

Refroidissement du lait et récupération de chaleur: quels sont les frais?

Dusan Nosal

Selon le Règlement suisse de livraison du lait, le lait doit, en principe, être livré deux fois par jour immédiatement après la traite (art. 48). Pendant toute l'année il est à refroidir, déjà durant la traite, au moyen d'eau courante ou d'une autre méthode de refroidissement appropriée (art. 46).

Pour des raisons économiques et techniques, les utilisateurs du lait ont de plus en plus tendance à n'aller prendre le lait auprès des producteurs qu'une fois par jour (au lieu de deux fois) ou même seulement une fois tous les deux jours. Ce procédé est exceptionnellement toléré, à condition que la qualité du lait ne souffre pas (art. 48).

Ce sont plutôt des questions de nature économique que des problèmes techniques qui se posent lors de la planification d'une réorganisation. Les acquisitions (véhicule, installation de réfrigération) doivent être conformes aux intérêts économiques non seulement du producteur de lait, mais également de l'utilisateur. Le producteur doit se poser les questions suivantes:

- L'utilisateur vient-il prendre le lait tous les jours ou seule-

- ment une fois tous les deux jours?
- Quelle est l'installation de réfrigération à choisir (tank de réfrigération, cuve réfrigérante ou citerne de ferme avec réfrigérateur à immersion)?
- Quel système de réfrigération (évaporation directe ou indirecte)?
- Quels seront les frais?
- La nouvelle méthode permettra-t-elle d'économiser des frais de main-d'œuvre et de transport?

- Qui se charge des frais d'investissement et des frais courants?
- Une installation de récupération de chaleur est-elle rentable?

Afin de savoir répondre à toutes ces questions, il faut connaître les différents éléments constituant les frais non seulement de la nouvelle méthode de réfrigération, mais également de la technique appliquée auparavant (besoins d'investissement, d'eau, de courant électrique, etc.).

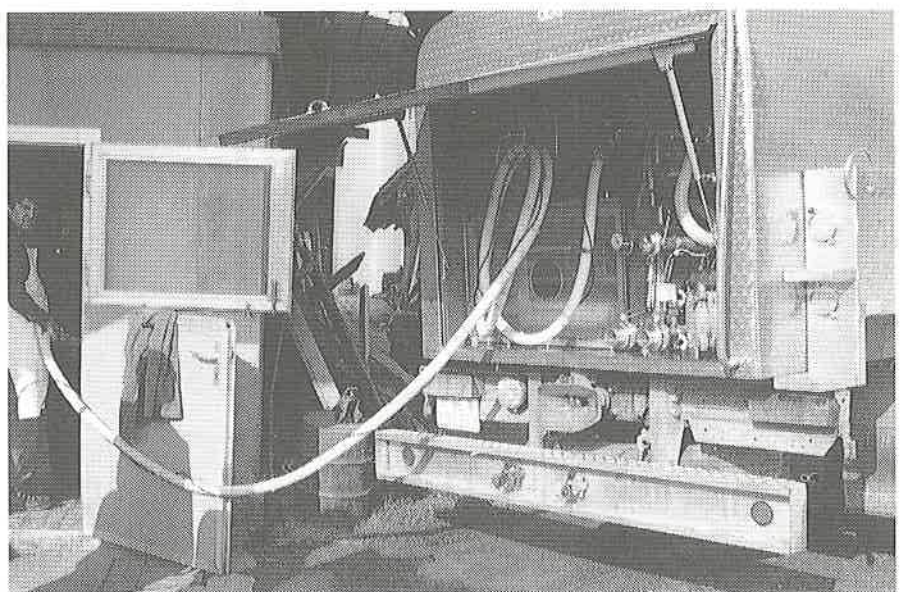
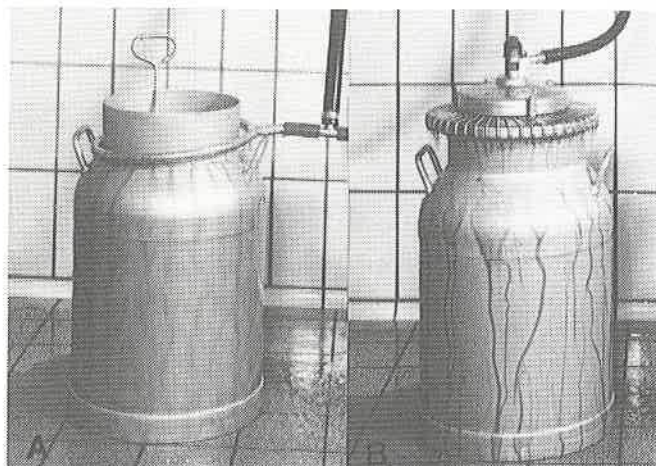


Fig. 1: Les utilisateurs du lait vont prendre le lait auprès du producteur, soit une fois par jour, soit une fois tous les deux jours.

Fig. 2: Refroidissement du lait à l'aide d'eau courante froide:
A = collier de ruissellement, bon mouillage de la surface du bidon
B = refroidisseur en bidon, mauvais mouillage du bidon.



1. Techniques de refroidissement du lait

En principe, on distingue entre le refroidissement du lait par **froid naturel** d'une part, et la **réfrigération** par **froid artificiel** d'autre part.

