

# Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier

Repères de consommations et pistes d'économies

collection synthèse



Cet ouvrage a été rédigé par Jean-Baptiste Dollé et Benoît Delattre (Institut de l'Élevage), Jacques Charlery (Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne) et Emmanuelle Souday (Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire) et a bénéficié des avis de Jean-Yves Blanchin, Aude Brachet, Vincent Corbet, Philippe Dumonthier, André Le Gall, Jacques Lucbert, Jean-Luc Ménard, Stéphane Mille (Institut de l'Élevage), Olivier Rosat (GIE Lait Viande Bretagne), Cédric Garnier et Sandrine Lacombe (ADEME).

Ce document entre dans le cadre d'un travail conduit avec le soutien financier de l'ADEME. Il bénéficie aussi de travaux conduits avec l'appui du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (CASDAR) et du CNIEL.

## **Collection : Synthèse**

### **Conception graphique :**

Bêta Pictoris

### **Mise en page, illustrations :**

Frédéric Croix

### **Crédits photos :**

Institut de l'Élevage, DR

### **Dépot légal :**

1<sup>er</sup> trimestre 2009

© Tous droits réservés à l'Institut de l'Élevage

149, rue de Bercy

75595 Paris CEDEX 12

[www.inst-elevage.asso.fr](http://www.inst-elevage.asso.fr)

### **Édité par :**

Institut de l'Élevage

Janvier 2009

réf. 05 09 33 001

ISBN 978-2-84148-555-0

# Sommaire

## Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier

### Repères de consommations et pistes d'économies

<b>INTRODUCTION</b>	<b>2</b>
<b>1/ REPÈRES DE CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE EN BÂTIMENT</b>	<b>3</b>
Les consommations d'électricité	3
Les consommations de fioul	7
Les consommations totales : approche technique et économique	11
<b>2/ LES PISTES POUR RÉDUIRE LA FACTURE ÉNERGÉTIQUE</b>	<b>13</b>
Le pré-refroidisseur de lait : 40 à 50 % d'économie sur la consommation du tank	13
Le récupérateur de chaleur sur le tank à lait : 70 à 80 % d'économie sur le chauffage de l'eau	15
Une laiterie bien conçue réduit la consommation du tank	17
Adapter le temps de traite ? Peu de différences	18
Le fonctionnement du tracteur d'élevage	20
Privilégier le raclage automatisé des déjections	21
Pour l'eau de nettoyage de l'installation de traite : le chauffe-eau solaire	22
Intérêt comparé des pistes d'économie	24
<b>3/ AUTO-DIAGNOSTIC PAR L'ÉLEVEUR DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE EN BÂTIMENT LAITIER</b>	<b>25</b>
Les consommations de fioul	25
Les consommations d'électricité	27
Les consommations totales	29
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>30</b>
<b>CONTACTS</b>	<b>31</b>

# Introduction

Dans un contexte de raréfaction des ressources en énergie fossile et d'accentuation du phénomène de réchauffement climatique, une loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique a été votée le 13 juillet 2005. Elle vise notamment à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 3 % par an, à baisser l'intensité énergétique de 2 % par an d'ici 2015 et à diversifier le bouquet énergétique en produisant plus de 10 % de l'énergie à partir d'énergies renouvelables d'ici 2010.

L'activité agricole représente une faible part de la consommation nationale d'énergie directe (2 à 3 %). Néanmoins, les éleveurs, consommateurs d'énergie sous différentes formes, sont concernés par les objectifs de réduction des consommations.

Au-delà des enjeux précédents, nous enregistrons en 2008 de nettes répercussions économiques : + 70 % pour le prix du fioul depuis 2003, + 40 % pour celui des engrais azotés. L'envolée des prix a des conséquences économiques sur les exploitations. En élevage bovin, la hausse de l'énergie depuis 2003 a entraîné une érosion de 5 à 10 % du revenu.

Ce document fait suite à un travail commandé par l'ADEME et conduit par l'Institut de l'Élevage et les Chambres Régionales d'Agriculture de Bretagne et Pays de la Loire, portant sur l'utilisation rationnelle de l'énergie en bâtiment laitier, allaitant et veaux de boucherie (ADEME, 2007). Ce document apporte plus particulièrement des éléments de réponse aux questions d'énergie en bâtiment d'élevage laitier. Il présente dans un premier temps les consommations d'électricité et de fioul observées sur un échantillon de soixante exploitations. Dans un deuxième temps, une description des principaux leviers d'action est faite de manière à éclairer les techniciens et les éleveurs sur les pistes de réduction possibles. Enfin une démarche d'évaluation des consommations est présentée pour permettre de situer le degré de dépendance énergétique des bâtiments d'un élevage laitier.

## Repères de consommation d'énergie en bâtiment

Cette partie détaille les niveaux de consommations d'énergie directe en bâtiments d'élevage laitier, c'est-à-dire pour la production laitière et l'élevage des génisses de renouvellement. Par énergie directe, on entend les énergies directement consommées sur l'exploitation, soit l'électricité et le fioul achetés par l'éleveur.

### Les consommations d'électricité

#### De nombreux équipements électriques

Les équipements électriques en élevage laitier sont multiples. L'essentiel de ces équipements est lié au bloc traite :

- **le tank à lait** qui permet le refroidissement du lait de 35°C à 4°C et son stockage pendant 1 à 3 jours ;
- **le chauffe-eau** pour l'approvisionnement en eau chaude sanitaire nécessaire au lavage de l'installation ;
- **l'éclairage du bloc traite** mais également de la stabulation des vaches laitières, des génisses et de la nurserie ;
- **les équipements de nettoyage** tels que le nettoyeur haute-pression ou le surpresseur ;
- **et les autres postes** tels que la pompe à lait, l'allaitement des veaux, les portillons de la salle de traite et les équipements de l'atelier (compresseur, poste à souder).

D'autres appareils électriques peuvent être rencontrés sur une exploitation laitière, notamment les équipements utilisés pour la distribution des fourrages ou la gestion des déjections (racleur, pompe, etc.). Ces équipements ne sont pas en lien direct avec le bloc traite et sont comptabilisés séparément.



Photo 1 : Le tank à lait consomme en moyenne 200 kWh par vache / an

#### La méthodologie : 60 enquêtes en exploitation

Les résultats présentés dans cette première partie sont issus d'enquêtes conduites sur un échantillon de 60 exploitations réparties sur le territoire national, de sorte à appréhender les consommations d'électricité pour le fonctionnement du bâtiment (traite, réfrigération du lait, éclairage, ...) et de fioul pour la mise en œuvre des pratiques d'élevage (distribution de fourrages, paillage, ...).

Cette étude a été commandée par l'ADEME à l'Institut de l'Élevage et aux Chambres Régionales d'Agriculture de Bretagne et Pays de la Loire afin de répondre aux objectifs de réduction des consommations d'énergie fossile et d'émission de gaz à effet de serre.

## Le bloc traite, premier poste de consommation

Le relevé précis des puissances et du temps de fonctionnement de chacun des équipements permet d'évaluer la consommation pour l'ensemble des postes à l'exception du tank. En effet, la consommation du tank est liée à la température du lait, aux conditions climatiques, à l'aménagement de la laiterie, et ne peut être connue avec précision qu'au moyen d'enregistrements spécifiques. La consommation du tank est donc calculée par différence entre la consommation totale et celle des autres postes.

La consommation électrique moyenne annuelle de l'ensemble des postes représente 420 kWh/vache laitière en production (Tableau 1), soit 61 Wh/l de lait livré. Cette moyenne cache de nombreuses disparités liées au type d'équipement et à la conception du bloc traite.

Tableau 1 : Consommations électriques

	kWh/Vache Laitière	Wh/l de lait
Minimum	160	27
Moyenne	420	61
Maximum	920	120



Photo 2 : Le bloc traite représente une consommation de 400 kWh/VL/an

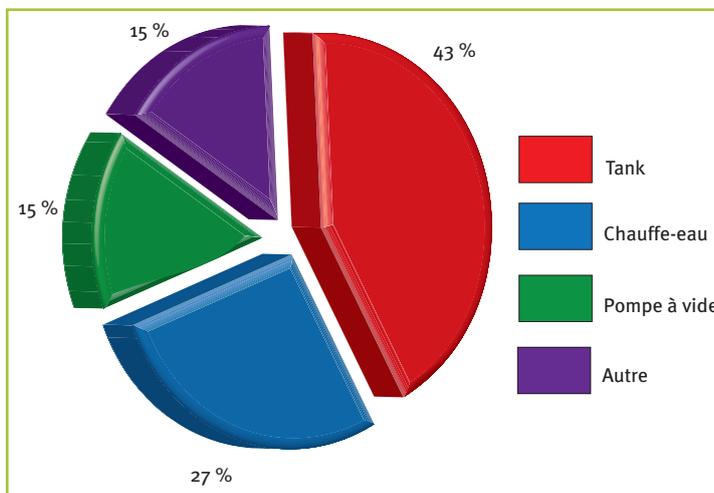
Au-delà des consommations totales électriques du bloc traite, il est intéressant d'évaluer et de hiérarchiser la part des différents équipements sur les exploitations possédant une salle de traite comparable, de type épi ou traite par l'arrière (TPA). Le tank, poste prédominant, consomme en moyenne 27 Wh/l de lait (Tableau 2) contre 18 Wh/l de lait pour le chauffe-eau et 10 Wh/l de lait pour la pompe à vide.

Tableau 2 : Consommations électriques moyennes du bloc traite par poste (hors exploitations équipées d'un robot de traite)

	kWh/VL	Wh/l de lait
Tank	190	27
Chauffe-eau	120	18
Pompe à vide	68	10
Eclairage	10	1
Nettoyage du sol et parois	8	1
Puits ou forage	14	2
Pompe à lait	3	0
Autres équipements	11	2
Divers	21	4

Les autres postes tels que l'éclairage, le nettoyage des sols, la pompe à lait ont une faible incidence sur les consommations de l'atelier, le cumul de l'ensemble de ces postes représentant 10 Wh/l de lait.

Concernant le bloc traite seul, le tank, le chauffe-eau et la pompe à vide ont une consommation significative et représentent respectivement 43, 27 et 15 % des consommations (Graphique 1). Pour réduire les consommations, on s'intéressera donc en priorité



Graphique 1 : Ventilation de la consommation électrique du bloc traite

à ces trois postes. Le cumul des autres postes secondaires (éclairage, nettoyage, pompe à eau, pompe à lait, ...) ne représente que 15 % du total.

## Les consommations électriques pour la gestion des déjections et la distribution des fourrages

Dans notre échantillon, 36 élevages sont équipés d'appareils électriques pour la gestion des déjections (raclage, pompage et homogénéisation des lisiers) et la distribution des fourrages (griffe à foin). Le Tableau 3 fait apparaître les niveaux de consommations pour les exploitations ayant recours à ce type d'équipements. La mécanisation de ces tâches se traduit par des niveaux de consommation faibles comparativement au fonctionnement du bloc traite.

Tableau 3 : Consommation électrique moyenne des pratiques d'élevage

	kWh/VL/an	Wh/l de lait
Raclage	22	3,4
Pompage, homogénéisation	12	1,7
Distribution de fourrages (griffe)	18	2,9

## Les facteurs de variation des consommations d'électricité

### L'équipement de traite : des consommations du simple au double

Le Tableau 4 met en évidence les différences de consommations selon l'équipement de traite (robot, salle de traite épi, salle de traite par l'arrière).

Pour les salles de traite classiques (épi ou TPA), les niveaux de consommations sont du même ordre de grandeur. Aucune différence significative n'est observée entre les deux équipements.

La situation est différente pour les exploitations équipées de robot. Ces installations, associées



Photo 3 : Le robot de traite consomme deux fois plus qu'une salle de traite classique

à un fonctionnement quasi continu de la pompe à vide, sont à l'origine d'une consommation (780 kWh/VL) presque deux fois supérieure aux salles de traite classiques. Ces résultats, basés sur seulement trois exploitations équipées de robot de traite, méritent d'être validés sur un nombre plus important d'exploitations mais montrent déjà l'incidence d'un tel équipement.

### Le temps de traite

La consommation électrique de la pompe à vide est proportionnelle à son temps de fonctionnement. L'organisation de l'éleveur au moment de la traite, l'acheminement des vaches en aire d'attente, les pratiques d'hygiène des trayons avant et après la traite, la rapidité avec laquelle les vaches sortent de la salle de traite sont autant d'éléments qui conditionnent la durée de fonctionnement de la pompe à vide, et par conséquent la consommation électrique. Sur l'échantillon observé, les consommations varient du simple au double selon les exploitations et montrent ainsi les marges de progrès possibles sur ce poste.

Tableau 4 : Consommation électrique du bloc traite selon l'équipement de traite

	Robot		Salle de traite en épi		Salle de traite par l'arrière	
	kWh/VL	Wh/l de lait	kWh/VL	Wh/l de lait	kWh/VL	Wh/l de lait
Minimum	620	77	160	27	270	38
Moyenne	780	100	390	57	440	66
Maximum	920	120	700	97	610	100

### Le refroidissement du lait : ventiler la laiterie

La conception de la laiterie et le positionnement du tank influent fortement sur les consommations du tank. Le graphique 2 représente la température à l'intérieur de la laiterie et la consommation du tank, dans une laiterie non ventilée et une laiterie correctement ventilée, les deux étant situées dans une même région climatique.

