

# Consommation d'énergie en élevage bovin - Des repères pour se situer et progresser

GALAN F. (1), DOLLE J.B. (2), CHARROIN T. (3), FERRAND M. (4), HIET C. (1)

(1) Institut de l'Élevage, département Actions Régionales, 19 bis rue Alexandre Dumas, 80096 Amiens cedex 3

(2) Institut de l'Élevage, département Techniques d'Élevage et Qualité, 5, avenue R. Salengro, B.P. 39, 62051 Saint Laurent Blangy

(3) Institut de l'Élevage, département Actions Régionales, B.P. 50, 42272 Saint-Priest-en-Jarez

(4) Institut de l'Élevage, département Biométrie, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

**RESUME** – La raréfaction des ressources énergétiques, le renchérissement du coût de l'énergie et la nécessaire réduction des émissions de gaz à effet de serre conduisent à analyser les consommations d'énergie dans les fermes d'élevage, afin d'améliorer leur efficacité énergétique.

La problématique « énergétique », comme l'a été celle de l'azote dans les années 1990, devient aujourd'hui un des champs d'investigation de l'analyse globale des systèmes d'exploitations. L'objectif du travail mené par l'Institut de l'Élevage est de disposer de repères distincts selon les différents systèmes de production, disponibles pour de futurs diagnostics et démarches de conseil en consommation d'énergie. Ils pourront servir de jalon pour un producteur ayant le même système de production, et permettront d'identifier et de quantifier les marges de réduction de consommation d'énergie globale et / ou par poste.

Cette communication s'appuie sur les données collectées sur la campagne 2005 auprès de quatre cents fermes bovines lait ou viande des Réseaux d'élevage. Pour chacune, elle présente les résultats de consommation d'énergie par grands types de systèmes de production (exemple : éleveurs laitiers herbagers de plaine). Les éléments sont agrégés au sein de quatre postes : électricité, carburants, fertilisation et alimentation, dont le poids relatif est commenté. À l'aide de clés de répartition, les résultats de consommation sont ramenés par ateliers afin de disposer de valeurs de consommation d'énergie aux mille litres de lait ou aux cent kilogrammes de viande vive. Par ailleurs, à partir d'enquêtes approfondies menées en fermes laitières, les consommations d'électricité et de carburant ont été décomposées selon les usages.

## Energy consumption in cattle farms. First view of production system to outline and progress

GALAN F. (1), DOLLE J.B. (2), CHARROIN T. (3), FERRAND M. (4), HIET C. (1)

(1) Institut de l'Élevage, département Actions Régionales, 19 bis rue Alexandre Dumas 80096 Amiens cedex 3

**SUMMARY** – The energy resource shortage, the increase of their cost and the necessity of greenhouse gas emission reduction require a cattle farm energy consumption analysis to improve energy efficiency.

Nowadays the energy problem has become one of the investigation fields of the farm system global analysis as nitrogen was in the 1990's. The aim of this work carried out by the "Institut de l'Élevage", a French livestock institute, is to obtain different references according to each production system. They will be available for future diagnosis and for energy consumption advice. They can be used as references by a farmer who has the same production system. Hence they will allow the identification and quantification of global or specific (electricity, fuel, fertiliser or feed) energy consumption reduction margins. This study used data collected during year 2005 on 400 dairy and beef farms from a farm network of the "Institut de l'Élevage". For each, it presents energy consumption results per main production system types (For example: plain pasture based dairy farmers). The data were collected for four items (electricity, fuel, fertiliser and feed) whose relative weight was noted. Consumption results were calculated for each activity (beef, dairy or crop production) with an allocation method to obtain energy consumption values per 1000 milk litres or 100 kg of beef live-weight production. Besides, with a dozen of surveys carried out on dairy farms, electricity and fuel consumption were separated according to their use. Thus, we can see the relative weight of different appliances of the milking unit in electricity consumption or of stall engines in fuel consumption.

### INTRODUCTION

Depuis 2000, le contexte mondial relatif à l'énergie fossile a sensiblement évolué (instabilité au Moyen-Orient, demande croissance de l'Inde et de la Chine,...) Outre les enjeux liés à une raréfaction des ressources à moyen terme, on a enregistré depuis plusieurs mois de nettes répercussions économiques : + 70 % pour le prix du fioul depuis 2003, + 40 % pour celui des engrais azotés. En 2004, le poste énergie a été évalué à hauteur de 10 % des coûts de production d'un litre de lait (Galan, 2006).

