

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse  
**Herausgeber:** Technique agricole Suisse  
**Band:** 40 (1978)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Economie d'énergie et récupération de chaleur lors du refroidissement du lait  
**Autor:** Nosal, D.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1083694>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

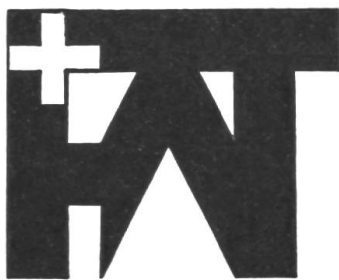
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Informations de techniques agricoles à l'intention des praticiens publiées par la Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT), CH 8355 Tänikon.

Rédaction: Dr. P. Faessler, Directeur de la FAT

9ème année, décembre 1978

## **Economie d'énergie et récupération de chaleur lors du refroidissement du lait**

D. Nosal

### **1. Introduction**

Plusieurs idées ont été développées, décrites et même réalisées ces derniers temps, dans le domaine de l'économie d'énergie et de la récupération de chaleur lors du refroidissement du lait. Toutes les possibilités ne sont bien entendu pas encore épuisées. Il faut aussi dire qu'il existe plusieurs possibilités pour des exploitations d'une certaine importance, mais celles-ci représentent également des investissements plus conséquents. Bien entendu, il existe aussi des moyens pour économiser de l'énergie sans grands investissements. Ceci concerne surtout les exploitations où l'on refroidit le lait par froid naturel.

Voici ci-dessous quelques exemples de procédés de refroidissement du lait qui permettent une économie d'énergie:

- refroidissement du lait conventionnel par froid naturel (eau de fontaine),
- méthode combinée de refroidissement du lait (refroidi à l'aide d'eau, réfrigéré par froid artificiel),
- refroidissement par froid artificiel,
- refroidissement avec récupération de chaleur.

### **2. Refroidissement par froid naturel**

Les méthodes de refroidissement par froid naturel (eau = source d'énergie) n'offrent pas beaucoup de possibilités d'économie d'énergie. Les possibilités d'économie dépendent des taux d'aptitude au mouillage des bidons, aussi bien pour les méthodes de refroidissement par collier de ruissellement à perforations que pour le refroidissement par immersion. Lorsqu'on refroidit le lait à l'aide d'eau, la tempéra-

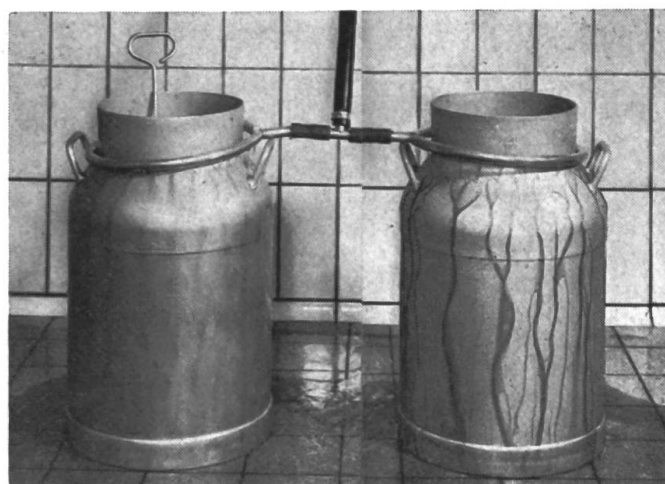


Fig. 1: Bonne et mauvaise aptitude au mouillage des bidons de lait (lors du refroidissement par eau).

**Tableau 1: Consommation et frais d'eau pour le refroidissement du lait par froid naturel**

Nombre de bidons de 40 litres par traite	avec collier de ruissellement à perforations				avec refroidisseur à immersion			
	consommation d'eau en m <sup>3</sup> par année		frais d'eau en frs par année		consommation d'eau en m <sup>3</sup> par année		frais d'eau en frs par année	
	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)
1	230	440	140	260	100	180	60	110
2	470	880	280	530	190	350	120	210
4	930	1750	560	1050	390	700	230	420
6	1400	2630	840	1580	580	1050	350	630

