées.

## Conclusion

Les travaux de recherche de FERIC [2] et [4] ont permis d'identifier les températures qui règnent dans les principales composantes du système propulsif d'un camion de transport forestier et l'effet de ces températures sur la performance et sur la consommation de carburant. Dans la plupart des conditions rencontrées au Canada, les températures de fonctionnement des huiles lubrifiantes du système de transmission étaient plus basses que prévu. Il a été démontré qu'il est possible d'économiser du carburant en réduisant les viscosités de l'huile, soit par une hausse des températures de fonctionnement, soit par la fabrication d'huiles lubrifiantes synthétiques. Dans les deux cas, il faut cependant éviter de réduire les propriétés lubrifiantes de l'huile. Les prochaines fiches techniques décriront les résultats d'expériences visant à vérifier l'efficacité de l'isolation des essieux et de l'emploi d'huiles synthétiques pour maintenir une température plus élevée du différentiel dans les conditions rigoureuses de l'hiver.

La présente note souligne également l'importance d'avoir un thermostat efficace et approprié pour le liquide de refroidissement du moteur.

## Bibliographie

- [1] Ljubic, D.A. 1982. Analyse de la productivité et du coût du transport forestier. Première partie: Étude préliminaire d'établissement des facteurs nécessaires à l'examen de la consommation d'énergie et des performances sur route d'un véhicule de transport. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC). Rap. tech. N° RT-53. 47 p.
- [2] Ljubic, D.A. 1984. Analyse de la productivité et du coût du transport forestier. Deuxième partie: Étude de l'influence des conditions d'utilisation sur les pertes énergétiques du système propulsif et établissement des forces de résistance dues au brassage de l'huile. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC). Rap. tech. N° RT-55. 80 p.
- [3] Ljubic, D.A. 1985. Analyse de la productivité et du coût du transport forestier. Troisième partie: Analyse théorique de l'influence des conditions d'utilisation sur les pertes énergétiques d'un véhicule routier et établissement des forces de résistance au roulement et à l'air. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC). Rap. tech. N° RT-61. 71 p.
- [4] Ljubic, D.A. 1986. Économie d'énergie résultant de l'utilisation des huiles synthétiques dans le moteur, la transmission et les deux essieux arrière d'un véhicule routier. (Rapport destiné au Centre de développement des transports, Transports Canada.) TP 8140F. 74 p.
- [5] Artamonov, M.D.; V.A. Ilarionov; et M.M. Morin. Teoria Atomobilia I Atomobilnovo Dvigatelja, Mashinostroenie, Moscou 1968. 283 p.