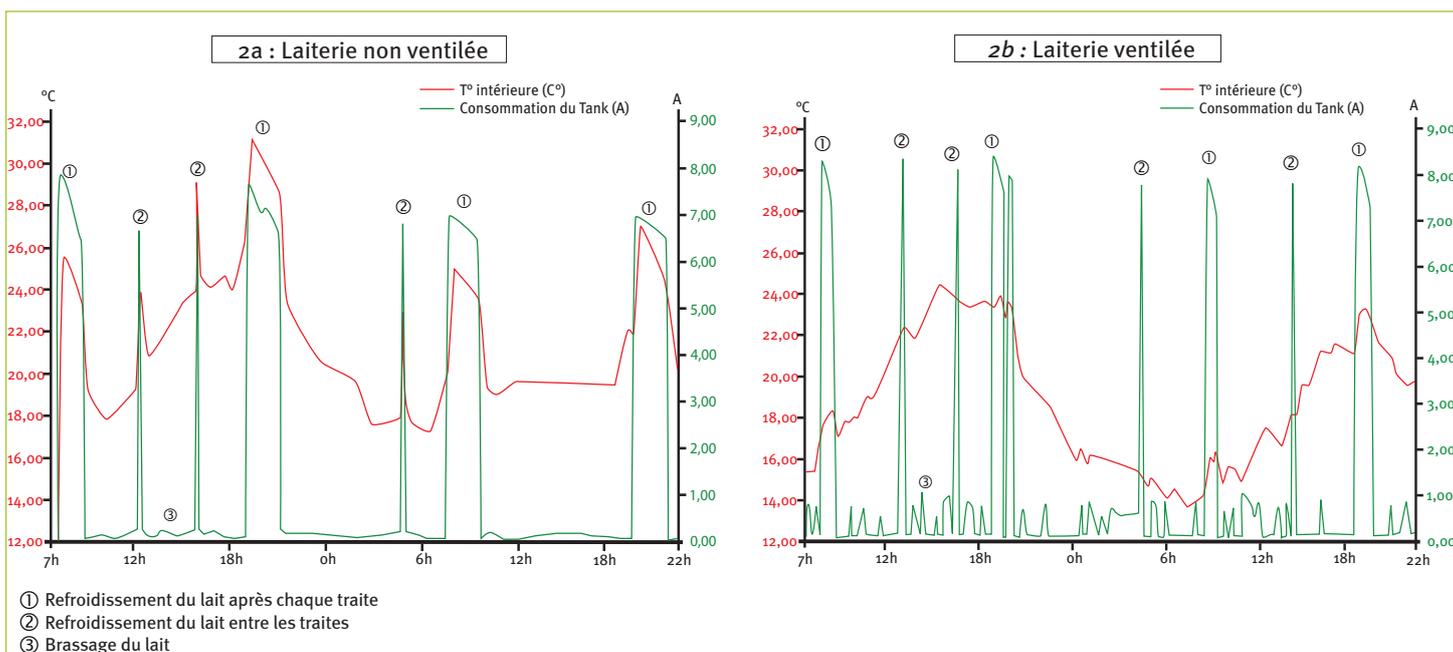
Dans une laiterie dépourvue d'entrées et de sorties d'air efficaces (Graphique 2a), les phases de fonctionnement du tank engendrent une augmentation de la température comprise entre 2 et 10 °C selon la durée de refroidissement.

A l'inverse dans la laiterie ventilée (Graphique 2b), le fonctionnement du tank n'a aucune incidence sur la température intérieure de la laiterie. Le positionnement du condenseur face à une grille de sortie d'air permet une évacuation complète de l'air chaud généré par le tank. Au final, la consommation d'électricité est moindre.



Photo 4 : La ventilation de la laiterie est essentielle pour limiter les consommations du tank

Le pré-refroidisseur de lait est un second élément à l'origine des différences de consommation électrique observées sur le tank. Parmi les 60 exploitations de l'échantillon, 12 d'entre elles sont équipées d'un pré-refroidisseur de lait. Sur ces exploitations, les consommations électriques pour le tank sont inférieures.



Graphique 2 : Evolution de la température de la laiterie et de la consommation du tank, dans une laiterie non ventilée (2a) ou ventilée (2b). Dans une laiterie ventilée, la température est plus stable et plus fraîche, donc le tank consomme moins.

Enfin, la fréquence de ramassage du lait est également un élément qui influe sur la consommation du tank. On observe ainsi des différences fortes entre les exploitations selon cette fréquence de ramassage. Elle est de 2 traites en zone de transformation fromagère et de 4 ou 6 traites pour d'autres zones de production (Tableau 5).

*Tableau 5 : Effet de la fréquence de ramassage du lait sur la consommation du tank*

Fréquence de ramassage	Consommation du tank (Wh/l de lait)
2 traites	13
4 traites	27
6 traites	29

Si la fréquence de ramassage relève du choix de l'industriel qui assure la collecte, il convient de garder à l'esprit l'incidence de ce facteur pour effectuer les calculs de rentabilité lors de la mise en place d'un équipement de prérefroidissement ou de récupération de chaleur.

### La production d'eau chaude : des économies d'échelle sont possibles

L'eau chaude utilisée pour le nettoyage de l'équipement de traite (lactoduc, griffes, ...) représente en moyenne 50 % du volume global d'eau de lavage. Les consommations d'électricité pour le chauffage de l'eau sont fonction du différentiel de température entre l'eau froide et l'eau chaude souhaitée, du volume d'eau de lavage lié à la taille de l'installation de traite et de l'âge du chauffe-eau.

Sur l'échantillon, la consommation du chauffe-eau représente en moyenne 18 Wh/l de lait. Du fait des économies d'échelle sur le volume d'eau de nettoyage, la consommation électrique par litre de lait est plus faible dans les grandes exploitations que dans les petites.



*Photo 5 : Un chauffe-eau âgé de 10 ans peut consommer 30 % d'électricité en plus*

## Les consommations de fioul

### Des consommations liées aux pratiques d'élevage

Les consommations de fioul en bâtiment sont liées à l'utilisation des tracteurs pour la mise en œuvre des pratiques d'élevage :

- **l'alimentation** qui correspond à la distribution des fourrages aux animaux ;
- **le paillage** qui est l'apport de litière aux animaux ;
- **le raclage**, c'est-à-dire le transfert des déjections du bâtiment vers les ouvrages de stockage ;
- **le curage des litières accumulées** à l'extérieur du bâtiment ;
- **le transfert des déjections liquides** par pompage et l'homogénéisation à l'aide d'un mixer sur tracteur.

## L'alimentation, premier poste de consommation de fioul

Sur l'échantillon enquêté, la consommation moyenne de fioul pour l'ensemble des pratiques est de 45 l/VL/an (Tableau 6). Cette consommation de fioul varie considérablement d'une exploitation à l'autre. Le minimum est observé dans une exploitation où le pâturage est très développé, avec donc peu de pratiques d'élevage en bâtiment.

Tableau 6 : Consommation totale de fioul en bâtiment par exploitation

	Toutes exploitations (L de fioul/VL/an)	Exploitations sans séchage en grange (L de fioul/VL/an)
Minimum	2	22
Moyenne	45	52
Maximum	110	110

La consommation maximale est au contraire relevée dans un élevage où les animaux sont en stabulation permanente et avec utilisation d'engins de forte puissance pour la réalisation des pratiques. Dans les exploitations sans séchage en grange, la consommation de fioul est supérieure. Elle atteint 52 l/VL/an en moyenne du fait de la distribution de l'alimentation à l'aide d'un tracteur.

Le Tableau 7 détaille les consommations de fioul sur les exploitations sans équipement de séchage en grange. Les consommations de fioul dépendent du temps de présence des animaux

dans le bâtiment. A cet égard, le temps de présence hivernal est un indicateur intéressant mais insuffisant pour expliquer les consommations de fioul. Selon les régions, il arrive en effet que les éleveurs poursuivent la distribution d'aliments en complément du pâturage lorsque les animaux sont à l'extérieur. Le nombre de mois de distribution étant un facteur déterminant, celui-ci a été retenu dans le tableau 7 pour exprimer les résultats des consommations.

Pour un même poste, on relève des écarts importants selon les conditions d'élevage. Ces écarts mettant en évidence les différences liées au système d'élevage et aux pratiques, montrent que des économies sont possibles en modifiant le fonctionnement de l'exploitation.

Même si le cumul des postes peut donner une indication sur les consommations de la ferme moyenne de l'échantillon, celui-ci ne correspond à aucune situation d'exploitation réelle. Chaque exploitation correspond en effet à une combinaison de ces

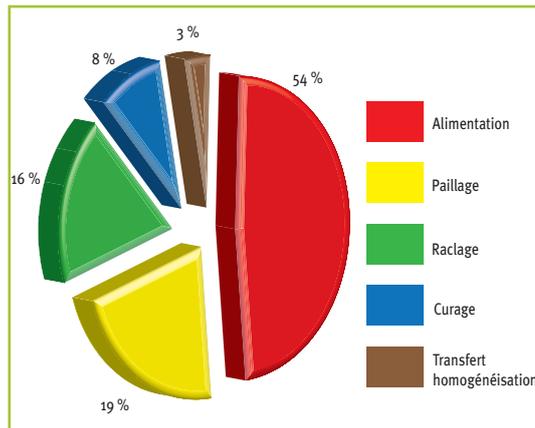


Photo 6 : En moyenne, une exploitation consomme 45 l/VL/an de fioul pour les pratiques d'élevage

Tableau 7 : Consommation de fioul par poste (exploitations sans séchage en grange)

	L de fioul/mois de distribution de fourrages/VL				
	Alimentation	Paillage	Raclage	Curage	Transfert homogénéisation
Minimum	0,22	0,05	0,06	0,02	0,01
Moyenne	2,9	1,0	0,9	0,4	0,2
Maximum	6,4	3,4	3,04	3,0	0,53

pratiques et non à la juxtaposition de l'ensemble. Néanmoins en moyenne, le poste alimentation est responsable de 54 % de la consommation énergétique totale liée aux pratiques (Graphique 3). Les postes paillage, raclage et curage représentent respectivement 19, 16 et 8 %.



Graphique 3 : Ventilation des consommations moyennes liées aux pratiques d'élevage

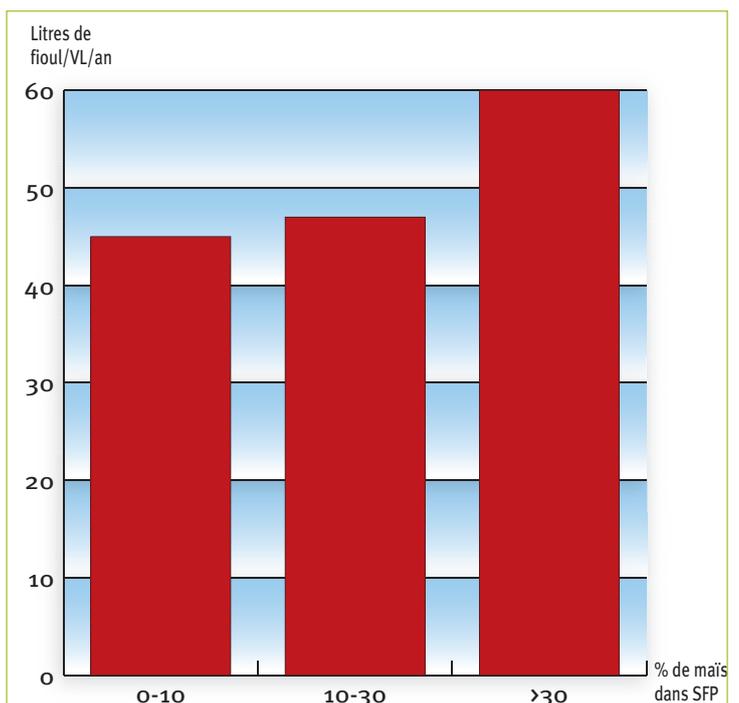
## Les facteurs de variation des consommations de fioul

### Le système fourrager : l'herbe plus économe

Le système fourrager, caractérisé ici par le pourcentage de maïs sur la SFP (surface fourragère principale), influe sur la distribution des aliments, mais également sur l'ensemble des pratiques, dès lors que les animaux sont présents dans le bâtiment. Le Graphique 4 montre les différences observées sur les consommations annuelles de fioul pour l'ensemble des pratiques d'élevage, en fonction de la part de maïs sur la surface fourragère principale. Les systèmes herbagers sont plus économes en fioul : ils comprennent les exploitations pour lesquelles les animaux séjournent peu de temps en bâtiment, ainsi que les exploitations avec séchage en grange et ne consommant pas de fioul pour la distribution des fourrages. Dans ces systèmes herbagers, on consomme en moyenne 15 litres de fioul/VL/an de moins que dans les systèmes avec plus de 30 % de maïs dans la surface fourragère principale.