1) bonne aptitude au mouillage

2) mauvaise aptitude au mouillage

ture de celui-ci doit être amenée à 3° au-dessous de la température de l'eau de refroidissement. Les bidons qui ont une mauvaise aptitude au mouillage exigent une consommation d'eau plus importante (fig. 1). Pour refroidir un litre de lait avec le système à collier de ruissellement, on utilise 8.0 litres d'eau si le bidon a une bonne aptitude au mouillage, sinon jusqu'à 15.0 litres d'eau. Avec la méthode de refroidissement par immersion, on utilise 3.3 litres, resp. 6.0 litres d'eau. La raison de la mauvaise aptitude au mouillage des bidons est due au fait que la surface des bidons est grasseuse ou sale. Le tableau no 1 montre l'influence de l'aptitude au mouillage (on s'est basé sur un tarif de frs. 0.60 le m<sup>3</sup> d'eau).

Le tableau no 1 nous montre que les pertes financières pour mauvaise aptitude au mouillage peuvent s'élever à frs. 491.— par an pour une installation de quatre bidons (22 vaches environ), en utilisant la méthode du collier de ruissellement. Avec la méthode par refroidissement à immersion, ces frais supplémentaires peuvent s'élever à frs. 188.— par an.

### 3. Méthode combinée de refroidissement du lait

Cette méthode permet de refroidir tout d'abord le lait par froid naturel et ensuite de le réfrigérer de 3 à 7° C. Par le refroidissement du lait par froid naturel, la consommation de courant de l'unité frigorifique est inférieure et permet donc une économie d'énergie électrique. Lors de la traite avec pots-trayeurs, on a la possibilité d'utiliser la méthode

combinée de refroidissement du lait si on récolte et refroidit celui-ci dans des citernes de ferme à double ou triple paroi. Le raccordement de la conduite d'eau à la citerne permet le refroidissement en faisant couler l'eau entre les parois de la citerne. Ensuite, on peut réfrigérer le lait à la température désirée, par refroidisseur à immersion. Lors de la traite directe en tuyauterie, le refroidissement du lait se fait par un refroidisseur à plaques — celui-ci se composant de groupes de plaques. Le lait et l'eau circulent entre les plaques en direction opposée. On peut adapter la capacité de refroidissement en variant le nombre et la disposition des plaques.

### 4. Refroidissement par froid artificiel

En utilisant ce procédé, on peut réaliser une économie d'énergie en prévoyant une bonne isolation. Les cuves d'eau glacée et le bac refroidisseur avec évaporation, peuvent être branchés sur le courant de nuit.

#### Bidons immergés dans des cuves d'eau glacée

Pour ce procédé-ci, la consommation d'énergie électrique pour maintenir le refroidissement du lait dans des récipients non-isolés, s'élève à plus du double du courant utilisé pour le refroidissement même (fig. 2). Pour le refroidissement et le maintien de celui-ci, on compte avec une moyenne de consommation de courant électrique de 7.2 kWh pour 100 litres de lait, dans des récipients bien isolés. Si l'on tient compte d'une exploitation avec quatre bidons de lait par jour, c'est-à-dire 160 litres, on peut s'atten-

