

Comparaison cheval-tracteur, consommation d'énergie et énergie récupérable

La comparaison est difficile à faire tant sont variées les puissances des tracteurs et les possibilités des animaux de trait, selon que l'on parle de bœufs, de chevaux, d'ânes, voire d'éléphants ou de dromadaires, et que les poids des animaux peuvent varier de 200 kgs à plus d'une tonne.

La puissance de traction d'un tracteur agricole est dépendante de plusieurs facteurs :

- le poids du tracteur (au moins deux tonnes pour un tracteur de 25 cv minimum)
- la répartition du poids entre l'avant et l'arrière
- l'état du sol et sa déformabilité (liée au degré d'humidité)
- la forme et la dimension des surfaces de contact (dessins des pneus, gonflage, ...)
- l'utilisation d'une barre de traction ou d'un attelage à trois points

La satisfaction du paysan se mesurera aussi à l'aide de critères agronomiques ou des rendements de la culture : un travail réalisable parce que la puissance du tracteur le permet n'est pas forcément un travail à faire en fonction de ces critères agronomiques. Ainsi, même si la puissance du tracteur le permet, il peut être préférable d'attendre un jour ou deux que le sol soit plus sec que de vouloir à tout prix travailler en conditions plus humides. De ce point de vue le travail du cheval, et des animaux de trait en général, est reconnu comme faisant moins de dégâts au niveau du tassement du sol en conditions humides, et l'animal peut donc également être utilisé en conditions plus humides que le tracteur à cause de son moindre impact sur le sol.

Donc nous poursuivons la comparaison cheval-tracteur en faisant certains choix du type de tracteur et du type d'animaux de trait :

- tracteur de 35 CV environ, à deux roues motrices, d'une marque d'un grand constructeur conventionnel (Case, Fendt, Fiat agri, Renault, ...). Les données sur ce point sont issues du document du GRET : « Matériels pour l'agriculture », pages 21 et sq.
- cheval de trait d'environ 800 kgs, correspondant à une moyenne des animaux de races de trait tels qu'on les trouve en France

1- le tracteur

En reprenant les données d'Yves Cochet (Pétrole Apocalypse, chez Fayard), un litre d'essence ou de gazole représente à peu près 10 000 kcal, soit 41,85 MJ (mégajoules). Un moteur à essence dit « de puissance moyenne » est apte à transformer ce litre de carburant en 2,3 KWh de puissance mécanique. Comme 2,3 KWh représentent environ 8,3 MJ ou 2000 kcal, cela veut dire que le rendement du moteur à essence est supposé égal à 20%.

Pour un tracteur de 35 CV, pesant 2 à 3 tonnes, à un régime d'environ 2000 tr/mn, il est possible d'obtenir une force de traction de 500 kgfs. Dans ces conditions la consommation de carburant est de 7 à 10 litres de gazole ou d'essence en une heure. En comptant que le carburant représente 10 000 kcal/litre, cela fait une consommation de 70 000 à 100 000 kcal/heure de travail de traction, ou encore 300 à 420 mégajoules.

D'un autre côté, 35 CV, soit 25 Kw, en une heure cela fait 90 mégajoules, ou 21 500 kcal d'énergie théoriquement disponible. Et la traction avec un effort de 500 kgfs à 1

mètre/seconde, ou 3,6 kms/heure, correspond à une puissance de 5000 Watts ($P = F \times V$), soit une énergie disponible de $5000 \times 3600 = 18$ mégajoules par heure de travail. Sur les 300 à 420 mégajoules d'énergie consommée en carburant, il ne reste que 18 mégajoules (4300 kcal) d'énergie de traction, soit un rendement de 4,2% à 6%. La puissance affichée du tracteur (35 CV) n'est pas directement transformable en énergie mécanique de traction ; ce rendement, apparemment assez faible, est encore largement modulé par les conditions d'utilisation, l'humidité du terrain, l'adhérence des pneumatiques, ...L'effort de 500 kgfs semble admis comme une moyenne, et il représente environ 5 fois l'effort que l'on peut obtenir d'un cheval de 800 kgs.

