

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse  
**Herausgeber:** Technique agricole Suisse  
**Band:** 67 (2005)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Transports en région de montagne : Vitesse et consommation de carburant sur routes escarpées  
**Autor:** Lauber, Stefan / Schick, Matthias / Schiess, Isidor  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1086140>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Transports en région de montagne

### Vitesse et consommation de carburant sur routes escarpées

Stefan Lauber, Matthias Schick, Isidor Schiess, Edwin Stadler et Ruedi Stark, Agroscope FAT Tänikon, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles, CH-8356 Ettenhausen  
E-Mail : stefan.lauber@fat.admin.ch

Les surfaces en pente et les routes souvent escarpées des régions de montagne nécessitent des engins de transport adaptés. Suivant les besoins et la disposition des parcelles, il faut savoir faire le bon choix entre les transporteurs et les tracteurs, lors de l'achat.

Vu les longues distances à parcourir, ce n'est pas tant la vitesse maximale que le temps de transport effectif qui représente un facteur décisif.

Une série de trajets tests a été effectuée de manière à déterminer les vitesses moyennes et les vitesses en fonction du degré de déclivité. Ces mesures permettent notamment de déterminer le temps de travail nécessaire pour le transport d'une unité de charge avec différents types de mécanisation et différents volumes de charge utile.

Pour ce faire, deux combinaisons de tracteurs et deux combinaisons de transporteurs de puissance différente ont été testées, ainsi qu'un tracteur à poste de commande réversible. Outre la vitesse, on a également mesuré la consommation de carburant par tonne de charge utile en fonction de l'engin choisi.

#### Problématique et objectifs

Lors de la récolte du fourrage et de la fumure, il est souvent nécessaire de parcourir de longues distances en région de montagne. Les routes de montagne sont souvent escarpées et sans visibilité, ce qui exige un mode de conduite adapté et une vitesse limitée. Les

terrains éloignés (p. ex. mayens) et le caractère dispersé des parcelles exploitées mobilisent de grosses capacités de travail pour les trajets de transport et les trajets à vide. C'est pourquoi pour l'organisation du travail et les calculs de planification en région de montagne, il est absolument essentiel de pouvoir se reposer sur des chiffres fiables.

Les données relatives à la vitesse disponibles jusqu'ici pour les régions de montagne (Schick 1995) ne distinguaient pas les différentes déclivités, ni les différentes qualités de revêtement. C'est pourquoi leur utilisation est limitée. En outre, des données relatives à la consommation de diesel en région de montagne font totalement défaut. Dans le cadre d'une série de trajets de mesure, on a calculé la vitesse en fonction de la pente ainsi que la consommation de diesel pour différentes combinaisons de tracteurs et de transporteurs.



Fig. 1: Un Reform Muli 875 SL avec citerne à pression portée constituait la plus grande combinaison avec transporteur.

Sommaire	Page
Problématique et objectifs	23
Configuration de l'expérience et méthode	24
Abréviations	24
Résultats	26
Conclusions	30
Bibliographie	30



## Configuration de l'expérience et méthode

### Véhicules d'essai et charges attelées

L'essai comprenait deux tracteurs et deux transporteurs de différentes catégories de puissance ainsi qu'un tracteur réversible / faucheuse à deux essieux (tab. 1). Pour pouvoir tester les véhicules dans des conditions réelles, on avait attelé des citernes à pression aux tracteurs. Les transporteurs (fig. 1 et 2) ont parcouru les distances avec une citerne à pression portée. Pour certains trajets du tracteur réversible (fig. 3), un dispositif de coupe frontal avec conditionneur intégré était monté à l'avant à titre de charge supplémentaire. Le poids total des différentes combinaisons a été relevé sur place à l'aide d'un pont-bascule (tab. 2).

### Parcours tests

Les trajets tests ont eu lieu sur deux parcours dans les communes grisonnes de Mon, Salouf, Surava et Tiefencastel (fig. 4 et 5). Trois distances différentes (A1, A2 et A3) ont été parcourues sur la route asphaltée et deux distances (T1 et T2) sur le chemin de terre battue (tab. 3). Il était important de faire des mesures séparées pour les routes asphaltées et les chemins, car les frottements dus aux roulements sont nettement plus importants sur ces derniers. Le parcours asphalté le plus long passait par le centre relativement étroit du village de Mon. Tous les autres parcours ne passaient par aucune zone d'habitation. Lorsque les parcours se recoupaient, chaque distance a été parcourue séparément pour pouvoir tenir compte des effets de démarrage et de freinage. Les distances choisies permettent de tirer des conclusions sur les transports dans un périmètre

### Abréviations

...	Cette valeur a été laissée de côté, car elle n'était pas disponible ou n'avait pas d'importance.
-	Cette valeur est nulle.
R <sup>2</sup>	Mesure de détermination ; valeur statistique qui évalue la qualité d'une régression. Elle indique la part de variation des valeurs mesurées, qui peut être expliquée par la régression correspondante. Dans le cas idéal, R <sup>2</sup> a une valeur de 1.
a	paramètre de la vitesse simulée. Unité : km/h
c	paramètre de la vitesse simulée. Unité : km/h par % de déclivité
MOmin	main-d'œuvre minute
g	gramme ; également : accélération gravitationnelle
kW	kilowatt
t	tonne
tkm	tonne kilométrique (se rapporte aux charges utiles)
V <sub>max</sub>	vitesse maximale

Tab. 1: Type, vitesse maximale (v<sub>max</sub>) et puissance nominale des véhicules de traction utilisés.

Véhicule de traction	Type	V <sub>max</sub>	Puissance nominale	
		km/h	kW	CV
Tracteur 70 kW	New Holland TS 90 Turbo	40	70	95
Tracteur 53 kW	Same Dorado 75	40	53	72
Transporteur 55 kW	Reform Muli 875 SL	40	55	74
Transporteur 34 kW	Aebi TP 47	25	34	45
Tracteur réversible	Antonio Carraro Tigretac 5500	30	35	48



Fig. 2: Le Aebi TP 47 avec citerne à pression portée a été utilisé pour représenter la petite combinaison avec transporteur.

Tab. 2: Poids pondérés et programmes de circulation. À l'exception du tracteur réversible, toutes les combinaisons de véhicules ont été testées avec et sans poids supplémentaire sur tous les parcours.