Par ailleurs, la communauté internationale est désormais sensibilisée aux enjeux du réchauffement climatique. Travailler à l'optimisation des consommations d'énergie dans les élevages bovins permet d'agir directement sur 35 à 40 % des postes d'émission de gaz à effet de serre (GES), et notamment sur les plus faciles à modifier (Hacala, 2006).

Pour ces deux raisons principales, la caractérisation des consommations d'énergie nous semble importante à intégrer dans l'analyse globale des exploitations d'élevage.

En effet, ce sujet qui peut sembler assez abstrait en première lecture, n'est en fait pas disjoint des pratiques et techniques de production et d'élevage.

L'objectif du travail initié au sein des Réseaux d'Élevage<sup>1</sup> est de rendre accessible cette nouvelle thématique aux éleveurs, au travers d'une méthode d'analyse opérationnelle pour les acteurs de développement, qui privilégie des ratios simples et communicants (ex. : énergie pour produire 1 000 l de lait ou 100 kg de viande,...) et une démarche progressive pour optimiser la consommation d'énergie.

<sup>1</sup> Ces exploitations sont suivies dans le cadre d'une action partenariale associant des éleveurs volontaires, l'Institut de l'Élevage et les Chambres d'Agriculture, selon une approche globale de l'exploitation sur une durée d'au moins trois ans.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. LES EXPLOITATIONS DES RESEAUX D'ELEVAGE, SUPPORT DE L'ANALYSE

S'appuyant sur de précédents travaux (Risoud, 2000), quatre postes d'analyse ont été retenus : les carburants, l'électricité, l'alimentation achetée et prélevée et la fertilisation minérale. L'analyse des consommations d'énergie développée dans cet article s'appuie sur les données de trois cent quatre-vingt dix-huit fermes des Réseaux d'Élevage bovins (campagne agricole 2005), sur lesquelles un complément d'enquête a été réalisé afin de collecter les volumes de consommations d'énergie directe (litres de carburants, kWh d'électricité) de l'activité agricole. Les énergies indirectes (énergie consommée pour l'alimentation achetée et les engrais et amendements) ont été obtenues à partir des données collectées dans les exploitations et l'utilisation d'un référentiel national (Risoud, 2002).

Géographiquement, 7 grandes régions composent près de 80 % de l'échantillon : Basse-Normandie, Midi-Pyrénées, Pays de Loire, Bretagne, Nord-Picardie, Franche-Comté et Rhône-Alpes.

### 1.2. UNE TYPOLOGIE DES SYSTEMES POUR MIEUX APPREHENDER LE FONCTIONNEMENT DES EXPLOITATIONS

Une typologie nationale (Perrot et Fraysse, 2002) intégrant la combinaison de productions à partir de l'orientation technico-économique de l'exploitation (OTEX), le type d'atelier laitier selon le système fourrager (part de maïs dans la surface fourragère) et l'atelier viande suivant le type de production (brouillards, jeunes bovins ou bœufs) a été appliquée à l'échantillon. Au sein d'une même case typologique, la variabilité des niveaux de consommation d'énergie ne dépasse pas un facteur 2,5 contre 7 auparavant (Charroin *et al.*, 2006).

**Tableau 1** : Répartition des 398 fermes bovines de l'échantillon 2005 par système de production

Combinaison de productions (OTEX)	245 exploitations laitières				Total
	Herbe	Herbe-Maïs	Maïs	Lait + Viande	
% maïs dans la SFP	< 10 %	10 - 30 %	> 30 %		
Spécialisés herbivores	62	52	28	44	186
Polyculteurs éleveurs	4	9	20	21	54
Autres combinaisons		1	2	2	5
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>62</b>	<b>50</b>	<b>67</b>	<b>245</b>

Combinaison de productions (OTEX)	153 exploitations allaitantes				Total
	Naisseur	Nais. Engr. de JB	Nais. Engr. bœufs	Autre (VA+OV, ...)	
Spécialisés herbivores	36	26	9	20	91
Polyculteurs éleveurs	12	12	3	4	31
Céréales + élevage	14	5	2	4	25
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>44</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>153</b>

Parmi les trois cent quatre-vingt-dix-huit exploitations retenues pour les traitements, 70 % sont spécialisées herbivores (OTEX 41 et 42), 21 % sont du type polyculteur - éleveur (OTEX 60 et 81).