Le rendement du moteur à essence(20%) paraît beaucoup plus élevé ; il correspond mieux, nous semble-t-il, à ce qu'il est possible d'obtenir à la prise de force du tracteur, alors qu'en traction le coefficient de transformation est nettement plus mauvais.

Une différence très notable, en effet, entre cheval et tracteur est la possibilité de transformer l'énergie du carburant non en force de traction mais en puissance disponible sur une prise de force. C'est ce qui explique l'utilisation fréquente d'outils animés par cette prise de force, en particulier les fraises. Ce type de travail du sol est difficilement imaginable en traction animale. Mais il a aussi des inconvénients, en particulier sur le plan agronomique.

2- le cheval

Pour le cheval utilisé en traction agricole les données sont les suivantes :

Supposons un cheval de 800 kgs, dont il est admis qu'une force de traction de 100 kgfs, ou 1000 N est possible à obtenir sur une durée de 10 heures /jour (12 à 15% de son poids pour un cheval, 10 à 12% pour un bœuf). Le cheval travaille dans ces conditions à une vitesse de 1m/s, soit 3,6 km/h. 1000 watts pendant dix heures, cela fait 36 mégajoules ou 8600 kcal par jour disponibles en traction. La comparaison, dans les conditions proposées, montre que le tracteur développe une énergie de traction 5 fois supérieure à celle d'un cheval de 800 kgs. *Un tel travail pour un cheval correspond plutôt à une activité « de pointe », et ne se répète pas tous les jours de l'année. Cela peut être le cas en période intensive(fauche de foin, labours d'automne, récoltes urgentes, ...). Souvent les grosses journées de travail comportent des temps de pause, et il est rare d'avoir besoin d'une telle «énergie » en continu sur une dizaine d'heures. Ayant pratiqué la traction animale sur une ferme de 35 ha, avec une quinzaine d'hectares de foin à faucher, c'est cette activité qui demandait le travail le plus intensif et le plus concentré, proche certains jours des 10 heures intensives journalières évoquées.*

Il nous reste à évaluer l'énergie qu'il faut fournir au cheval pour obtenir de lui l'énergie de traction de 36 mégajoules (ou 8600 kcal) par jour.

Le même document du GRET fournit des indications pour un bœuf jusqu'à 500 kgs. En additionnant les besoins d'entretien et les besoins liés au travail pour un tel animal, le tableau indique une énergie nécessaire de 9,5 UF(unité fourragère, correspondant à l'énergie fournie par un kg d'orge de référence), soit 3,8 UF pour l'entretien et 5,7 UF pour le travail.

Pour un cheval de 800 kgs, dont on veut utiliser la force de traction pendant 10 heures dans une journée, nous avons une idée de ce qu'il mange, à partir de notre expérience concrète, mais pas dans les mêmes unités que celles utilisées plus haut, joules ou kilocalories. Ainsi un cheval mange à peu près la production d' 1,5 ha, ce qui représente environ 2500 UF(1700 UF/ha) s'il s'agit d'herbe ou de foin, soit une moyenne journalière de consommation

de 7 UF/jour. Il mange 15 kgs de foin de bonne qualité en régime d'entretien sans travailler, ou encore 15 à 20 kgs de foin et 5 à 8 kgs d'orge ou d'avoine en situation de travail intensif.

Ces chiffres sont cohérents avec les indications relevées plus haut pour l'alimentation d'un bœuf de 500 kgs. En disant cela on introduit un autre élément de la comparaison non encore évoqué, à savoir que le cheval mange tous les jours, même si nous n'avons aucun travail à lui demander. Il consomme alors l'équivalent de la ration d'entretien évoquée pour le bœuf de 500 kgs quand il ne travaille pas(1400 UF/an).