Photo 7 : Le paillage, 19% de la consommation de fioul



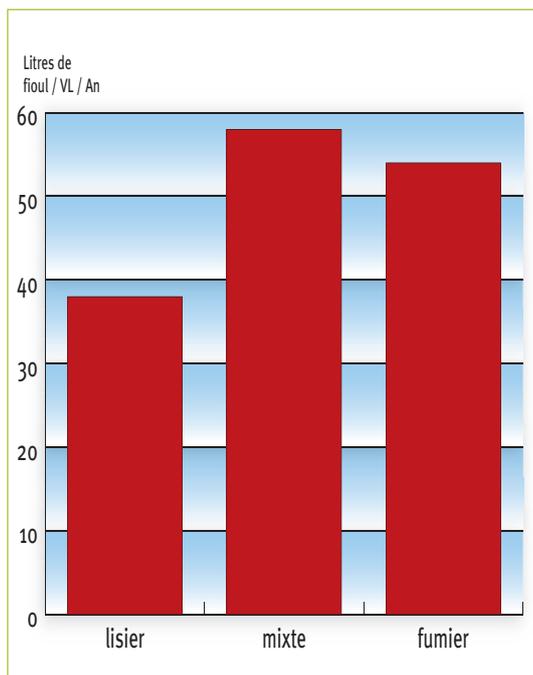
Graphique 4 : Consommation de fioul/VL/an en fonction du système fourrager

### Le type de déjections : le lisier, faible consommateur d'énergie

Des pratiques d'élevage consommatrices de fioul comme le raclage, le paillage et le curage sont liées au type de déjections produit dans le bâtiment. Sur l'échantillon enquêté, les systèmes lisier apparaissent nettement plus économes en fioul que

les systèmes mixtes ou fumier (Graphique 5). La consommation moyenne de ces systèmes lisier est de 37 l/VL/an, contre 54 l/VL/an pour les systèmes fumier.

Cette consommation annuelle correspond à 5,2 l de fioul/mois de distribution/VL en système lisier contre 6,7 l pour les systèmes fumier.



Graphique 5 : Consommation de fioul/VL/an en fonction du type de déjection

### Le fonctionnement du tracteur d'élevage

Les consommations de fioul sont liées au fonctionnement du tracteur, c'est-à-dire au temps de fonctionnement et à la puissance mise en oeuvre. D'importantes différences ont été observées entre les exploitations de l'échantillon. Il ressort en effet que le choix d'équipement et la puissance de traction ne sont pas toujours optimisés. Certains exploitants utilisent des équipements de distribution parfois inadaptés à la taille du troupeau, par exemple pour l'alimentation. Plusieurs options sont envisageables (godet désileur de 1 à 3 m<sup>3</sup>, désileuse de 3 à 6 m<sup>3</sup>, mélangeuse) et doivent être raisonnées en lien avec les volumes de fourrages à distribuer. La puissance de traction



Photo 8 : Dans les systèmes fumier, on consomme 30% de fioul en plus

doit également être en adéquation avec l'équipement. Dans certains cas, l'utilisation de tracteur de forte puissance n'est pas justifiée et se traduit par des consommations importantes de fioul.

Enfin, l'organisation des circuits, la circulation des engins, et l'enchaînement des tâches influent fortement sur le temps d'utilisation des tracteurs. Dans certains élevages, les «temps morts» qui représentent 20 à 40 % du temps total de fonctionnement, sont liés à une mauvaise organisation du site ou une mauvaise organisation du travail.



Photo 9 : Les éleveurs s'équipent souvent d'une puissance de traction supérieure à leurs besoins réels

## Les consommations totales : approche technique et économique

### Au total près de 900 kWh/VL/an

Pour analyser les consommations totales, les quantités de fioul consommées ont été converties en kWh sur la base du PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) : 1 litre de fioul équivaut à 9,85 kWh.

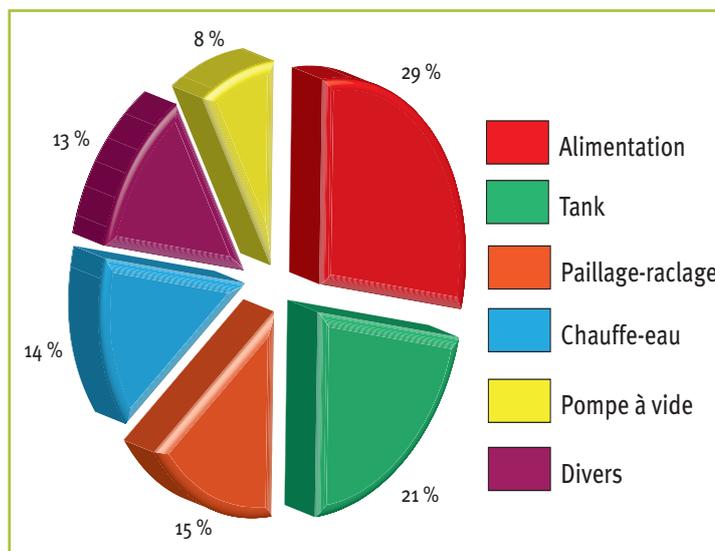
En moyenne sur l'échantillon, la consommation totale d'énergie est de 884 kWh/VL/an, soit 128 Wh/l de lait. Les deux grands postes de consommation, bloc traite – bâtiment et pratiques d'élevage, c'est-à-dire électricité et fioul, représentent chacun 442 kWh/VL/an, soit 64 Wh/l de lait (Tableau 8).

Tableau 8 : Consommation d'énergie totale en bâtiment

	L de fioul/ VL/an	kWh/ VL/an	Wh/l de lait
Consommation électrique		442	64
Consommation de fioul	45	442	64
<b>TOTAL</b>		<b>884</b>	<b>128</b>

Les trois postes principaux, expliquant 66 % des consommations (Graphique 6), se répartissent entre l'alimentation (29 %), le tank (21 %) et le paillage-raclage (15 %). La pompe à vide et le chauffe-eau représentent respectivement 8 et 14 % des consommations et le poste divers (nettoyage, pompe à lait, éclairage, curage et transfert) 13 %.

Comparativement aux consommations globales d'une exploitation d'élevage (énergies directes et indirectes), les consommations de fioul et d'électricité en bâtiment représentent en moyenne 0,9 mégajoules d'énergie primaire/l de lait, soit 20 à 30 % du total (cf. encadré).



Graphique 6 : Répartition des consommations d'énergies globales

### Energie finale et énergie primaire

#### L'énergie finale (ef)

La consommation de fioul et d'électricité correspond à l'énergie directe nécessaire au fonctionnement de l'exploitation : c'est celle qui est facturée à l'éleveur. Cette consommation ici exprimée en litre de fioul et en kWh électrique représente l'énergie finale ; c'est-à-dire l'énergie dégradée dans un équipement comme une ampoule ou un moteur. Ces unités sont employées pour le choix des leviers d'action à mettre en place sur une exploitation ainsi que pour le calcul de rentabilité. On peut additionner des consommations de fioul et d'électricité en convertissant les litres fioul en kWh sur la base du PCI du fioul (1 litre de fioul = 9,85 kWh).

#### L'énergie primaire (ep)

Lorsque l'on souhaite apprécier le taux de dépendance énergétique d'une activité, ou alors cumuler les énergies directes (électricité, fioul) aux énergies indirectes (engrais, aliment), il convient de parler en «énergie primaire». Il s'agit d'ajouter à l'énergie finale consommée, l'énergie nécessaire à la production et au transport de cette source énergétique, ainsi que les pertes. L'«énergie primaire» ici exprimée en MJ (Mégajoule) est obtenue grâce aux équivalences suivantes :

$$1 \text{ kWh} = 9,3 \text{ MJ ep}$$

$$1 \text{ litre de fioul} = 41,7 \text{ MJ ep}$$

## De nombreux facteurs de variation

### Robot de traite, système fourrager et type de déjections

Les facteurs de variation des consommations globales sont multiples. Le type d'installation de traite (robot / salle de traite classique) influe fortement sur le niveau de consommation électrique. Les exploitations avec robot atteignent ainsi les 170 Wh consommés par litre de lait livré contre 125 Wh/l de lait dans les élevages avec salle de traite classique. Le système fourrager (% de maïs/SFP) et le type de déjections (lisier / mixte et fumier) font quant à eux varier les consommations de fioul.

### Moins d'énergie consommée avec l'électricité

Le type d'énergie utilisée pour la mise en œuvre d'une pratique pèse lourdement sur la consommation énergétique totale, et globalement l'usage de l'électricité s'avère plus économe.

Les pratiques pouvant indifféremment être mises en œuvre avec de l'électricité ou du fioul sont les suivantes :

- la distribution des fourrages à l'aide d'une griffe à foin ou d'un tracteur ;
- le raclage des déjections à l'aide d'un racleur mécanisé ou d'un tracteur ;
- l'homogénéisation et le transfert des déjections liquides à l'aide d'appareils électriques ou à entraînement tracteur.

La consommation observée pour la mise en œuvre de ces pratiques selon le type d'énergie employée figure dans le Tableau 9.

A l'exception du pompage et de l'homogénéisation des déjections, les pratiques avec entraînement électrique total ou partiel sont plus économes sur le plan énergétique.

Pour l'alimentation, l'utilisation d'une griffe à foin pour la distribution en vrac est plus économe. Néanmoins, à ce système de distribution est associée une infrastructure de séchage en grange fortement consommatrice d'énergie

Tableau 9 : Consommations moyennes observées selon le type d'énergie employée

Type d'énergie employée	Alimentation		Raclage		Pompage, homogénéisation	
	kWh/VL	Wh/l de lait	kWh/VL	Wh/l de lait	kWh/VL	Wh/l de lait
Fioul*	304	43	91	13	22	3,5
Electrique	18	3,4	28	3,8	23	3,2

\* Les litres de fioul ont été convertis en kWh (1 l de fioul = 9,85 kWh).

sous forme d'électricité pour l'entraînement des ventilateurs ou sous forme de chaleur pour le chauffage de l'air ventilé. Ainsi, le cumul des consommations pour le séchage et la distribution se traduit généralement par une consommation très supérieure aux systèmes conventionnels basés sur les ensilages.

Le raclage automatisé est beaucoup moins énergivore que le raclage tracteur, car il met en jeu des puissances inférieures.

Pour le transfert et l'homogénéisation, on n'observe aucune différence selon le type d'énergie utilisée : l'influence du bâtiment, du type de déjection et l'effet éleveur sont autant d'éléments faisant varier les niveaux de consommation de ce poste.

### Le coût annuel : 57 €/VL en 2008

Le coût énergétique moyen associé au fonctionnement d'un bâtiment laitier est de 57 €/VL/an, soit 8,4 €/1000 l de lait. La part du coût énergétique relatif à l'électricité est de 62 %, celle du fioul de 38 %.

Ce coût est établi sur la base d'un tarif de l'électricité de 0,08 €/kWh en heure pleine et de 0,05 €/kWh en heure creuse (tarif moyen 2007 sur notre échantillon d'enquête). Le prix moyen du fioul en 2007 est de 0,4877 €/litre (source : ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie).

Ce coût énergétique moyen est un élément à intégrer pour l'analyse économique des leviers d'actions. Il convient néanmoins de rester très prudent sur ces valeurs compte tenu des évolutions rapides et importantes du prix de l'énergie.

## Le pré-refroidisseur de lait : 40 à 50 % d'économie sur la consommation du tank

Le pré-refroidisseur de lait consiste à abaisser la température du lait avant son arrivée dans le tank en transférant ses calories vers de l'eau, au moyen d'un échangeur de chaleur positionné entre la pompe à lait et le tank. Il permet ainsi de réduire les consommations du tank de 40 à 50 %.

### Le principe

Le lait (environ à 35°C) rejoint le tank dans un tuyau en inox qui est en contact avec de l'eau froide. Selon la température et le débit de l'eau, le lait peut être refroidi entre 18 et 23°. Il faut ainsi compter 1,5 à 2,5 l d'eau par litre de lait. L'eau tiédie (environ 15 à 18°C) peut être utilisée pour l'abreuvement des animaux ou pour le lavage des quais.

Il existe deux types de pré-refroidisseurs :

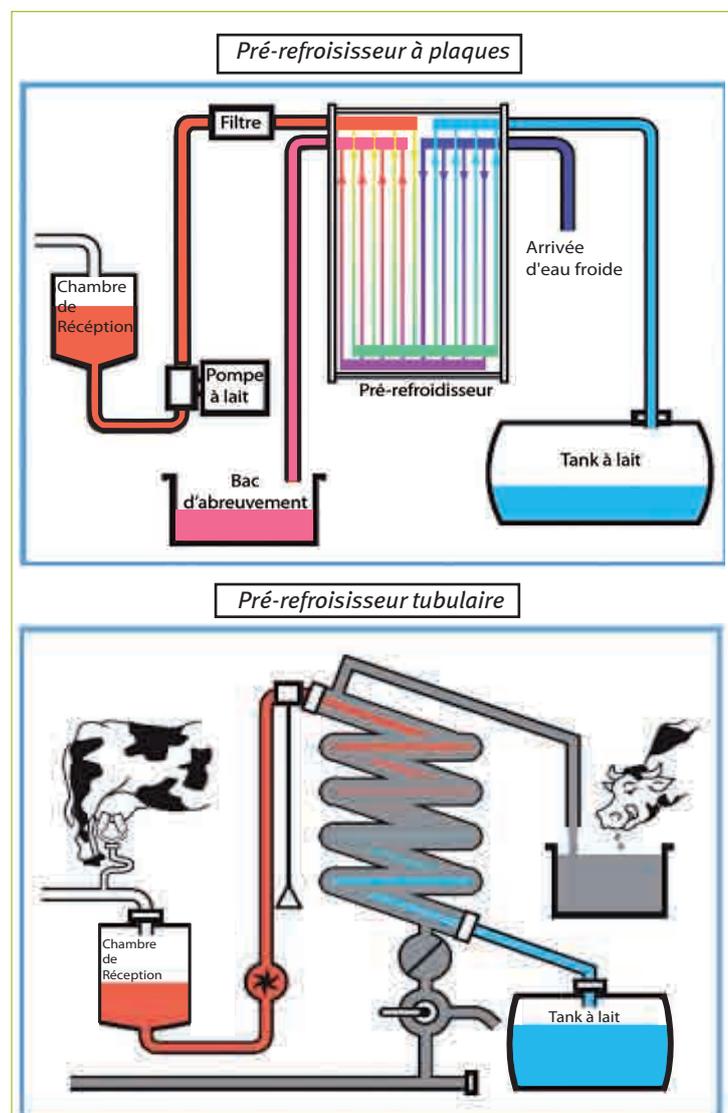
- **les pré-refroidisseurs à plaques**, constitués d'un empilement de plaques dont le nombre peut être modulé en fonction de la taille de l'installation.
- **les pré-refroidisseurs tubulaires**, sont des échangeurs à dimensionnement fixe, plus encombrants que les précédents.