### 1.3. DES VALEURS REPERES POUR REPARTIR LES CONSOMMATIONS D'ENERGIES DIRECTES ENTRE ATELIERS

L'étude se propose de quantifier la consommation d'énergie au niveau de l'atelier (lait, viande et cultures). Nous avons donc recherché un moyen de répartir les consommations d'énergie directe (les indirectes étant déjà collectées) à partir de « valeurs repères ».

Appliquées aux ateliers, les valeurs obtenues permettent d'obtenir un pourcentage de consommation qui est multiplié par la consommation totale relevée en ferme.

Pour établir ces valeurs repères sur le poste « électricité », nous avons analysé les données des systèmes spécialisés et vérifié leur pertinence sur l'ensemble de l'échantillon 2005. La même procédure appliquée à l'échantillon 2004 avait permis d'obtenir des valeurs repères identiques.

Les résultats sont exprimés en EQF (EQuivalent litre de Fioul), une unité qui permet d'additionner les différentes énergies utilisées sur la ferme (kWh, fioul, gaz,...) : 1 EQF = 35,8 MJ.

**Tableau 2** : Valeurs repères pour le poste électricité

Atelier	Cultures	Viande bovine	Lait
En EQF	10 / ha	10 /UGB	20 /1 000 litres

Pour le poste « carburant », nous avons procédé à une mise en classes de l'ensemble des exploitations selon la nature des fourrages récoltés :

- Foin : part de maïs et 100 % d'herbe récoltée en foin
- Herbager : part de maïs dans la SFP < 5 %
- Herbe-Maïs : part de maïs dans la SFP entre 5 et 25 %
- Maïs : part de maïs dans la SFP > 25 %

Le modèle de régression suivant a permis d'affiner la première ébauche réalisée en 2006 :

$$\text{Consommation en carburant} = \beta_1 * \text{SNF} + \beta_2 * \text{SFP}$$

$\beta_1$  et  $\beta_2$  sont exprimés en EQF / ha et représentent les valeurs repères appliquées aux surfaces de cultures (SNF en ha) et aux surfaces fourragères (SFP en ha).

$\beta_2$  dépend de la classe de l'exploitation.

La valeur repère des cultures s'établit à 150 EQF / ha.

**Pour la SFP, les valeurs repères sont de 75 EQF/ha pour le système Foin, de 90 EQF pour l'Herbager, de 110 EQF pour l'Herbe-Maïs et de 160 EQF pour le Maïs.**

Pour les systèmes mixtes (lait + viande), les valeurs repères sont alors appliquées à l'échelle de l'atelier.

### 1.4. DES ENQUETES APPROFONDIES POUR REPARTIR LES CONSOMMATIONS D'ENERGIES DIRECTES PAR USAGE<sup>2</sup>

Sur une douzaine de fermes laitières, le poste électrique en bâtiments a été décomposé entre appareils au moyen d'une enquête réalisée sur site.

Le poste carburant en bâtiments a été apprécié au moyen d'une enquête postale menée auprès de cinquante-quatre éleveurs laitiers du Nord-Ouest. Les temps de travaux ont été estimés et convertis en litres de carburants pour les

<sup>2</sup> Cette action a bénéficié du soutien financier de l'ADEME et du Ministère de l'Agriculture.

tracteurs utilisés dans ces élevages (avec un taux de charge moyen de 40 % pour la distribution de fourrages, le paillage, le rilage et le curage des déjections).