En conclusion, il est possible d'avancer qu'un cheval de 800 kgs qui travaille intensivement a besoin de 10 à 20 UF/jour, valeur à retranscrire en joules. Une UFC(Unité Fourragère Cheval) correspond à 2200 kcal, ce qui donne avec les chiffres donnés plus haut, 22 000 à 44 000 kcal d'énergie nette. L'énergie nette correspond à l'énergie brute alimentaire ingérée diminuée des pertes par les fèces, les urines et la dépense calorique.

Donc, il est possible de récupérer 8600 kcal d'énergie de traction en ayant fourni 44 000 kcal, ce qui donne un rendement de 20% environ, à comparer aux 6% maximum pour le tracteur.

Il convient encore d'ajouter que le cheval ne consomme pas d'énergie fossile, mais une énergie essentiellement renouvelable, à base d'herbe, de fourrages grossiers et de céréales. Dans beaucoup de situations cette alimentation peut souvent être produite sur place sans énergie cachée incluse, sous forme de transport, ou de préparation industrielle énergivore.

La pertinence de faire appel de nouveau, et de façon peut-être massive, au cheval de trait nécessite encore de faire une comparaison entre le cheval de trait et l'utilisation de bio-carburants pour l'alimentation du tracteur. En effet, si l'utilisation massive des bio-carburants pour les transports terrestres est tout à fait à exclure(il faudrait en effet 3 fois la surface agricole de la France pour fournir les bio-carburants nécessaires pour faire rouler le parc automobile actuel !), il est beaucoup question d'une utilisation de bio-carburants dans l'agriculture, qui pourrait devenir autonome au niveau de son alimentation énergétique.

Un tracteur de 35 CV qui consommerait 7 à 10 litres d'huile brute au lieu de gazole, pendant une heure de travail de traction, travaillant tous les jours de l'année, nécessiterait une surface de 5 hectares de cultures de graines oléagineuses fournissant l'huile-carburant. En effet un hectare de tournesol ou de colza peut fournir jusqu'à 900 litres d'huile, 700 litres nets si on tient compte de l'énergie nécessaire pour produire l'huile, soit deux litres d'huile-carburant par jour et par hectare, et donc pour avoir dix litres par jour il faut 5 hectares.

Le cheval, de son côté, pour faire le travail équivalent à une heure de tracteur, a besoin de 5 heures, ce qui correspond à un travail moyennement intensif, plus proche d'une réalité quotidienne moyenne que les 10 heures évoquées plus haut. Cela peut être couvert par la production d'1,5 hectare(herbe, foin, luzerne, grain), ou 10 UFC, ou encore 22 000 kcal. Cela fait l'équivalent de l'énergie contenue dans 2,2 litres d'essence.

Dans notre comparaison, nous avons choisi un tracteur particulier, un certain type de travail(traction dans une opération de travail du sol), et nous avons seulement évoqué quelques aspects de la complexité de la comparaison. Nous n'avons pas du tout essayé de chiffrer les pertes d'adhérence qui peuvent être importantes pour le tracteur alors que le cheval y est beaucoup moins sensible. Nous avons aussi passé sous silence l'énergie cachée

dans le travail de construction du tracteur, l'entretien et la maintenance du tracteur et des outils. Nous n'avons pas développé non plus tout ce qui concerne les travaux utilisant la prise de force, les possibilités de l'hydraulique (fourche, godet, ...) où le tracteur fait des opérations que le cheval ne peut pas faire. Une étude plus approfondie nous conduirait probablement à considérer que, dans un avenir proche d'augmentation irréversible du prix des produits pétroliers, dans les travaux de traction pure (travail du sol, transport de proximité, soins d'élevage, ...) le cheval doit être préféré au tracteur, car énergétiquement plus intéressant, et le tracteur doit être réservé aux travaux spécifiques nécessitant une prise de force ou une énergie hydraulique.

Bernard Dangeard 12/11/05