

INFORMATION — SFRL

Juillet 1976 / 22
 Publié par la Station fédérale de recherches laitières
 CH-3097 Liebefeld
 Directeur: Prof. Dr. B. Blanc

Technique du refroidissement du lait

E. Flückiger et F. Walser
 Station fédérale de recherches laitières, Liebefeld

Rôle du refroidissement

L'amélioration de la qualité du lait dans le domaine de la production laitière vise à maintenir aussi faible que possible la contamination du lait, de la traite à la livraison. Après avoir quitté la mamelle, le lait est avant tout exposé au danger d'influences mécaniques et bactériologiques nefaste. Il est donc particulièrement important de traiter le lait avec ménagement et de veiller à ce que sa teneur en germes de-

meure basse. Le maintien d'une contamination bactérienne réduite est avant tout une affaire de nettoyage. Le but du refroidissement est d'empêcher que les germes, qui même sous des conditions hygiéniques optimales pénètrent dans le lait, ne puissent trop proliférer jusqu'au moment de la livraison. Il est important de noter à ce sujet que même refroidi à basse température, le lait se gâte d'autant plus vite qu'il contenait un nombre de germes plus élevé au départ.

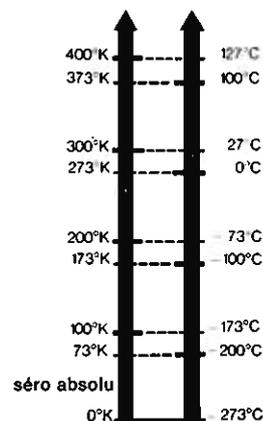


Fig. 1 Echelle des températures en degrés Kelvin et Celsius

Tableau 1: Influence de la contamination initiale du lait sur la multiplication des germes pendant l'entreposage à froid (Forster)

Temp. d'entreposage en °C	Nombre de germes total/ml				
	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	5 700 000	
env. 10	40 000	177 400	831 600	1 700 000	
env. 10	135 000	1 200 000	13 000 000	25 600 000	

Données physique

La physique ignore la notion de «froid»; pour cette raison l'échelle de Kelvin est dépourvue de valeurs négatives (fig. 1). En refroidissant le lait, on retire donc de l'énergie calorifique, on n'ajoute pas de l'énergie frigorifique. Si la température mesure le degré de chaleur, la calorie (nouvellement la Joule, 1 cal = 4,187 Joule) désigne la quantité de chaleur. La chaleur spécifique indique la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter de 1°C la température de 1 kg de matière. Cette même quantité de chaleur doit être retirée lors du refroidissement. L'eau possède une chaleur spécifique de 1,0

et le lait une chaleur spécifique de 0,94. On peut compter qu'il faut retirer pratiquement 1 kcal pour abaisser de 1°C la température de 1 kg de lait. Si on désire par exemple abaisser la température de 100 kg de lait de 35 à 4°C, il faut retirer 3100 kcal. — Sans contrainte, la chaleur se déplace toujours des corps les plus chauds vers les corps plus froids. Il existe trois possibilités de transmission calorifique: la conduction thermique, la convection et le rayonnement (semblable aux rayons lumineux). Lors du refroidissement du lait la chaleur sera avant tout échangée par convection, c'est à dire par brassage circulation ou ruissellement.

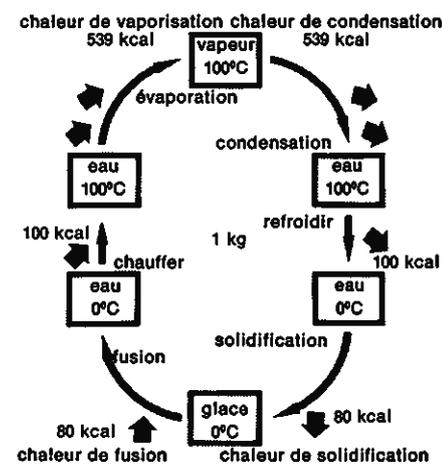


Fig. 2 Capacité calorifique de l'eau en relation avec son état d'agrégation

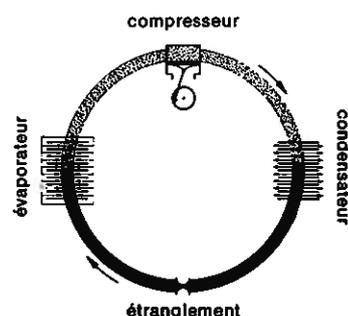


Fig. 3

Fig. 4 Chiffres de base sur la production et la collecte de lait (1973)

