

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse  
**Herausgeber:** Technique agricole Suisse  
**Band:** 38 (1976)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Technique du refroidissement du lait  
**Autor:** Flückiger, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1083931>

### **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>**

## Technique du refroidissement du lait

Exposé de E. Flückiger, Dr, Station fédérale de recherches laitières, Liebefeld

### Importance du refroidissement du lait

Dans le domaine de la récolte du lait, les exigences relatives à la qualité ont pour but de maintenir le lait autant que possible dans l'état où il sort d'un pis sain, cela jusqu'au travail de transformation ultérieur. A sa sortie de la mamelle, le lait risque avant tout d'être altéré mécaniquement et bactériologiquement. Aussi est-il particulièrement important de le traiter avec soin et de faire en sorte que le nombre de germes microbiens qu'il contient reste faible. Ce nombre dépend, d'une part, du degré de pollution bactérienne existant lors de la traite, d'autre part, de la mesure dans laquelle les germes polluants se multiplient après la traite. Arriver à ce que le nombre de germes microbiens que renferme le lait demeure peu important est avant tout une question de nettoyage. Le but du refroidissement consiste à empêcher les germes — lesquels peuvent venir polluer le lait même dans des conditions hygiéniques favorables — de proliférer dans une grande proportion. Il importe de se rappeler à cet égard que le lait s'altère d'autant plus vite, même en étant refroidi à basse température, que la quantité de germes qu'il contenait au début de la réfrigération était plus élevée.

### Influence du nombre de germes se trouvant dans le lait au début du refroidissement sur la multiplication de ces germes durant un entreposage à basse température (Forster)

Température d'entreposage °C	Nombre total de germes au cm <sup>3</sup> (ml)			
	Lait frais	après 24 h	après 48 h	après 72 h
env. 4	4 300	4 100	4 500	8 400
env. 4	40 000	88 000	121 800	186 000
env. 4	135 000	281 000	538 000	750 000
env. 10	4 300	13 900	127 000	5,7 mio
env. 10	40 000	177 400	831 600	1,7 mio
env. 10	135 000	1,2 mio	13 mio	25,6 mio

### Termes utilisés en physique

En physique, on ne connaît pas la notion «froid». C'est la raison pour laquelle l'échelle de température Kelvin (Figure 1) n'a pas de valeurs négatives. Le refroidissement du lait est donc un processus durant lequel intervient une extraction d'énergie calorifique et non pas un apport d'énergie frigorifique. La température représente le degré de chaleur d'un corps et la calorie (cal) l'unité de quantité de chaleur. (Depuis peu, cette unité a été remplacée par le joule (symbole J), 1 cal étant égale à 4,187 J). La chaleur spécifique représente la quantité de chaleur qui s'avère nécessaire pour élever de 1° C la température d'un corps de 1 kg. La même quantité de chaleur doit être évacuée lors du refroidissement. L'eau a une chaleur spécifique de 1,0 et le lait de 0,94. On peut dire que 1 kcal (kilocalorie) doit être pratiquement extraite par kg de lait et degré (° C) d'abaissement de la température. S'il faut par exemple réfrigérer 100 kg de lait pour ramener leur température de 35 à 4° C, la quantité de chaleur à évacuer représente 3100 kcal.

Sans force extérieure contraignante, un transfert de chaleur ne peut se faire que d'un corps plus chaud

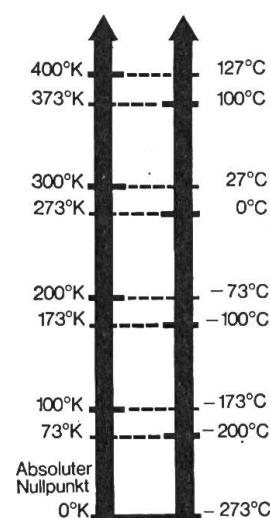
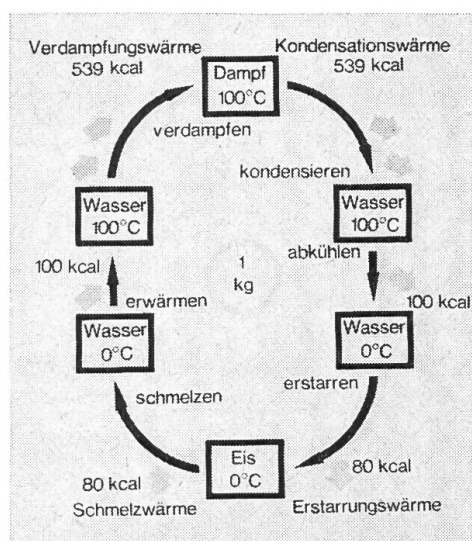


Fig. 1:  
Echelle thermométrique  
Kelvin et Celsius.

Absoluter Nullpunkt = Zéro absolu



Verdampfungswärme = Chaleur de vaporisation  
 Kondensationswärme = Chaleur de condensation  
 Dampf = Vapeur  
 verdampfen = vaporisation  
 kondensieren = condensation  
 Wasser = Eau  
 abkühlen = refroidissement  
 erwärmen = réchauffement  
 erstarren = congélation  
 schmelzen = fusion  
 Eis = Glace  
 Schmelzwärme = Chaleur de fusion  
 Erstarrungswärme = Chaleur de congélation

Fig. 2: Capacité calorifique de l'eau en fonction de son état physique (solide, liquide ou gazeux).

à un corps moins chaud. Les trois possibilités suivantes existent à cet égard: la conduction de la chaleur, l'écoulement de la chaleur (convection) et le rayonnement de la chaleur (analogue au rayonnement de la lumière). Pour le refroidissement du lait, le mouvement que prend artificiellement ce dernier (convection) sous l'influence d'un brassage, d'une circulation ou d'un ruissellement, constitue le plus important mode de transfert de la chaleur.

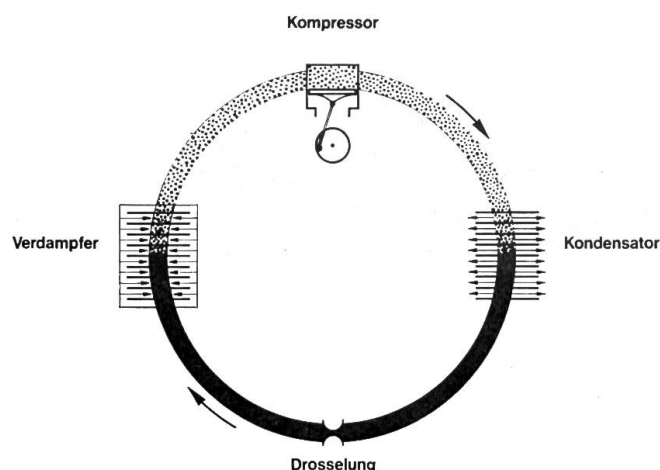
La quantité de chaleur pouvant être évacuée dans l'unité de temps dépend avant tout des facteurs suivants:

- des différences de température existant entre le lait et l'agent de refroidissement.
- des normes relatives au passage de la chaleur à travers une cloison (surface, épaisseur et conditions d'écoulement présentées par la cloison).