### Les recommandations

Au-delà d'une certaine taille de salle de traite (10 à 12 postes), il devient nécessaire d'installer deux pré-refroidisseurs tubulaires en parallèle. Le système tubulaire devient alors plus onéreux que le système à plaques.

Les échangeurs à plaques ont tendance à freiner l'écoulement du lait et sont plus fragiles et plus difficiles à nettoyer que les systèmes tubulaires. Plusieurs précautions s'imposent :

- un filtre à lait est indispensable pour éviter le colmatage entre les plaques.
- l'échangeur doit être régulièrement démonté et nettoyé (tous les 6 à 12 mois).



Source : Frigélaït / Frze

Figure 1 : Principe de fonctionnement des pré-refroidisseurs



Photo 10 : Le pré-refroidisseur à plaques nécessite un entretien régulier

Le réglage du pré-refroidisseur (phases de fonctionnement, débit d'eau) fixe la quantité de chaleur transférée à l'eau et donc la température du lait qui sera stocké dans le tank. Ces réglages effectués par l'installateur correspondent à un optimum entre le volume d'eau utilisé et la baisse de température du lait. Toute intervention sur le pré-refroidisseur perturbe son fonctionnement et ne permet plus d'assurer l'économie énergétique escomptée sur le tank.

La température initiale de l'eau conditionne la quantité de chaleur qui peut être «extraite» du lait. Pour optimiser le fonctionnement du système, il est préférable d'avoir une eau à température constante toute l'année sachant que la température de l'eau du réseau peut



Photo 11 : Le pré-refroidisseur tubulaire représente un encombrement important

varier de 3 à 5°C selon la période de l'année et modifier ainsi le rendement du dispositif.

Le volume d'eau tiède généré par cette technique représente 50 à 60 l/VL/jour. Il peut satisfaire en partie les besoins en eau pour l'abreuvement des vaches laitières. L'eau sous pression à la sortie du pré-refroidisseur peut alors être stockée de deux façons différentes :

- soit dans une cuve en hauteur avec alimentation des abreuvoirs à niveau constant.
- soit dans le bassin d'abreuvement. Pour éviter l'encrassement du bassin, un flotteur dans le fond de la cuve permettra d'assurer une petite hauteur d'eau constante dans le fond en attendant le réapprovisionnement du bassin après la traite suivante.

Néanmoins, en période de pâturage, il est nécessaire de trouver une utilisation alternative pour cette eau : lavage des quais par exemple, utilisation pour le pré-lavage de la machine à traire, etc.

## Approche économique

Le coût d'un pré-refroidisseur est variable selon le type et la taille du troupeau. Pour une exploitation produisant 350 000 l de lait, le temps de retour sur investissement pour ce type d'équipement est de l'ordre de 9 ans (tableau 10).

Tableau 10 : Rentabilité économique d'un pré-refroidisseur

<b>Consommation du tank pour le refroidissement de 350 000 l de lait (27 Wh/l de lait)</b>	9 450 kWh
<b>Economie : 50 % de la consommation du tank</b>	4 725 kWh
<b>Prix moyen de l'électricité</b>	0,08 €/kWh (HP)**
<b>Gain sur électricité</b>	378 €
<b>Coût de l'équipement installé*</b>	3 500 € HT
<b>Retour sur investissement</b>	9 ans

\* Les prix peuvent varier selon la taille et la configuration de l'installation.

\*\* HP : Heure Pleine

## Le récupérateur de chaleur sur le tank à lait : 70 à 80% d'économie sur le chauffage de l'eau

Le récupérateur de chaleur sur le tank à lait permet de préchauffer l'eau nécessaire au nettoyage de l'installation de traite. L'économie permise sur le chauffage de l'eau peut atteindre 80 %.

### Le principe

Pour refroidir un litre de lait de 35°C à 4°C, le tank consomme en moyenne 27 Wh. Les calories extraites du lait sont dispersées dans l'air ambiant sous forme de chaleur. Le récupérateur de chaleur permet de recueillir ces calories pour préchauffer l'eau, grâce à un échangeur de chaleur placé sur le circuit du fluide frigorigène du tank, entre le compresseur et le condenseur ventilé (Figure 2).

Il existe deux types de matériel sur le marché :

- **les récupérateurs à échangeurs tubulaires internes** : le fluide frigorigène du tank circule dans un serpentin situé dans un ballon de stockage de l'eau à réchauffer. Le serpentin

étant directement dans l'eau, il doit être de bonne qualité pour éviter qu'il ne se perce. Si tel est le cas, l'eau passe dans le système de refroidissement du tank entraînant une panne très grave.

- **les récupérateurs à échangeurs à plaques** : le fluide frigorigène et l'eau à réchauffer circulent à contre-courant dans un



Photo 12 : Ballon de stockage de l'eau pré-chauffée couplé au chauffe-eau

échangeur à plaques en inox ; l'eau préchauffée est stockée dans un ballon relié au chauffe-eau. L'échangeur à plaques est plus sensible à l'encrassement et au colmatage.

### Les recommandations

L'échangeur de chaleur doit être raccordé en série entre le condenseur et le compresseur du groupe froid (prévoir un échangeur par groupe froid). L'installation doit être effectuée par un frigoriste, avec l'accord de la laiterie si celle-ci est propriétaire du tank.

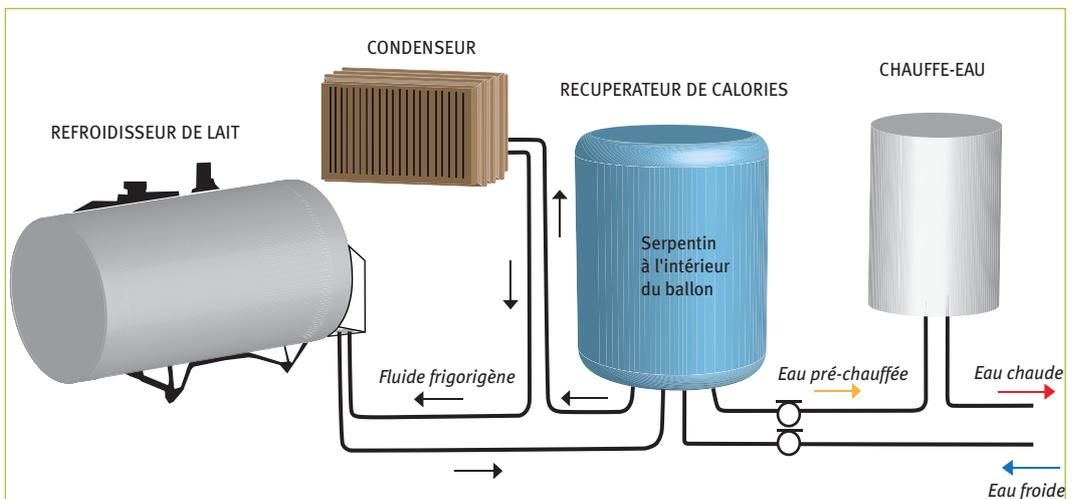


Figure 2 : Fonctionnement d'un récupérateur de chaleur tubulaire



Photo 13 : La chaleur dégagée par le groupe froid peut servir au chauffage de l'eau

Les pressions de fonctionnement du tank ne doivent pas être modifiées.

La chaleur récupérée permet un préchauffage de l'eau à environ 55°C. Cette eau est stockée dans un ballon intermédiaire relié au chauffe-eau qui sert d'appoint. La taille du ballon de stockage doit être adaptée au volume d'eau utilisé par traite et être au moins équivalente à la taille du chauffe-eau. Le chauffe-eau portera la température de l'eau à 65°C pour assurer les opérations de nettoyage de l'installation de traite.

Les récupérateurs à plaques sont plus sensibles au colmatage ou à l'encrassement que les serpentins. Pour limiter les problèmes et le vieillissement de ce type de matériel, il est nécessaire d'utiliser une eau douce et exempte

d'impuretés. La mise en place d'un dispositif antitartre pour des duretés d'eau supérieure à 15°TH est fortement recommandée. Une visite d'entretien par un professionnel doit être réalisée au minimum tous les 2 ans.

Certains constructeurs de récupérateurs à plaques intègrent un calorstat à la sortie de l'échangeur pour réguler le débit de l'eau en fonction de sa température. L'étude réalisée en Bretagne et Pays de la Loire en 2006 a révélé des faiblesses sur cette pièce pouvant entraîner des baisses significatives de performance du récupérateur (- 5 à - 15 % de perte d'économie) difficilement détectables par l'éleveur.

Il est techniquement envisageable de coupler l'installation d'un pré-refroidisseur et d'un récupérateur de chaleur, mais la rentabilité économique du récupérateur de chaleur sera alors plus faible compte tenu de la réduction du temps de fonctionnement du tank.

## Approche économique

En 2008, le coût d'un tel équipement représente en moyenne 2 500 €. Pour un volume de ballon de 200 ou 300 l avec serpentins, le coût de l'équipement est sensiblement identique à une installation avec récupérateur à plaques. Au-delà, il devient significativement supérieur.

Pour une exploitation consommant 300 litres d'eau chaude par jour, le temps de retour sur investissement est compris entre 5 et 8 ans (Tableau 11).

Au-delà de l'investissement initial, il faut également intégrer le coût de l'entretien et de la maintenance.

L'intérêt de l'option «récupérateur de chaleur» est probablement à moduler en fonction de la taille de l'élevage. Quand celle-ci augmente, la part relative du chauffe-eau dans la consommation totale d'électricité du bloc traite diminue au profit au tank. L'option «pré-refroidisseur» qui permet de réduire la consommation du tank doit donc être également étudiée.

Tableau 11 : Rentabilité économique d'un récupérateur de chaleur

Energie nécessaire pour chauffer 300 l d'eau/jour de 10° C à 65°C pendant 365 jours	7 000 kWh	
Economie : 80 % la consommation d'énergie du chauffe-eau	5 600 kWh	
Prix moyen de l'électricité	0,05 €/kWh (HC)**	0,08 €/kWh (HP)**
Gain sur électricité	370 €	590 €
Coût de l'équipement installé*	3000 €	
Retour sur investissement	8 ans	5 ans

\* Les prix peuvent être variables selon la taille et la configuration de l'installation. \*\* HC : heure creuse – HP : heure pleine

## Une laiterie bien conçue réduit la consommation du tank

La température de la laiterie, la qualité de la ventilation, les dimensions de la laiterie et le positionnement du tank à lait sont autant de points importants pour maîtriser les consommations d'énergie du tank. En abaissant la température moyenne de la laiterie de 5°C, on peut gagner 5 Wh/l, soit 18 % d'économie.

### Le principe

Les consommations d'électricité du tank à lait sont directement liées à la température ambiante dans le local de stockage du lait.

En conséquence, il est important de bien isoler le local de stockage du lait et de ventiler correctement le condenseur du tank à lait, tout en assurant une bonne hygiène et la sécurité du stockage.

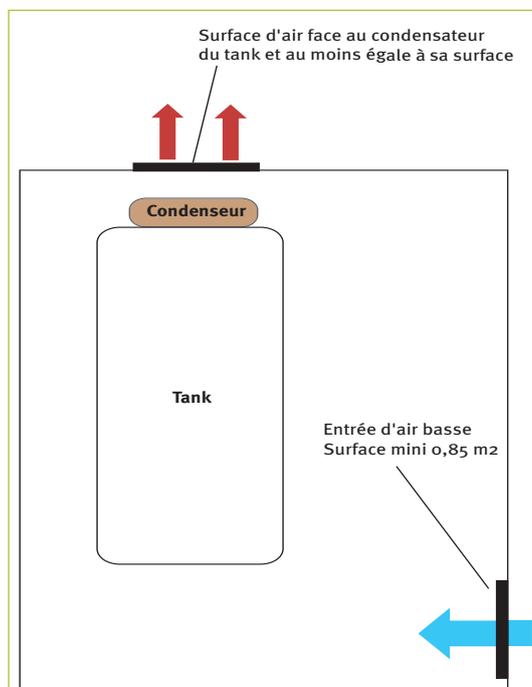


Figure 3 : Le groupe froid du tank doit être positionné face à une sortie d'air (vue en plan)



Photo 14 : Sur cette installation, la partie arrière du tank est située à l'extérieur de la laiterie

### Les recommandations

Pour garantir un bon fonctionnement du tank, il faut intégrer son positionnement dès la conception du bâtiment. La consultation du service froid de la laiterie ou du fournisseur du tank est indispensable avant de finaliser le projet.