producteurs de lait	92 875
vaches laitières	889 000
lait commercialisé, mio. q	27
vaches par producteur	9,6
production laitière par vache et jour, kg	10
exploitations avec plus de 10 vaches, %	38
vaches dans les exploitations avec plus de 10 vaches, %	66
fromageries (union fromagère)	1 313
centres collecteurs	3 130
distance moyenne (entre producteur et centre collecteur), m	800
livreurs par centre collecteur	19
lait par centre collecteur et par jour, kg	1 600
lait par livreur et par jour, kg	85
lait par ha de terre cultivée sans forêt, kg	1 338
livraison 2× par jour, %	90
livraison 1× par jour, %	10
refroidissement à basse température chez le producteur, %	3
refroidissement en boilles avec eau glacée	45
refroidissement avec plongeurs refroidisseurs, %	40
refroidissement en cuves, %	15
lait de fromagerie, %	41
lait de consommation et yoghurt, %	25
crème de consommation, %	11
lait de beurrerie	16

Fig. 5 Aperçu des principaux systèmes de refroidissement

Systèmes	Appareils	Réceptacles à lait
1. refroidissement à l'eau courante froide		
par bain	bassin avec conduite d'aménée et découlement	boilles
par ruissellement	anneaux refroidisseurs, brasseurs refroidisseurs	boilles, cuve mobile
par circulation	refroidisseurs à plaques	boilles, cuves mobiles
2. Refroidissement indirect par machines frigorifiques (refroidissement à basse température)		
par bain	bac à eau glacée	cuves, boilles
par ruissellement	anneaux refroidisseurs, brasseurs refroidisseurs, récipients avec chemise de refroidissement	boilles, cuves mobiles
par circulation	refroidisseurs à plaques	cuves, cuves mobiles, cuves
3. Refroidissement direct par machines frigorifiques (refroidissement à basse température)		
évaporateur plongé directement dans le lait	plongeur refroidisseur	boilles, cuves mobiles, cuves
évaporateur en contact avec la paroi du récipient	cuves de refroidissement, citerne de refroidissement	cuves, citernes

La quantité de chaleur qui peut être retirée par unité de temps dépend en premier lieu:

- de la différence de température entre le lait et le réfrigérant
- des lois régissant la conduction thermique à travers une paroi (surface de contact, circulation des liquides ainsi que l'épaisseur et de la conductibilité thermique de la paroi).

Principe de fonctionnement des machines frigorifiques

Il existe une loi physique disant que tout liquide absorbe de la chaleur

en passant de l'état liquide à l'état de vapeur (chaleur de vaporisation) et que tous les gaz redégagent cette chaleur en retournant à l'état liquide (chaleur de condensation) (fig. 2 et 3).

Pour les machines frigorifiques on choisit comme réfrigérant des liquides ayant sous pression atmosphérique un point d'ébullition inférieur à la température que l'on veut obtenir. Lors de l'évaporation, ce liquide va donc absorber de la chaleur du milieu ambiant (évaporateur). Si l'on aspire ensuite la vapeur et qu'on la met sous pression (compresseur), elle retrouvera son état liquide lorsqu'on refroidit ce liquide à la température ambiante (condensa-

teur), il redégagera la chaleur de vaporisation absorbée auparavant (chaleur de condensation). Si l'on détend maintenant le liquide toujours sous pression normale, (soupape d'injection ou d'étranglement) le cycle de la vaporisation et de la liquéfaction avec absorption et dégagement de chaleur peut recommencer.

Aperçu des divers systèmes de refroidissement

Il convient de faire une différence fondamentale entre le prérefroidissement et le refroidissement du lait à basse température (voir aperçu des divers systèmes de refroidissement) (fig. 5). On entend par prérefroidissement le refroidissement à l'eau courante qui permet d'abaisser la température du lait jusqu'à trois degrés au-dessus de celle de l'eau utilisée (ex: lorsque l'eau utilisée a 12 °C, le lait pourra être refroidi jusqu'à 15 °C). On entend par refroidissement à basse température le refroidissement jusqu'à +4 °C réalisé grâce aux machines frigorifiques. On devrait atteindre cette température de 4 °C en 3 heures et la maintenir automatiquement jusqu'au moment de la livraison. — Il est possible de combiner le prérefroidissement et le refroidissement à basse température. Si le lait est livré deux fois par jour, le prérefroidissement suffit, si les livraisons se font moins fréquemment, le refroidissement à basse température s'impose.

