

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

J.-P. Couvreur

FNCUMA et FDCUMA de la Mayenne ; couvreur.fdcuma53@wanadoo.fr

Résumé

La consommation d'énergie directe de l'agriculture représente à peine 2% de la consommation énergétique finale française. L'addition de l'énergie dépensée pour l'élaboration des moyens de production triple cette valeur !

Cette consommation entre pour environ 15% dans les charges de mécanisation des exploitations d'élevage et a des conséquences sur le résultat économique et environnemental.

Avant d'envisager de produire de l'énergie, quelques leviers permettent de limiter les consommations d'énergie et d'optimiser la mécanisation. Bilan énergétique, réglage des outils, adaptation des puissances, connaissances des performances des moteurs, entretien des machines, choix d'itinéraires cultureux, organisation des chantiers, partage des investissements... sont autant de moyens pour atteindre les objectifs d'économie d'énergie.

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 qu'au-delà des problématiques environnementales, 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...

Ne revenons pas en détail sur la méthode Planète de Solagro initiée par mon collègue Jean-Luc Bochu et présentée au cours de ce colloque.

Plusieurs études confirment que les systèmes d'exploitation ont une influence sur les consommations énergétiques (tableau 1).

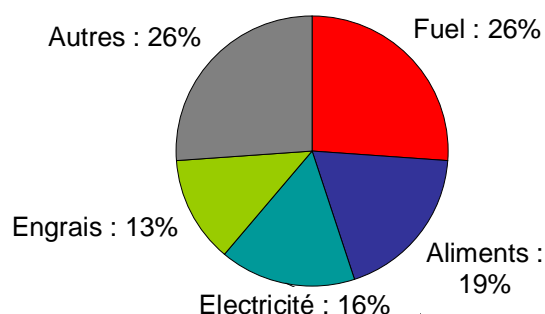
TABLEAU 1 – Comparaison de systèmes durables ou conventionnels (Fdcivam Basse Normandie, 2005).

	Agriculture durable (Fdcivam Basse-Normandie)	Agriculture conventionnelle	Variation
Nombre de fermes	24	37	
Consommation moyenne par ha (EQF*/ha)	414	779	- 47%
Energie pour produire 1 000 l de lait (EQF*)	11,1	13,6	- 18%

* Equivalent Fuel

Réfléchir à des systèmes culturaux ou fourragers moins consommateurs d'énergie sur l'ensemble de son exploitation...

Répartition de cette consommation par poste :



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.

2. 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 supplémentaire de 25%. Une charrue bien réglée mais conduite avec les roues du tracteur en "crabe" provoque une surconsommation de 8%.

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.

3. 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. L'accroissement des puissances de tracteur ne va pas obligatoirement de pair avec la largeur des outils. Cela peut se comprendre compte tenu des investissements générés. Il fut un temps où le ratio suivant circulait dans les campagnes : l'investissement des matériels à mettre derrière le tracteur doit être égal à l'investissement du tracteur !!

Or, en raisonnement individuel, il est parfois difficile d'investir dans des outils strictement adaptés à la puissance du tracteur. Ceci a pour conséquence une surconsommation de fuel mais aussi 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 effectuant parfois plusieurs opérations (désilage, paillage). Pour pallier à des manques de main d'œuvre et à un besoin croissant de puissance, de plus en plus d'éleveurs s'interrogent sur l'opportunité de dessileuses automotrices en Cuma (environ une cinquantaine dans l'Ouest).

4. Des équipements du tracteur bien choisis sont utiles à la maîtrise de l'énergie... (cas des pneumatiques, relevage avant, confort...)

Il s'agit de trouver le meilleur compromis entre le choix de pression faible au champ, dans la limite des pressions admissibles par le constructeur, et les parcours sur route mal adaptés à des basses pressions qui risquent d'accroître le taux d'usure et la puissance absorbée.

Par exemple, dans le cadre d'un essai en 2001, un labour effectué avec des pneus grand volume 650/75 R 32 à 0,6 bars comparés à une monte 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 masses...) qui vont renforcer la surconsommation.

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

TABLEAU 2 – Consommation en fonction de la puissance et de la vitesse : essai sur 13 km de route vallonnée avec une tonne à lisier de 12 000 l (FAT, 2005).