Véhicule de traction	Poids de base	Charge supplémentaire	Poids supplémentaire	Poids total	Programme de circulation				
	kg		kg	kg	A1	A2	A3	T1	T2
Tracteur 70 kW	7 460	avec citerne à pression de 5,0 m <sup>3</sup> pleine	4 780	12 240	oui	oui	oui	oui	oui
		avec citerne à pression de 5,0 m <sup>3</sup> vide	—	7 460	oui	oui	oui	oui	oui
Tracteur 53 kW	4 440	avec citerne à pression de 2,7 m <sup>3</sup> pleine	2 660	7 100	oui	oui	oui	oui	oui
		avec citerne à pression de 2,7 m <sup>3</sup> vide	—	4 440	oui	oui	oui	oui	oui
Transporteur 55 kW	3 200	avec citerne à pression portée de 2,1 m <sup>3</sup> pleine	2 140	5 340	oui	oui	oui	oui	oui
		avec citerne à pression portée de 2,1 m <sup>3</sup> vide	—	3 200	oui	oui	oui	oui	oui
Transporteur 34 kW	2 340	avec citerne à pression portée de 1,7 m <sup>3</sup> pleine	1 700	4 040	oui	oui	oui	oui	oui
		avec citerne à pression portée de 1,7 m <sup>3</sup> vide	—	2 340	oui	oui	oui	oui	oui
Tracteur réversible	1 720	avec dispositif de coupe frontal de 2,6 m/conditionneur	570	2 290	oui	oui	oui	non	non
		sans charge supplémentaire	—	1 720	non	non	non	oui	oui





Fig. 3: La combinaison avec faucheuse à deux essieux était constituée d'un tracteur réversible Antonio Carraro Tigretac 5500 avec ou sans dispositif de coupe frontal 2,6 m.

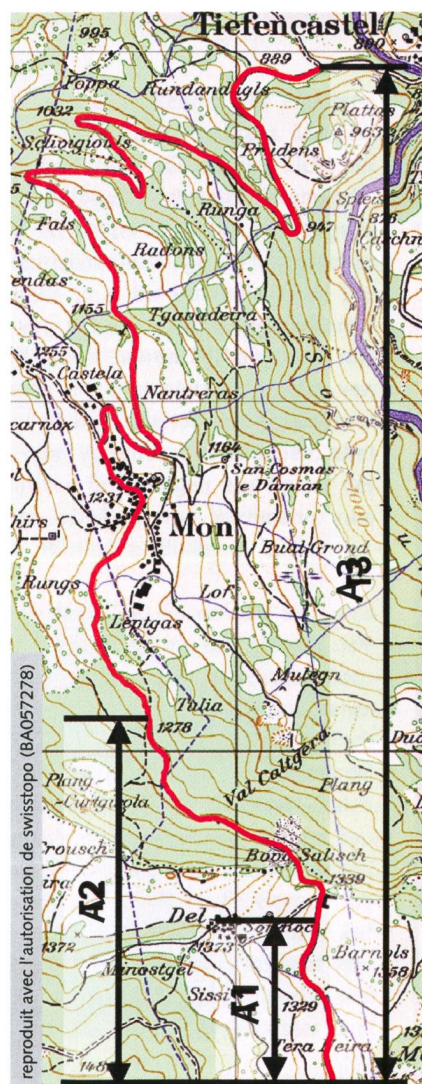


Fig. 4: Parcours tests sur route goudronnée entre Tiefencastel, Mon et Salouf.

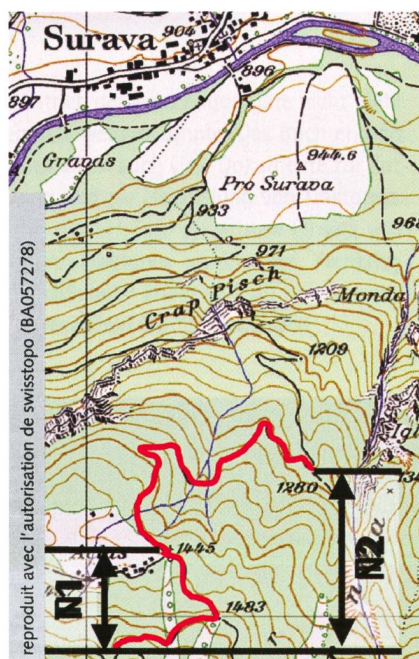


Fig. 5: Parcours tests sur la route des mayens et des alpages (chemin de terre) au sud de Surava.

proche des fermes, d'environ 500 m, mais aussi sur les trajets vers des parcelles éloignées, qui se situent par exemple dans d'autres communes ou à l'altitude des mayens.

Sur chaque parcours, on a isolé plusieurs sections plus ou moins raides et mesuré leur déclivité. Sur les routes asphaltées, ces sections mesuraient 100 m de long, sur les chemins de terre, 25 m (tab. 3). Le parcours A3 présente par exemple 21 sections d'une longueur de 100 m chacune et d'une déclivité comprise entre 2,0 % et 12,7 %. Les rigoles de drainage placées en travers des chemins ont une influence sensible sur la conduite et ont donc été prises en compte.

La déclivité moyenne de la route asphaltée (fig. 6) était de 8,8 %, soit, comme on pouvait s'y attendre, une déclivité inférieure à celle du chemin de terre qui s'élevait, elle, à 14,3 % (fig. 7). Les parcours asphaltés A2 et A3 présentent un changement de déclivité. Les sections avec déclivité négative ont toujours été évaluées comme des descentes lorsqu'il s'agissait de déterminer la vitesse en fonction de la pente.

## Programme de circulation

Les combinaisons avec tracteurs et transporteurs ont été utilisées sur tous les parcours avec citerne à pression pleine et vide. Sur route asphaltée, un dispositif de coupe frontal avec conditionneur était monté sur le tracteur réversible. Sur les chemins de terre, par contre, ce même tracteur circulait sans charge supplémentaire (tab. 2). Pour une question de temps et de coûts, on n'a pu effectuer le parcours qu'une seule fois avec chaque combinaison, sachant que la montée et la descente ont été prises en compte dans les calculs et évaluées séparément.