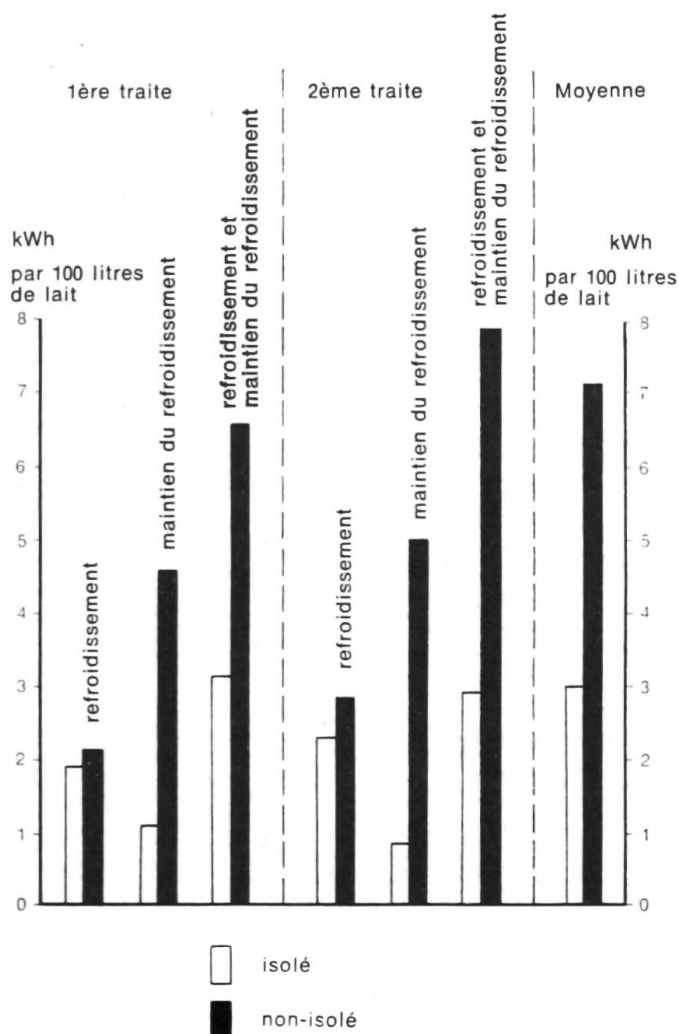


Fig. 2: Consommation de courant pour le refroidissement du lait et le maintien de celui-ci dans des cuves d'eau glacée, avec isolation ou sans isolation (selon l'étude de MM. E. Flückiger et F. Walser).

dre à une consommation de courant électrique de 2450 kWh par an, c'est-à-dire frs. 368.—, en se basant sur un tarif de frs. 0.12 le kWh.

## Bidons avec refroidisseur à immersion

Si, après le refroidissement, le lait est entreposé pendant plus d'une heure dans les bidons, il est nécessaire de munir ceux-ci de couvercles isolants ainsi que d'un double fond. Après 12 heures d'entreposage, le lait qui avait été refroidi à 4° C atteindra les températures suivantes (fig. 3):

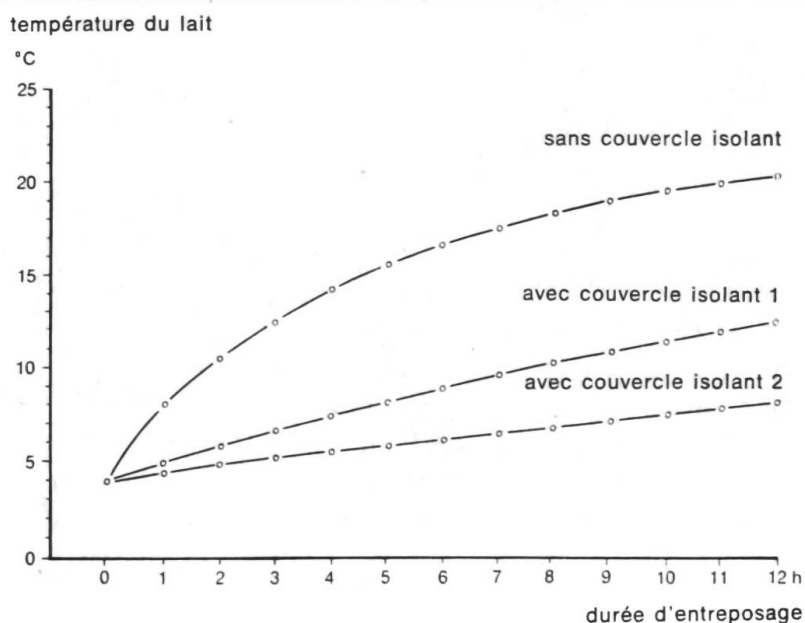
- sans couvercle isolant, env. 20° C,
- avec couvercle isolant, mais sans double fond, env. 13° C,
- avec couvercle isolant et double fond, env. 7° C.

Ces chiffres prouvent que l'entreposage du lait à une température de 3 à 7° C, dans des locaux à température ambiante relativement élevée, ne peut se faire sans isolation.