## 2. RESULTATS A L'ECHELLE DE L'ATELIER

### 2. 1. CONSOMMATION D'ENERGIE EN PRODUCTION DE VIANDE BOVINE

**Tableau 3 :** Résultats de consommation d'énergie pour produire 100 kg de viande vive

Consommation d'énergie	EQF/100 kg viande vive	Naisseur	Naisseur Engr. JB
Electricité	3 (4 %)	Directes 4	4
Carburants	25 (32 %)	28 EQF	26
Aliments achetés	30 (38 %)	Indirectes 31	29
Fertilisants	20 (26 %)	50 EQF	18

Pour produire 100 kg de viande sur pied, les consommations sont de l'ordre de 75 à 80 EQF. Le poids des énergies indirectes est prépondérant, avec près de 2/3 des consommations de l'atelier. Le poste électrique est quasiment négligeable alors que celui des concentrés achetés et prélevés (voire des fourrages achetés dans le cas des co-produits notamment) est déterminant.

**Tableau 4 :** Résultats de consommation selon la ration hivernale du cheptel allaitant, cas des systèmes naisseurs

Base fourragère	Foin		Herbager		Herbe/Maïs		Coproducts
	< 0,5	> 0,5	< 0,5	> 0,5	< 0,5	> 0,5	
TOTAL EQF/100 kgVV	69	73	71	90	68	82	101
dont :							
Carburants	20	28	37	33	24	24	14
Aliments achetés	23	29	18	28	18	30	64
Fertilisation minérale	22	14	11	25	22	24	20
Chargement	1,4	1,3	1,1	1,1	1,3	1,4	2,0
N min./ha SFP	35	40	15	40	45	55	75
Foin (en TMS/UGB)	1,5	2,2	1,2	1,2	1,0	1,0	0,4
Enrub-ensilage herbe	-	-	0,5	0,8	0,3	0,4	0,1
Maïs (en TMS/UGB)	-	-	0,1	-	1,0	0,7	-
kg concentrés /UGB	325	785	290	760	300	880	790
Nombre d'exploitations	4	6	12	10	13	7	3

Les systèmes stockeurs de fourrages les plus efficaces sont ceux qui complètent légèrement (moins de 550 kg de concentrés par UGB dans la ration hivernale du cheptel) sur une base fourragère à base d'herbe ou de maïs fourrager.

Les mêmes observations sont obtenues en système naisseur-engraisseur de jeunes bovins.

Par ailleurs, une nouvelle régression statistique selon la nature du fourrage récolté nous confirme que la consommation de carburant à la tonne de matière sèche est nettement plus importante pour l'herbe que pour le maïs d'une part, pour l'ensilage d'herbe que pour le foin ou l'enrubannage d'autre part. Le R<sup>2</sup> est de 0,8 et les différences entre les classes de fourrages ci-avant sont significatives.

### 2. 2 CONSOMMATION D'ENERGIE EN PRODUCTION LAITIERE

Pour produire mille litres de lait, la consommation d'énergie est en moyenne de 83 EQF. Les énergies directes constituent la moitié de l'énergie consommée sur l'atelier laitier, le premier poste étant celui de l'alimentation (tableau 5). La consommation moyenne des systèmes en production biologique est de 66 EQF / 1000 l. En plaine, ce niveau est de 60 EQF pour les systèmes herbagers et de 75 EQF pour les systèmes herbe-maïs. Ce dernier est plus consommateur de concentrés.

**Tableau 5 :** Résultats de consommation d'énergie pour produire 1 000 l de lait

Consommation d'énergie	EQF/1 000 l de lait (233 exp.)		191 expl°. conv.	42 expl°. bio
Total EQF/1 000 l	83		87	66
Electricité	20 (24 %)	Directes	20	20
Carburants	21 (26 %)	41 EQF	21	23
Aliments achetés	31 (36 %)	Indirectes	32	23
Fertilisants	11 (14 %)	42 EQF	14	0

Au sein des systèmes conventionnels (tableau 6) de plaine et pour les deux systèmes fourragers les plus fréquents, les exploitations laitières spécialisées sont plus efficaces que les systèmes laitiers de polyculture. Ces derniers affichent de plus fortes consommations d'intrants, à productivité animale comparable, dues sans doute à un peu plus de fourrages conservés, plus de concentrés et des transferts de déjections sur les grandes cultures.

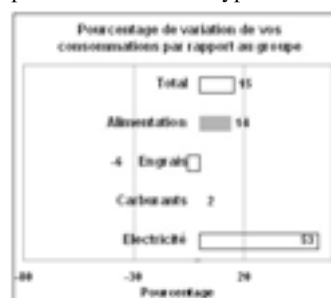
Les systèmes spécialisés de montagne atteignent des consommations plus élevées que leurs homologues de plaine. Les consommations d'énergies directes et de concentrés sont plus importantes en montagne en lien sans doute avec davantage de fourrages conservés (durée de l'hiver).