Pour minimiser le plus possible l'influence du conducteur sur les résultats, tous les essais ont été effectués avec le même conducteur expérimenté. Ce dernier connais-

Tab. 3: Sur les cinq parcours tests, on a mesuré séparément les temps de trajets sur les différentes sections dont la déclivité était connue. Les colonnes min. et max. désignent la portion la plus plate et la plus pentue de chaque parcours. On a également relevé le nombre de rigoles transversales.

Parcours	Qualité	Distance total m	Répartition	Sections		Déclivité moyenne %	Rigoles transversales Nombre
				max. %	min. %		
A1	Route asphaltée	505	3 x 100 m	4.5	4.5	4.6	...
A2	Route asphaltée	1 501	12 x 100 m	10.0	2.0	6.1 -4.6	...
A3	Route asphaltée	5 877	21 x 100 m	12.7	2.0	8.8 -4.6	...
T1	Chemin de terre	598	7 x 25 m	17.1	9.4	14.1	38
T2	Chemin de terre	1 751	15 x 25 m	18.1	9.4	14.3	54



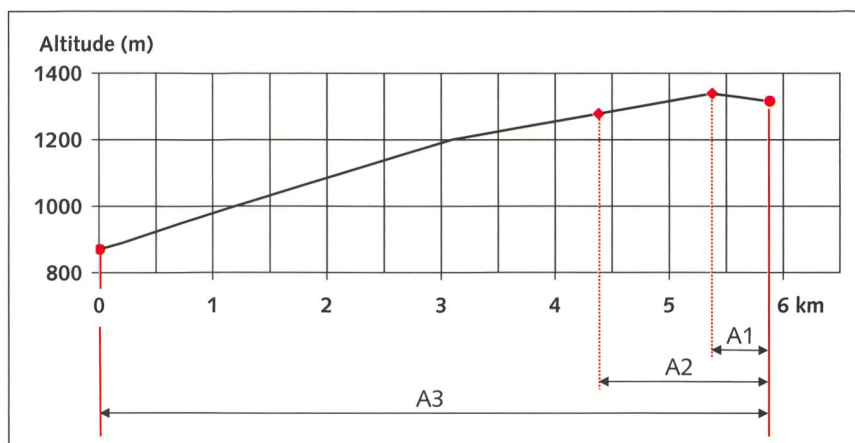


Fig. 6: La route asphaltée présente une déclivité moyenne de 8,8 %. Les parcours A2 et A3 présentent une section avec une descente. C'est une situation tout à fait proche de la réalité puisqu'il est rare que sur une telle longueur, la route ne fasse que monter.

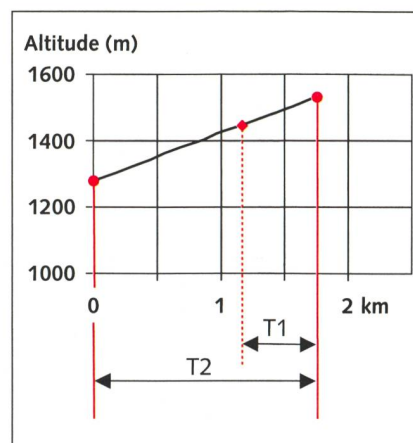


Fig. 7: Comme on pouvait s'y attendre, le chemin de terre est plus escarpé que la route asphaltée et présente une déclivité moyenne de 14,3 %.

saient les parcours avant les premiers trajets de mesure, ce qui lui a permis d'éviter de prendre des précautions disproportionnées lors des premiers trajets. Les trajets ont été effectués pendant la saison d'hiver sur des routes sèches, non gelées et sans neige.

## Mesures

Les temps de trajet ont été chronométrés à la main par le copilote et enregistrés dans un ordinateur de poche. On a relevé les temps pour la distance totale ainsi que pour les différentes sections. Sur le parcours le plus court, avec une vitesse de 25 km/h et en partant du principe que le temps de retard éventuel du chronométrage est d'une seconde, la vitesse est sous-estimée d'environ 0,34 km/h, ce qui est suffisamment précis pour la problématique traitée.

La distance de l'ensemble des parcours et des différentes sections a été mesurée à l'aide d'un odomètre. La déclivité des différentes sections a été déterminée à l'aide d'un télémètre laser (« distancemètre laser ») dans le cadre d'un procédé trois points qui a été renouvelé deux fois. Pour déterminer la consommation de carburant, un réservoir supplémentaire a été monté sur les véhicules. Ce réservoir a été pesé sur une balance de précision au début et à la fin du parcours test. Cette méthode implique une température de fonctionnement minimale des véhicules de traction et une distance minimale parcourue pour pouvoir déterminer des différences susceptibles d'être mesurées entre chacun des parcours test. C'est pourquoi ces mesures n'ont été effectuées qu'à partir de distances d'au moins 1500 m.

## Résultats

### Base physique

La vitesse théorique d'une combinaison de véhicules dépend essentiellement de cinq facteurs (Stadler et al. 2004) :

- la puissance du véhicule de traction,
- la masse à transporter,
- la déclivité de la route,
- le type de revêtement de la route et
- la vitesse maximale du véhicule de traction.

Comme le tracé des routes, la visibilité et les irrégularités du revêtement, etc. influencent également la conduite, la vitesse théorique maximale (fig. 8, 9 et 10) n'est jamais atteinte en réalité. À la montée, la puissance peut être très importante lorsqu'il s'agit d'accélérer après des virages où la visibilité est mauvaise. À la descente, la puis-

sance n'a pratiquement pas d'influence limitative, puisqu'en général on roule à une vitesse permettant de freiner au plus tard à mi-distance par rapport à la visibilité de l'objet nécessitant le freinage.

### Vitesses moyennes

Pour différentes raisons il est plus intéressant de connaître la vitesse moyenne sur des distances typiques compte tenu du démarrage et du freinage, que d'avoir une courbe détaillée de la fonction vitesse (tab. 4 et 5).