Lorsque le groupe frigorifique du tank est à l'intérieur de la laiterie (tank compact), pour assurer sa bonne ventilation et maîtriser sa consommation d'électricité, il faut prévoir une entrée d'air basse et libre d'au moins 0,85 m<sup>2</sup> et une sortie d'air, au moins égale à la surface du condenseur du groupe frigorifique, située en face de celui-ci (figure 3).

D'autres aménagements sont envisageables pour maîtriser la consommation d'électricité du tank :

- Installer le groupe frigorifique en extérieur (tank avec groupe frigorifique séparé) sans dépasser une distance de 10 m (un coude compte comme 1 m de distance) et à condition de le protéger sous abri.
- Installer une partie du tank en extérieur (tank compact). La partie arrière du tank avec le groupe frigorifique peut être en extérieur sur une dalle béton et sous abri clos bien ventilé (bardage bois ajouré, grillage, etc.). La partie avant «accès au tank» reste à l'intérieur de la laiterie. La paroi de séparation peut être réalisée par des panneaux «sandwich» à base de tôle acier et d'isolant ou bien par une cloison bois doublée de lambris PVC côté laiterie. La découpe épousera la forme du tank à lait.

L'entretien du tank est primordial. Il convient de dépoussiérer régulièrement les ailettes du radiateur de refroidissement et d'éviter la présence de poussière dans le local de stockage du lait. On évitera aussi de fermer les ouvertures de ventilation. En période froide, on pourra installer une séparation de type portes battantes ou lanières plastiques afin de conserver la chaleur dans la salle de traite.

### Approche économique

Les aménagements à mettre en œuvre dans une laiterie pour réduire les consommations du tank sont variés et nécessitent des investissements très différents, parfois nuls ou pouvant atteindre 1 000 à 1 500 €. Sur la base d'une économie potentielle de 20 %, le retour sur investissement sera compris entre 0 et 10 ans.

## Adapter le temps de traite ? Peu de différences

Le fonctionnement de la pompe à vide de la machine à traire représente 15 % de la consommation d'électricité de l'élevage laitier. Dorénavant, les choix de dimension des blocs traite sont motivés non seulement par les



Photo 15 : La pompe à vide représente 15% des consommations d'électricité

niveaux d'investissement mais aussi par les contraintes de main d'œuvre. Le choix de traire vite ou de traire plus longtemps peut avoir une incidence sur les consommations d'électricité.

### Le principe

Les temps de traite varient selon les choix d'organisation du travail de 45 minutes à 2 heures, deux fois par jour dans la plupart des cas. Ce temps de traite dépend essentiellement du nombre de postes de traite disponibles par vache. La référence souvent retenue pour traire en 1 heure est de 5 vaches par poste. Cependant, aujourd'hui on observe plusieurs approches pour l'organisation de la traite :

- La traite «Classique» où le temps de traite est de 1 h à 1 h 15, soit une mobilisation totale de la main-d'œuvre de 1 h 30 environ quel que soit l'effectif du troupeau. Ce cas le plus courant correspond actuellement aux exploitations où la main d'œuvre reste limitée ou peu disponible.
- La traite «Plus rapide» où l'on recherche la mobilisation de la main d'œuvre la plus courte possible, soit par exemple 1 h maximum tout compris quel que soit l'effectif du troupeau ; ce qui correspond à une durée de fonctionnement de la pompe à vide pour la traite de 45 minutes. Ceci se traduit souvent par un suréquipement par rapport à la traite classique et une réserve de vide supérieure.
- La traite «Plus longue», afin de valoriser l'investissement au maximum. La main d'œuvre accepte de passer du temps à la traite, par exemple 2 h ou plus. Ceci se traduit par un sous équipement par rapport à la traite classique et une réserve de vide plus petite.

Selon les choix d'équipements de traite ou les situations existantes dans les élevages, le volume de réserve de vide, et donc la puissance de la pompe à vide, peuvent varier pour un même effectif (Tableau 12).

Tableau 12 : Réserve de vide et puissance de la pompe à vide d'une installation de traite

Nombre de postes de traite	Volume de réserve de vide (litre)	Puissance de la pompe à vide (kW)
6 à 10	900	2,2
10 à 14	1 200	3
12 à 16	1 600	4
16 à 24	2 200 à 3 000	5,5 à 7,5

Source : CROCIT Bretagne



Photo 16 : La puissance de la pompe à vide doit être adaptée au nombre de postes

Ainsi, choisir de traire plus longtemps avec une salle de traite plus petite, et donc une pompe à vide moins puissante, ne permet pas de gagner significativement en consommation d'énergie.

De même, choisir de traire plus rapidement avec une salle de traite suréquipée, dans les troupeaux moyens, ne permet pas non plus d'économiser systématiquement sur la consommation d'énergie. La durée de fonctionnement réduite ne compense pas la puissance supérieure de la pompe. Ce phénomène s'explique par l'effet de seuil entre le nombre de postes et la puissance de la pompe à vide (Tableau 13).

Des économies d'énergie sont possibles en utilisant une pompe correctement dimensionnée. Par exemple, pour traire 55 vaches, l'option «8 postes en 1 h 30 / 2 h» permet 15 % d'économie par rapport à l'option «12 postes en 1 h / 1 h 15» car on franchit un seuil nécessitant le passage à une pompe de 2,2 à 4 kW.

### Les recommandations

Dans tous les cas, il faut veiller lors de l'achat à ne pas choisir une réserve de vide trop importante. Cette tendance est parfois observée dans les salles de traite rotatives. Si c'est le cas, il est possible avec une pompe trop puissante de réduire la réserve de vide et la consommation d'énergie en réduisant la vitesse de rotation de la pompe. On peut aussi dans certains cas changer la pompe à vide à condition de disposer d'une réserve de vide suffisante pour le lavage.

Tableau 13 : Consommation d'électricité calculée en fonction de la puissance de la pompe à vide pour différents temps de traite.

Nbre de vaches	Traite classique en 1h/1h15			Traite rapide en 45 min				Traite longue en 1h30/2h			
	Nbre de postes	Puiss. pompe à vide (kW)	Cons. elect. (kWh/VL/an)	Nbre de postes	Puiss. pompe à vide (kW)	Cons. elect. (kWh/VL/an)	Ecart./ traite classique (en %)	Nbre de postes	Puiss. pompe à vide (kW)	Cons. elect. (kWh/VL/an)	Ecart./ traite classique (en %)
45	10	3	61	12	4	65	107	6	2,2	62	103
55	12	4	66	16	5,5	73	110	8	2,2	51	84
85	20	5,5	59	24	7,5	64	109	10	3	58	95
110	24	7,5	75	28	7,5	50	67	12	4	60	98
140	32	7,5	59	36	7,5	39	67	20	5,5	65	106

## Le fonctionnement du tracteur d'élevage

Le tracteur d'élevage représente 50 % des consommations énergétiques du bâtiment. Outre l'optimisation des circuits de travail et des équipements ainsi que la maîtrise du temps de présence des animaux, le bon fonctionnement du tracteur a une incidence sur les consommations d'énergie.



Photo 17 : Le réglage du moteur après passage au banc d'essai permet de réduire la consommation du tracteur

Tableau 14 : Temps de travail et de fonctionnement du tracteur pour l'alimentation, le raclage et le paillage en fonction du système d'alimentation

Système d'alimentation	Libre service	Distribution
Temps de travail de l'éleveur	1 730 h	1 810 h
Dont temps de tracteur	265 h	343 h

### Le principe

Les temps de distribution de fourrage sont très variables et sont liés au système de production, au système d'alimentation et à l'organisation des circuits. La quantité de fourrages à distribuer ainsi que les temps de distribution augmentent de près de 70 % entre les systèmes avec 70 ares d'herbe pâturée et les systèmes avec 25 ares d'herbe pâturée par vache.

Le mode de distribution a aussi de l'importance. Le temps de fonctionnement du tracteur augmente de 30 % entre le libre-service et la distribution à l'auge (Tableau 14).

Le temps en stabulation et le type de déjections produites ont également une incidence forte sur l'utilisation des tracteurs dans le bâtiment d'élevage.

### Les recommandations

L'organisation des circuits et la dimension des équipements (désileuse) conditionnent le nombre de déplacements sur le site d'exploitation. Dans tous les cas, il faut privilégier un circuit court silo à fourrage – silo à concentrés – table d'alimentation.

L'organisation du travail doit permettre d'éviter de laisser le tracteur «tourner» inutilement. Limiter les obstacles comme les barrières ou les portes à manœuvrer évite les temps morts. La conception de bâtiment semi-ouvert permet un accès fluide à la table d'alimentation. L'enchaînement des tâches à réaliser sur l'exploitation peut également être optimisé par un diagnostic travail réalisé par les organismes de conseil.

Le mode de conduite est aussi un facteur déterminant sur les consommations de fioul. Une conduite économique peut permettre une réduction des consommations comprises entre 10 et 15 %<sup>1</sup>. Des stages de conduite sont pour cela proposés par différentes structures.

Le réglage du moteur du tracteur permet de s'assurer de son bon fonctionnement et de vérifier que ses performances sont proches de celles annoncées par le constructeur. Pour tester ces performances, on passe le tracteur au banc d'essai. Différents opérateurs (dont des associations pour la maîtrise de l'énergie) peuvent proposer cette prestation. A l'issue du test, des réglages du moteur peuvent améliorer les performances de consommation de fioul. Avec une conduite économique et un bon réglage du moteur, on peut gagner jusqu'à 1,5 l de fioul par heure, soit 900 l pour 600 heures par an.

<sup>1</sup> Source : Association Initiative Locale pour l'Energie et l'Environnement (AILE)

## Privilégier le raclage automatisé des déjections

L'opération de raclage consiste à acheminer les déjections du lieu de production dans le bâtiment vers l'ouvrage destiné au stockage (fumière ou fosse). Lorsqu'il est effectué à l'aide d'un tracteur, le fioul utilisé représente 16 % de la consommation totale en fioul du bâtiment. Les racleurs automatisés à chaînes ou hydrauliques remplacent dans certaines exploitations les racleurs sur tracteur pour les stabulations libres. Ceux-ci fonctionnent à l'électricité et permettent selon les cas une économie d'énergie de l'ordre de 80 % sur le poste raclage.

### Le principe

Pour le raclage des déjections, les consommations d'électricité (racleur automatisé) ou de fioul (racleur sur tracteur) sont fonction de la puissance mise en jeu et du temps de raclage. Pour les racleurs automatisés, la puissance mise en œuvre est inférieure à 7,5 kW alors qu'elle peut atteindre 70 – 80 CV, soit 51 – 59 kW, si l'on utilise un tracteur. Le temps consacré au raclage dépend du temps nécessaire à la réalisation d'une opération et à la périodicité qui doit être suffisante pour garantir la propreté des animaux.



Photo 18 : Le raclage automatisé est le plus économe en énergie



Photo 19 : Le raclage tracteur représente 16 % du fioul consommé en bâtiment

### Les recommandations

Lors d'un raclage tracteur, la puissance de traction nécessaire est inférieure à 60 CV. Il convient d'éviter l'utilisation de tracteurs surpuissants pour le raclage des déjections.

Pour le raclage automatisé, deux grands types d'équipement sont envisageables :

- les racleurs à chaînes sont des racleurs légers destinés à des bâtiments de longueur limitée et pour des déjections de type lisier;
- les racleurs hydrauliques, plus lourds que les précédents, conviennent pour tout type de produit et pour des bâtiments de grande longueur.

Les puissances des centrales d'entraînement en adéquation avec le type de racleurs (chaîne, hydraulique) sont fonction du type de déjection, de la longueur et de la largeur des couloirs. Le Tableau 15 présente les puissances à mettre en œuvre en fonction de la longueur des couloirs pour une largeur comprise entre 3,5 et 4,5 m.

Tableau 15 : Puissance des centrales d'entraînement des racleurs selon la longueur des couloirs

	Racleur chaîne	Racleur hydraulique			
		3	4	5,5	7,5
Puissance (kW)	1 à 2,2	3	4	5,5	7,5
Longueur maximale (m)	100	40	80	110	> 110

### Approche économique

L'analyse comparative des deux modes de raclage sur un élevage type met en évidence les économies d'énergie permises par l'utilisation d'équipement électrique de type racleur à chaîne ou hydraulique. Le Tableau 16 compare le raclage tracteur au raclage hydraulique.

L'économie permise par le raclage automatisé est dans ce cas de 2 810 kWh. Sur la base d'un kWh électrique à 0,08 € et d'un litre de fioul à 0,487 €, l'économie annuelle est de l'ordre de 125 €. Cette économie est à mettre en parallèle avec l'investissement d'un tel équipement compris entre 14 000 et 16 000 € qui, au-delà de l'économie d'énergie, représente également une réduction du temps de travail pour l'éleveur comprise entre 50 et 80 heures par an.