Refroidissement par froid naturel signifie que le lait est refroidi au moyen d'eau courante froide (voir fig. 2). Ce procédé est suffisant si la température du lait dépasse la température de l'eau de pas plus de 3° C (p.ex. lait: 15° C, eau: 12° C). Par **réfrigération** on entend l'abaissement de la température du lait jusqu'à 3° C - 5° C. Cette température doit être atteinte dans les deux heures après la traite et maintenue jusqu'à la livraison. Elle ne peut être obtenue que par du

froid artificiel, produit d'une machine frigorifique.

Il existe deux techniques différentes de réfrigération du lait:

- **réfrigération indirecte**: en général, le froid est produit par une réserve de glace et transmis par de l'eau glacée (voir fig. 3);
- **réfrigération directe**: les surfaces d'échange de l'évaporateur sont en contact thermique direct avec le lait ou le récipient (voir fig. 4).

2. Procédés de refroidissement et de réfrigération

2.1 Procédés à appliquer si le lait est livré deux fois par jour

Si le lait est livré deux fois par jour, un refroidissement par froid naturel, c'est-à-dire par de l'eau cou-

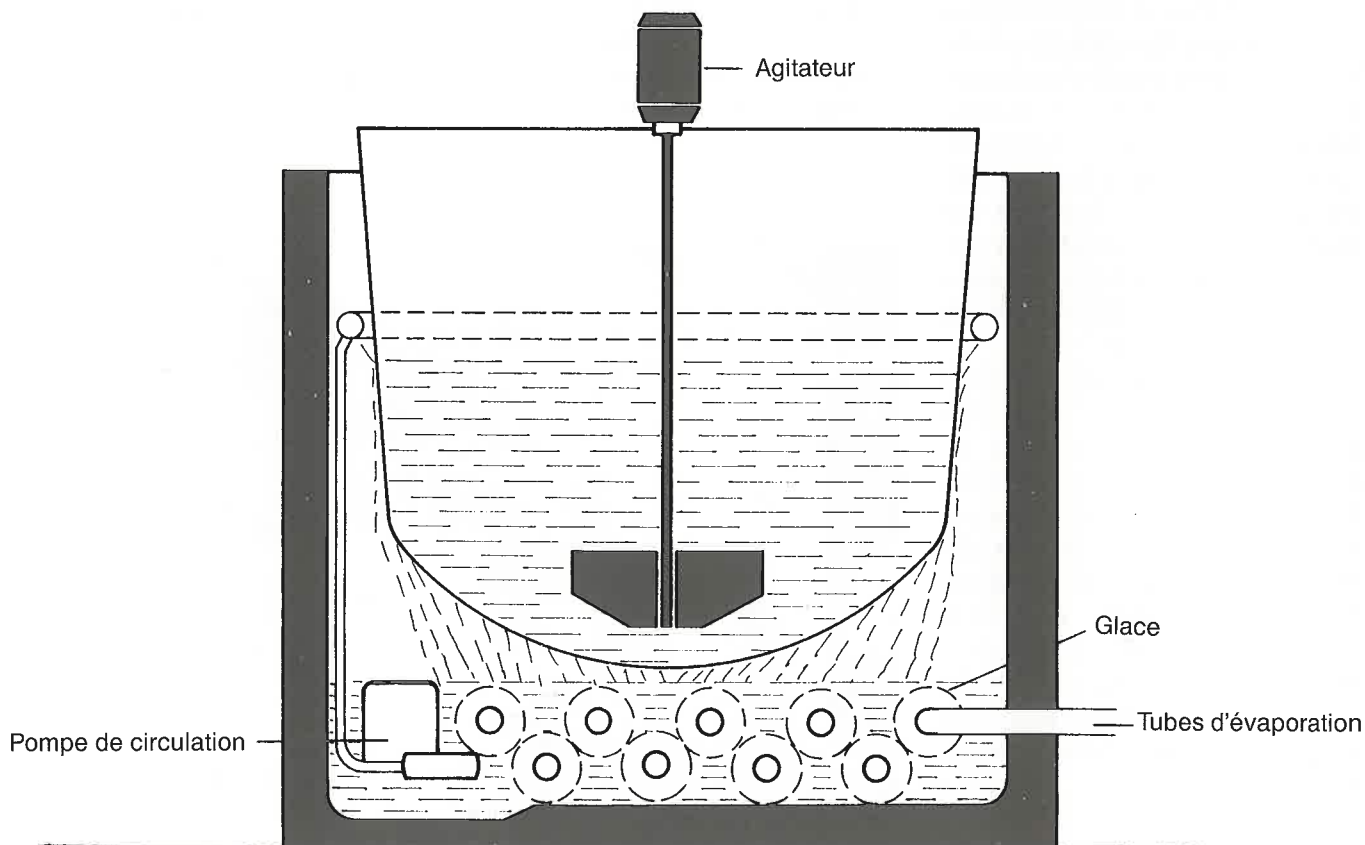


Fig. 3: Schéma de la cuve à réfrigération indirecte.