Sur routes asphaltées et sur la distance la plus longue (A3), les véhicules sont allés en général plus vite à la descente qu'à la montée. On a observé que sur les trajets à vide, les différences entre le tracteur (transporteur) le moins puissant et le tracteur (transporteur) le plus puissant étaient minimales étant donné la puissance réelle

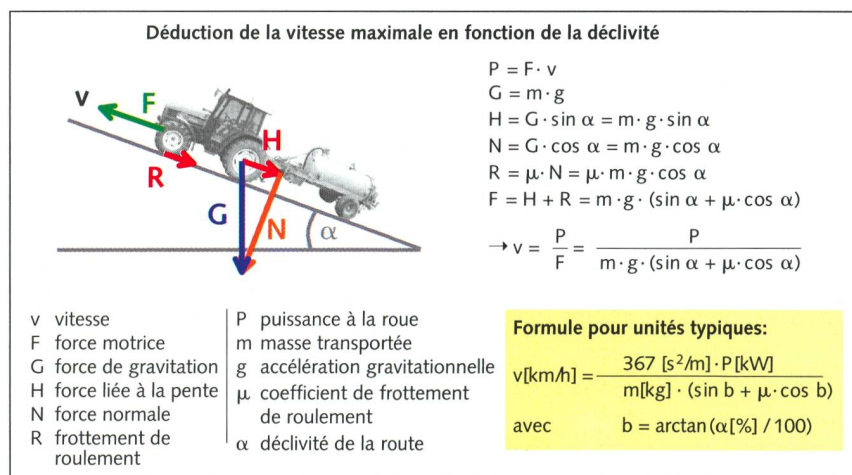


Fig. 8: Déduction de la vitesse maximale en fonction de la déclivité d'après la théorie physique.



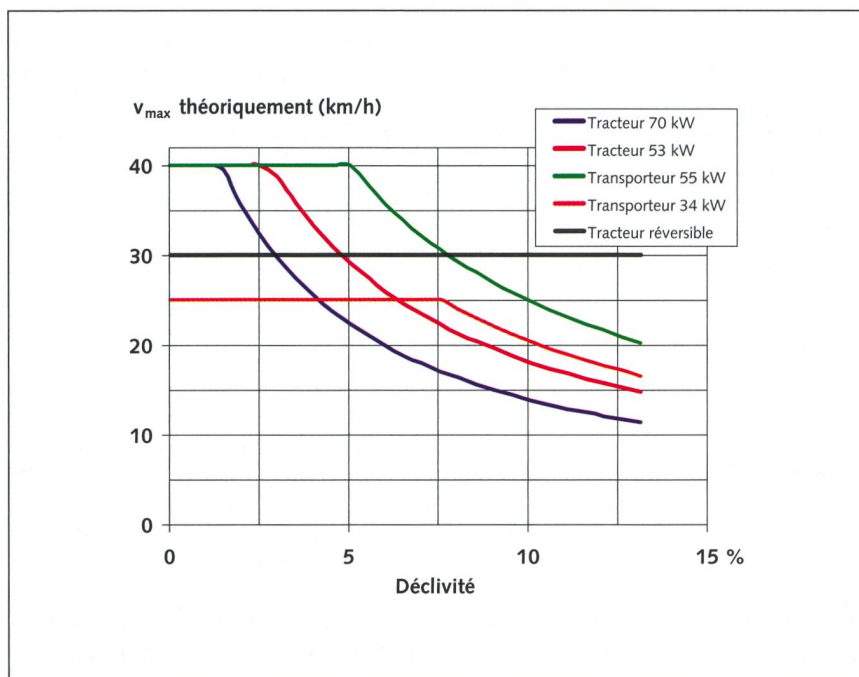


Fig. 9: Vitesse maximale théorique en fonction de la déclivité pour les combinaisons de véhicules chargées à la montée sur routes asphaltées (coefficient de frottement de roulement admis  $\mu = 0,03$  ; 85 % de la puissance nominale à la roue). La vitesse est limitée vers le haut par la vitesse maximale du véhicule.

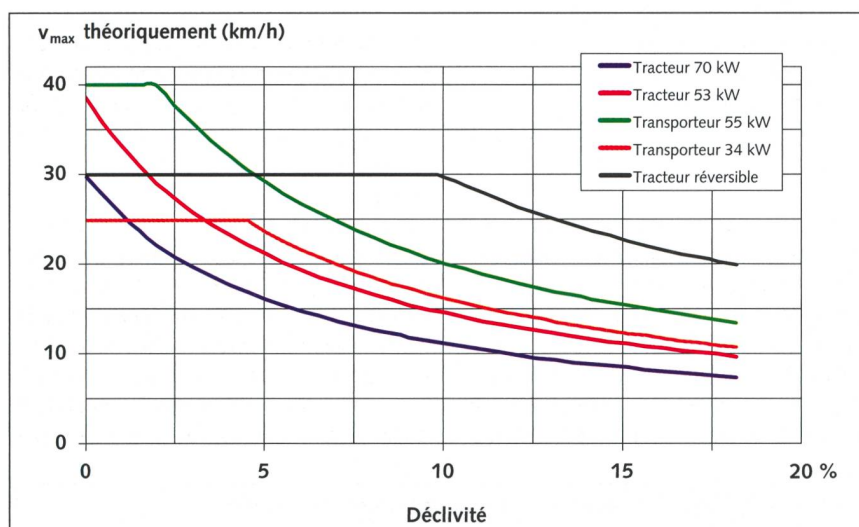


Fig. 10: Vitesse maximale théorique en fonction de la déclivité pour les combinaisons de véhicules chargées à la montée sur chemins de terre (coefficient de frottement de roulement admis  $\mu = 0,06$  ; 85 % de la puissance nominale à la roue). La vitesse est limitée vers le haut par la vitesse maximale du véhicule.

supérieure. Ces affirmations ne sont pas valables pour les parcours A1 et A2. En effet, lorsqu'on compare les deux tracteurs, on constate que le gain dû à la puissance supérieure du véhicule est souvent largement annulé par la charge utile plus élevée, ce qui veut dire que le tracteur le plus puissant est également le plus lent. Les différences proportionnellement plus réduites entre la montée et la descente sur le parcours A1 s'expliquent par la faible déclivité moyenne (4.6 %).

Sur les chemins de terre T1 et T2, la situation est inversée. La visibilité étant moins bonne, les véhicules roulent plus prudemment à la descente qu'à la montée. Cette affirmation n'est pas valable pour le plus petit des transporteurs étudiés lorsqu'il est chargé. En effet, à la montée, il atteint rapidement la limite de sa puissance, mais à la descente, il permet d'atteindre des vitesses élevées, contrairement aux combinaisons tracteur-remorque. En outre, ce petit transporteur est le seul véhicule testé qui ne possède qu'une transmission simple sans démultiplicateur, ni vitesses passables sous charge. Tous les autres véhicules étaient équipés de boîtes à vitesses à passage sous charge.