**Tableau 16 : Analyse comparative des consommations d'énergie pour le raclage des déjections**

	Temps de raclage (min/jour)	Puissance	Consommation		Coût annuel (€)
			L de fioul/an	kWh	
Raclage tracteur	20	65 CV	340	3 350*	168
Raclage automatisé	45	4 kW	---	540	43

(Pour un bâtiment de 80 vaches laitières occupé 180 jours/an dont la longueur du couloir est de 60 m avec deux raclages quotidiens)

\* 1 litre de fioul = 9,85 kWh

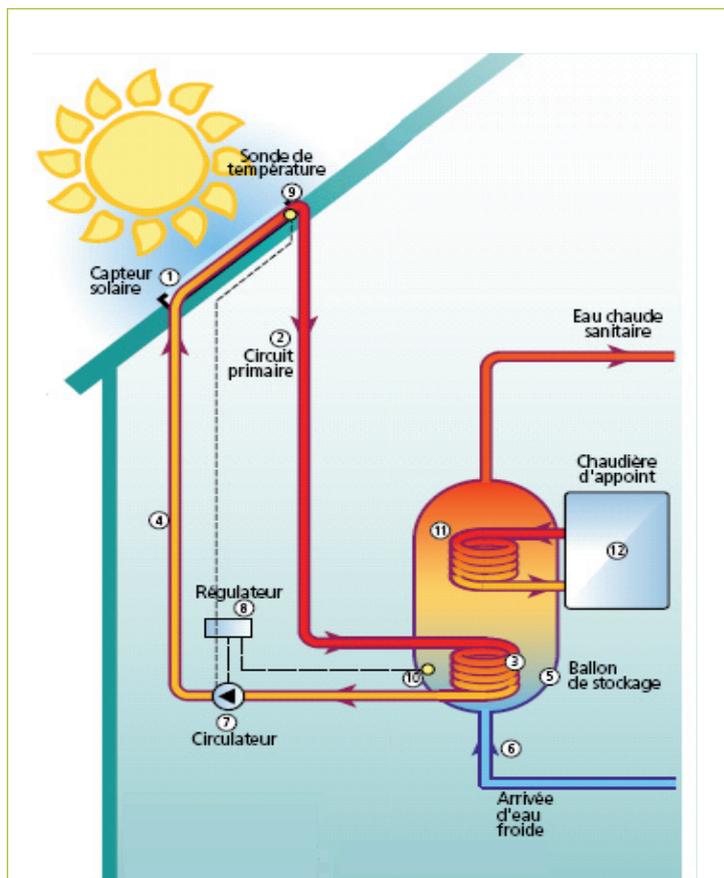
## Pour l'eau de nettoyage de l'installation de traite : le chauffe-eau solaire

Le flux solaire peut être converti en chaleur par l'intermédiaire de capteurs solaires thermiques. Cette technique applicable au chauffage de l'eau chaude sanitaire (ECS) des habitations peut être utilisée en exploitation laitière pour le chauffage de l'eau nécessaire au nettoyage de l'installation de traite.

### Le principe

Le chauffe-eau solaire est composé de deux éléments principaux (Figure 4) : le capteur solaire et la chaudière d'appoint.

L'eau glycolée chauffée par le capteur solaire transfère la chaleur à l'eau sanitaire stockée dans le ballon. L'apport solaire ne couvre pas la totalité des besoins. L'appoint est assuré par une résistance électrique intégrée au ballon



Source : Ademe

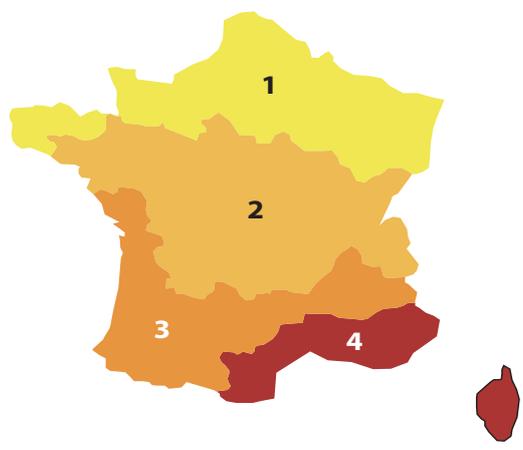
**Figure 4 : Chauffe-eau solaire avec chauffage d'appoint (modèle à circulation forcée)**

de stockage qui permet de porter l'eau à la température désirée. Les surfaces de capteurs à mettre en place et l'autonomie solaire diffèrent selon la zone géographique (Tableau 17 et carte).

Tableau 17 : Surface de panneaux solaire et autonomie selon la région

	Surface de panneaux solaires pour un volume de ballon de			Autonomie solaire
	100 à 250 litres	250 à 400 litres	400 à 550 litres	
Zone 1	2 à 3 m <sup>2</sup>	3 à 5,5 m <sup>2</sup>	4 à 7 m <sup>2</sup>	40 à 50 %
Zone 2	3 m <sup>2</sup>	2,5 à 4,5 m <sup>2</sup>	3,5 à 6,5 m <sup>2</sup>	45 à 55 %
Zone 3	2 à 2,5 m <sup>2</sup>	2 à 4 m <sup>2</sup>	3 à 5,5 m <sup>2</sup>	50 à 65 %
Zone 4	2,5 m <sup>2</sup>	2 à 3,5 m <sup>2</sup>	2,5 à 4,5 m <sup>2</sup>	55 à 80 %

Source : ADEME.



## Les recommandations

Les chauffe-eau solaires sont adaptés à une utilisation en élevage laitier. Les volumes d'eau chaude quotidiens (200 à 500 l) sont en adéquation avec les équipements rencontrés communément sur le marché. Les capteurs solaires sont installés en toiture, de préférence exposés plein sud et inclinés à 45°. Afin de pallier l'insuffisance d'ensoleillement, l'apport énergétique complémentaire est indispensable pour chauffer la totalité de l'eau consommée

notamment en période hivernale. Cet appoint intégré au ballon sera assuré par une résistance électrique asservie prioritairement aux heures creuses. Avant la mise en place d'un tel équipement, il convient d'effectuer une déclaration préalable de travaux.

## Approche économique

Le coût d'investissement moyen d'un tel équipement installé est compris entre 4 000 et 6 000 € hors ballon d'eau chaude. Pour une exploitation consommant 300 l d'eau/jour en zone 2, le retour sur investissement pour l'installation d'un chauffe-eau solaire thermique est compris entre 16 et 26 ans, hors aides publiques. (Tableau 18). Certaines régions accordent cependant une subvention pouvant atteindre 40 % du montant de l'investissement, réduisant le temps de retour à environ 10 ans. Au-delà de la rentabilité économique, rappelons que ce type d'équipement fournit une certaine autonomie énergétique à l'exploitation.

Tableau 18 : Rentabilité économique d'un chauffe-eau solaire

Energie nécessaire pour chauffer 300l de 15 à 65°C pendant 365 jours.	8400 kWh	
Apport solaire 50 %	4 200 kWh	
Prix moyen de l'électricité	0,05 €/kWh (HP/HC)**	0,08 €/kWh (HP)**
Gain sur électricité	210 €	340 €
Coût de l'équipement installé	5 500 €	
Retour sur investissement	26 ans	16 ans

\*\* HC : Heure Creuse – HP : Heure Pleine



Photo 20 : Panneau solaire thermique installé sur une laiterie

## Intérêt comparé des pistes d'économies

Pour guider le choix de l'éleveur, le tableau 19 propose un récapitulatif de toutes les pistes de réduction de la facture énergétique présentées dans cette partie.

Tableau 19 : Comparaison des pistes de réduction des dépenses en énergie

Technique	Facilité de mise en œuvre	Economie d'énergie	Coût moyen constaté	Retour sur investissement estimé	Principales recommandations techniques
Pré-refroidisseur	++	40 – 50 % sur le tank	3 500 – 4 000 €	9 à 10 ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etre vigilant sur le réglage du pré-refroidisseur</li> <li>- Assurer la valorisation de l'eau tiède</li> </ul>
Récupérateur de chaleur	+	70 – 80 % sur le chauffe-eau	2 500 – 3 500 €	5 à 8 ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation réalisée par un professionnel avec l'accord de la laiterie si celle-ci est propriétaire du tank</li> <li>- Ne pas modifier la pression de fonctionnement du tank</li> </ul>
Conception de la laiterie	+++	10 – 20 % sur le tank	0 – 1 500 €	0 à 10 ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité de mise en œuvre</li> <li>- Investissement plus lourd pour positionner le groupe froid ou le tank à l'extérieur</li> </ul>
Adaptation du temps de traite	++	10 à 20 % sur la pompe à vide	0 – 500 €	0 à 5 ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veiller au bon compromis entre puissance de pompe à vide et temps de traite</li> </ul>
Fonctionnement du tracteur d'élevage	++	10 à 20 % sur la consommation de fioul	0 – 500 €	0 à 2 ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mode de conduite économique</li> <li>- Organisation du travail</li> <li>- Réglage moteur</li> </ul>
Raclage automatisé des déjections	+	70 à 80 % sur la consommation de fioul pour le raclage	14 000 - 16 000 €	> 20 ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction importante des temps de travaux</li> </ul>
Chauffe-eau solaire	++	40 à 65 % sur le chauffe-eau	4 500 – 6 000€	16 à 26 ans*	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valorisation d'énergie renouvelable</li> <li>- Permet d'augmenter l'autonomie énergétique</li> </ul>

\* Sans Aide Publique

# Troisième partie/ Auto-diagnostic par l'éleveur des consommations d'énergie en bâtiment laitier

Dans cette partie, nous proposons un outil simple qui permet à l'éleveur d'estimer rapidement les consommations d'énergie de son bâtiment, puis de se situer par rapport à une échelle d'appréciation issue de données recueillies dans 60 exploitations. Trois niveaux de consommations sont évalués : les consommations de fioul, les consommations d'électricité et les consommations totales.

## Les consommations de fioul

### Calcul des consommations

En bâtiment d'élevage, ce sont les pratiques d'élevage (alimentation, paillage, raclage) mises en oeuvre pour le troupeau laitier et les génisses de renouvellement, qui sont consommatrices de fioul. Pour calculer ces consommations, il faut prendre en compte pour chaque tâche la puissance du tracteur utilisé, son temps quotidien de fonctionnement et le nombre de mois d'utilisation. Puis on se base sur une consommation horaire effective de 0,088 litres/CV/heure (soit 0,22 litre de fioul /CV/ heure avec un taux de charge moyen de 40%). La méthode de calcul est détaillée ci-dessous.