Prérefroidissement à l'eau courante froide

Les procédés de refroidissement les plus importants sont: (fig. 6 et 7)

- le refroidissement dans le bassin de fontaine (refroidissement dans un bain d'eau froide)
- le refroidissement avec l'anneau refroidisseur (refroidissement par ruissellement)
- le refroidissement avec le brasseur refroidisseur (refroidissement par circulation)
- le refroidissement par refroidisseur à plaques (refroidissement par circulation)

Le système de refroidissement le moins efficace est celui dans le bassin de fontaine et le plus efficace du

refroidissement par refroidisseur à plaques

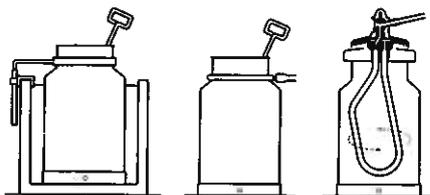


Fig. 6 refroidissement en boilles: bassin de fontaine, anneau refroidisseur, brasseur refroidisseur

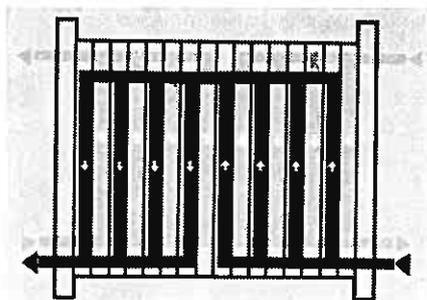


Fig. 7 refroidisseur à plaques:

Durée de refroidissement et consommation d'eau pour le prérefroidissement de 40 l de lait jusqu'à 3 °C au-

dessus de la température de l'eau de refroidissement.

Procédé	Durée du refroidissement relative min.		Consommation d'eau par l de lait
bassin de fontaine (avec brassage)	100	110	11
anneau à ruissellement (avec brassage)	73	80	8
brasseur refroidisseur	36	40	4
refroidisseur à plaques	9	10	3

L'efficacité du prérefroidissement dépend de:

- l'intensité de brassage du lait dans les boilles
- l'intensité du courant d'eau sur la surface extérieure des boilles
- la régularité de l'arrosage de la surface extérieure des boilles lors du refroidissement par ruissellement
- la répartition régulière du lait sur les plaques des refroidisseurs à plaques

La quantité d'eau pour les anneaux à ruissellement et les brasseurs refroidisseurs de chaque installation devrait être limitée à 5 à 6 litres par minute. Pour les bassins et les bacs, suivant leur grandeur, l'alimentation doit atteindre 10 à 20 l/min au minimum.

Les plaques des refroidisseurs à plaques sont disposées en paquets. Le lait et l'eau circulent à contre-courant à l'intérieur de ceux-ci. L'efficacité du refroidissement peut être modifiée et adaptée à des conditions variables en modifiant le nombre de plaques et leur disposition. Les refroidisseurs à plaques peuvent seulement être utilisés dans les exploitations possédant une installation de traite en lactoducs et où leur nettoyage peut être combiné sans gran-

des difficultés avec le nettoyage de l'installation de traite (fig. 8).

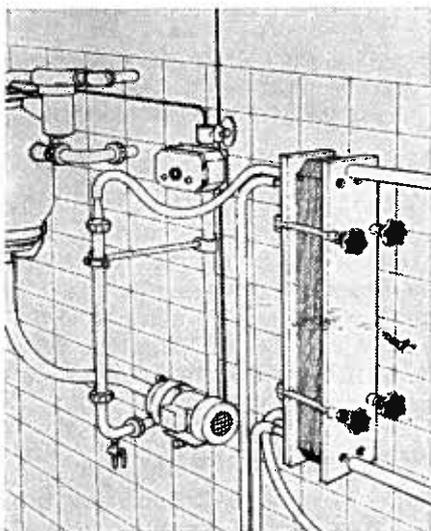


Fig. 8 Refroidisseur à plaques relié à l'installation de traite en lactoducs

Refroidissement à basse température direct et indirect

Il existe deux systèmes de refroidissement du lait: le refroidissement direct, sans accumulation de froid et le refroidissement indirect, où l'eau glacée sert à créer une réserve de froid. Dans les deux systèmes, les machines frigorifiques fonctionnent selon le principe décrit plus haut.