## Temps nécessaire pour l'utilisation du tracteur

En montagne, lorsqu'il s'agit d'investir dans un nouveau véhicule, outre l'aspect financier, on s'intéresse moins à la vitesse moyenne du véhicule qu'au temps nécessaire pour son utilisation lors de la récolte de foin et lors de l'épandage d'engrais de ferme. Les différences entre les types de véhicules plus puissants et moins puissants et les charges utiles potentielles qui en découlent sont présentées dans les tableaux 4 et 5 : sur routes asphaltées, le remplacement d'un petit transporteur avec une citerne de 1,7 m<sup>3</sup> par un transporteur plus puissant avec une citerne de 2,1 m<sup>3</sup> permet de diviser par deux le temps de transport nécessaire (M<sub>omin</sub>/tkm) par tonne

La force motrice  $F$  est le résultat de la puissance momentanée à la roue (environ 85 % de la puissance nominale) et sert à compenser la force liée à la pente  $H$  et le frottement de roulement  $R$ . Le coefficient de frottement de roulement  $\mu$  dépend du revêtement de la route. Sur les routes asphaltées, la valeur est de 0,03, sur les chemins de terre de 0,06 et sur les prairies de 0,09.

Dans la formule indiquée en jaune, l'accélération gravitationnelle constante  $g$  (9,81 m/s<sup>2</sup>) est déjà prise en compte. Les unités ont également été adaptées de telle manière que la vitesse est indiquée en kilomètres/heure, si l'on saisit la puissance à la roue en kilowatt et le poids total en kilogrammes. La déclivité de la portion de route à calculer doit être convertie de pourcentages en degrés, à l'aide de la valeur intermédiaire  $b$ . Exemple de calcul : un transporteur chargé, d'une puissance nominale de 55 kW (env. 85 % à la roue : 46,75 kW) et d'un poids total de 5340 kg peut atteindre une vitesse maximale de 20,1 km/h (sur chemin de terre) ou de 24,8 km/h (sur route asphaltée) à la montée sur une portion de route présentant une déclivité de 10 %.



Tab. 4: Vitesse moyenne (km/h) et temps nécessaire moyen par tonne de charge utile déplacée et par kilomètre (MOmin/tkm) sur route asphaltée. Les moyennes figurant dans les quatre dernières colonnes ont été pondérées proportionnellement à la longueur du parcours. Cela signifie par exemple que le parcours A2 a une importance presque deux fois plus élevée que le parcours A1 dans le calcul de la moyenne.

Véhicule de traction	Poids	Parcours sur route asphaltée A1 (505 m)				Parcours sur route asphaltée A2 (1501 m)				Parcours sur route asphaltée A3 (5877 m)				Moyenne, pondérée			
		Montée		Descente		Montée		Descente		Montée		Descente		Montée		Descente	
		km/h	MOmin/tkm	km/h	MOmin/tkm	km/h	MOmin/tkm	km/h	MOmin/tkm	km/h	MOmin/tkm	km/h	MOmin/tkm	km/h	MOmin/tkm	km/h	MOmin/tkm
Tracteur 70 kW	12 240	22.2	0.6	25.0	0.5	19.4	0.6	21.4	0.6	15.4	0.8	19.4	0.6	16.6	0.8	20.1	0.6
	7 460	28.6	—	26.1	—	26.1	—	25.0	—	23.1	—	26.1	—	24.0	—	25.9	—
Tracteur 53 kW	7 100	23.1	1.0	24.0	0.9	20.7	1.1	21.4	1.1	17.6	1.3	20.0	1.1	18.5	1.2	20.5	1.1
	4 440	27.3	—	27.3	—	26.1	—	27.3	—	23.1	—	28.6	—	23.9	—	28.3	—
Transporteur 55 kW	5 340	30.0	0.9	31.6	0.9	30.0	0.9	30.0	0.9	25.0	1.1	28.6	1.0	26.3	1.1	29.1	1.0
	3 200	37.5	—	35.5	—	33.3	—	35.3	—	33.3	—	35.3	—	33.6	—	35.3	—
Transporteur 34 kW	4 040	22.2	1.6	22.2	1.6	20.7	1.7	18.8	1.9	13.3	2.7	18.8	1.9	15.3	2.3	19.0	1.9
	2 340	24.0	—	25.0	—	24.0	—	26.1	—	22.2	—	26.1	—	22.7	—	26.0	—
Tracteur réversible	2 290	25.0	—	27.3	—	26.1	—	26.1	—	18.2	—	25.0	—	20.1	—	25.4	—
	1 720	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

de charge utile et par kilomètre parcouru grâce au volume supplémentaire (+ 29 %) et à la vitesse supérieure (à la montée : + 53 %, à la descente : + 72 %). Sur chemin de terre, la différence est un peu moins marquée, environ 40 %.

Le passage d'une combinaison de tracteur avec citerne de 2,7 m³ à une combinaison avec citerne de 5,0 m³ (+ 85 %) permet un gain de temps d'environ 40 % par tonne kilométrique (tkm) sur route asphaltée et d'environ 30 % sur chemin de terre.

L'exemple typique choisi est celui d'un trajet de six kilomètres depuis la ferme jusqu'à une parcelle située à l'altitude des mayens, un trajet sur route asphaltée hormis les 1000 derniers mètres sur chemin de terre (tab. 6). Suivant la combinaison de véhicules choisie, il faut compter entre 9 minutes (100 %) et 25 minutes (177 %) de temps de trajet par tonne resp. par mètre cube de lisier.

