

# Quelques leviers pour maîtriser la consommation d'énergie et optimiser la mécanisation de l'exploitation

J.-P. Couvreur

**La consommation d'énergie directe de l'agriculture représente à peine 2% de la consommation énergétique finale française. Mais elle représente environ 15% des charges de mécanisation des exploitations d'élevage. Quelles pistes sont d'ores et déjà envisageables pour optimiser la mécanisation de l'exploitation ?**

## RÉSUMÉ

*Avant d'envisager de produire de l'énergie, quelques leviers permettent de limiter les consommations d'énergie et d'optimiser la mécanisation. Le bilan énergétique de l'exploitation est une première approche. Au niveau technique, un bon réglage des outils, l'adaptation des puissances de traction, la connaissance des performances des moteurs, l'entretien des machines permettent de limiter la consommation d'énergie de l'exploitation. La réflexion au niveau du système fourrager permet d'agir par le choix des itinéraires culturaux, l'organisation des chantiers, le partage des investissements... et permettra d'améliorer le résultat économique de l'exploitation et son impact environnemental.*

## MOTS CLÉS

Analyse énergétique, chantier de récolte, exploitation agricole, machinisme agricole, système fourrager, travail du sol

## KEY-WORDS

Agricultural machinery, energy analysis, farm, forage system, harvesting operations, tillage

## AUTEUR

FNCUMA et FDCUMA de la Mayenne, Maison des agriculteurs, BP 36135, F-53061 Changé-les-Laval ; couvreur.fdcuma53@wanadoo.fr

L'agriculture utilise moins de 2% de l'énergie finale consommée en France (environ 7% si on tient compte de l'énergie mobilisée pour la fabrication des moyens destinés à l'agriculture...), loin derrière le résidentiel tertiaire (43%), les transports (32%), l'industrie et la sidérurgie (23%).

En termes économiques, l'énergie directe (fuel, électricité, gaz...) pèse différemment selon l'orientation des productions (maraîchage, élevage, cultures...) et les systèmes d'exploitation. Quand on mesure la seule consommation de fuel pour les machines agricoles dans les exploitations d'élevage, on constate que cela représente près de 15% des charges de mécanisation (cf. l'étude Fdcuma53 : BRUCHET, 2005). En rajoutant l'énergie indirecte mobilisée pour les intrants et les moyens de production, on comprend, au-delà des problématiques environnementales, comme **l'évolution du prix de l'énergie peut avoir une incidence significative sur le revenu des agriculteurs.**

## 1. Le bilan énergétique : le préalable à la réflexion...

Plusieurs études ayant réalisé des bilans énergétiques à l'échelle des exploitations confirment que les systèmes d'exploitation ont une influence sur les consommations énergétiques (Etude civam44-fdcuma53, 2005, et tableau 1). **Réfléchir à des systèmes cultureux ou fourragers moins consommateurs d'énergie sur l'ensemble de l'exploitation reste une priorité.**

Parallèlement à la réflexion sur les systèmes, le choix des assolements est déterminant dans la consommation énergétique globale. Par exemple, on peut raisonner un précédent parce qu'il limite le salissement de la culture suivante, les risques de maladie ou la consommation hydrique ou azotée, ou bien encore parce qu'il améliore la portance du sol... autant de facteurs de surconsommation.

TABLEAU 1 : Comparaison des bilans énergétiques en systèmes durables ou conventionnels et répartition moyenne par poste (Fdcivam Basse-Normandie, 2005).

TABLE 1 : Comparison of energy balances in sustainable and in traditional systems, and distribution per item (Fdcivam Basse-Normandie, 2005).

	Exploitations "durables"	Exploitations "conventionnelles"	Variation	Répartition par poste en exploitation "conventionnelle" moyenne	
Nombre de fermes	24	37		Fuel	26%
Consommation moyenne par ha (EQF, Equivalent Fuel/ha)	414	779	- 47%	Electricité	16%
Energie pour produire 1 000 l de lait (EQF)	11,1	13,6	- 18%	Engrais	13%
				Aliments	19%
				Autres	26%

## 2. Réduire la consommation énergétique des tracteurs

### ■ Bien régler les outils attelés au tracteur, une logique à retrouver

Indépendamment des systèmes, la consommation d'énergie directe est le plus souvent liée au tracteur. La plupart des tracteurs modernes possèdent des dispositifs électroniques facilitant l'usage

des outils associés. Cependant, cela ne dispense pas de fixer correctement ces outils. Le cas de la charrue reste le plus flagrant. Une charrue mal attelée dont aplomb et dévers ne sont pas correctement réglés peut entraîner une surconsommation de 50% et un temps de travail supplémentaire de 25%. Une charrue bien réglée mais conduite en "crabe" par rapport à l'axe des roues du tracteur provoque une surconsommation de 8 %.