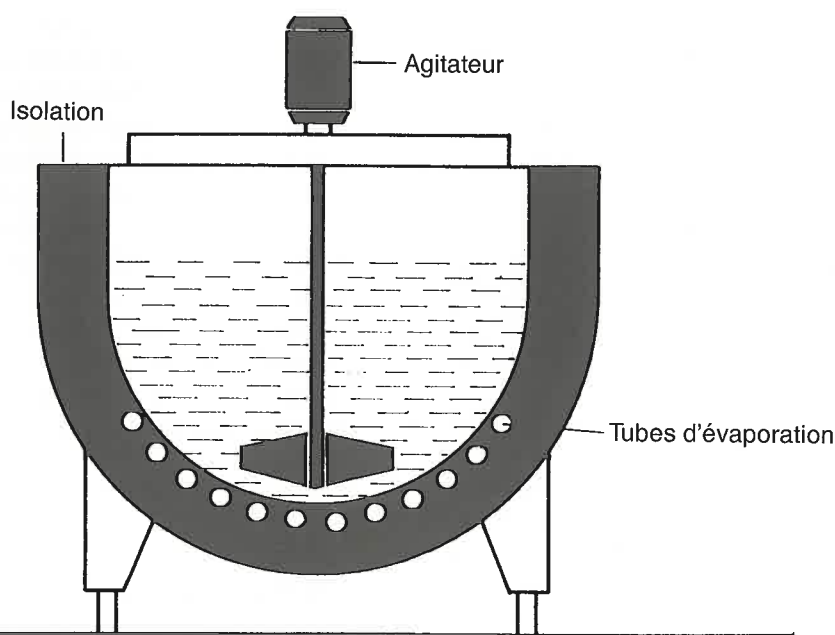


Fig. 4: Schéma de la cuve à réfrigération directe.

- bidons avec réfrigérateur à immersion;
- bidons immergés dans une cuve d'eau glacée;
- citerne de ferme avec réfrigérateur à immersion;
- cuve réfrigérante, tank de réfrigération.

Les procédés «bidons avec réfrigérateur à immersion» et «bidons immergés dans une cuve d'eau glacée» ne sont pas beaucoup demandés actuellement parce qu'ils exigent beaucoup de travail d'une part, et beaucoup d'énergie pour la réfrigération et la conservation du lait réfrigéré d'autre part. C'est pourquoi nous n'avons pas calculé ces deux méthodes.

rante froide, est généralement suffisant.

Voici les procédés de refroidissement les plus importants:

- refroidissement en bidon dans le bassin (refroidissement par circuit d'eau fraîche);
- refroidissement en bidon par collier de ruissellement (refroidissement par ruissellement);
- refroidissement en bidon par refroidisseur avec agitateur (refroidissement par ruissellement);
- refroidissement par refroidisseur à plaques (refroidissement à contre-courant).

Outre la température de l'eau, ce sont avant tout les facteurs suivants qui influencent l'effet de refroidissement:

- intensité à laquelle le lait est agité dans les bidons;
- force du courant de l'eau dans le bassin, à la surface des bidons (par où la chaleur doit être évacuée);
- en cas de refroidissement par ruissellement: aptitude au mouillage de la surface des bidons;
- en cas de refroidissement à contre-courant: circulation régulière du lait.

2.2 Procédés à appliquer si le lait est livré une fois par jour ou une fois tous les deux jours

Si le lait n'est livré qu'une fois par jour ou une fois tous les deux jours, il doit être réfrigéré, dans les deux heures après la traite, à une température de 3° C - 5° C, température qui doit être maintenue jusqu'à la livraison du lait et qui ne s'obtient que par froid artificiel.

Les procédés de réfrigération les plus importants sont les suivants:

3. Besoins en travail

Deux livraisons par jour exigent les travaux suivants:

- préparer le refroidissement du lait;
- agiter le lait;
- disposer les bidons pour le transport;
- préparer le véhicule;
- charger les bidons;

Tableau 1: Temps de travail exigé pour le refroidissement en bidon

Besoins en travail	Nombre de bidons						
	1	2	3	4	5	6	7
MO min/jour	17	25	34	42	51	59	67
MO h/an	105	153	206	254	307	355	409

Tableau 2: Temps de travail exigé pour le transport au moyen du chariot à main, deux fois par jour

Poids		200 kg			300 kg	
Inclinaison de la route	Vitesse	0 %	10 %	20 %	0 %	10 %
		3,3 km/h	3,0 km/h	2,6 km/h	2,8 km/h	2,5 km/h
Distance ferme-point de ramassage	Transport-km/an	MOh/an	MOh/an	MOh/an	MOh/an	MOh/an
50 m	73	22	23	24	23	25
300 m	438	129	136	147	141	150
500 m	730	215	226	245	235	250

Tableau 3: Temps de travail exigé pour le transport au moyen du tracteur, deux fois par jour

Vitesse		15 km/h		18 km/h		20 km/h	
Distance ferme-point de ramassage	Transport- km/an	MOh/an	FTh/an	MOh/an	FTh/an	MOh/an	FTh/an
500 m	730	52	49	43	41	38	37
750 m	1095	77	73	64	61	58	55
1000 m	1460	102	97	85	81	77	73
2000 m	2920	205	195	170	162	153	146

- transporter les bidons vers le point de ramassage;
- décharger les bidons au point de ramassage et charger les bidons vides;
- retourner à la ferme et décharger les bidons;
- remiser le véhicule;
- nettoyer et ranger les bidons.

Le temps exigé pour ces travaux est spécifié dans le tableau 1. Le temps à dépenser pour le transport (aller et retour) n'y est toutefois pas compris, car il ne dépend ni du nombre de vaches ni de la quantité de lait.

Le temps de travail exigé pour le transport vers le point de ramassage dépend du moyen de transport, de la topographie et de la distance (voir tableaux 2 et 3).

La méthode **citerne de ferme avec réfrigérateur à immersion** exige les travaux suivants:

- préparer la réfrigération;
- préparer la livraison;
- nettoyer la citerne et le réfrigérateur;
- ranger la citerne et le réfrigérateur.