## Mode de fonctionnement des machines frigorifiques

Selon une loi de la physique, tout liquide qui passe à l'état gazeux absorbe de la chaleur (chaleur d'évaporation) et tous les corps gazeux dégagent de la chaleur lorsqu'ils passent à l'état liquide (chaleur de condensation) (Figure 2 et Figure 3).

En choisissant un liquide qui bout sous la pression atmosphérique à une température inférieure à celle que l'on doit produire, il se vaporise à cette température plus basse (évaporateur) en absorbant de la



Kompressor = Compresseur      Kondensator = Condenseur  
 Verdampfer = Évaporateur      Drosselung = Etranglement

Fig. 3: Circuit de l'agent de réfrigération dans une installation de refroidissement.

Fig. 4: Chiffres de base concernant la récolte et le ramassage du lait (1973)

Producteurs de lait	92'875
Vaches laitières	889'000
Lait livré au commerce (millions de quintaux)	27
Vaches par propriétaire	9,6
Production laitière par vache et par jour (kg)	10
Exploitations avec plus de 10 vaches (%)	38
Vaches dans les exploitations avec plus de 10 vaches (%)	66
Fromageries (Union suisse du commerce de fromage)	1'313
Centres collecteurs	3'130
Eloignement (producteur-centre collecteur (m))	800
Fournisseurs par centre collecteur	19
Lait par centre collecteur et par jour (kg)	1'600
Lait par fournisseur et par jour (kg)	85
Lait par ha de terres cultivées (sans forêt) (kg)	1'338
Livraison du lait 2 fois par jour (%)	90
Livraison du lait 1 fois par jour (%)	10
Refroidissement à basse température chez le producteur (%)	3
Refroidisseurs de bidons (%)	45
Refroidisseurs à immersion (%)	40
Cuves de refroidissement (%)	15
Lait transformé en fromage (%)	41
Lait de consommation et yogourt (%)	25
Crème de consommation (%)	11
Lait transformé en beurre (%)	16

chaleur du milieu ambiant. En aspirant ensuite la vapeur et en la mettant sous pression (compresseur), il redevient liquide déjà avec l'abaissement de sa température jusqu'à celle du milieu ambiant (condenseur) en perdant la chaleur d'évaporation absorbée (chaleur de condensation). En détendant alors ce liquide qui se trouve encore sous pression pour le ramener à la pression normale (soupape d'injection ou soupape d'étranglement), le cycle évaporation-liquéfaction, avec absorption et cession de chaleur, peut commencer à nouveau.

### Vue d'ensemble des méthodes de refroidissement du lait

Il convient de faire tout d'abord une distinction entre le rafraîchissement et le refroidissement à basse température du lait (Voir le Tableau des principales méthodes de refroidissement) (Figure 5). Par rafraîchissement, il faut entendre une réfrigération du lait avec de l'eau courante froide qui abaisse sa température jusqu'à 3° C au-dessus de celle de

cette eau (température du lait ramenée par exemple à 15° C avec une température de l'eau de 12° C). Par refroidissement à basse température, on entend une réfrigération du lait par machine frigorifique qui abaisse sa température jusqu'à 4° C. Ces 4° C doivent être atteints dans un laps de temps de 3 heures et automatiquement maintenus jusqu'à la livraison du lait.

Il est possible de combiner un rafraîchissement avec un refroidissement à basse température. Si la livraison du lait a lieu deux fois par jour, son rafraîchissement se montre suffisant. Un refroidissement à basse température est par contre indispensable avec une livraison moins fréquente.

### Rafraîchissement du lait avec de l'eau courante froide

Les méthodes de rafraîchissement les plus importantes sont les suivantes (Figure 6 et Figure 7):

- Rafraîchissement dans un bassin de fontaine (refroidissement par immersion).

Fig. 5  
Vue d'ensemble des principales méthodes de refroidissement

Méthode	Appareil ou installation	Récipient à lait
1. Réfrigération avec de l'eau courante froide (rafraîchissement)		
Refroidissement par immersion	Bassin avec amenée et évacuation d'eau	Bidons
Refroidissement par ruissellement	Collier, couronne et turbine	Bidons, citerne de ferme
Refroidissement par circulation	Refroidisseur à plaques	Bidons, citerne de ferme
2. Réfrigération indirecte avec machine frigorifique (refroidissement à basse température)		
Refroidissement par bain	Bassin à eau glacée	Cuve, bidons
Refroidissement par ruissellement	Collier, couronne et turbine	Bidons, citerne de ferme
	Récipient avec chemise d'eau	Bidons, citerne de ferme
Refroidissement par circulation	Refroidisseur à plaques	Bidons, citerne de ferme, cuve
3. Réfrigération directe avec machine frigorifique (refroidissement à basse température)		
Évaporateur plongé directement dans le lait	Refroidisseur à immersion	Bidons, citerne de ferme
Évaporateur en contact avec la paroi du récipient	Cuve, réservoir	Cuve, réservoir

Eau de robinet

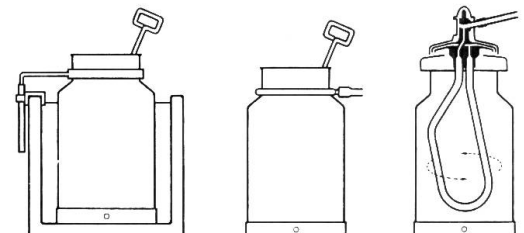


Fig. 6: Refroidissement du lait en bidons: dans bassin de fontaine, par collier de ruissellement, par couronne de ruissellement et turbine hydraulique immergée.

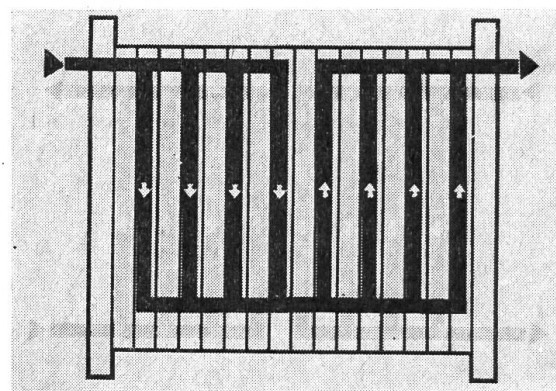


Fig. 7: Refroidisseur à plaques.

- Rafraîchissement avec collier de ruissellement (refroidissement par ruissellement).
- Rafraîchissement avec couronne de ruissellement et turbine (refroidissement par ruissellement).
- Rafraîchissement avec refroidisseur à plaques (refroidissement par circulation).

La méthode la moins efficace est celle de la réfrigération dans un bassin de fontaine et celle qui s'avère la plus efficace celle de la réfrigération par un refroidisseur à plaques.