D'autre part, l'habitude est encore bien ancrée de labourer à des profondeurs souvent excessives. Dans la plupart des terres de l'ouest de la France, il n'est pas nécessaire de labourer à plus de 20 cm, quand ce n'est pas totalement inutile ; ceci reste à vérifier en fonction de l'agronomie locale.

### ■ Adapter la puissance du tracteur au travail à réaliser et aux équipements disponibles...

Dans quasiment tous les cas, il vaut mieux raisonner sur l'accroissement de la largeur des outils plutôt que sur la vitesse. Or, le vendeur a toujours tendance à proposer une puissance de traction supérieure, même si elle n'est pas totalement utile, pour espérer vendre ensuite une nouvelle gamme d'outils en rapport avec ce choix. Il est vrai qu'économiquement parlant et pour une seule exploitation, il est difficile d'investir à la fois dans le tracteur et les outils. Pourtant, **adapter la largeur des outils à la puissance** est techniquement plus avisé.

On a donc tendance à privilégier la puissance du tracteur, ce qui a pour conséquence une augmentation de la vitesse linéaire, une surconsommation de fuel et enfin une usure prématurée des matériels. Pour les matériels de travail du sol, cette usure est égale au carré de l'augmentation de la vitesse.

Dans les exploitations d'élevage, la puissance du tracteur consacré à l'élevage reste problématique. La distribution de l'alimentation est effectuée par des machines imposantes. Elles effectuent parfois plusieurs opérations (désilage, paillage) et absorbent des puissances de plus en plus élevées. Pour limiter cet inconvénient et pallier à des manques de main d'œuvre, bon nombre d'éleveurs s'interrogent sur l'opportunité de l'utilisation en Cuma de désileuses automotrices (environ une cinquantaine dans l'Ouest).

### ■ Le choix d'équipements appropriés permet de maîtriser les dépenses d'énergie

Dans le **cas de la pression des pneumatiques**, il s'agit de trouver le meilleur compromis entre l'utilisation au champ (améliorée par une pression faible, dans la limite des pressions admissibles par le constructeur) et les parcours sur route où les basses pressions risquent d'accroître le taux d'usure et la puissance absorbée. Par exemple, dans le cadre d'un essai réalisé en 2001, un labour effectué avec des pneus grand volume 650/75 R 32 à 0,6 bars comparés à un équipement standard 20,8 R 38 à 1,2 bar a démontré une réduction de patinage de 33%.

Il faut **préférer un relevage avant** plutôt que la présence de poids inutiles sur le tracteur (gonflage à l'eau, excès de masse...) qui vont renforcer la surconsommation.

Beaucoup d'**éléments de confort** sont aussi des consommateurs potentiels d'énergie (climatisation, assistance hydraulique, automatismes divers...).

## ■ Puissance et vitesse déterminent la conduite économique...

En 2004, un essai effectué en Suisse par le FAT (2005) a confirmé que la puissance et la vitesse ont une incidence sur la consommation (tableau 2).

Vitesse prévue*	30 km/h		40 km/h		Ecart entre 30 et 40 km/h		Gain de temps (minute)
	Vitesse (km/h)	Cons.* (l/h)	Vitesse (km/h)	Cons.* (l/h)	Vitesse (km/h)	Cons.* (l/h)	
<b>Tracteur de 100 ch</b>							
Charge pleine (15 t)	24,2	<b>10,3</b>	27,0	<b>12,0</b>	11,6%	<b>16,5%</b>	3,20
Charge à vide (3,2 t)	30,8	<b>8,1</b>	36,1	<b>11,0</b>	17,2%	<b>35,8%</b>	3,45
<b>Tracteur de 136 ch</b>							
Charge pleine (15 t)	28,6	<b>13,0</b>	33,0	<b>16,0</b>	15,4%	<b>23,1%</b>	3,35
Charge à vide (3,2 t)	32,0	<b>9,7</b>	39,5	<b>14,3</b>	23,4%	<b>47,4%</b>	4,36
<b>Ecart entre 100 ch et 136 ch</b>							
Charge pleine (15 t)	18,2%	<b>26,2%</b>	22,2%	<b>33,3%</b>			
Charge à vide (3,2 t)	3,9%	<b>19,8%</b>	9,4%	<b>30,0%</b>			