## Vitesses en fonction de la déclivité

L'évaluation des mesures sur les 15, resp. 21 sections des différents parcours permet de simuler la vitesse en fonction de la déclivité. Sachant que certaines sections ont été parcourues plusieurs fois, la base de données pour les routes asphaltées se compose de 36 mesures et de 22 pour les chemins de terre. Etant donné la configuration de l'expérience, la base de données n'en reste pas moins relativement limitée. Les résultats doivent donc être interprétés avec précaution. Les résultats présentés dans le tableau 7 reposent sur des déclivités de 2,0 % à 12,7 % pour les routes asphaltées et de 9,4 % à 18,1 % pour les chemins de terre. Les fonctions qui se présentent sous la forme  $v = c - a \cdot \text{déclivité}$  sont fondées sur des calculs de régression. Cette forme

Tab. 5: Vitesse moyenne (km/h) et temps nécessaire moyen par tonne de charge utile déplacée et par kilomètre (MOmin/tkm) sur chemin de terre. Les moyennes figurant dans les quatre dernières colonnes ont été pondérées proportionnellement à la longueur du parcours comme dans le tableau 4.

Véhicule de traction	Poids	Parcours sur chemin de terre T1 (598 m)				Parcours sur chemin de terre T2 (1751 m)				Moyenne, pondérée			
		Montée		Descente		Montée		Descente		Montée		Descente	
		kg	km/h	MOmin/tkm	km/h	kg	km/h	MOmin/tkm	km/h	kg	km/h	MOmin/tkm	km/h
Tracteur 70 kW	12 240	11.8	1.1	9.5	1.3	8.1	1.5	7.5	1.7	9.0	1.4	8.0	1.6
	7 460	13.6	—	12.5	—	13.6	—	12.5	—	13.6	—	12.5	—
Tracteur 53 kW	7 100	11.3	2.0	9.5	2.4	10.9	2.1	11.1	2.0	11.0	2.1	10.7	2.1
	4 440	14.3	—	13.0	—	14.1	—	14.0	—	14.2	—	13.7	—
Transporteur 55 kW	5 340	15.0	1.9	13.3	2.1	15.0	1.9	13.6	2.1	15.0	1.9	13.5	2.1
	3 200	15.0	—	14.0	—	15.0	—	14.3	—	15.0	—	14.2	—
Transporteur 34 kW	4 040	10.2	3.5	11.3	3.1	9.0	3.9	12.2	2.9	9.3	3.8	12.0	2.9
	2 340	10.9	—	10.5	—	13.0	—	12.5	—	12.5	—	12.0	—
Tracteur réversible	2 290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1 720	15.8	—	15.4	—	16.2	—	16.2	—	16.1	—	16.0	—

Tab. 6: Temps nécessaire pour le transport d'une citerne de lisier dans une parcelle située à l'altitude des mayens (5000 m de route asphaltée plus 1000 m de chemin de terre). La montée se fait avec une citerne pleine, la descente avec une citerne vide. La dernière colonne indique le temps nécessaire par tonne de lisier à titre de comparaison.

Véhicule de traction	Charge utile	Montée (citerne pleine)		Descente (citerne vide)		total	par tonne
		5 km de route asphaltée	1 km de chemin de terre	5 km de route asphaltée	1 km de chemin de terre		
		MOmin	MOmin	MOmin	MOmin		
Tracteur 70 kW	4 780	18.1	6.6	11.6	4.8	41.1	8.6
Tracteur 53 kW	2 660	16.2	5.5	10.6	4.4	36.6	13.8
Transporteur 55 kW	2 140	11.4	4.0	8.5	4.2	28.1	13.1
Transporteur 34 kW	1 700	19.6	6.4	11.5	5.0	42.6	25.1

d'analyse a été privilégiée par rapport à une analyse basée uniquement sur la théorie physique (fig. 8), car elle permet de mieux représenter les valeurs de mesure. Le terme fixe « c » (km/h) apparaît dans chaque fonction de la simulation, le terme « a » qui dépend de la déclivité (km/h par % de déclivité) ne peut être considéré comme pertinent que sur routes asphaltées à la montée (fig. 11). Pour les descentes sur routes asphaltées, la déclivité ne joue un rôle significatif que pour les véhicules chargés (à l'exception du tracteur réversible) et dépend étroitement du rapport entre la puissance et le poids total déplacé. Dans certains cas, dans lesquels le

terme « a » dépendant de la déclivité est significatif, il peut expliquer entre 16 % et 76 % des influences sur la vitesse.

Sur les chemins de terre, l'expérience présentée ici n'a pas mis en évidence de relation entre la vitesse et la déclivité (fig. 12). D'autres facteurs comme le nombre de rigoles transversales ou la visibilité ont une influence nettement plus marquée sur la vitesse.

## Consommation moyenne de carburant

Le tableau 8 présente la consommation



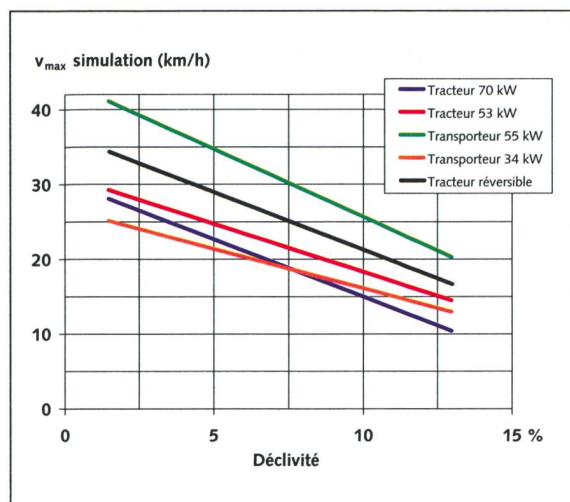


Fig. 11: Vitesse maximale (obtenue par simulation) des combinaisons de véhicules chargées à la montée sur routes asphaltées en fonction de la déclivité.