## Citerne de ferme à refroidisseur à immersion

La consommation de courant électrique dépend beaucoup de l'isolation des citernes de ferme (fig. 4). Pour une température du lait à 10° C, la consommation de courant s'élève à 0.25 kWh pour des citernes avec isolation et à 0.80 kWh pour des citernes non-isolées. La différence devient beaucoup plus grande quand il s'agit de températures de 25° C. La consommation s'élève alors à 0.5 kWh

Fig. 3: Réchauffement du lait dans les bidons après 12 heures d'entreposage (couvercle isolant no. 1 sans double fond, couvercle isolant no. 2 avec double fond), (selon l'étude de MM. E. Flückiger et F. Walser).



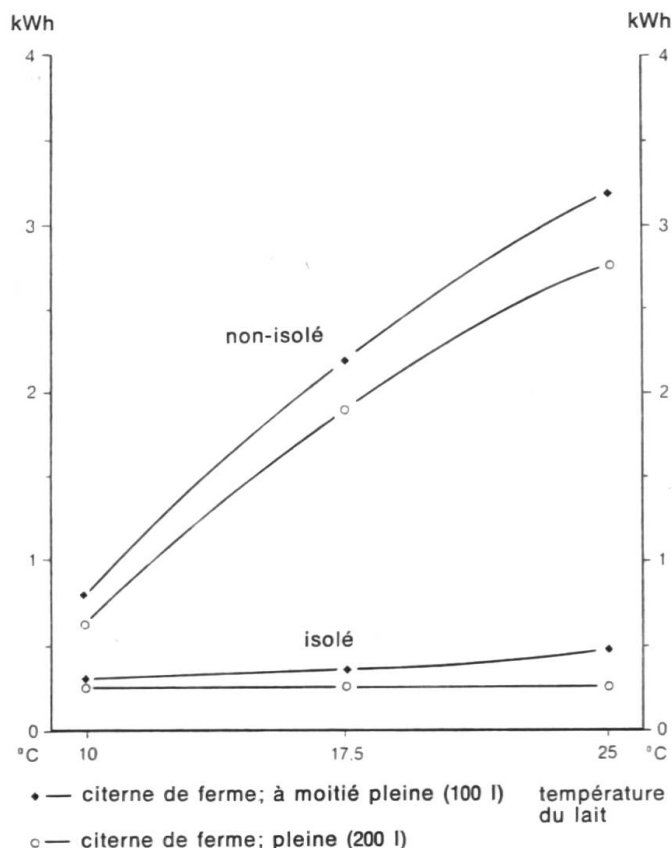


Fig. 4: Influence de l'installation sur la consommation d'énergie lors du procédé de refroidissement avec citernes de ferme (selon l'étude de MM. E. Flückiger et F. Walser).

pour des citernes de ferme avec isolation et 3.15 kWh pour des citernes de ferme non-isolées.

## Bac et tank de refroidissement

Lors d'une installation de refroidissement à l'aide d'évaporation indirecte (l'évaporateur se trouve dans un bain d'eau glacée), l'installation nécessite pour l'unité frigorifique des charges de connexion moins puissantes (env. la moitié) que ce qui serait nécessaire pour une installation à évaporation directe (les surfaces d'échange de l'évaporateur sont en contact thermique direct avec le lait ou avec le récipient à lait). D'autre part, avec l'évaporation indirecte, les refroidisseurs doivent être enclenchés plus longtemps. Les chiffres de consommation de courant sont donc les suivants:

Consommation spécifique de courant avec évaporation indirecte: 4.4 à 5.0 kWh, avec évaporation directe: 1.4 à 2.5 kWh. Il faut toutefois préciser que

les frais élevés de courant pour les installations à évaporation indirecte peuvent être compensés en utilisant le courant de nuit.

## 5. Récupération de chaleur lors du refroidissement par froid artificiel

La chaleur dégagée par le refroidissement du lait peut être récupérée pour la consommation d'eau chaude. Les installations conventionnelles de refroidissement sont munies d'un condenseur refroidi à l'air — la chaleur se dégage dans l'atmosphère environnante et n'est donc pas réutilisée. Toutefois, par un procédé approprié, cette chaleur libérée (énergie) peut être réutilisée pour la préparation d'eau chaude.