Dans le système de 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 à l'évaporation du réfrigérant est ainsi directement fournie par le lait.

Dans le système de refroidissement indirect ou à eau glacée, l'évaporateur est placé dans un bain d'eau. A sa surface il se forme une couche de glace. Le refroidissement du lait se fait par le brassage de l'eau glacée et par la fusion de la glace. Les deux systèmes possèdent des avantages et des inconvénients (voir fig. 9).

Exigences pour les refroidisseurs de récipients

Les exigences pour les refroidisseurs de récipients sont revues actuellement par un groupe de travail international (CICICI). Voici quelques extraits du dernier projet de norme présenté pour consultation par ce groupe de travail.

Durée de refroidissement

Pour une température ambiante de +5 à +32 °C, l'abaissement de la température du lait d'une traite de 35 à 4 °C doit durer trois heures au maximum. Après avoir ajouté le lait de la deuxième traite, le refroidissement du volume de 10 à 4 °C doit se faire en 90 minutes au plus.

Réserve de glace

Une installation pour deux traites doit posséder une réserve de glace suffisante pour le refroidissement de 60% du volume utile, une installation pour trois traites une réserve suffisante pour 30% du volume utile. Le contrôle des réserves de glace ainsi que l'échange de l'eau doivent être faciles et les récipients doivent être assez solides pour ne pas éclater si une déficience technique fait geler toute l'eau.

Formation de glace dans le lait

Dès que le lait occupe plus de 10% du volume utile, il ne doit plus se former de glace.

Température du lait

La température moyenne du lait ne doit pas augmenter de plus de 4

Fig. 9 Comparaison entre le système de refroidissement direct et indirect

caractéristiques	refroidissement	
	indirect	direct
valeur de connection en kW	plus basse	plus haute
grandeur du compresseur	plus petite	plus grande
rendement frigorifique par 100 l de lait	700 kcal/h	1 700 kcal/h
temps de fonctionnement du compresseur	plus longue	plus courte
consommation d'énergie	plus grande	plus faible
utilisation du courant de nuit	plus grande	plus faible
pertes de froid	plus grandes	plus petites
température de vaporisation	moins favorable	plus favorable
rapidité de refroidissement (au début)	plus grande	plus petite
réserve de froid	grande	inexistante
rapport lait-eau	2 : 1	sans eau
possibilités d'agrandissement	bonne	moins bonne
exigences d'entretien	grandes	moins grandes
danger de formation de glace dans de lait	inexistant	existe

■ la capacité de dégel provenant de la fusion de la réserve de glace (mesurée en unités calorifique utilisables) en une heure.

La capacité de dégel est fonction de la surface de glace et du flux produit par la pompe à eau glacée. Toutes les installations de refroidissement à eau glacées doivent être équipées d'une bonne pompe et d'un système sûr de commande des réserves de glace. En général, le système devient peu économique lorsque la couche de glace dépasse 2 à 3 cm. La formation de blocs de glace diminue aussi considérablement la capacité de dégel, car la surface est alors réduite.

degrés entre deux périodes de refroidissement et ne jamais dépasser 9 °C.

Isolation

Lorsqu'une installation est déclenchée et que le lait occupe tout le volume utile du récipient, la température du lait ne doit pas augmenter de plus de 4 à 5 °C en 4 heures pour une température ambiante de 32 °C.

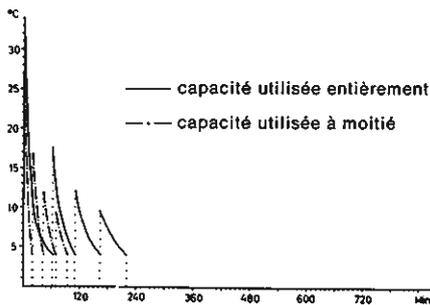


Fig. 10 Courbes de refroidissement (4 traites), refroidissement indirect, grandes réserves de glace

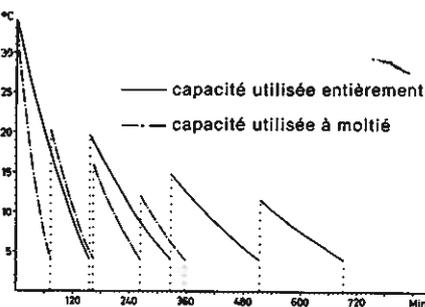


Fig. 11 Courbes de refroidissement (4 traites), refroidissement direct (sans réserves de froid)