**Durée de la réfrigération et consommation d'eau pour le rafraîchissement de 40 l de lait en vue de ramener leur température à 30° C au-dessus de celle de l'eau de refroidissement**

Méthode	Durée du rafraîchisse- ment relation	mn	Consomma- tion d'eau par litre de lait
Bassin de fontaine (avec brassage)	100	110	11
Collier de ruissellement (avec brassage)	73	80	8
Couronne de ruissellement (avec brassage)	36	40	4
Refroidisseur à plaques	9	10	3

L'efficacité du rafraîchissement est influencée par les facteurs suivants:

- Intensité du brassage du lait dans les bidons.
- Ecoulement de l'eau sur la face extérieure des bidons dans le bassin de la fontaine.
- Mouillage de la face extérieure des bidons avec les méthodes de ruissellement.
- Régularité de l'arrivée du lait avec les refroidisseurs à plaques.

Avec les colliers de ruissellement et les couronnes de ruissellement, le débit d'eau devrait être ramené à 5–6 litres-minute par appareil. En ce qui concerne les bassins et les bacs, il faut compter avec un débit minimal de 10–20 litres d'eau à la minute selon leur grandeur.

Les refroidisseurs à plaques sont constitués de faisceaux de plaques. Le lait et l'eau coulent en sens contraire à l'intérieur de ces faisceaux. La puissance frigorifique de tels appareils peut être adaptée aux diverses exigences en modifiant le nombre et la

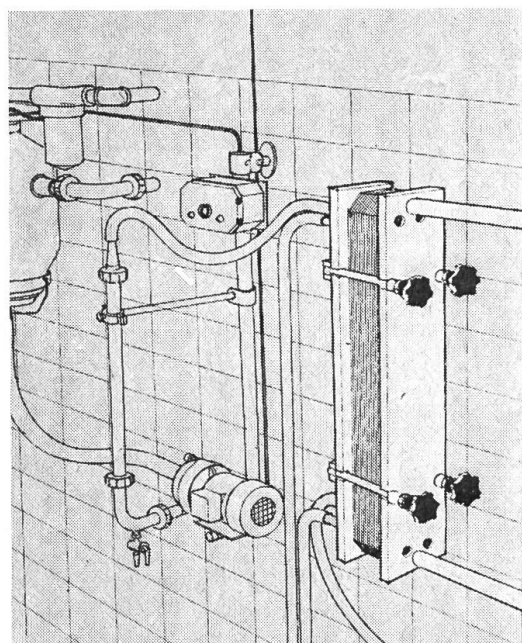


Fig. 8: Refroidisseur à plaques incorporé à une installation de traite avec conduite à lait.

disposition des plaques. Les refroidisseurs à plaques n'entrent en considération que pour les exploitations où l'installation de traite est du type à conduite à lait, du fait qu'ils peuvent être nettoyés avec l'installation sans occasionner de dépense de travail excessive (Figure 8).

**Refroidissement direct ou indirect à basse température**

Le refroidissement du lait à basse température se fait selon le système direct (sans agent de refroidissement) ou selon le système indirect (avec de l'eau glacée comme agent de refroidissement). Les machines frigorifiques indispensables des deux systèmes qu'on utilise à cet effet fonctionnent de la manière indiquée plus haut.

Lors du refroidissement direct, les surfaces d'échange de l'évaporateur se trouvent en contact thermique direct avec le lait ou le récipient à lait. La chaleur nécessaire pour la vaporisation de l'agent de refroidissement est donc prise directement du lait.

Lors du refroidissement indirect ou refroidissement par eau glacée, l'évaporateur se trouve dans un bain d'eau glacée. Une réserve de glace s'accumule sur sa surface. La réfrigération du lait a lieu par la circulation de l'eau glacée et la fusion de la réserve

Fig. 9

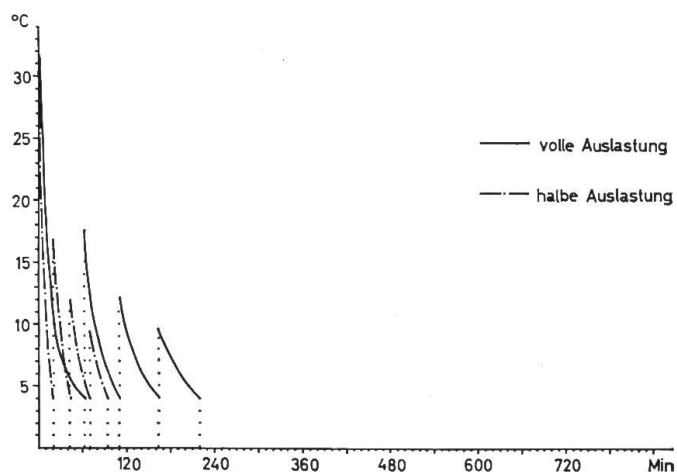
### Comparaison entre les systèmes de réfrigération indirecte et directe

Caractéristiques	Refroidissement	
	indirect	direct
Puissance connectée (kW)	moins élevée	plus élevée
Grandeur de la machine	moins grande	plus grande
Puissance frigorifique par 100 l de lait	700 kcal/h	1.700 kcal/h
Durée de fonctionnement de la machine	plus longue	moins longue
Consommation de courant électrique	plus élevée	moins élevée
Utilisation du courant de nuit	davantage	moins
Pertes de froid	plus élevées	moins élevées
Température de vaporisation	moins favorable	favorable
Vitesse de refroidissement (au début)	plus élevée	moins élevée
Réserve de froid	grande	néant
Rapport eau-lait	2 : 1	inutile
Possibilités d'extension	plus grandes	moins grandes
Exigences d'entretien	plus grandes	moins grandes
Formation de glace dans le lait (risques)	aucun risque	risques existants

de glace. Les deux systèmes présentent des avantages et des inconvénients (Voir la comparaison ci-contre) (Figure 9).

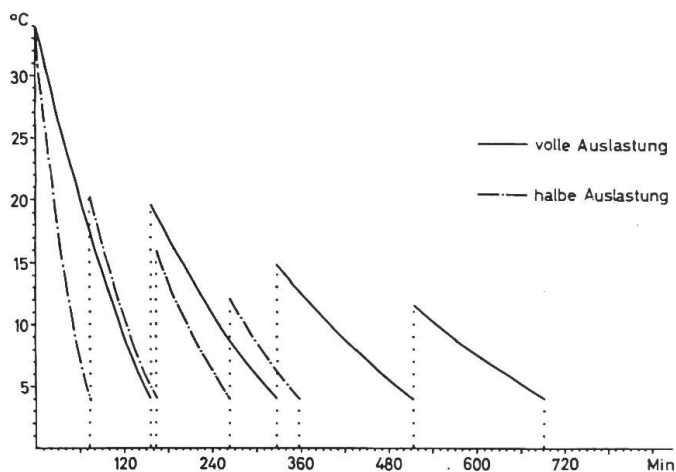
### Exigences posées aux installations de refroidissement à récipient

Les exigences que l'on doit poser aux installations de réfrigération avec récipient sont actuellement



volle Auslastung = Récipient complètement rempli  
halbe Auslastung = Récipient à moitié rempli  
Min. = mn

Fig. 10: Courbes de refroidissement (4 traites) avec réfrigération indirecte et grande réserve de glace.



volle Auslastung = Récipient complètement rempli  
halbe Auslastung = Récipient à moitié rempli  
Min. = mn

Fig. 11: Courbes de refroidissement (4 traites) avec réfrigération directe et sans réserve de froid.