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

5. Puissance et vitesse imposent une 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).

Cet essai démontre que vouloir gagner du temps en passant de 30 à 40 km/h pour un tracteur de 100 ch 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 et pour moins 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 démontrent dans l'exemple qui suit (tableau 3).

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

Rég. Pdf tr/min	Rég. Mot tr/min	Couple daN.m	Co. Hor l/h	Puissan. kW	Puissan. ch	C. Spe g/kWh	Debit mm ³ /cp
598	1178	104.8	17.6	65.7	89.4	228	83.1
618	1218	104.6	18.1	67.7	92.1	227	82.7
648	1277	104.1	18.9	70.7	96.2	227	82.3
718	1415	102.0	20.6	76.8	104.5	228	80.9
747	1471	101.8	21.1	79.8	108.5	225	79.8
848	1670	97.4	23.0	86.6	117.7	226	76.6
867	1708	95.4	23.0	86.8	118.0	225	74.8
947	1865	86.9	23.6	86.3	117.4	233	70.4
997	1964	81.3	24.0	85.0	115.7	240	68.0
1047	2063	75.4	24.0	82.9	112.7	246	64.7
1087	2141	53.1	20.4	60.4	82.2	287	53.1

6. 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.

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 constructeur ;
- 20% des tracteurs ont des injecteurs en mauvais état.

La figure 1 et le tableau 4 présentent les paramètres du moteur d'un tracteur qui montrent une courbe de puissance bien inférieure à la courbe officielle et une courbe de consommation spécifique en gramme par kWh bien supérieure à la courbe officielle.

FIGURE 1 – Courbe officielle et relevé des performances du moteur d'un tracteur Deutz 106 Agrotron
(source : AILE).