Les analyses faites dans la pratique montrent que le temps de travail total dépend moins de la contenance de la citerne que de l'efficacité de l'homme chargé de ces travaux. Le temps de travail exigé par livraison est d'environ huit minutes.

Cuve réfrigérante et tank de réfrigération: pour ces procédés, il ne faut compter que le nettoyage de la cuve ou du tank (éventuelle-

ment nettoyage automatique). Le fait que le temps de travail dépend davantage de l'efficacité de la main-d'œuvre que de la contenance du récipient, est également valable pour la cuve réfrigérante. Cette méthode exige en moyenne cinq minutes et 45 secondes par livraison.

Le temps de travail annuel exigé pour le nettoyage des bidons, de la citerne de ferme et de la cuve réfrigérante est spécifié dans le tableau 4.

4. Les frais

4.1 Frais d'investissement

En cas de refroidissement en bidon, il faut compter Frs. 120.- pour

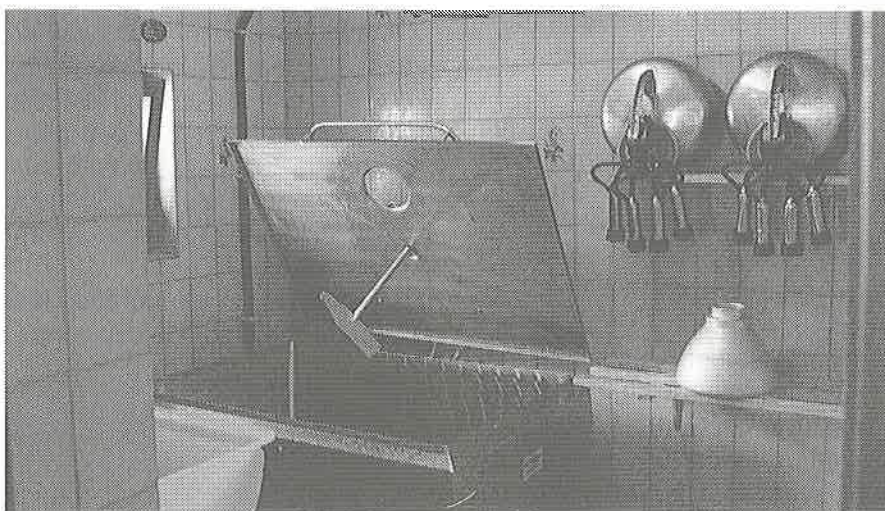


Fig. 6: Chambre à lait.

Tableau 4: Temps de travail annuel exigé pour le nettoyage des bidons et des autres récipients

Nombre de traites par livraison		1	2	4
Genre d'entreposage	Volume			
Bidons	40 l	50 h	—	—
	80 l	65 h	—	—
	120 l	90 h	—	—
	160 l	105 h	—	—
	200 l	130 h	—	—
Citerne de ferme	100 - 650 l	—	49 h	24 h
Cuve / Tank	300 - 2000 l	—	35 h	18 h

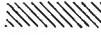
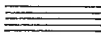
le refroidisseur et Frs. 247.- par bidon de 40 l (voir tableau 5). Les prix des différentes installations de réfrigération diffèrent considérablement, suivant la marque. Les valeurs indiquées dans la fig. 5 sont donc à considérer en tant que valeurs indicatives. Les cuves à réfrigération indirecte coûtent plus cher que celles à réfrigération directe, et les installations conçues pour deux traites exigent un investissement plus important que les

installations pour quatre traites. Le prix d'achat d'un tank est sensiblement supérieur à celui d'une cuve. Si le lait est seulement livré une fois par jour ou une fois tous les deux jours, il doit être entreposé dans une chambre à lait ou un autre genre d'entrepôt. Celui-ci, séparé des autres locaux et pouvant être fermé à clef, doit être impeccable du point de vue hygiénique et garantir une protection contre la gelée (voir fig. 6). Suivant la méthode, le nombre de livraisons et l'importance du cheptel, la chambre à

Tableau 5: Refroidissement par refroidisseur en bidon: frais d'investissement et frais annuels (sans frais d'eau pour le refroidissement)

Nombre de bidons à 40 l	Frais d'investissement Frs.	Frais annuels			Par 100 l de lait	
		Frais fixes Frs.	Eau pour nettoyage Frs.	Produit de nettoyage Frs.	Total Frs.	Frs.
1	367.-	60.-	7.-	150.-	217.-	-.74
2	614.-	84.-	10.-	185.-	279.-	-.48
3	861.-	140.-	13.-	221.-	374.-	-.43
4	1108.-	180.-	16.-	258.-	454.-	-.39
5	1475.-	240.-	19.-	295.-	554.-	-.38
6	1722.-	280.-	22.-	332.-	634.-	-.36
7	1969.-	320.-	25.-	369.-	714.-	-.35

Légende:

 Cuve à réfrigération directe, pour deux traites
 Cuve à réfrigération directe, pour quatre traites
 Cuve à réfrigération indirecte, pour deux traites
 Cuve à réfrigération indirecte, pour quatre traites

 Tank de réfrigération, pour deux traites
 Tank de réfrigération, pour quatre traites
 Citerne de ferme avec réfrigérateur à immersion