établies à nouveau par un groupe de travail international (CICICI). On trouvera ci-dessous un extrait du dernier projet de normes élaboré par ce groupe et qui a été soumis aux divers intéressés pour préavis:

**Temps de refroidissement.** Une réfrigération du lait d'une traite portant sa température de 35 à 4° C ne doit durer que 3 heures, tout au plus, avec une température ambiante allant de 5 à 32° C. Après avoir ajouté le lait de la seconde traite, le refroidissement de la totalité du lait de la journée par abaissement de sa température de 10 à 4° C ne doit durer que 90 minutes, au maximum.

**Réserve de glace.** Avec les installations de réfrigération prévues pour le lait de deux traites, la réserve de glace doit s'avérer suffisante pour refroidir le 60% du contenu du récipient. Cette réserve de glace doit suffire pour refroidir le 30% du contenu du récipient avec les installations conçues pour le lait de 4 traites. D'autre part, il faut que le contrôle aisé de la réserve de glace, le renouvellement facile de l'eau glacée et une résistance suffisante du récipient à l'éclatement (en cas de dérangement provoquant la congélation totale de l'eau) soient assurés.

**Formation de glace dans le lait.** Avec une quantité de lait qui représente 10 à 100% du



volume utile du récipient, aucune formation de glace dans le lait ne doit se produire.

**Température du lait.** Entre deux opérations de refroidissement, il ne faut pas que la température moyenne du lait dépasse  $4^{\circ}\text{C}$ . En outre, la température maximale du lait ne doit pas excéder  $9^{\circ}\text{C}$ .

**Isolation.** Lorsque la machine frigorifique a été arrêtée et que la température ambiante est de  $32^{\circ}\text{C}$ , la température d'une quantité de lait correspondant au volume utile du récipient ne doit s'élever tout au plus que jusqu'à  $5^{\circ}\text{C}$  (depuis  $4^{\circ}\text{C}$ ) dans l'espace de 4 heures.

**Formation de grains de beurre.** Le mécanisme de brassage doit pouvoir mélanger efficacement le lait en 2 minutes, soit de telle manière que des différences supérieures à  $0,1\text{ g}$  par  $100\text{ g}$  de lait ne puissent exister. Il ne faut pas non plus que ce brassage provoque l'agglomération des globules butyreux en suspension dans le lait ou la formation d'écume à la surface de ce dernier.

**Indication de la température.** Des indications erronées du thermomètre ne doivent être que de  $1^{\circ}\text{C}$ , au maximum, entre  $+2^{\circ}\text{C}$  et  $+12^{\circ}\text{C}$ . Des erreurs sans effets nuisibles sont exigées entre  $-10^{\circ}\text{C}$  et  $+70^{\circ}\text{C}$ .

### Refroidissement indirect avec de l'eau glacée

La puissance frigorifique des installations de refroidissement par eau glacée ne dépend pas principale-

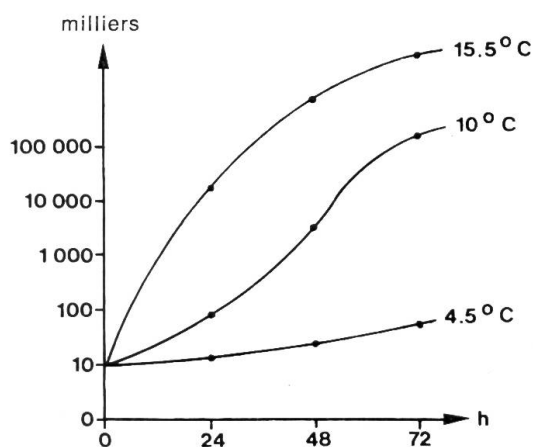


Fig. 12: Multiplication des germes microbiens en fonction de la température.

ment du rendement de travail de la machine frigorifique. Les facteurs déterminants à cet égard sont surtout les suivants:

- Le rapport existant entre la quantité de lait et tant la quantité d'eau glacée que la réserve de glace.
- La puissance de dégivrage (elle se mesure en unités de chaleur horaires qui deviennent utilisables par la fusion de la réserve de glace).

La puissance de dégivrage dépend de la surface de la glace et du courant qu'engendre la pompe à eau glacée. Toutes les installations de refroidissement par eau glacée doivent être pourvues d'une bonne pompe à eau glacée et permettre une sûre régulation de la réserve de glace. Un dépôt de glace d'une épaisseur supérieure  $2\text{--}3\text{ cm}$  se montre généralement peu économique. En raison du rapetisse-

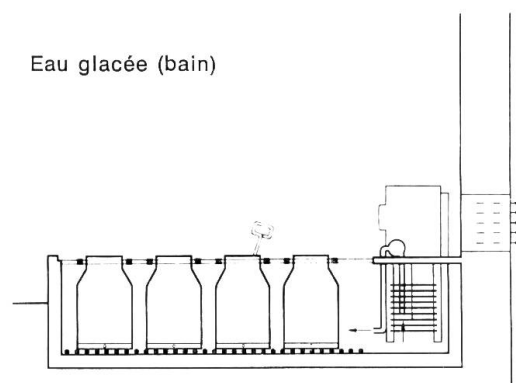


Fig. 13: Bassin à eau glacée avec appareil refroidisseur incorporé.