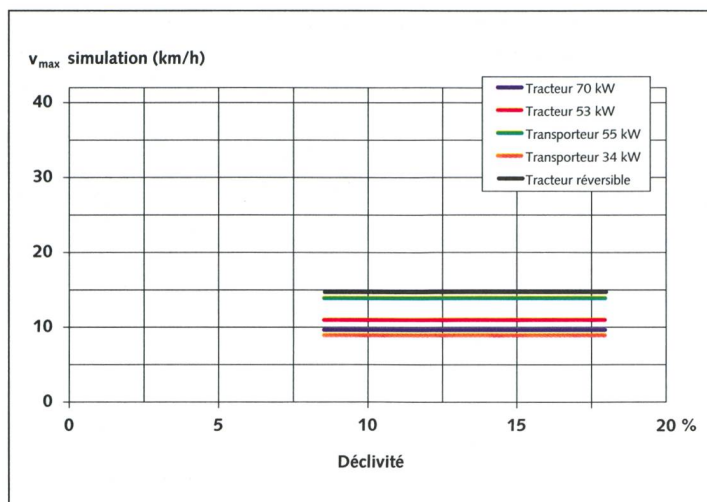


Fig. 12: Vitesse maximale (obtenue par simulation) des combinaisons de véhicules chargées à la montée sur chemins de terre en fonction de la déclivité (tracteur réversible non chargé).

de diesel pour les différents trajets, par kilomètre et par tonne kilométrique. À la montée sur routes asphaltées, il faut compter entre 120 g et 251 g de diesel par kilomètre parcouru et par tonne de charge utile (1,4 dl à 3,0 dl). Sur les chemins de terre, les valeurs de consommation sont comprises entre 307 g et 452 g (3,7 dl à 5,4 dl), soit un niveau nettement plus élevé, car les chemins de terre sont plus pentus et le frottement de roulement plus important. La variante de tracteur la moins puissante est celle qui affiche la consommation la plus élevée par tonne kilométrique, soit 452 g.

La consommation de carburant de la combinaison la plus puissante avec tracteur ou avec transporteur par tonne kilométrique est plus faible qu'avec les combinaisons moins puissantes. À la montée, l'économie de carburant est comprise entre 13 % et 31 % en cas de passage à la variante plus puissante.

Si l'on prend de nouveau l'exemple d'un trajet de six kilomètres depuis la ferme

**Tab. 7: Fonctions de la vitesse déterminées à partir de calculs de régression sous la forme  $v \text{ [km/h]} = c \text{ [km/h]} - a \text{ [km/h/\%]} \times \text{déclivité [\%]}$ . La réduction de vitesse en fonction de la déclivité « a » intervient exclusivement sur route asphaltée et pour des rapports poids-puissance relativement bas. Le pourcentage de détermination ( $R^2$ ) des composants de déclivité par rapport à la vitesse est compris entre 16 % et 76 %. Lorsque aucune valeur n'est indiquée pour « a », on peut partir du principe que la vitesse « c » est constante et ne dépend pas de la déclivité.**

Véhicule de traction	Poids	Puissance		Route asphaltée						Chemin de terre	
				Montée			Descente			Mon-tée	Des-cente
				c	a	R <sup>2</sup>	c	a	R <sup>2</sup>	c	c
	kg	kW	kW/t	km/h	km/h / %	–	km/h	km/h / %	–	km/h	km/h
Tracteur 70 kW	12 240	70	5.7	30.4	1.5	0.76	29.7	1.0	0.67	9.7	10.0
	7 460	70	9.4	33.7	0.9	0.69	27.1	–	–	13.8	12.6
Tracteur 53 kW	7 100	53	7.5	31.2	1.3	0.72	27.9	0.7	0.40	11.2	10.0
	4 440	53	11.9	41.9	2.1	0.63	29.4	–	–	14.3	13.2
Transporteur 55 kW	5 340	55	10.3	43.8	1.8	0.62	37.3	0.7	0.17	13.8	12.7
	3 200	55	17.2	43.0	0.7	0.16	37.2	–	–	12.6	13.8
Transporteur 34 kW	4 040	34	8.4	26.7	1.1	0.36	26.4	0.8	0.16	9.3	11.4
	2 340	34	14.5	25.3	–	–	27.2	–	–	10.5	11.9
Tracteur réversible	2 290	35	15.3	36.7	1.5	0.52	29.6	–	–	...	...
	1 720	35	20.3	...	...	...	...	...	...	14.6	15.5

jusqu'à une parcelle située à l'altitude des mayens, on consomme entre 1365 g (100 %) et 1811 g (133 %) de diesel par

tonne de lisier, ce qui correspond à une consommation de diesel de 27 à 36 litres pour 100 km.

**Tab. 8: Consommation de diesel (g) pour le parcours total et par kilomètre (g/km). À titre de comparaison, on a également indiqué la quantité de diesel nécessaire (g/tkm) par tonne de charge utile déplacée et par kilomètre.**

Véhicule de traction	Poids kg	Parcours sur route asphaltée A2 (1501 m)						Parcours sur route asphaltée A3 (5877 m)						Parcours sur chemin de terre T2 (1751 m)					
		Montée			Descente			Montée			Descente			Montée			Descente		
		g	g / km	g / tkm	g	g / km	g / tkm	g	g / km	g / tkm	g	g / km	g / tkm	g	g / km	g / tkm	g	g / km	g / tkm
Tracteur 70 kW	12 240	917	611	128	410	273	57	5 678	966	202	557	95	20	2 599	1 484	311	34	19	4
	7 460	539	359	—	295	197	—	3 242	552	—	418	71	—	1 586	906	—	40	23	—
Tracteur 53 kW	7 100	635	423	159	319	213	80	3 923	668	251	408	69	26	2 106	1 203	452	58	33	12
	4 440	450	300	—	246	164	—	2 662	453	—	406	69	—	1 278	730	—	17	10	—
Transporteur 55 kW	5 340	386	257	120	195	130	61	2 471	420	196	277	47	22	1 150	657	307	15	9	4
	3 200	283	189	—	149	99	—	1 628	277	—	251	43	—	749	428	—	17	10	—
Transporteur 34 kW	4 040	394	262	154	179	119	70	2 499	425	250	258	44	26	1 217	695	409	59	34	20
	2 340	274	183	—	157	105	—	1 433	244	—	234	40	—	632	361	—	38	22	—
Tracteur réversible	2 290	335	223	—	203	135	—	1 885	321	—	397	68	—	—	—	—	—	—	—
	1 720	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	694	396	—	156	89	—



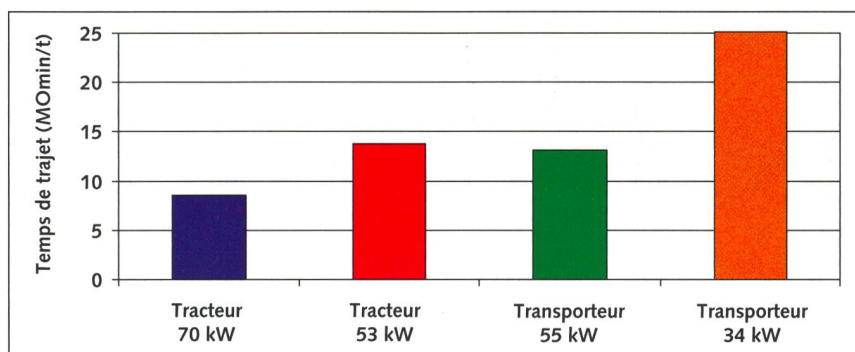
## Conclusions

Les valeurs déterminées sur les trajets tests peuvent être utilisées pour les calculs