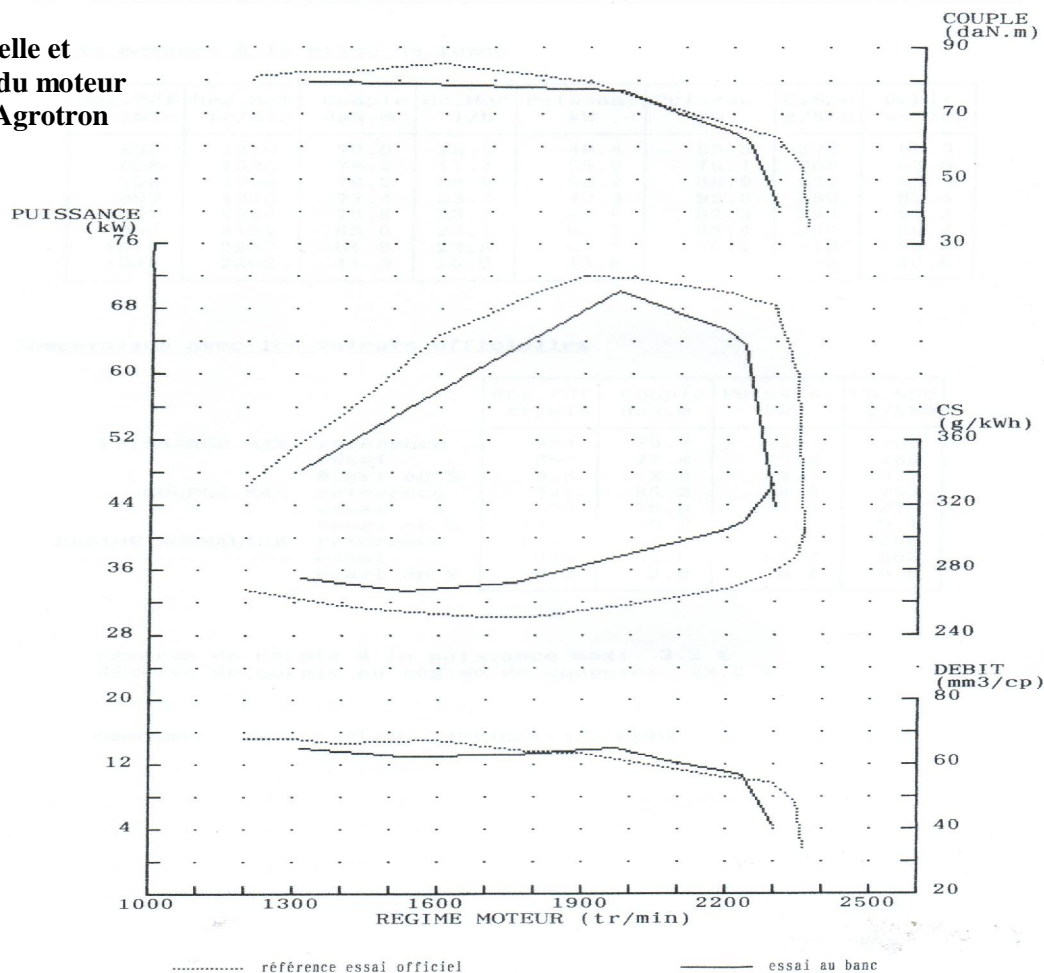


TABLEAU 4 – Valeurs des relevés de puissance et consommation pour le même tracteur (source : AILE).

Rég. Pdf tr/min	Rég. Mot tr/min	Couple daN.m	Co. Hor l/h	Puissan. kW	Puissan. ch	C. Spe g/kWh	Debit mm ³ /cp
598	1316	79.9	15.5	48.4	65.8	276	65.3
698	1535	79.2	17.4	55.9	76.1	268	62.8
798	1756	78.2	20.0	63.2	86.0	272	63.3
897	1973	77.4	23.2	70.3	95.6	289	65.4
947	2084	70.8	23.0	67.9	92.3	296	61.3
998	2194	65.0	23.1	65.7	89.4	305	58.4
1017	2237	61.8	22.8	63.7	86.6	310	56.6
1046	2302	41.3	16.9	43.8	59.5	335	40.8

7. 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 économies. Il ne faudrait pas que les efforts sur les rejets dégradent la consommation.

Suite à des essais effectués au banc et au champ dans le sud de la France, on ne démontre pas de gain direct de puissance ou de consommation en utilisant du gasoil dit "supérieur". L'intérêt de ce

gasoil porte surtout sur le raffinage, ce qui entraîne moins de risques de paraffine pour l'hiver et donc une combustion plus efficace, surtout dans les moteurs 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 ;

8. Définir des itinéraires culturaux économes

L'observation du sol est le meilleur moyen pour éviter les décompactages systématiques 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.

D'après une étude bibliographique réalisée par des stagiaires ENSAR à la Frcuma Ouest en 2005 (Arvalis, Inra, Apad, Aigacos), on retient les valeurs de consommation suivantes (tableau 5) :

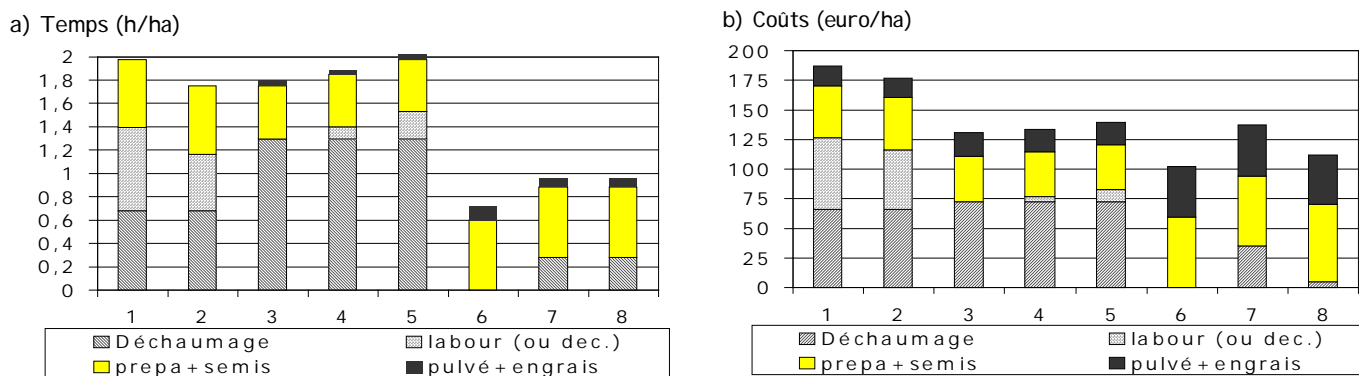
TABEAU 5 – Consommation pour différents itinéraires culturaux (Frcuma Ouest, 2005).