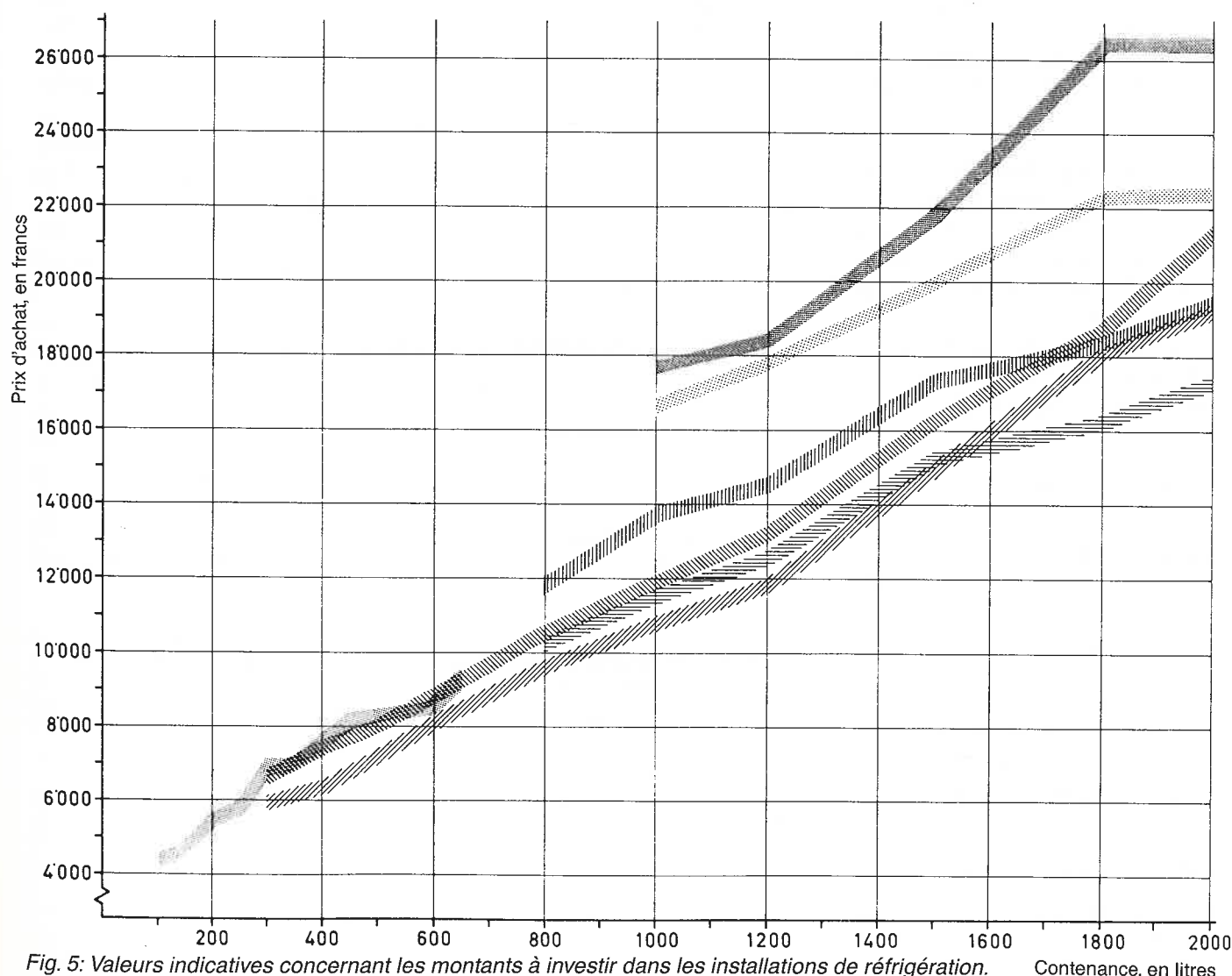


Fig. 5: Valeurs indicatives concernant les montants à investir dans les installations de réfrigération.

Contenance, en litres

Tableau 6: Frais fixes annuels des installations de réfrigération, en francs

(amortissement 10%; intérêts 3,6% (correspondant à 6% du capital moyen engagé); réparations 2,5%; assurance 0,15%; au total: 16,25%)

Contenance, en litres	Cuves réfrigérantes				Tanks de réfrigération		Citerne de ferme avec réfrigi- érateur à immersion
	Réfr. directe		Réfr. indirecte				
	2 traites	4 traites	2 traites	4 traites	2 traites	4 traites	
100	—	—	—	—	—	—	715
150	—	—	—	—	—	—	756
200	—	—	—	—	—	—	886
250	—	—	—	—	—	—	934
300	1073	959	—	—	—	—	1129
350	—	—	—	—	—	—	1138
400	1203	1032	—	—	—	—	1227
450	—	—	—	—	—	—	1333
500	1300	1170	—	—	—	—	1381
600	1430	1316	—	—	—	—	—
650	—	—	—	—	—	—	1519
800	1706	1560	1918	1820	—	—	—
1000	1926	1755	2064	1869	2876	2706	—
1200	2137	1918	2356	2039	2990	2884	—
1500	2624	2429	2811	2478	3534	3226	—
1800	3039	2933	2982	2641	4290	3624	—
2000	3461	3120	3161	2811	4298	3640	—

lait exige une surface allant de 7 m² (bidons, deux livraisons par jour, 16 vaches) jusqu'à 15 m² (cuve, une livraison tous les deux jours, 48 vaches). En calculant des frais de construction de Frs. 400.- par m³, on arrive ainsi, pour la chambre à lait, à des frais d'investissement de Frs. 7'000.- - Frs. 15'000.-

4.2 Frais annuels

Les frais annuels se composent d'une part des frais fixes (amortissement, intérêts, réparations et assurance) qui se calculent sur le prix d'achat, et d'autre part des frais variables qui dépendent de l'utilisation et du procédé. Il faut compter 16,25% de frais fixes pour les installations de réfrigération et 8% pour la chambre à lait.