\* Essai sur 13 km de route vallonnée avec une tonne à lisier de 12 000 l ; la vitesse réelle est indiquée ; la consommation (Cons.) est exprimée en litre/heure (l/h)

TABLEAU 2 : Consommation de gazoil lors d'une simulation d'épandage de lisier en fonction de la puissance du tracteur et de la vitesse (FAT, 2005).

TABLE 2 : *Gazole consumption during a simulated slurry spraying according to tractor power and speed of advancement (FAT, 2005).*

Cet essai démontre que vouloir gagner du temps en passant de 30 à 40 km/h pour un tracteur de 100 chevaux a pour effet d'accroître la consommation de 16,5% à plein et de 35,8% à vide pour un gain de temps restant limité à moins de 3,45 minutes sur 13 km. Les écarts sont encore plus flagrants avec un tracteur de 136 ch avec 23,1% à plein et 47,4% à vide, pour un gain de temps de 4,36 minutes sur 13 km.

Enfin, l'augmentation de la puissance entre 100 et 136 ch entraîne systématiquement un accroissement de la consommation de 26,2% à plein et de 19,8% à vide pour une vitesse de 30 km/h. A 40 km/h, les différences sont de +33,3% à plein et +30% à vide pour le tracteur de 136 ch.

On peut déduire de cet essai que le tracteur de 100 ch consomme moins d'énergie car sa **vitesse de moteur** est davantage **en phase avec l'effort demandé**. En effet, **la conduite économique d'un tracteur passe par un usage des régimes du moteur en dessous de 1 800 tours par minute**. Les gains de consommation peuvent varier de 5 à 15%. Les courbes de consommation aux tests du banc d'essai le confirment dans l'exemple qui suit (tableau 3).

TABLEAU 3 : Consommation de gasoil d'un tracteur au banc d'essai selon le régime de son moteur.

TABLE 3 : *Gazole consumption of a tractor at the testing stage according to rotation rate of its engine.*

Régime prise de force (tour/mn)	Régime moteur (tour/mn)	Couple (daN/m)	Consommation (l/heure)	Puissance		Consommation spécifique (g/kWh)
				(kW)	(ch)	
598	1178	104,8	17,6	65,7	89,4	228
618	1218	104,6	18,1	67,7	92,1	227
648	1277	104,1	18,9	70,7	96,2	227
718	1415	102,0	20,6	76,8	104,5	228
747	1471	101,8	21,1	79,8	108,5	225
848	1670	97,4	23,0	<b>86,6</b>	<b>117,7</b>	<b>226</b>
867	1708	95,4	23,0	<b>86,8</b>	<b>118,0</b>	<b>225</b>
947	1865	86,9	23,6	<b>86,3</b>	<b>117,4</b>	233
997	1964	81,3	24,0	85,0	115,7	240
1047	2063	75,4	24,0	82,9	112,7	246
1087	2141	53,1	20,4	60,4	82,2	287

## ■ Connaître les performances du tracteur

La connaissance des performances du tracteur grâce au Banc d'Essais Mobile (BEM) est un élément incontournable pour maîtriser la consommation d'énergie des moteurs.

Les gains de consommation peuvent varier de 5 à 15%. Les courbes de consommation aux tests du banc d'essai le montrent dans l'exemple présenté au tableau 3, qui confirme également que le régime optimal d'utilisation du moteur est inférieur à 1 600-1 800 tours par minute.