**Tableau 6 :** Résultats de consommation des principaux systèmes laitiers en production conventionnelle

	Plaine				Montagne	
	Herbe-Maïs		Maïs		Herbagers	Herbe-Maïs
	Spé	Polyc	Spé	Polyc		
Total EQF/1 000 l	79	92	79	94	104	90
Electricité	20	17	18	19	24	23
Carburants	20	18	19	15	31	24
Aliments achetés	26	38	29	42	37	29
Fertilisants	13	19	13	17	11	14
Chargement	1,4	1,7	1,7	1,8	0,8	1,1
N min./ha SFP	46	69	66	97	19	38
Lait / VL (x1 000 l)	6,5	6,6	7,3	7,8	5,7	6,7
Kg concentrés / VL	1 090	1 470	1 210	1 580	1 430	1 460
Nb d'exploitations	47	13	46	28	24	14

Une fois le système de production caractérisé, l'essentiel des marges de progrès est alors accessible pour l'éleveur, au moyen d'un diagramme comparatif avec la moyenne du groupe, poste par poste. Il existe près de 40 % d'écart de consommation dans une même case typologique, ce qui laisse de réelles perspectives en matière de conseil thématique.

**Figure 1 :** Résultats individuels de consommation comparés à la moyenne des exploitations du même type



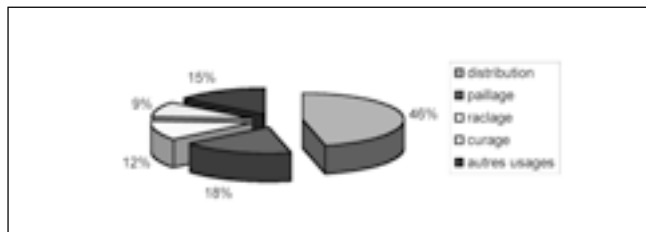
Dans l'exemple ci-dessus (figure 1), l'exploitation consomme, aux 1 000 l, près de 50 % de plus d'électricité que la moyenne des laitiers de sa famille typologique, sans usage spécifique (pour le séchage de fourrages,...) Dans ces situations, il est alors utile d'approfondir les usages de ce poste de consommation électrique pour pouvoir apporter un conseil à l'éleveur.

### 3. CONSOMMATION D'ENERGIE PAR USAGE EN FERME LAITIÈRE

#### 3.1 CONSOMMATION D'ELECTRICITE

Sur une exploitation laitière, l'électricité est essentiellement consommée au sein du bloc traite. Elle s'établit sur l'échantillon enquêté à 60 kWh / 1 000 l, soit 18 EQF. Trois appareils : tank, chauffe-eau et pompe à vide représentent 85 % de la consommation électrique d'une ferme laitière, l'éclairage étant un poste secondaire.

Figure 2 : Consommation électrique en ferme laitière



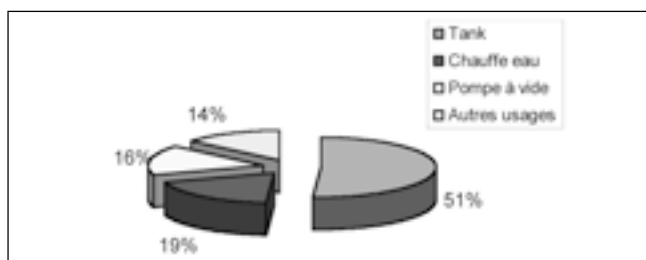
Dans le cas de l'usage d'un robot de traite, la pompe à vide fonctionne environ six heures par jour, et entraîne une consommation électrique deux fois plus importante qu'avec un système de traite conventionnel (115 kWh / 1 000 kg lait). Le pré-refroidisseur de lait, équipement installé en amont du tank, permet de réduire de moitié les consommations de ce dernier.

Le récupérateur de chaleur installé sur le groupe froid du tank permet quant à lui un préchauffage de l'eau et ainsi une réduction d'environ 80 % des consommations du chauffe-eau.