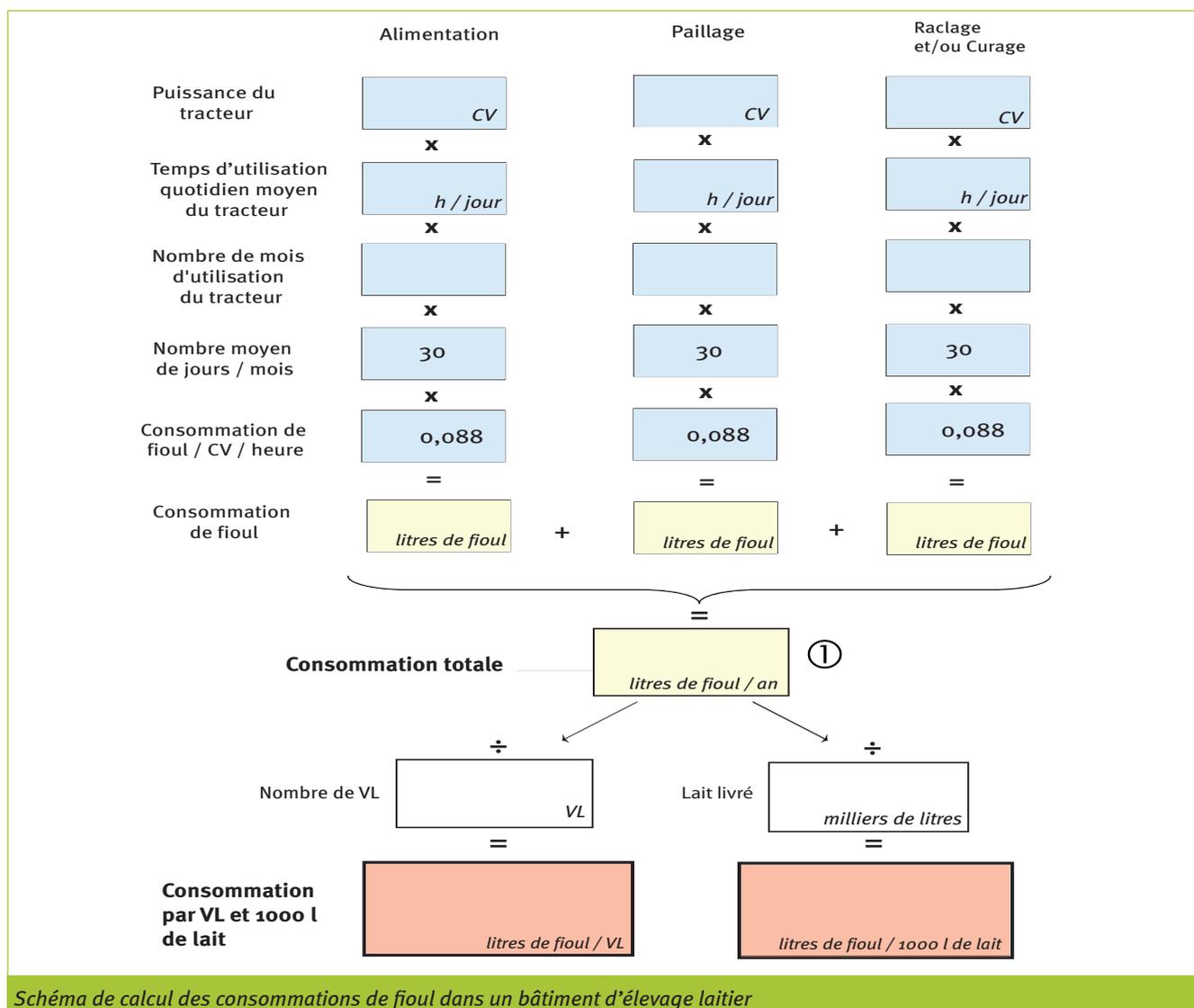
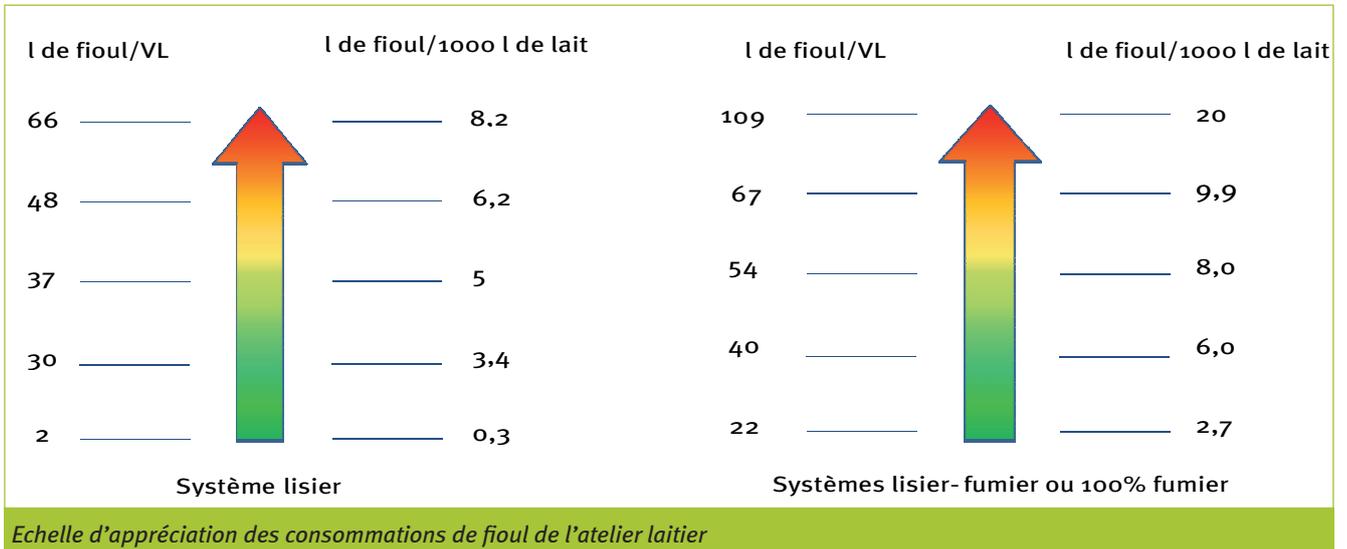


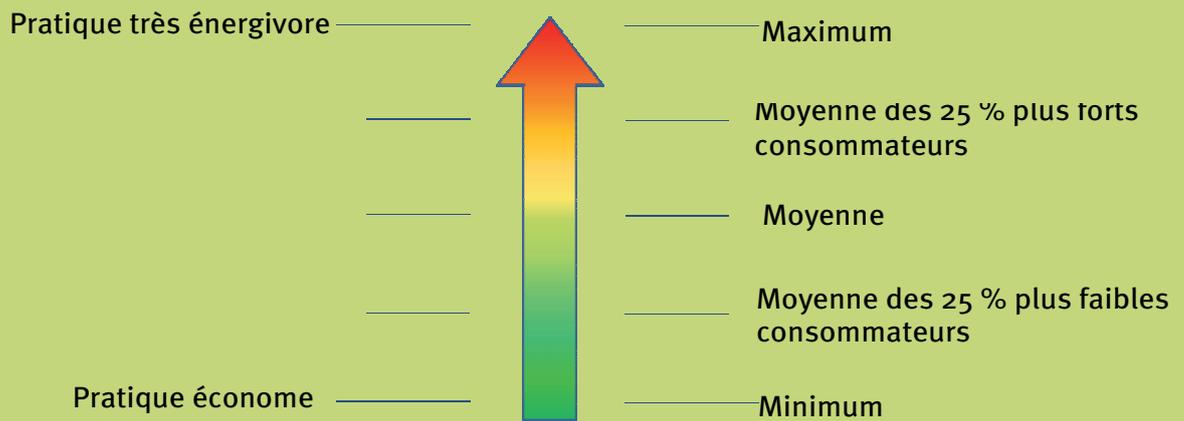
Schéma de calcul des consommations de fioul dans un bâtiment d'élevage laitier

## Echelle d'appréciation



### «Echelle type» d'appréciation des consommations

Pour chacun des postes, une échelle de cinq valeurs est proposée pour situer la consommation de l'élevage : est-il plutôt énergivore ou économe ?



# Les consommations d'électricité

## Calcul des consommations

Si l'atelier lait dispose d'un compteur électrique propre, il suffit de se reporter aux factures d'électricité pour obtenir la consommation électrique. Si un même compteur sert à l'atelier laitier mais aussi à d'autres ateliers, voire à l'habitation, il faudra retrancher de la facture d'électricité l'estimation de ces autres postes (équipements associés à d'autres ateliers, et pour l'habitation : électroménager, eau chaude sanitaire, chauffage).

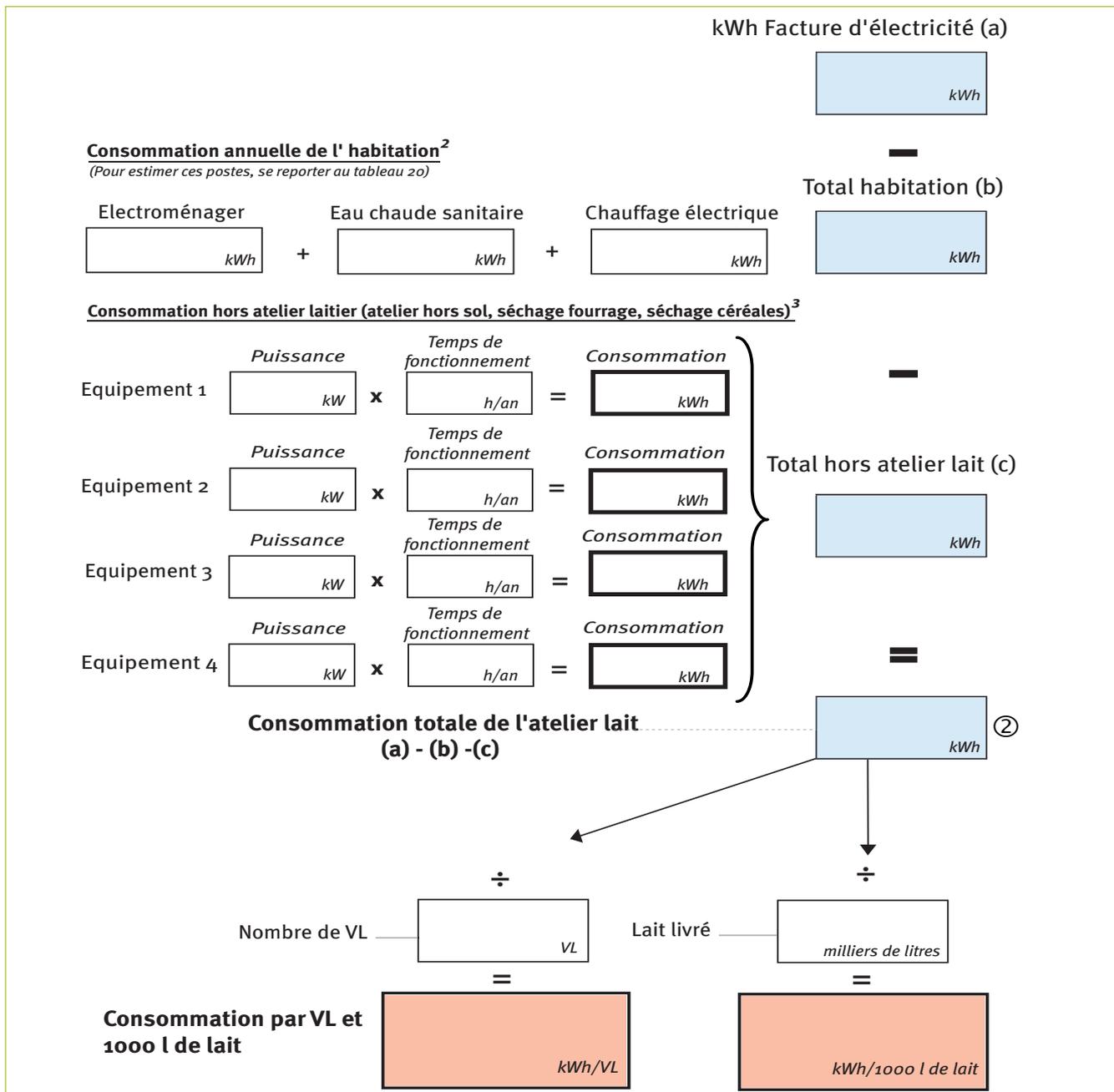


Schéma de calcul des consommations d'électricité dans un bâtiment d'élevage laitier

<sup>2</sup> Retraire les consommations de l'habitation si le même compteur est utilisé pour l'habitation et l'activité agricole.

<sup>3</sup> Retraire les consommations des autres ateliers si le même compteur est utilisé pour plusieurs ateliers de production.

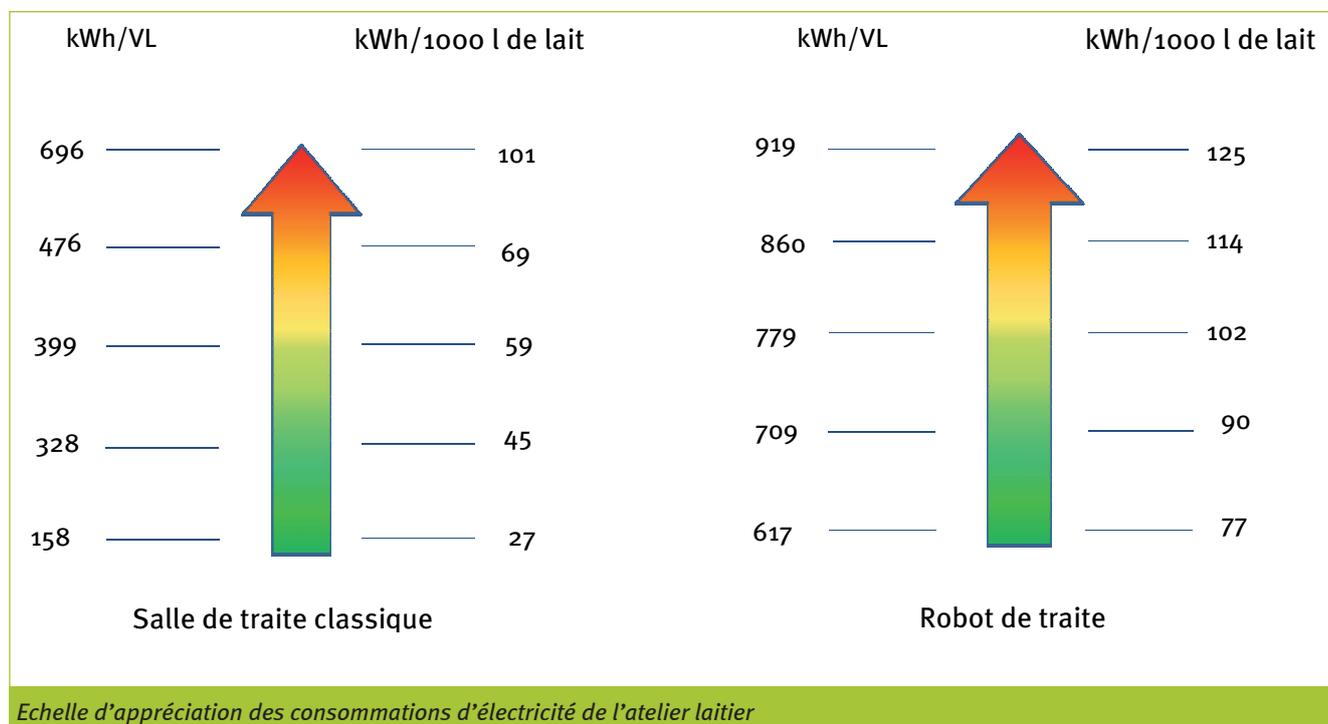
Le tableau 20 précise les références de consommation d'électricité pour les différents postes d'une habitation.