L'association AILE, basée à Rennes et associée au réseau des Cuma de l'Ouest, a testé 6 000 tracteurs depuis environ 10 ans. Les résultats de ces tests sont les suivants :

- 40% des tracteurs ont une puissance supérieure aux données du constructeur (de + 20 ch) ;
- 15% manquent de puissance ;
- 20% ont une mauvaise combustion ;
- 50% ont un débit de pompe d'injection supérieur au réglage du constructeur ;
- 20% des tracteurs ont des injecteurs en mauvais état.

## ■ S'assurer de l'entretien du moteur et de la qualité du carburant...

Les constructeurs de tracteurs préconisent un certain nombre de **précautions pour l'entretien des moteurs**. Par exemple, un filtre à air colmaté provoque une augmentation de la consommation de l'ordre de 10%. De la même manière, le filtre à fuel doit être changé au moins une fois l'an, avant l'hiver de préférence.

Les exigences en matière d'émissions polluantes entraînent des normes très sévères pour le raffinage des carburants (Euro 4, 5...). La **qualité du gasoil** peut avoir des conséquences indirectes sur les

	Consommation (l/ha)	Economie (%)
Labour conventionnel	100 – 150	
Techniques culturales simplifiées	70 – 100	10
Techniques sans labour	50 – 70	15 – 50

coûts et donc sur les économies. Il ne faudrait pas que les efforts sur les rejets dégradent la consommation énergétique. Des essais effectués au banc et au champ dans le sud de la France ne montrent pas de gain direct de puissance ou de consommation en utilisant du gasoil dit "supérieur". L'intérêt de ce gasoil porte surtout sur son raffinage, qui limite les "risques de paraffine" (risques de colmatage par le gel en hiver) et assure donc une combustion plus efficace, surtout dans les moteurs de nouvelle génération.

**Quelques précautions sont à prendre pour le stockage et l'utilisation du carburant :**

- enlever les dépôts au fond des cuves (tous les 5 à 10 ans) ;
- attendre 2 heures après une livraison pour pomper de nouveau dans la citerne de stockage ;
- remplir le réservoir "à chaud" (le soir) ;
- ne pas mettre la crépine d'aspiration trop bas ;
- rajouter, si possible, un filtre (5 µ) lorsqu'il y a une pompe pour faire le plein.

### 3. Définir des itinéraires culturaux économes

Avant toute intervention, l'observation du sol est le meilleur moyen pour éviter d'avoir à effectuer ultérieurement des décompactages fortement consommateurs d'énergie. La réduction du nombre de passages est à définir au cas par cas et parcelle par parcelle.

Les techniques sans labour intégrées dans une réflexion globale (agronomie, temps, coûts) sont aussi le moyen d'économiser l'énergie. Une étude bibliographique évalue les économies de carburant entre 10 et 50% (tableau 4).

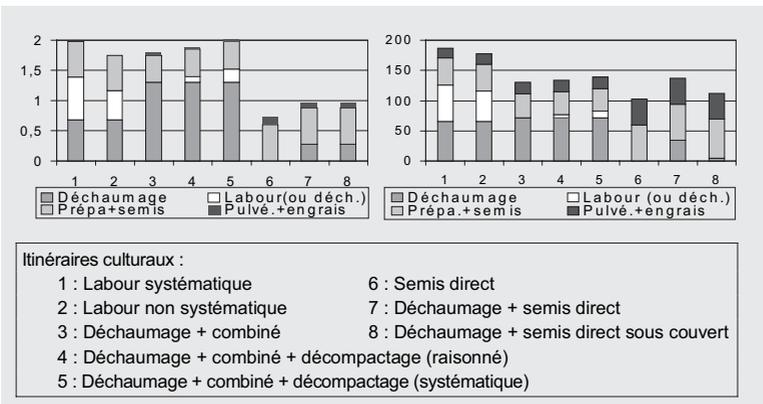


TABLEAU 4 : **Evaluations de la consommation de gasoil pour différents itinéraires culturaux** (Frcuma Ouest, 2005).

TABLE 4 : **Estimated gazole consumption for different crop management sequences** (Frcuma Ouest, 2005).

FIGURE 1 : **Effets de différents itinéraires culturaux sur les temps de travaux et les coûts** (Arvalis, 2005).

FIGURE 1 : **Effects of various management sequences on the duration and costs of operations** (Arvalis, 2005).