#### 3.2 CONSOMMATION DE CARBURANT

Avec près de la moitié des consommations, le poste « distribution » apparaît le plus énergivore. Le paillage mécanique représente près de 20 % de la consommation de carburant dans les bâtiments laitiers équipés.

Figure 3 : Décomposition de la consommation de carburant en bâtiment sur une ferme laitière



Le type de déjections en lien avec le mode de logement et les pratiques associées a une incidence forte sur les consommations énergétiques : les systèmes fumiers sont ainsi plus énergivores que les systèmes lisiers. De même, l'automatisation de certaines pratiques comme le raclage constitue une piste de réduction des consommations pouvant atteindre jusqu'à 50 % des consommations énergétiques de ce poste.

La consommation totale moyenne de carburant en bâtiments (pour une stabulation de cent quatre-vingt jours) s'établit à près de 7 l de fioul par 1 000 l de lait, soit environ un tiers du total du poste carburant (tableau 5).

Les autres usages de carburant de l'atelier laitier vont concerner essentiellement les pratiques culturales sur la Surface Fourragère Principale (SFP) : implantation,

fertilisation, traitements, récoltes (parfois multiples pour les surfaces en herbe) et entretien sur les herbages pâturés (fauche des refus, ébousage,...)

Une part du carburant sera également utilisée pour apporter de l'eau aux génisses ou aux vaches taries, ou pour déplacer des lots pendant la période de pâturage.

### 4. DISCUSSION

En production bovine, la nature de la ration hivernale en bâtiment apparaît intéressante pour classer des exploitations à des fins de conseil sur le thème de l'énergie. Au-delà du poste « aliments achetés », elle semble structurer également les consommations de carburant.

Toutefois, ce ratio n'est pas communément utilisé ni facilement accessible par les conseillers. Pour le rendre plus utilisable, il a été retranscrit en part de foin et part de maïs dans la SFP ( $R^2$  de 0,79).

Des données analytiques de consommation de carburant par hectare de maïs ou de foin récolté selon un contexte pédoclimatique défini pourraient conforter nos travaux, constituer des repères accessibles pour les éleveurs et pour le corps technique. Le diagnostic énergie pourrait alors s'appuyer sur des références construites et non plus des moyennes observées comme c'est le cas actuellement.

Pour l'analyse par usage, le taux de charge moyen des engins agricoles sera également à affiner pour tenir compte des spécificités des tâches (paillage, distribution,...)

### CONCLUSION

Les consommations d'énergie sont multiformes sur une exploitation d'élevage. Avant de rentrer dans une analyse fine par usage, il semble nécessaire d'appréhender la globalité des consommations et de les décortiquer poste par poste. Un diagnostic harmonisé autour d'un référentiel énergétique national conserve aujourd'hui toute sa pertinence. Afin d'intégrer d'autres facteurs de durabilité, il serait intéressant d'y adjoindre un bilan des minéraux afin de prendre en compte l'impact sur le milieu et d'analyser ces valeurs à l'aune des performances techniques et économiques des élevages.

*Les auteurs remercient les ingénieurs des Réseaux d'Elevage pour leur implication et leur réactivité sur cette thématique nouvelle pour l'élevage bovin.*

**Galan F., Dubois E., 2006.** Les consommations d'énergie en élevage bovin. Publication Institut de l'Elevage, 4p.

**Hacala S., Réseaux d'Elevage, Le Gall A., 2006.** Evaluation des émissions de GES en élevage bovin et perspectives d'atténuation, Fourrages 186, 215-227

**Risoud B. et al., 2002.** Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global : méthode et résultats de 140 fermes. Rapport d'étude pour l'ADEME, 100 p + annexes

**Perrot et Fraysse, 2002.** Diversité des exploitations d'élevage de ruminants : principaux facteurs et éléments de quantification à partir du RA 2000, Renc. Rech. Ruminants 9, 165-168

**Charroin T., Galan F., Capitain M., 2006.** Les consommations d'énergie dans les systèmes d'élevage bovin, première contribution des Réseaux d'Elevage, Fourrages 186, 179-19

**Dollé JB., 2007.** Les consommations d'énergie en bâtiments d'élevage bovin, Note de synthèse, 33 p