Tableau 20 : Consommation annuelle de l'habitation

Surface de l'habitation	Electroménager (kWh/an)	Eau chaude sanitaire (kWh/an)	Chauffage électrique de l'habitation (kWh/an)			
			Construction avant 1975	Isolation entre 1976 et 1988	Isolation entre 1988 et 2000	Isolation après 2000
100 m <sup>2</sup>	2 800	2 700	27 600	16 100	11 000	9 000
150 m <sup>2</sup>	2 900	3 100	37 700	21 900	14 500	11 700
200 m <sup>2</sup>	3 000	3 500	47 600	27 500	17 900	14 400

Source : DPE - ADEME

### Echelle d'appréciation



Echelle d'appréciation des consommations d'électricité de l'atelier laitier

## Les consommations totales

### Calcul des consommations

La consommation totale est obtenue en cumulant la consommation de fioul (①, schéma p.25) avec la consommation d'électricité (②, schéma p.27).

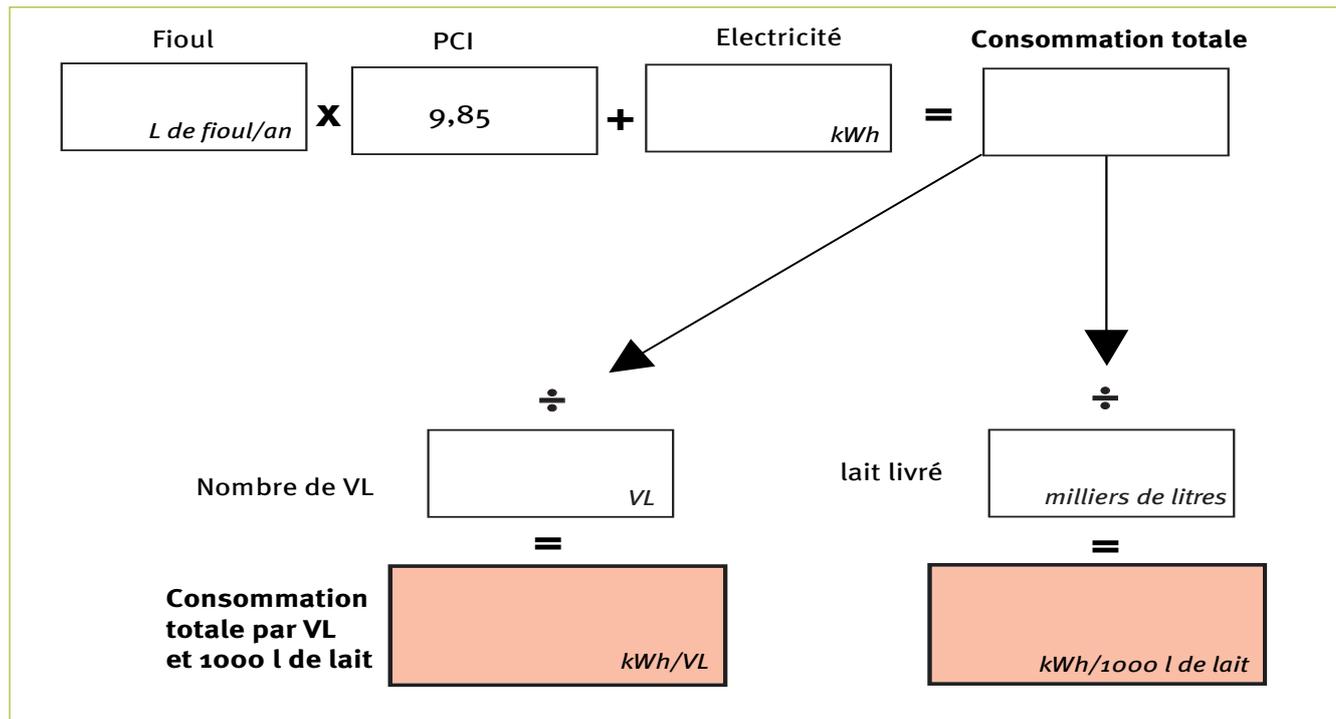
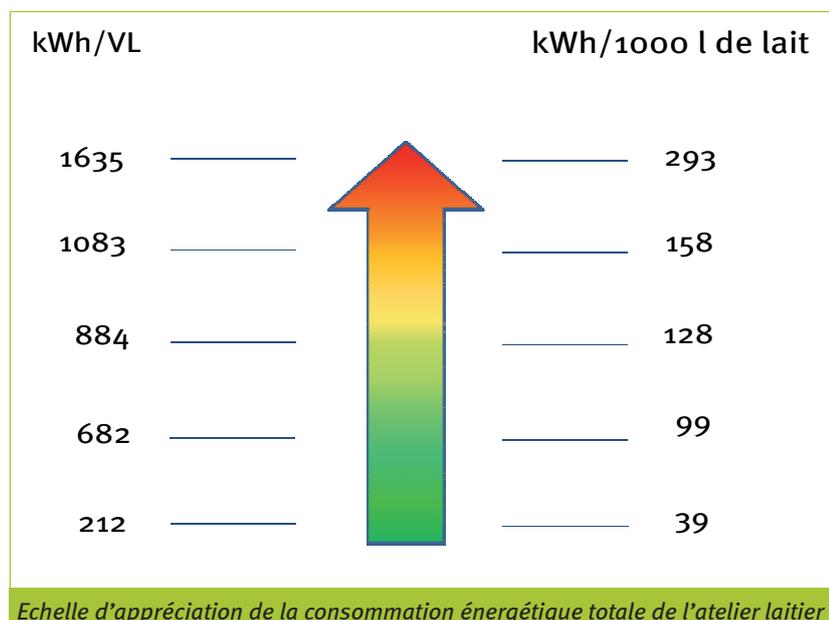


Schéma de calcul des consommations totales dans un bâtiment d'élevage laitier

### Echelle d'appréciation



# Bibliographie

**ADEME, Frze, Institut de l'Élevage – *Maîtrise de la demande en électricité, de nombreuses solutions dans les exploitations laitières* – 15 p.**

**ADEME - *Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments d'élevage : situation technico-économique en 2006 et leviers d'action actuels et futurs* – mars 2007 – Angers – 569 p. (Téléchargeable sur [ademe.fr](http://ademe.fr))**

**BEGUIN E. et Al. - *Evaluation des consommations d'énergie dans les exploitations bovines et ovines et identification des marges de progrès* – septembre 2008 – Institut de l'Élevage, Chambre d'Agriculture, Ministère de l'Agriculture, ADEME, Office de l'Élevage.**

**Chambre Régionale d'Agriculture et GIE Elevage des Pays de la Loire – *Comment économiser de l'électricité dans le bloc traite* – juin 2008 – 8 p.**

**DOLLE J-B. - *Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage bovin* – mars 2007 – Institut de l'Élevage, Chambre d'Agriculture de Bretagne et Pays de la Loire, ADEME – 101 p.**

**GIE Lait Viande Bretagne, GIE Elevage Pays de la Loire – *Opération expérimentale : récupérateurs de chaleur sur le condenseur du tank* – juin 2006 – 38 p.**

**Réseaux d'élevage, Institut de l'Élevage, Chambres d'Agriculture - *Les consommations d'énergie dans les systèmes bovins laitiers* – 2008 – 31 p.**

# Contacts

## **Institut de l'Élevage**

Jean-Baptiste Dollé  
56 avenue Roger Salengro  
BP 80039  
62051 Saint-Laurent-Blangy Cedex  
Courriel: [jean-baptiste.dolle@inst-elevage.asso.fr](mailto:jean-baptiste.dolle@inst-elevage.asso.fr)

## **Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire**

Estelle Pelletier  
9 rue André Brouard  
BP 70510  
49105 ANGERS Cedex 2:  
Courriel : [estelle.pelletier@pl.chambagri.fr](mailto:estelle.pelletier@pl.chambagri.fr)

## **Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne**

Jacques Charlery  
Technopole Atalante Champeaux  
CS 14226  
35042 RENNES Cedex  
Courriel : [jacques.charlery@ille-et-vilaine.chambagri.fr](mailto:jacques.charlery@ille-et-vilaine.chambagri.fr)

## **ADEME**

Cédric Garnier  
20 avenue Grésillé  
BP 90406  
49004 ANGERS Cedex 1  
Courriel : [cedric.garnier@ademe.fr](mailto:cedric.garnier@ademe.fr)

Retrouvez ce document sur les sites internet de l'ADEME et de l'Institut de l'Élevage :  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) et [www.inst-elevage.asso.fr](http://www.inst-elevage.asso.fr)

# Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier

## Repères de consommations et pistes d'économies

L'agriculture représente 2 à 3 % de la consommation nationale d'énergie directe (fioul, électricité, gaz). Notre enquête menée sur un échantillon de 60 exploitations montre qu'en élevage laitier, la consommation énergétique globale en bâtiment représente en moyenne 890 kWh/VL soit 130 Wh/l de lait. La moitié de ces consommations concerne l'électricité, et l'autre moitié le fioul.

Cette brochure propose également aux éleveurs des pistes pour réduire leurs consommations d'énergie et la dépendance énergétique de leur exploitation : pré-refroidisseur de lait, aménagement de la laiterie, optimisation de l'utilisation des tracteurs.... D'autres pistes qui concernent la substitution de l'énergie fossile par des énergies renouvelables sont également envisageables en élevage laitier.

Enfin, un outil simple d'auto-diagnostic, destiné aux éleveurs, permet d'apprécier son niveau de dépendance énergétique, en se situant sur un référentiel de consommations d'énergie.

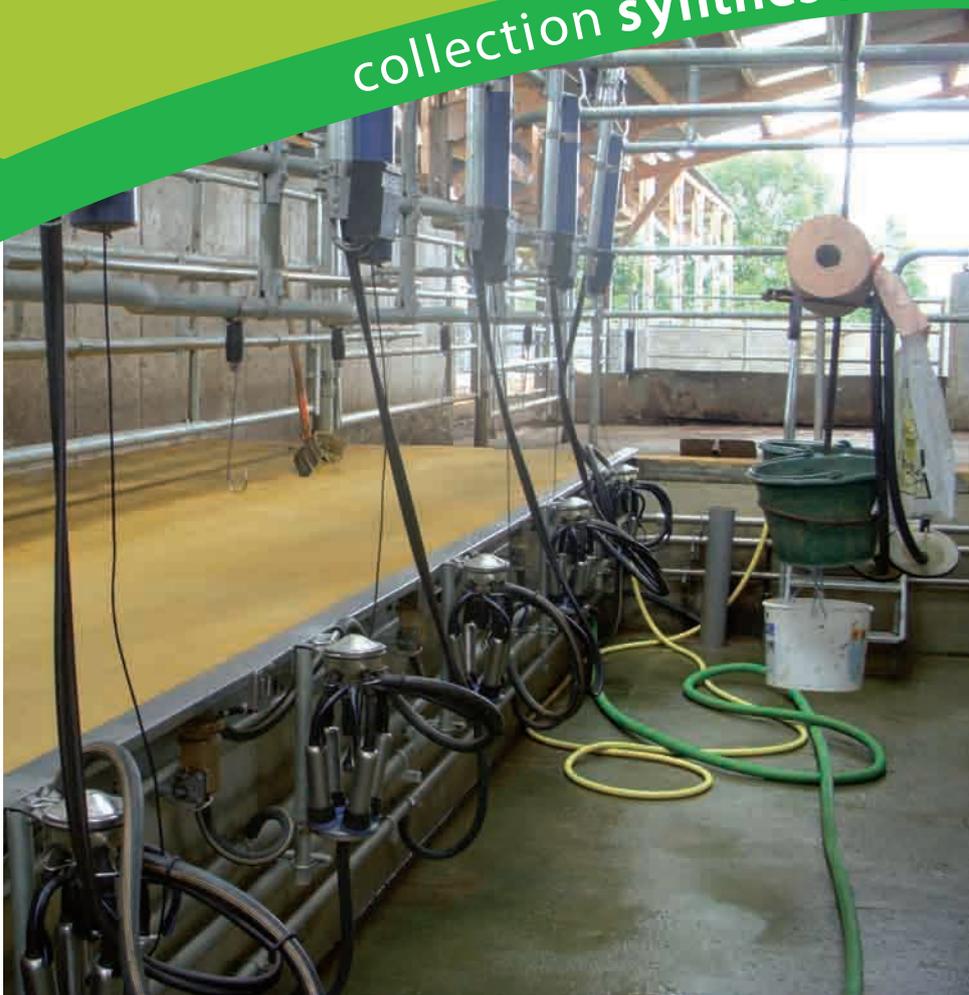


### En vente à TECHNIPEL :

149, rue de Bercy  
75595 Paris CEDEX 12  
Tél. : 01 40 04 51 71  
Fax : 01 40 04 52 80  
[technipel@inst-elevage.asso.fr](mailto:technipel@inst-elevage.asso.fr)  
[www.inst-elevage.asso.fr](http://www.inst-elevage.asso.fr)

réf. 05 09 33 001  
ISBN 978-2-84148-555-0  
Prix : 15 euros TTC

collection synthèse



### Avec le soutien financier de :