### Systèmes de préparation d'eau chaude

Afin de réutiliser la quantité de chaleur dégagée par le condenseur, celui-ci doit fonctionner en tant qu'échangeur de chaleur, afin que la chaleur puisse être transmise à l'eau de consommation (fig. 5). Etant donné que le refroidissement du lait n'est pas continu, mais qu'il a lieu seulement deux fois par jour pendant resp. 3 heures env., la chaleur n'est produite que pendant cette période; il faut donc emmagasiner l'eau chaude. Le condensateur doit être installé soit contre la paroi du réservoir à eau chaude, soit dans un récipient séparé.

Le marché offre en ce moment deux systèmes différents: un système clos (installation à un seul récipient) et un système ouvert (installation prévoyant, d'une part, un échangeur de chaleur, d'autre part, un réservoir à eau chaude).

Le système clos présente l'avantage de pouvoir se combiner aisément et sans grands frais avec le compresseur existant pour l'installation de refroidissement du lait.

### Possibilités d'utilisation

L'installation de récupération de chaleur peut être prévue comme appareil de tête dans les chambres à lait où se trouve déjà un chauffe-eau électrique. Le chauffe-eau est alors alimenté directement avec de l'eau chaude au lieu d'eau froide; selon la tempé-

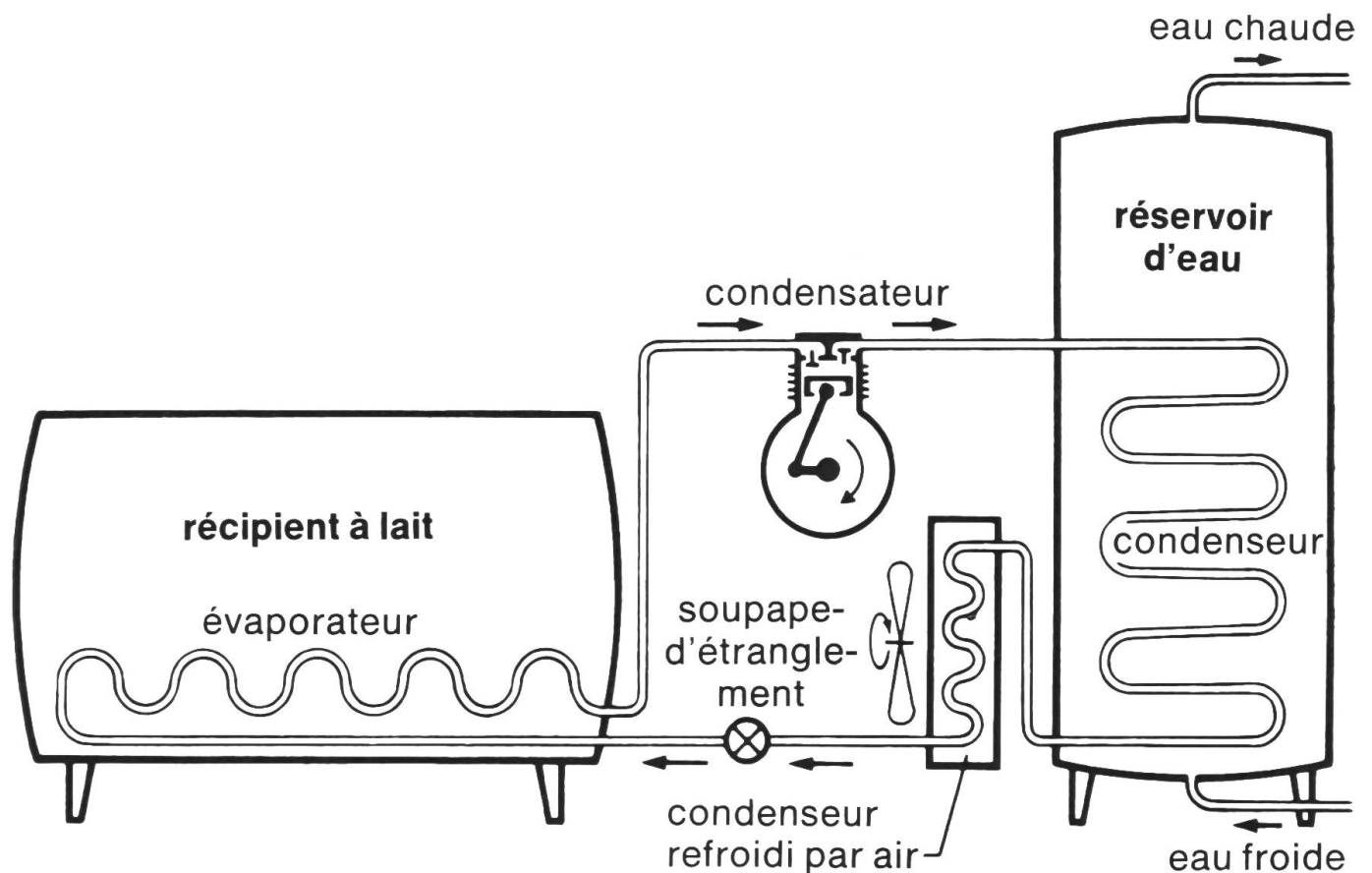


Fig. 5: Schéma de refroidissement du lait avec récupération de chaleur en système clos.

rature finale désirée, on peut réaliser une économie de frais de courant d'environ 75%. On dispose alors d'une préparation d'eau chaude indépendante; cependant l'installation de récupération de chaleur doit être munie d'un chauffage complémentaire d'une puissance de 2.0 kW, chauffage complémentaire devant en outre:

- compenser une éventuelle insuffisance de la quantité de lait,
- en cas de nécessité, augmenter la température de l'eau chaude,
- garantir l'approvisionnement d'eau chaude, en cas de panne technique de l'installation de refroidissement,
- garantir une consommation supérieure d'eau chaude en cas de besoins extraordinaires.

Un système de chauffage d'une puissance de 2.0 kW est à même de chauffer 90 litres à 15° C par heure.

## Température de l'eau

Certaines sociétés offrent des appareils à hautes températures d'eau telles que 65° ou même 80° C. Ces températures peuvent bien entendu être atteintes; elles ne présentent cependant pas que des avantages mais également les inconvénients suivants:

- Ces appareils exigent des forces de pression importantes dans les compresseurs et dans les condenseurs; cela met les unités frigorifiques à dure épreuve et la consommation de courant est plus élevée.
- Les pertes de dégagement de chaleur sont plus importantes.
- Certains produits détergents peuvent éventuellement se dissoudre.
- La durée utile et le rendement énergétique du réservoir à eau chaude sous pression peuvent être considérablement diminués par la formation de dépôts de calcaire.

**Tableau 2: Quantité d'eau chaude récupérée dans 3 types d'exploitation différents (température: 50° C)**

Nombre de vaches	Quantité de lait par jour	Chaleur récupérée		quantité d'eau chaude récupérée, temp. 50° C			
		sans moteur électrique	avec moteur électrique	calcul théorique		avec $\gamma_i^*$ de 0,66	
				avec moteur électrique	sans moteur électrique	avec moteur électrique	sans moteur électrique
	l	kJ	kJ	l	l	l	l
27	400	46'900	73'000	460	295	300	195
33	500	58'660	84'700	530	370	350	240
40	600	70'400	96'400	605	440	400	290

$\gamma_i^*$  = rendement énergétique

## Quantité de récupération d'eau chaude par refroidissement du lait

La quantité de chaleur nécessaire pour augmenter d'un degré C un litre d'eau (ou de lait) est de 4.2 kJ (1 kcal). On peut donc en déduire que du lait refroidi de 32° C à 4° C dégage 117 kW de chaleur par litre. Un moteur électrique de l'unité frigorifique avec des charges de connexion de 1.2 kW et une durée de fonction de 6 heures par jour consomme 7.2 kWh (calcul théorique), ce qui donne une chaleur de 26'000 kJ (1 kW = 3611 kJ).

### Exemple:

- Le refroidissement de 400 litres de lait de 32° C à 4° C permet la récupération de 46'900 kJ (117 x 400).
- Le refroidisseur transforme 7.2 kWh d'énergie; le total représente env. 73'000 kJ.
- D'autre part, on utiliserait 159 kJ d'énergie pour chauffer à 50° C un litre d'eau du robinet ayant une température de 12° C.
- On pourrait donc comparativement chauffer 460 litres de 12° C à 50° C avec ces 73'000 kJ (73'000 : 159 = 460).
- Si l'on tient compte d'une perte de 34% de chaleur, on obtient une production nette de 300 litres d'eau chaude à une température de 50° C.