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

Les figures 2a et 2b donnent quelques indications sur les temps 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 intrants reste le facteur limitant.

FIGURE 2 – Effets sur les temps de travaux et les coûts de différents itinéraires culturaux (Arvalis, 2005).



- | | |
|---|--|
| 1 : labour systématique | 6 : semis direct |
| 2 : labour non systématique | 7 : déchaumage + semis direct |
| 3 : déchaumage + combiné | 8 : déchaumage + semis direct sous couvert |
| 4 : déchaumage + combiné + décompactage- raisonné | |
| 5 : déchaumage + combiné + décompactage- systématique | |

9. S'organiser dans les chantiers individuels ou collectifs

- Exemple d'un chantier de pulvérisation situé à 5 km de l'exploitation...

TABLEAU 6 – Influence du volume par hectare et du pulvérisateur sur la consommation de fuel du tracteur (Epannage à 7 km/h ; Fdcuma 53, 2005).

Volume à pulvériser	400 l / ha		150 l / ha		Variation (l/ha, en %)
	Surface / voyage (ha)	Fuel (l/ha)	Surface / voyage (ha)	Fuel (l/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 %
Variation (l/ ha, en %)		- 60 %		- 57 %	

On remarque que le gain d'énergie lié à l'accroissement du volume transporté est le plus important. Ceci est d'autant plus vrai que la distance des chantiers est importante. Ceci va dans le sens d'une utilisation collective des matériels.

- Exemple d'un chantier d'ensilage à 5 km de l'exploitation...

TABLEAU 7 – Influence du débit de chantier sur la consommation de fuel (Fdcuma 53, 2005).

Surface par jour	Ensileuse	Nombre tracteurs + remorques 25 m ³	Tracteurs tasseurs	Fuel (l/ha)	Coût du chantier (C : €/ha)	Coût 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 %
	Variation			- 15 %		

Comme pour l'exemple précédent, on note que l'accroissement des performances des équipements peut être générateur d'économie. Cette économie est amplifiée si le volume des remorques est tel qu'il limite le nombre de remorques au transport, ce qui n'est pas le cas dans cet exemple.

10. Effet de l'utilisation collective des matériels sur l'immobilisation énergétique indirecte

Corrélativement à l'économie générée en partageant l'amortissement à plusieurs exploitations, on répartit aussi l'immobilisation énergétique. On note qu'en moyenne cette immobilisation énergétique est 3,5 fois moindre en partageant le matériel à plusieurs exploitations.

TABLEAU 8 - Energie immobilisée entre équipements individuels ou collectifs (Fdcuma 53, 2005).

Exploitation individuelle (litres EQF / an)		Exploitation en Cuma (litres EQF / an)	
Tracteur 110 ch	960	Tracteur 130 ch à 4 exploitations agric.	310
Charrue 4 corps	185	Charrue 5 corps à 4 exploitations agric.	68
Herse rotative 3 m	396	Herse rotative 3 m à 4 exploitations agric.	99
Remorque 12 tonnes	344	Remorque 18 to à 10 exploitations agric.	63
Total énergie immobilisée par exploit.	1 885	Total énergie immobilisée par exploitation	540

11. 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 ?

12. Lien entre charges de mécanisation et consommation d'énergie

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".

On peut l'illustrer de façon schématique dans l'exemple suivant :

Moins de consommation => plus de volume transporté par voyage => investissement dans une grosse remorque => demande de puissance accrue => surinvestissement en tracteur individuel => coût global plus élevé...

La maîtrise de l'énergie en exploitation d'élevage passe par une réflexion globale allant du choix des systèmes, de l'option des itinéraires cultureux, 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, 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.

Références bibliographiques

Arvalis (2005) : *Temps et coûts cultureux comparés*, Arvalis, Journée St Fort (53), 7 juin 2005.

BRUCHET B. (2005) : *Charges de mécanisation sur 15 exploitations*, Fdcuma53.

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.