La figure 1 donne quelques indications sur les temps de travaux et les coûts en fonction des choix de simplification culturale. On note que les coûts intègrent la mise en œuvre et la dépense en intrants. La simplification des itinéraires culturaux tend à réduire la consommation énergétique globale. La part des produits phytosanitaires et engrais reste le facteur limitant, difficilement compressible.

TABLEAU 5 : Influence du volume à pulvériser par hectare et du type de pulvérisateur sur la consommation de fuel du tracteur pour une parcelle située à 5 km de l'exploitation (épandage à 7 km/h ; Fdcuma 53, 2005).

TABLE 5 : Influence of the volume of liquid to be sprayed per hectare and of the type of sprayer on the consumption of oil by a tractor on a field 5 km away from the farm buildings (spraying speed : 7 km/h ; Fdcuma 53, 2005).

## 4. S'organiser dans les chantiers individuels ou collectifs

La maîtrise des techniques, les performances des matériels, les contraintes de l'exploitation sont des paramètres qui déterminent l'organisation des chantiers et par conséquent la consommation d'énergie.

Volume à pulvériser	400 l / ha		150 l / ha		Variation (l/ha, en %)
	Type de pulvérisateur	Surface par voyage (ha)	Fuel (l/ha)	Surface par voyage (ha)	
600 l, 12 m, 9 mn/ha	1,5	2	4	1,4	- 30%
1 800 l, 24 m, 4 mn/ha	4,5	0,8	12	0,6	- 25%
<b>Variation (l/ha, en %)</b>		- 60%		- 57%	

### ■ Le choix des équipements en chantier individuel

Dans le cas d'un **chantier de pulvérisation situé à 5 km** de l'exploitation, le type de pulvérisateur et le volume à pulvériser influent sur la consommation de gasoil (tableau 5). On remarque que le gain d'énergie lié à l'accroissement du volume transporté est le plus important, et ceci est d'autant plus vrai que la distance à parcourir est importante. Ce constat encourage à une utilisation collective des matériels.

Pour un **chantier d'ensilage situé à 5 km** de l'exploitation, l'augmentation du débit de l'ensileuse permet de réduire la consommation de gasoil et le coût correspondant (tableau 6).

Comme pour l'exemple précédent, l'accroissement des performances des équipements peut être générateur d'économie. En accroissant le volume des remorques, on aurait pu encore économiser sur le nombre et limiter d'autant le coût du chantier.

TABLEAU 6 : Influence du débit de chantier sur la consommation de fuel pour un chantier d'ensilage à 5 km de l'exploitation (Fdcuma 53, 2005).

TABLE 6 : Influence of the rate of work on oil consumption in a silage-making operations 5 km away from the farm buildings (Fdcuma 53, 2005).

Surface par jour	Ensileuse	Nombre de tracteurs + remorques 25 m <sup>3</sup>	Tracteurs tasseurs	Fuel (l/ha)	Coût du chantier (€/ha : C)	Coût de carburant (% de C)
15 ha	350 ch 6 R	4	2	61	190	14,4%
30 ha	450 ch 8 R	7	3	52	185	12,5%
<b>Variation</b>				- 15%		

## ■ Effet de l'utilisation collective des matériels sur l'immobilisation énergétique indirecte

Lorsque les matériels sont utilisés collectivement, outre l'économie générée en partageant l'amortissement à plusieurs exploitations, on répartit également l'immobilisation énergétique. Cette immobilisation énergétique, qui représente le coût énergétique de fabrication du matériel amorti sur sa durée de vie, est alors **en moyenne 3,5 fois moindre** par exploitation (tableau 7).

Exploitation individuelle (litres EQF / an)		Exploitation en Cuma [n exploitations] (litres EQF / an / exploitation)	
Tracteur 110 ch	960	Tracteur 130 ch [4 exploitations]	310
Charrue 4 corps	185	Charrue 5 corps [4 exploitations]	68
Herse rotative 3 m	396	Herse rotative 3 m [4 exploitations]	99
Remorque 12 t	344	Remorque 18 t [10 exploitations]	63
Total énergie immobilisée par exploitation	<b>1 885</b>	Total énergie immobilisée par exploitation	<b>540</b>

TABLEAU 7 : Comparaison de l'énergie immobilisée avec des équipements individuels et collectifs (Fdcuma 53, 2005).