4.2.1 Frais fixes annuels

En cas de refroidissement par froid naturel, les frais fixes annuels varient entre Frs. 60.- et Frs. 300.-,

suivant le nombre de bidons (voir tableau 5). Les frais fixes des installations de réfrigération dépendent du procédé, de la contenance

du récipient, du genre de réfrigération (directe ou indirecte) ainsi que du nombre de traites (voir tableau 6). Pour ce qui concerne la chambre à lait, on arrive à des frais fixes de Frs. 24.- par m³ et par an (en calculant des frais de construction de Frs. 400.- par m³ et un taux de 8%).

4.2.2 Frais variables

Les frais variables des procédés à appliquer lorsque le lait est livré deux fois par jour, dépendent de la quantité d'eau exigée pour le refroidissement et le nettoyage ainsi que des besoins en détergent. La quantité d'eau exigée pour refroidir un litre de lait à 3° C au-dessus de la température de l'eau de refroidissement varie d'une exploitation à l'autre, suivant la méthode. Elle peut aller de 3 l/min (refroidisseur en bidon ou à plaques) jusqu'à 15 l/min (collier de ruissellement, bassin).

Le tableau 7 montre la consommation d'eau par 100 litres de lait et par bidon de 40 litres à l'exemple du refroidisseur en bidon et du collier de ruissellement, cela avec un

Tableau 7: Consommation d'eau pour le refroidissement

Dispositif de refroidissement	Refroidisseur en bidon		Collier de ruissellement à perforations	
Eau de refroidissement par 1 l de lait	3,3 l	6,0 l	8,0 l	15,0 l
Consommation d'eau pour bidon de 40 l	132 l	240 l	320 l	600 l
Consommation d'eau pour 100 l de lait	330 l	600 l	800 l	1500 l

Tableau 8: Quantité d'eau et de détergent exigée pour le nettoyage des bidons

Quantité de lait		Eau		Détergent	
Bidons/livraison	l/an	m³/an	l/100 l de lait	kg /an	g/100 l de lait
1	29 200	11	37	36	120
2	58 400	16	27	45	77
3	87 600	21	24	54	62
4	116 800	26	22	63	54
5	146 000	31	21	72	49
6	175 200	36	21	81	46
7	204 400	41	20	90	44

Tableau 9: Besoins d'électricité pour la réfrigération et la conservation de 100 l de lait (valeurs moyennes)

Degré d'utilisation des récipients	Citerne de ferme avec réfrigérateur à immersion		Cuve réfrigérante - Tank de réfrigération	
	1 traite	2 traites	Réfrigération directe	Réfrigération indirecte
Utilisation: - pleine	2,20 kWh	2,80 kWh	1,80 kWh	2,40 kWh
- à moitié	2,80 kWh	3,50 kWh	2,20 kWh	2,80 kWh

débit d'eau moyen et un débit maximal.

La quantité d'eau exigée pour le nettoyage des bidons et les besoins en détergent sont spécifiés dans le tableau 8.

Les frais variables de la réfrigération par froid artificiel se composent des besoins d'électricité pour la réfrigération et la conservation du lait réfrigéré d'une part, et de la consommation d'eau et de détergent pour le nettoyage d'autre part. Les besoins d'électricité pour la réfrigération et la conservation de 100 litres de lait dépendent du procédé et du dispositif de réfrigération ainsi que de la marque et du degré d'utilisation de l'installation; ils varient entre 1.23 et 4.95 kW. Les valeurs indiquées dans le tableau 9 sont des valeurs moyennes.

La quantité d'eau et de détergent exigée pour le nettoyage de l'installation de réfrigération dépend davantage de l'homme chargé de ce travail que de la méthode et de la capacité de l'installation. Selon nos analyses, un nettoyage exige environ 40 l d'eau. La consommation d'eau annuelle s'élève à 15 m³ avec deux traites et à 7 m³ avec quatre traites. Avec un dosage de 0,5%, les besoins annuels en détergent vont de 18 kg (quatre traites) jusqu'à environ 36 kg (deux traites).

5. Calculs-types des frais des différents procédés

Les trois exemples ci-dessous se basent sur les taux et les prix suivants:

- amortissement, intérêt, réparations, assurance: 16.25% du prix d'achat
- frais de construction de la chambre à lait: 8% du prix d'achat
- prix du courant électrique: Frs. -.16/kWh
- prix de l'eau: Frs. -.60/m³
- prix du détergent: Frs. 4.10/kg

- frais de main-d'œuvre: Frs. 17.50/h

Les calculs ont été établis sur la base de nos données. Chaque agriculteur peut utiliser «ses» chiffres et calculer, selon nos exemples, les frais à compter sur son exploitation.