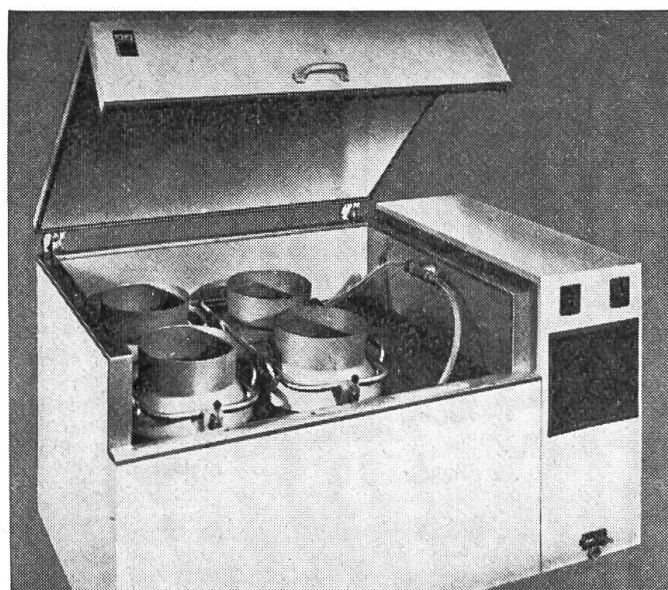


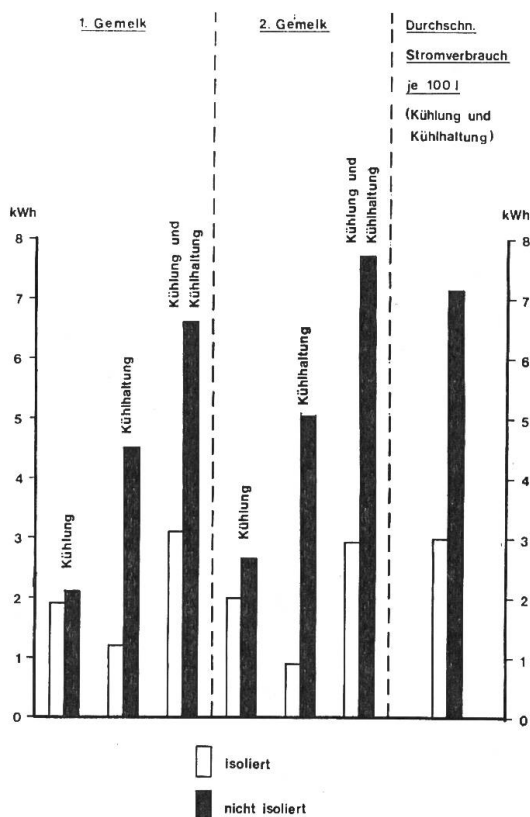
Fig. 14: Bassin à eau glacée avec couvercle.

ment de la surface, la formation d'un bloc de glace se traduit en outre par une très mauvaise puissance de dégivrage.

### Refroidissement du lait en bidons dans un bassin à eau glacée (Figure 13)

Les exigences suivantes doivent être posées à un bassin à eau glacée:

- Possibilités de nettoyage faciles (écoulement de l'eau).
- Eau transmettant bien la chaleur (pompe à eau glacée).



1. Gemelk = 1ère traite  
 2. Gemelk = 2ème traite  
 Durchschnittlicher Stromverbrauch je 100 l =  
 Consommation moyenne de courant électrique par 100 l  
 (refroidissement et maintien à basse température)  
 Kühlung = Refroidissement  
 Kühlhaltung = Maintien à basse température  
 Kühlung und Kühlhaltung =  
 Refroidissement et maintien à basse température  
 isoliert = Isolé  
 nicht isoliert = Pas isolé

Fig. 15: Le maintien du lait à basse température exige beaucoup d'énergie lorsque ce dernier est entreposé dans des récipients isolés.

- Refroidissement régulier, indépendamment de l'emplacement, de tous les bidons.
- Puissance frigorifique suffisante également après le renouvellement de l'eau glacée.
- Système de fixation nécessaire pour les bidons vides.
- Lattis à claire-voie, à poser sur le fond du bassin, pour les bidons.
- Bonne isolation (faible rayonnement de la chaleur) (Figure 15).
- Bonnes possibilités de contrôle du dépôt de glace.

Les nombreux modèles spéciaux de bassins à eau glacée qui existent sont conçus pour obtenir avant tout une diminution de l'ordre de 25% des pertes de froid ainsi qu'une amélioration de l'échange de chaleur entre le lait et l'eau (Figure 14).

### Cuves et réservoirs refroidis par eau glacée

Ces installations sont constituées d'un récipient intérieur (récipient à lait) et d'un récipient extérieur

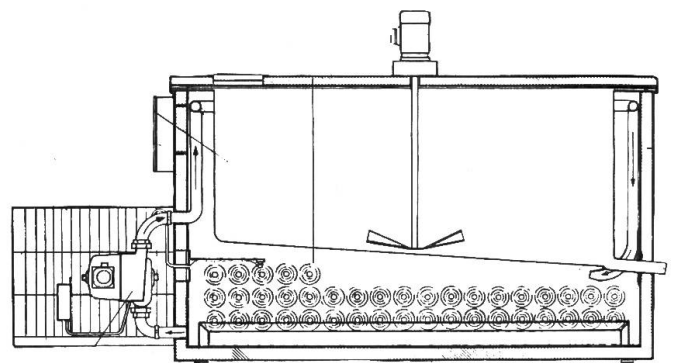


Fig. 16: Cuve de refroidissement avec ruissellement d'eau glacée.

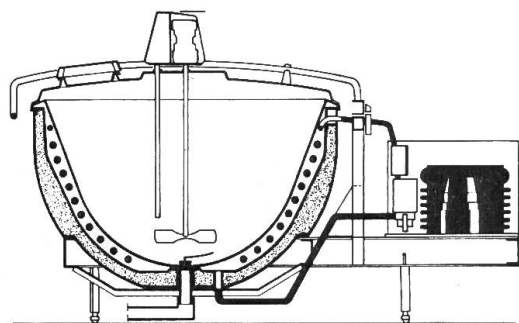


Fig. 17: Cuve de refroidissement avec circulation d'eau glacée.



isolé. L'eau glacée et l'évaporateur se trouvent généralement dans l'espace existant entre ces deux récipients. Le récipient intérieur des cuves et réservoirs de ce genre comporte l'un ou l'autre des systèmes suivants: refroidissement par ruissellement de l'eau glacée ou refroidissement par circulation de l'eau glacée. Dans le premier cas (Figure 16), l'eau glacée et l'évaporateur sont presque toujours logés dans la partie inférieure de l'espace libre. L'eau glacée ne se trouve en contact avec le récipient à lait que pendant son ruissellement. Ce dernier peut donc être très bien nettoyé avec des solutions chaudes. Dans le second cas (Figure 17), l'espace existant entre les deux récipients peut être continuellement rempli d'eau glacée (sur toute sa hauteur), à laquelle la pompe à eau glacée donne autant que possible un écoulement turbulent. Un nettoyage du récipient à lait avec des solutions chaudes n'est pratiquement pas possible avec un tel système. En revanche, le fait que l'eau glacée et ce récipient sont constamment en contact assure le maintien ultérieur du lait à basse température. La réserve de glace et l'échange de chaleur favorable entre les surfaces (la totalité de la face extérieure du récipient à lait est en contact avec l'eau glacée) permettent d'avoir des temps de refroidissement très courts.

### Refroidissement direct

Dans des conditions d'échange de chaleur comparables, c'est essentiellement le rendement de travail de la machine frigorifique qui, avec un refroidissement direct, détermine le déroulement du processus de réfrigération. Cela est dû au fait que des réserves de froid, telles qu'elles existent avec le refroidissement indirect, ne se trouvent pas à disposition dans ce cas.