TABLE 7 : Comparison of the amounts of energy immobilized by individual equipment and by collective equipment (Fdcuma 53, 2005).

## 5. Produire de l'énergie sur l'exploitation, une solution après les économies d'énergie...

Produire son carburant est une réalité qui se développe dans de nombreux départements. Depuis 2002, la Mayenne a acquis une expérience qui permet de définir les conditions dans lesquelles on peut produire et utiliser de l'huile végétale pure.

Au-delà des questions techniques autour de la qualité de l'huile et des tourteaux, de l'adaptation des moteurs, de l'utilisation alimentaire, **le coût de la valorisation est un paramètre important**. Il est conditionné par 4 facteurs : le coût de production, la valeur de la graine, la valeur des tourteaux, l'évolution du prix du fuel. A ce jour, on parle de valorisation **autour de 0,5 €/ litre**.

D'autres énergies sont aussi facilement mobilisables, surtout dans les régions d'élevage où le bocage est dense. L'utilité de la haie n'est plus à démontrer. Sa valorisation énergétique dans des conditions modernisées lui donne un avenir renouvelé. Elle fournit du bois déchiqueté dont la valorisation agricole le situe autour de 0,3 € / litre équivalent fuel.

Est-il nécessaire de rappeler que toute production d'énergie ne s'entend qu'en intégrant des pratiques en adéquation avec les objectifs environnementaux et économiques recherchés ?

## Conclusion : réduire la consommation d'énergie permet de limiter les charges de mécanisation...

En règle générale, limiter ses consommations énergétiques doit s'accorder avec la diminution des charges de mécanisation. Mais cela se comprend exclusivement si l'économie d'énergie générée ne se réalise pas grâce à un investissement individuel entraînant un "sur-amortissement financier". L'acquisition d'un tracteur plus puissant pour répondre à l'augmentation des performances d'outils qui consomment moins est l'exemple de la fausse bonne solution !

La maîtrise de l'énergie en exploitation d'élevage passe par une réflexion globale allant du choix des systèmes ou des itinéraires culturaux, des économies à réaliser dans l'usage des outils... jusqu'au choix de produire de l'énergie sur l'exploitation. En encourageant le partage des investissements, une meilleure utilisation des outils ou l'expérimentation dans la production d'énergie, les Cuma jouent un rôle majeur dans la mise en œuvre des leviers contribuant à la maîtrise de l'énergie en agriculture.

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F.,  
"Prairies, élevage, consommation d'énergie et gaz à effet de serre",  
les 27 et 28 mars 2006.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arvalis (2005) : *Temps et coûts culturaux comparés*, Arvalis, Journée St Fort (53), 7 juin 2005.
- BRUCHET B. (2005) : *Charges de mécanisation sur 15 exploitations*, Fdcuma53.
- Civam44, Fdcuma53 (2005) : *Bilans énergétiques pour étude sur intérêt de l'huile végétale pure*.
- FAT (2005) : "Station fédérale Suisse de recherche agricole (FAT)", *La France Agricole*, 21 janvier 2005.
- Fdcivam Basse-Normandie (2005) : "Etude Fdcivam Basse-Normandie", *Entraid'Ouest*, octobre 2005.
- Fdcuma 53 (2005) : *Maîtrise de l'énergie : produire du bois énergie et de l'huile végétale pure*, Fdcuma 53.
- Frcuma Ouest (2005) : *Enquête sur les pratiques en cultures simplifiées*, stage Frcuma Ouest, décembre 2005.

SUMMARY

***Some ideas for the control of energy consumption and for the optimization of farm mechanization***

The direct consumption of energy by agriculture amounts hardly to 2% of the final consumption of energy in France. But it represents some 15% of the mechanization costs on animal farms. What approaches can already be contemplated for an optimization of mechanization on farms ?

Before contemplating the possibility of creating one's own energy, there are some ideas by which energy consumption can be limited and mechanization be optimized. A first consists in setting up the farm's energy balance. Technically, a good adjustment of the tools, an adaptation of the sources of draught power, the knowledge of the performances of engines, a correct upkeep of the machines are ways of limiting the consumption of energy on the farm. Reflections concerning the forage system give a possibility of action via adequate management sequences, machinery and gang organization, shared investments, etc., so that the economic result of the farm and the environmental impact will be improved.