### Calcul de rentabilité

La limite de rentabilité d'une installation de récupération de chaleur est difficilement chiffrable. Celle-ci dépend en effet d'une quantité de circonstances

spécifiques de chaque exploitation en particulier, dont on doit tenir compte lors d'un calcul de rentabilité (possibilités d'installation, besoin en eau, etc.). Si l'on veut produire les 300 litres d'eau chaude, repris dans l'exemple ci-dessous, et ce à l'aide d'un chauffe-eau électrique, on a besoin de 13.3 kWh de courant électrique par jour (rendement énergétique du chauffe-eau = 0.9). Si 92% de cette consommation d'électricité sont utilisés au prix du tarif de nuit (1 kWh = frs. 0.06) et 8% au prix du tarif de jour (1 kWh = frs. 0.15), les frais de courant électrique s'élèveront à frs. 362.— par année.

**Tableau 3: Frais annuels pour la production d'eau chaude provenant d'une installation de récupération de chaleur et d'un chauffe-eau électrique pour de l'eau chaude à 50° C et 65° C.**

	Installation de récupération de chaleur		Chauffe-eau électrique	
	50° C	65° C	50° C	65° C
Prix d'achat	5000.—	5300.—	3000.—	3000.—
Amortissement en 15 ans	330.—	350.—	200.—	200.—
Intérêts	150.—	160.—	90.—	90.—
Frais de courant	—	140.—	360.—	530.—
Divers *)	90.—	90.—	60.—	60.—
Total par année frs.	570.—	740.—	710.—	880.—

\*) loyer du bâtiment, assurance incendie, réparations, entretien

Le tableau no 3 montre la comparaison entre l'installation de récupération de chaleur et le chauffe-eau électrique sur la base des frais annuels. Le calcul s'est basé sur une température d'eau chaude de 50° C et 65° C. Si on veut chauffer l'eau à 65° C, il faut prévoir un chauffage complémentaire pour l'installation de récupération de chaleur.

## 6. Conclusions

Une attention toute particulière quant à l'économie d'énergie lors des procédés de refroidissement avec des bidons ou des citernes de ferme doit être accordée, d'une part, à une bonne isolation des bidons et des citernes de ferme et, d'autre part, à une bonne aptitude au mouillage des bidons.

Malgré tout l'intérêt qu'on porte actuellement à la «récupération de chaleur dans des installations de refroidissement», l'opération de refroidissement du lait proprement dite — spécialement dans le cas qui nous occupe — doit absolument garder la priorité. La récupération de quelques degrés d'eau chaude, au détriment d'une durée de refroidissement du lait qui devrait être plus longue, ne se justifie pas. En effet, un apport supplémentaire d'eau chaude, même s'il est agréable, n'est pas un but en soi et ne doit en aucun cas s'obtenir aux dépens du refroidissement du lait, sans parler de l'usure du compresseur et d'une consommation de courant plus grande. Le calcul des frais annuels montre qu'une installation de récupération de chaleur devrait être rentable pour des exploitations de plus de 300 à 400 litres de lait par jour.

---

## Gaz toxiques dans les étables

A. Stuber

### 1. Introduction

La condition primordiale pour la santé et le rendement des animaux consiste en un environnement optimal. Le facteur d'environnement le plus important pour les animaux de rente, à part l'alimentation, est l'air ambiant de l'étable; son influence sur le résultat total de productivité peut aller jusqu'à 15% ou même plus. Dans les étables fermées, — qui prédominent dans les domaines de transformation animale —, 5 points sont à considérer pour le bien-être de l'animal:

- température ambiante,
- température de surface (parois et plafond),
- humidité relative de l'air,

- circulation de l'air (conditions du flux d'air)
- la composition de l'air ambiant de l'étable.

L'amenée d'air frais est fortement diminuée par le séjour des bêtes dans les étables fermées (respiration, fumier, urine) ainsi que par les fourrages et litières.

### 2. Vapeur d'eau

La production de vapeur d'eau peut atteindre, par kilo de poids vif des bêtes, de 0.5 à 1.5 g/h, suivant l'air ambiant de l'étable et le procédé d'affouragement. Le résultat peut être une humidité de l'air assez considérable, ce qui nuit aux bêtes et au