### Refroidisseur à immersion (Figure 18)

L'évaporateur des refroidisseurs à immersion consiste en un cylindre creux qui est relié à la machine frigorifique par des tuyaux flexibles. On le plonge directement dans le lait. Etant donné que la surface d'évaporation est relativement faible, il faut que la vitesse d'écoulement du lait le long du cylindre soit élevée pour assurer une bonne transmission de la

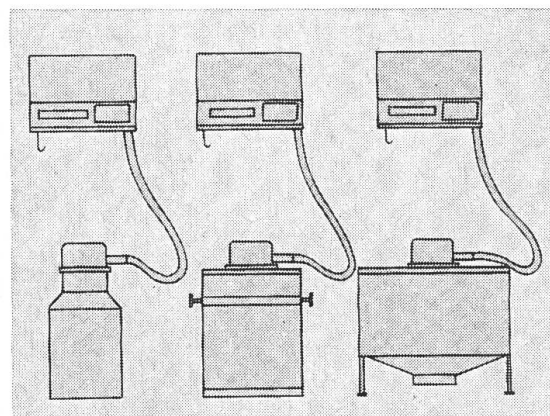


Fig. 18: Différentes possibilités d'emploi d'un refroidisseur à immersion.

chaleur. On peut l'obtenir avec un brasseur à haut régime de rotation (env. 1300 tr/mn) monté dans la partie inférieure du cylindre. D'après les expériences faites, il y a lieu de tenir compte des points suivants:

- Le risque d'une agglomération des globules butyreux augmente avec l'accroissement de la durée de la réfrigération. C'est pourquoi il faut s'efforcer d'arriver à ce que les temps de refroidissement soient courts. (Un appareil de 0,5 ch peut par exemple refroidir 40 l de lait, en ramenant sa température de 35 à 4° C, dans l'espace d'à peu près 1 heure).
- Une profondeur d'immersion trop faible augmente le risque d'une agglomération des globules butyreux et de la formation de glace. Aussi le refroidisseur ne devrait-il être mis en fonctionnement que si l'évaporateur est totalement recouvert de lait (la formation d'écume doit être considérée comme un signe d'avertissement) (Figure 19).
- Pour des raisons se rapportant à la dynamique des fluides, le risque d'une formation de glace s'accroît avec l'augmentation du diamètre du récipient. C'est pourquoi les récipients de grand diamètre doivent être déconseillés pour la réfrigération du lait avec des refroidisseurs à immersion. (Un brasseur supplémentaire ne donne généralement pas satisfaction).
- Un système automatique destiné au brassage ultérieur du lait se montre avantageux pour éviter des couches de température différente. (Cette

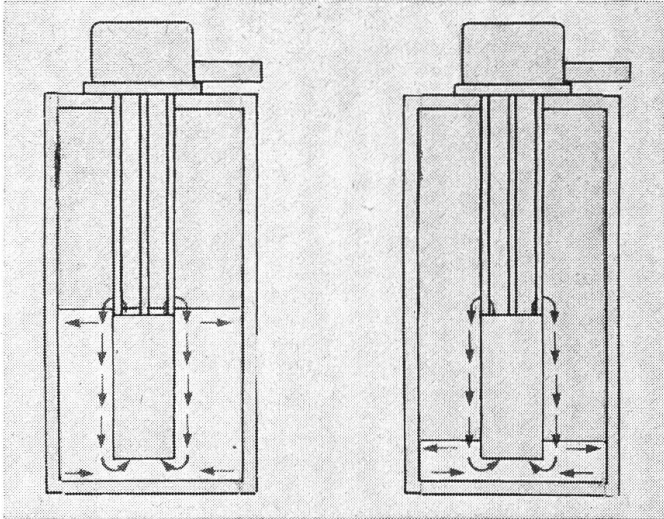


Fig. 19: Ecoulement du lait le long du cylindre d'un refroidisseur à immersion. (A droite, le cylindre n'est pas plongé assez profondément.)

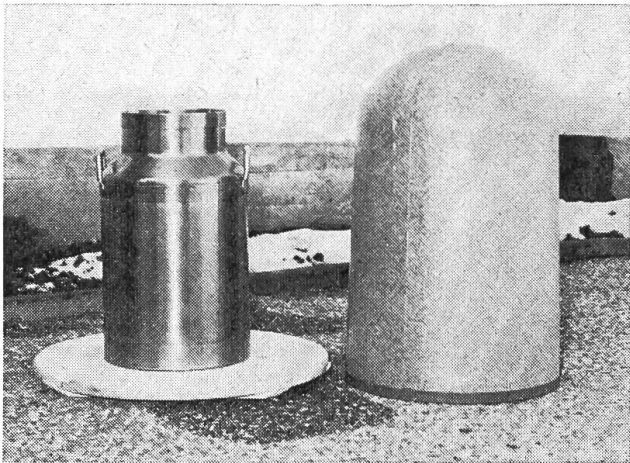
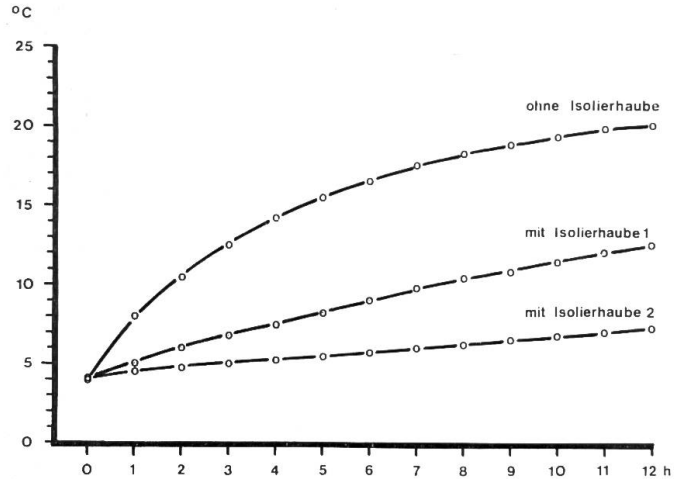


Fig. 20: Bidon à lait pourvu d'un capuchon isolant et posé sur une plaque (isolante).

remarque est également valable pour les autres appareils réfrigérants).

- Afin de faciliter le nettoyage, les évaporateurs devraient pouvoir supporter des solutions chaudes d'une température de 65° C.
- Pour la conservation au froid du lait en bidons pendant environ 10 heures, des capuchons isolants (en polystyrène cellulaire, par exemple) sont appropriés. L'effet de tels capuchons n'est toutefois pas satisfaisant si le fond des bidons n'est pas également isolé (par une plaque) (Figure 21).



ohne Isolierhaube = Sans capuchon isolant  
mit Isolierhaube = Avec capuchon isolant

Fig. 21: Réchauffement du lait avec et sans capuchon isolant (1 = sans plaque isolante, 2 = avec plaque isolante).

- Etant donné les fortes sollicitations mécaniques auxquelles le lait se trouverait soumis, la réfrigération du produit de 4 traites dans le même récipient doit être déconseillée avec un refroidisseur à immersion.