6. Récupération de chaleur lors de la réfrigération par froid artificiel

Les installations de réfrigération traditionnelles sont munies d'un condenseur, refroidi à l'air, par lequel la chaleur produite lors de la

Exemple 1: Entreposage et réfrigération du lait en bidons ou dans une citerne de ferme

Quantité journalière: jusqu'à 240 l de lait

Quantité annuelle 70 000 l de lait

Entreposage		Bidons	Citerne de ferme
Nombre de livraisons par jour		2	1
Contenance des récipients		3 à 40 l	250 l
Prix d'achat		Frs. 861.-	5750.-
Calcul des frais		Frs.	Frs.
Frais fixes par an			
Récipients		140.-	934.-
Bâtiment	17 m ³ à Frs. 32.--	—	408.-
Frais variables pour 70 000 l de lait			
Réfrigération			
Eau pour refroidisseur en bidon avec 3,3 l d'eau / 1 l de lait,	231 m ³ à Frs. -.60	139.-	—
Courant électr. pour réfrigérateur à immersion (traite complète)	1960 kWh à Frs. -.16	—	314.-
Nettoyage de la citerne			
Eau	15 m ³ à Frs. -.60	—	9.-
Détergent	36 kg à Frs. 4.10	—	148.-
Nettoyage des bidons			
Eau	21 m ³ à Frs. -.60	13.-	—
Détergent	54 kg à Frs. 4.10	221.-	—
Sous-total		513.-	1813.-
Travail			
Nettoyage	90 h à Frs. 17.50	1575.-	—
	49 h à Frs. 17.50	—	858.-
Total pour 70 000 l de lait		2088.-	2671.-
Par 100 l de lait		2.98	3.82

Exemple 2: Transport du lait vers le point de ramassage

Distance (ferme - point de ramassage):	500 m
Inclinaison de la route:	0 %
Vitesse (avec tracteur):	18 km/h
Poids:	200 kg

Moyen de transport	Chariot à main	Tracteur
Nombre de livraisons par jour	2	2
	Frs.	Frs.
Frais fixes, par an	—	—
Frais variables, par an		
tracteur	41 h à Frs. 5.59	— 229.-
Sous-total	—	229.-
Frais de main-d'œuvre		
	215 h à Frs. 17.50	3762.-
	52 h à Frs. 17.50	— 910.-
Total, par an	3762.-	1139.-

réfrigération du lait se dégage dans l'atmosphère environnante sans être utilisée. Or, il est techniquement possible de récupérer la chaleur libérée (énergie) pour la préparation d'eau chaude.

6.1 Systèmes de préparation d'eau chaude

Afin que la chaleur dégagée au condenseur puisse être transmise à l'eau de consommation, le condenseur doit fonctionner en tant qu'échangeur de chaleur (voir fig. 7). Etant donné que la réfrigération du lait n'a pas lieu continuellement, mais seulement deux fois par jour, pendant trois heures environ, et que la chaleur à récupérer ne se produit donc que pendant environ six heures par jour, l'eau chaude doit être accumulée. C'est pourquoi il faut installer le condenseur soit contre la paroi d'un réservoir à eau chaude, soit dans un récipient séparé.

6.2 Quantité de chaleur dégagée par la réfrigération du lait

Il faut 4.2 kJ (1 kcal) pour augmenter la température d'un litre d'eau (ou de lait) d'un degré C. La réfrigération d'un litre de lait de 32° C à 4° C dégage donc 117 kJ de chaleur. S'y ajoute l'énergie qui est consommée par le compresseur de la

machine frigorifique et qui se produit également en tant que chaleur dans le condenseur.

6.3 Calcul de rentabilité

La limite de rentabilité d'une installation de récupération de chaleur est difficilement chiffrable, car elle dépend d'une quantité de circonstances spécifiques de chaque exploitation (possibilités d'installation, besoins d'eau, etc.).

La production de 300 litres d'eau chaude à l'aide d'un chauffe-eau électrique exige 13.3 kWh d'énergie électrique par jour (rendement du chauffe-eau = 0.9). Supposé

Exemple 3: Entreposage et réfrigération de deux et de quatre traites

Quantité laitière annuelle:	140 000 l
Quantité laitière journalière, en moyenne:	385 l
Volume d'entreposage prévu: - pour deux traites	500 l
- pour quatre traites	1000 l

Entreposage de	2 traites	4 traites
Procédé	Citerne de ferme avec réfrigérateur à immersion	Cuve réfrigérante réfr. directe Cuve réfrigérante réfr. directe Cuve réfrigérante réfr. indirecte Tank de réfrigération réfr. directe
Prix d'achat	Frs. 8500.-	8000.- 10800.- 11500.- 16650.-
Frais fixes, par an	Frs.	Frs.
Installation de réfrigération	1381.-	1300.- 1755.- 1869.- 2706.-
Bâtiment: 27,5 m³ à Frs. 32.-	660.-	660.- — — —
30,0 m³ à Frs. 32.-	—	— 720.- 720.- 720.-
Frais variables pour 140 000 l de lait		
Courant électr. pour réfrigération		
3920 kWh à Frs. -.16	627.-	— — — —
2520 kWh à Frs. -.16	—	403.- 403.- — 403.-
3360 kWh à Frs. -.16	—	— — 538.- —
Eau pour nettoyage:		
15 m³ à Frs. -.60	9.-	9.- — — —
7 m³ à Frs. -.60	—	— 4.- 4.- 4.-
Produit de nettoyage:		
36 kg à Frs. 4.10	148.-	148.- — — —
18 kg à Frs. 4.10	—	— 74.- 74.- 74.-
Sous-total	2825.-	2520.- 2956.- 3205.- 3907.-
Travail		
Nettoyage:		
49,0 h à Frs. 17.50	858.-	— — — —
35,0 h à Frs. 17.50	—	612.- — — —
18,0 h à Frs. 17.50	—	— 315.- 315.- 315.-
Total pour 140 000 l de lait	3683.-	3132.- 3271.- 3520.- 4222.-
Par 100 l de lait	2.63	2.24 2.34 2.51 3.01

Tableau 10: Frais annuels d'une installation de récupération de chaleur et d'un chauffe-eau électrique.
Températures de l'eau chaude: 50° C et 65° C.
Volume du réservoir: 300 l.