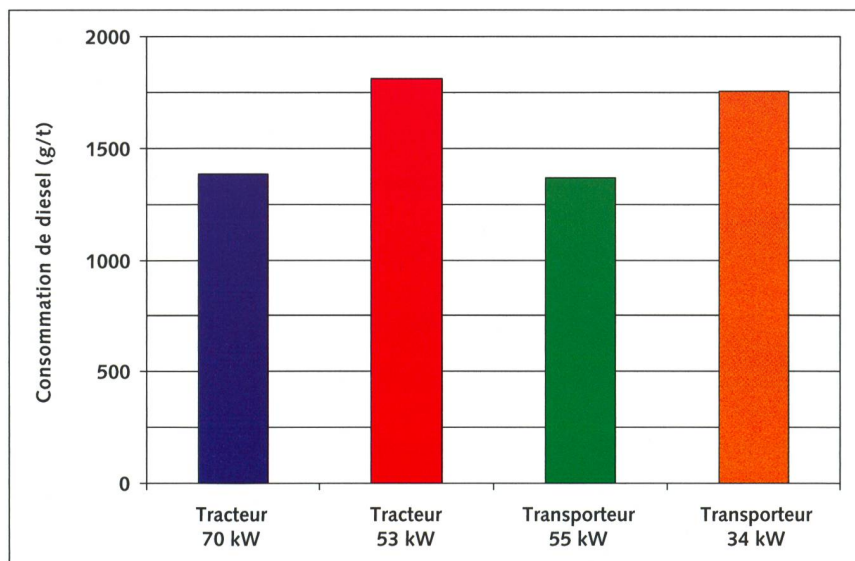
relatifs à l'organisation du travail lorsqu'il est nécessaire de prendre en compte la vitesse des véhicules agricoles en fonction de paramètres connus comme la déclivité de la route, la charge utile, le poids total, le parcours ou la qualité du revêtement.

**Tab. 9: Consommation de diesel pour le transport d'une citerne de lisier dans une parcelle située à l'altitude des mayens (5000 m de route asphaltée plus 1000 m de chemin de terre). La montée se fait avec une citerne pleine, la descente avec une citerne vide. Pour la route asphaltée, on a utilisé les valeurs de consommation des mesures A2 et A3 pondérées en fonction de la longueur du parcours. La dernière colonne indique la quantité de diesel nécessaire par tonne de lisier transportée à titre de comparaison.**

Véhicule de traction	Charge utile	Montée (citerne pleine)		Descente (citerne vide)		total	par tonne
		5 km de route asphaltée	1 km de chemin de terre	5 km de route asphaltée	1 km de chemin de terre		
	kg	g	g	g	g	g	g/t
Tracteur 70 kW	4 780	4 469	1 484	655	19	6 628	1 387
Tracteur 53 kW	2 660	3 089	1 203	493	33	4 817	1 811
Transporteur 55 kW	2 140	1 936	657	320	9	2 921	1 365
Transporteur 34 kW	1 700	1 961	695	296	34	2 985	1 756



**Fig. 13: Temps de travail nécessaire pour un transport de 6 km d'une tonne de lisier jusqu'à une parcelle située à l'altitude des mayens (5000 m de route asphaltée plus 1000 m de chemin de terre) partant de l'hypothèse que le volume de la citerne est entièrement exploité (valeurs tirées du tableau 6).**



**Fig. 14: Consommation de diesel pour un transport de 6 km d'une tonne de lisier jusqu'à une parcelle située à l'altitude des mayens (5000 m de route asphaltée plus 1000 m de chemin de terre) partant de l'hypothèse que le volume de la citerne est entièrement exploité (valeurs tirées du tableau 9).**

Les différences de temps de transport entre les combinaisons de véhicules sont considérables (fig. 13). En période de récolte du fourrage notamment, lorsque la main-d'œuvre disponible est complètement chargée et que de brusques changements de temps peuvent rendre nécessaire un transport rapide, un gain de temps est souvent précieux. Grâce à une charge utile importante et une puissance élevée, la combinaison avec tracteur représente la meilleure solution. Lorsqu'il n'est plus possible d'utiliser un tracteur avec une remorque, à cause d'une déclivité trop importante, le passage d'un petit transporteur sans vitesses passables sous charge à un modèle plus puissant avec vitesses passables sous charge peut aussi permettre une économie de temps considérable.

La consommation de carburant est un paramètre important, notamment à la montée lorsque les véhicules sont chargés. Là aussi, le passage d'un véhicule moins puissant à un véhicule plus puissant avec une charge utile plus importante, permet de réaliser des économies (fig. 14).

Les économies de temps et de carburant ne doivent pourtant pas faire croire que des véhicules plus puissants ne présentent que des avantages. Des machines coûteuses qui ne sont pas exploitées à 100 % de leurs possibilités peuvent affecter le revenu agricole, sachant que la part de la mécanisation propre représente en moyenne plus de 20 % des coûts réels en région de montagne. Avant de se décider pour un investissement, il est donc indispensable de jeter un œil sur le rapport FAT « Coûts-machines » (Ammann et al. 2005) et d'évaluer avec précaution la durée d'amortissement et le degré d'emploi annuel qui y figurent par rapport au cas particulier de chaque exploitation.

## Bibliographie

- Ammann H. (Rédaction), 2005. Coûts-machines 2005. Coûts occasionnés par les parties du bâtiment et les installations mécaniques. Rapport FAT n° 621.
- Schick M., 1995. Travail en exploitation de montagne. Temps de travail requis par différents procédés de conservation des fourrages grossiers. Rapport FAT n° 472.
- Stadler E., Schiess I. et Ammann H., 2004. Transport : coûts et rendements. Influence de la taille du tracteur et de sa vitesse maximale. Rapport FAT n° 611.