#### Cuves et réservoirs (refroidissement direct)

Dans les cuves et réservoirs qui comportent ce système, il y a un contact thermique direct entre l'évaporateur et le récipient intérieur (récipient à lait). L'espace existant entre le récipient intérieur et le récipient extérieur est rempli de matériau isolant (par exemple de polyuréthane cellulaire) (Figure 22). L'évaporateur se trouve généralement au fond de la

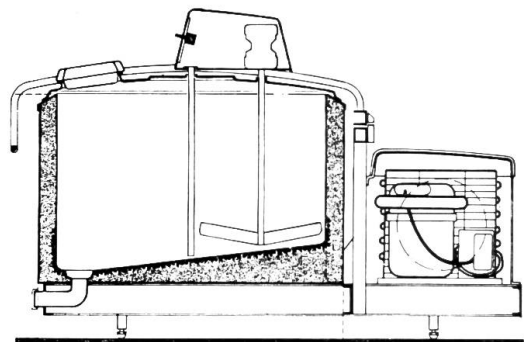


Fig. 22: Cuve à refroidissement direct (sans agent réfrigérant).

cuve, ce qui explique pourquoi on préfère les cuves à fond plat. Un brassage efficace du lait est indispensable non seulement pour optimiser le transfert de la chaleur, mais encore pour empêcher la congélation du lait. L'installation ne doit être mise en fonctionnement que si le récipient est rempli jusqu'à la hauteur nécessaire. Les mécanismes de brassage à pales d'une longueur représentant environ la moitié du diamètre du récipient et d'une vitesse de rotation de 40 à 60 tr/mn satisfont mieux les exigences relatives à l'échange de chaleur et au ménagement du lait que ceux qui comportent de courtes pales tournant à une vitesse élevée. Le fond de la cuve doit être suffisamment incliné pour assurer une vidange rapide et complète du récipient (Figure 22).

### Nettoyage et désinfection

Il convient d'observer ici les règles suivantes, déjà connues :

1. Le nettoyage doit être effectué avant le refroidissement!
2. Rincer immédiatement, avant que des restes sèchent et forment des dépôts.
3. Combiner si possible le nettoyage avec la désinfection au moyen de solutions ayant une température d'au moins 60° C.
4. Nettoyer une fois par semaine avec un solvant acide pour éviter la formation de dépôts et le développement d'une flore microbienne.
5. Eliminer tous les restes de produits détergents et désinfectants par un rinçage à fond.

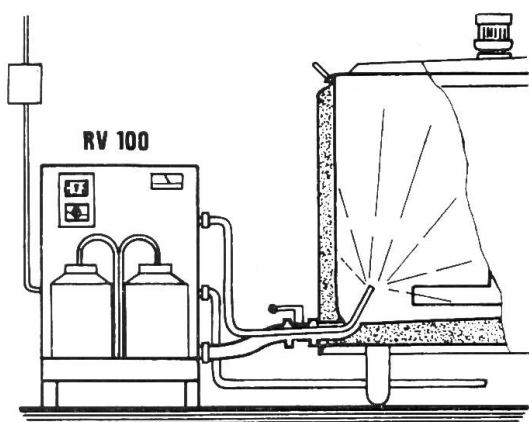


Fig. 23: Nettoyage automatique d'un réservoir par l'intermédiaire de la tubulure de vidange.

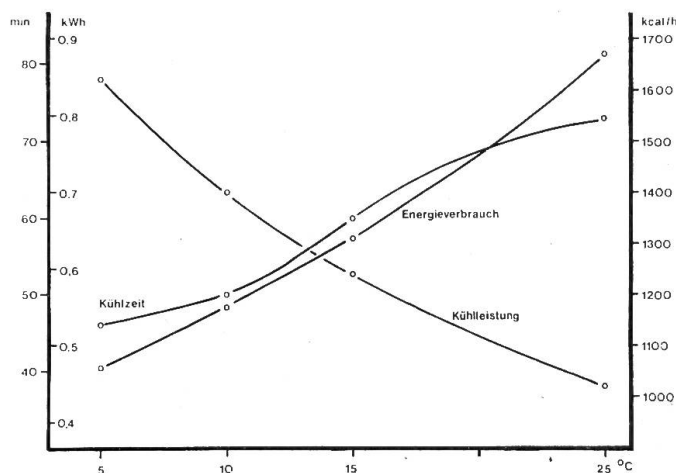
6. Contrôler la propreté des surfaces en contact avec le lait après chaque nettoyage effectué par le dispositif automatique.
7. Nettoyer à la main toutes les pièces qui ne peuvent être nettoyées par le dispositif automatique.

Les dispositifs de nettoyage automatiques sont raccordés à la cuve ou au réservoir par l'intermédiaire de la tubulure d'écoulement, du mécanisme de brassage ou de la tête de pulvérisation centrale (Figure 23). Le dosage des détergents et des désinfectants, ainsi que la température des solutions et la durée du nettoyage, peuvent être entièrement programmés mais exigent une stricte surveillance.

### Energie nécessaire

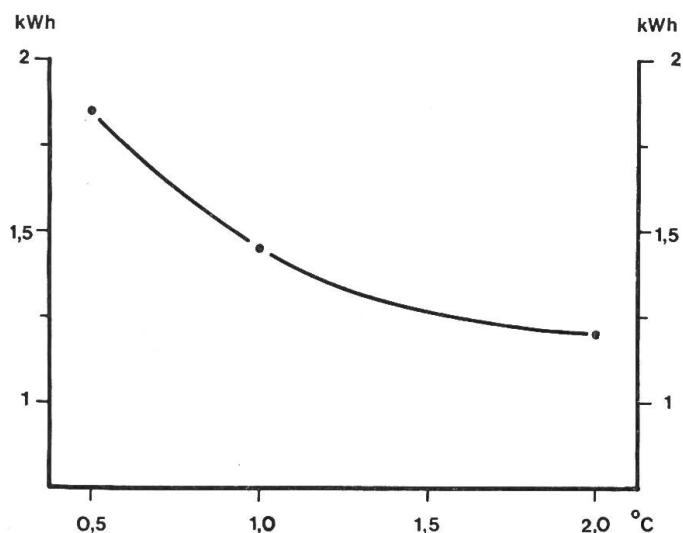
La consommation d'énergie pour la réfrigération de 100 kg de lait dépend de la quantité de chaleur à évacuer, de la grandeur de l'installation, des pertes de froid et d'un certain nombre de conditions de fonctionnement particulières. Les facteurs suivants entraînent surtout une consommation supérieure d'énergie :

- Température ambiante plus élevée (mauvais emplacement choisi pour l'installation et mauvaise ventilation) (Figure 24).



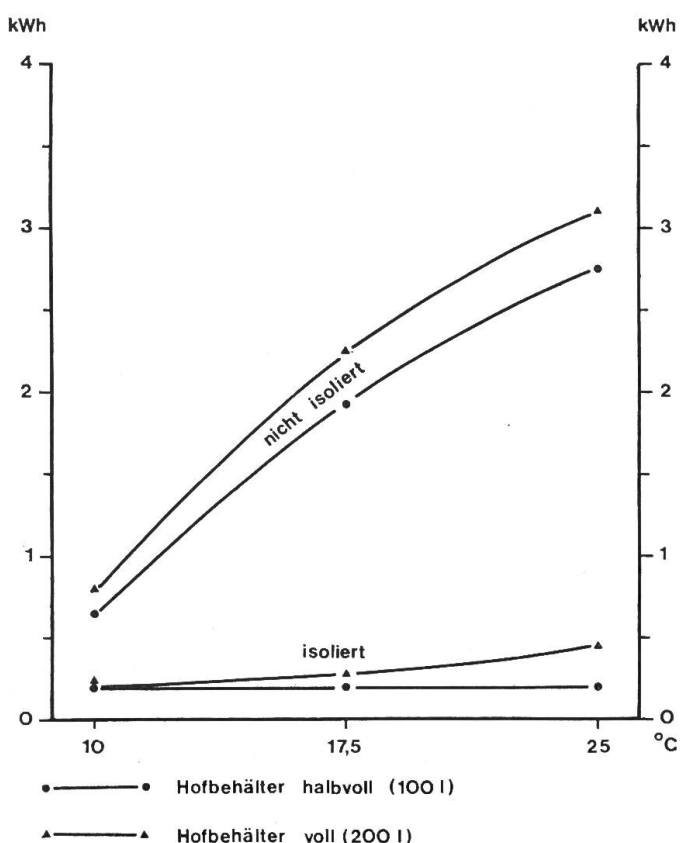
Min. = mn  
 Kühlzeit = Temps de refroidissement  
 Energieverbrauch = Consommation d'énergie  
 Kühlleistung = Puissance frigorifique

Fig. 24: Influence exercée par la température ambiante sur la puissance frigorifique et la consommation d'énergie.