		Installation de récupération de chaleur		Chauffe-eau électrique	
		50° C	65° C	50° C	65° C
Prix d'achat	Frs.	4300.-	4600.-	3000.-	3000.-
Amortissement en 15 ans	Frs.	290.-	310.-	200.-	200.-
Intérêts	Frs.	155.-	165.-	110.-	110.-
Frais de courant électr.	Frs.	—	205.-	515.-	715.-
Divers *)	Frs.	90.-	90.-	75.-	75.-
Total par année	Frs.	535.-	770.-	900.-	1100.-

*) Frais du bâtiment, assurance-incendie, réparations, entretien

qu'environ 92% de cette énergie soient utilisés au prix du tarif de nuit (1 kWh = Frs. -.09) et 8% au prix du tarif de jour (1 kWh = Frs. -.16), il résulte des frais de courant électrique de Frs. 515.- par an (voir tableau 10).

Le tableau 10 montre la comparaison entre l'installation de récupération de chaleur et le chauffe-eau électrique sur la base des frais annuels. Le calcul a été fait pour des températures de 50° C et de 65° C. Si l'on veut chauffer l'eau jusqu'à 65° C, il faut prévoir une installation

de récupération de chaleur avec chauffage supplémentaire.

7. Conclusions

Sans considération des frais de transport, il est avantageux, en cas de deux livraisons par jour, de refroidir le lait par froid naturel, c'est-à-dire au moyen d'eau froide. Une réorganisation ayant pour but de

refroidir et de conserver deux ou même quatre traites exige l'acquisition d'une installation de réfrigération.

Les installations à réfrigération directe exigent moins d'énergie que celles à réfrigération indirecte et occasionnent donc moins de frais. La cuve à réfrigération directe est également plus économique que la citerne de ferme avec réfrigérateur à immersion.

Malgré tout l'intérêt qu'on porte à la récupération de chaleur, l'opération de refroidissement du lait doit absolument garder la priorité. Il n'est p.ex. pas justifié d'accepter une prolongation de la durée de refroidissement pour gagner quelques degrés d'eau chaude. Il ne faut pas oublier qu'un apport supplémentaire d'eau chaude, quoiqu'agréable, ne constitue pas le premier des buts d'une installation de réfrigération; il ne doit donc en aucun cas s'obtenir aux dépens du refroidissement du lait, sans parler de l'usure du compresseur ni de la consommation accrue d'énergie.

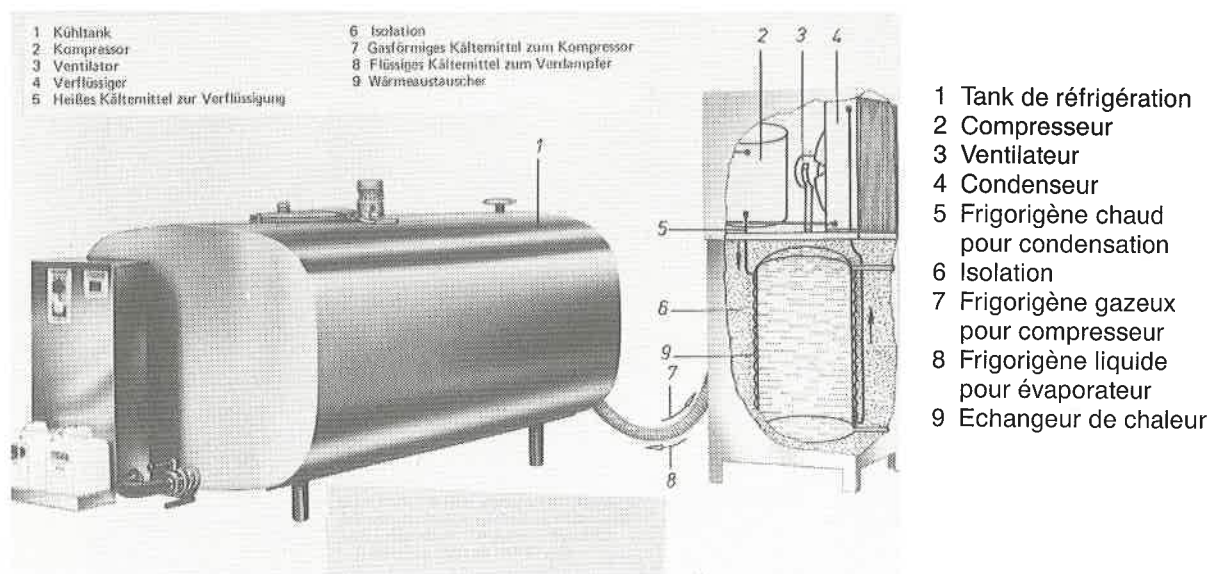


Fig. 7: Tank de réfrigération avec nettoyage automatique et récupération de chaleur.