Fréquence de réenclenchement du thermostat

Fig. 25: Influence exercée par la fréquence de réenclenchement du thermostat sur la consommation d'énergie.



nicht isoliert = Pas isolé

isoliert = Isolé

Hofbehälter halbvoll (100 l) =

Citerne de ferme à moitié remplie (100 l)

Hofbehälter voll (200 l) =

Citerne de ferme complètement remplie (200 l)

Fig. 26: Influence exercée par l'isolation des récipients à lait sur la consommation d'énergie.

- Condenseurs encrassés (installations refroidies par air).
- Récipients à lait non isolés ou insuffisamment isolés (Figure 26).
- Enclenchement fréquent inutile du thermostat (thermostat défectueux ou laps de temps trop court entre le déclenchement et le réenclenchement) (Figure 25).
- Dépôt de glace trop important (épaisseur de plus de 3 cm) (installations à eau glacée).
- Degré d'emploi insuffisant d'installations avec pertes de froid assez élevées largement indépendantes de la quantité de lait.

Fig. 27

Influence exercée par la grandeur de la machine frigorifique sur la consommation d'énergie.

Moteur du compresseur			Machine frigorifique		Consommation d'énergie spécifique Wh/kcal
ch	W	Rendement	Puissance frigorifique kcal/h	Consommation d'énergie W/h	
1/6	122	0,6	250—300	200	0,72
1/5	147	0,6	300	225	0,75
1/4	184	0,6	400—470	300	0,68
1/3	243	0,7	475—600	350—425	0,72
1/2	368	0,7	900—1300	525—750	0,57
3/4	552	0,7	1200—1750	800—1040	0,62
1	736	0,7	2200—2500	1050—1120	0,46
1 1/5	1104	0,8	2800—3200	1300—1400	0,45
2	1472	0,8	4400—5000	1500—2000	0,37
3	2208	0,9	5000—8000	2200—2500	0,42

### Indications pour le choix de la méthode de refroidissement

La question qui se pose avant tout est celle du choix du récipient, autrement dit de savoir si la réfrigération du lait doit se faire dans des bidons, de grands récipients mobiles ou des cuves ou réservoirs installés à demeure. Les points suivants s'avèrent décisifs à cet égard:

- Le système de ramassage du lait.
- La grandeur de l'exploitation, le système de traite et la production de lait.
- L'évolution probable concernant la production, le ramassage et l'utilisation du lait.

Fig. 28

## Récolte et refroidissement du lait

Transport du lait	Installations de traite à pots trayeurs		Installations de traite à conduite à lait	
	Rafraîchissement	Refroidissement à basse température	Rafraîchissement	Refroidissement à basse température
Deux fois par jour en bidons	Bassin (de fontaine) Refroidisseur de bidons	Néant	Refroidisseur à plaques Refroidisseur de bidons	Néant
Une fois par jour en bidons ou dans grand récipient	Néant	Bassin à eau glacée Refroidisseur à immersion	Néant ou éventuellement avec refroidisseur à plaques	Bassin à eau glacée Refroidisseur à immersion Refroidisseur à plaques Cuve de refroidissement Réservoir de refroidissement
Une fois par jour avec camion-citerne	Néant	Refroidisseur à immersion avec citerne de ferme ou cuve Cuve de refroidissement	Néant ou éventuellement avec refroidisseur à plaques	Refroidisseur à immersion avec citerne de ferme ou cuve Refroidisseur à plaques Cuve de refroidissement Réservoir de refroidissement
Tous les deux jours avec camion-citerne	Néant	Cuve de refroidissement Réservoir de refroidissement	Éventuellement avec refroidisseur à plaques	Cuve de refroidissement Réservoir de refroidissement

— Les conseils du service consultatif et de l'utilisateur ultérieur du lait.

Généralement parlant, le choix d'un système de réfrigération (refroidissement direct ou indirect) est moins important que celui d'une installation ou d'un appareil ayant largement fait ses preuves et dont le

fournisseur assure un service après-vente irréprochable.

L'acquisition d'une installation pour la réfrigération du lait représente un investissement à long terme qui doit servir avant tout à maintenir la qualité du lait.

Afin de pouvoir tirer pleinement parti des possibilités offertes par la réfrigération du lait à basse température, il est nécessaire de connaître ses limites. La réfrigération ne peut pas résoudre des problèmes qui sont par leur nature des problèmes de nettoyage. En négligeant le nettoyage, on n'augmenterait pas les possibilités de la réfrigération mais on les réduirait fortement. Une récolte hygiénique du lait, un nettoyage consciencieux et un refroidissement ménageant ce produit, représentent des conditions indispensables au maintien de la qualité du lait. Ce qui s'avère particulièrement important, c'est d'empêcher le développement d'une flore microbienne adaptée au froid dans le lait réfrigéré à basse température puis conservé au froid après un nettoyage efficace et consciencieux des appareils ou installations de réfrigération.

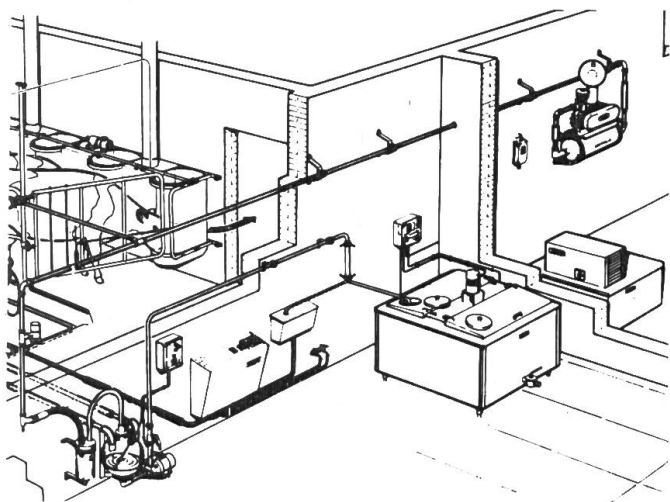


Fig. 29: Salle de traite et chambre à lait avec cuve de refroidissement et chambre des machines séparée.