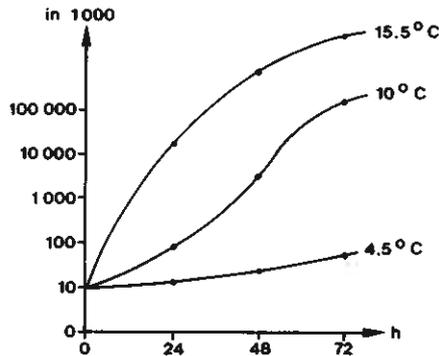


Fig. 12 Nombre de germes $\times 1000$ Multiplication des germes en relation avec la température

Barattage

L'efficacité du brasseur doit être suffisante pour supprimer en deux minutes des différences de teneur en matière grasse supérieures à 0,1 g par 100 g de lait. En outre, il ne doit pas se produire un barattage de la matière grasse du lait et il ne doit pas se former d'écume.

Indication de la température

Entre +2 et +12 °C, l'écart du thermomètre ne doit pas dépasser 1 °C. Il doit de plus résister à des changements de température allant de -10 à +70 °C.

Refroidissement indirect à l'eau glacée

L'efficacité de refroidissement des refroidisseurs ne dépend pas en premier lieu de leur capacité. Les facteurs primordiaux sont:

■ le rapport entre les quantités de lait et d'eau glacée ainsi que la réserve de glace

Refroidissement des boilles dans le bassin d'eau glacée

(fig. 13)

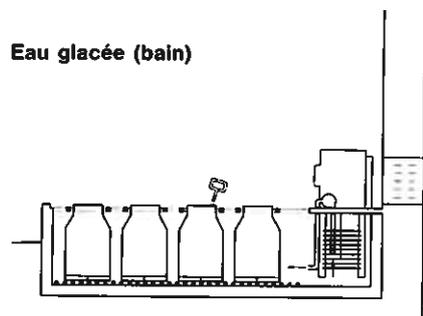


Fig. 13 Bassin à eau glacée avec machine frigorifique

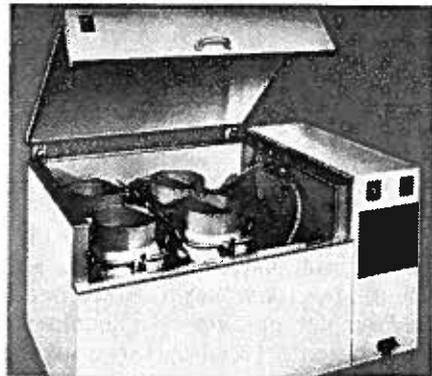


Fig. 14 Bassin à eau glacée avec couvercle

Les bassins pour bain à l'eau glacée doivent remplir les conditions suivantes:

- nettoyage aisé (écoulement de l'eau)
- bonne transmission de la chaleur par l'eau (pompe à eau glacée)
- refroidissement uniforme des boilles, indépendamment de leur emplacement

- capacité frigorifique suffisante, même après renouvellement de l'eau glacée
- présence d'un dispositif pour fixer les boilles vides
- présence d'une grille pour les boilles (refroidissement par le fond)
- bonne isolation, (faible irradiation de chaleur) (fig. 15)
- contrôle aisé de la couche de glace

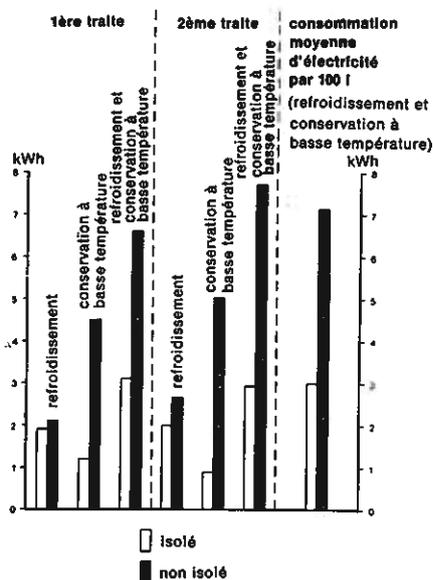


Fig. 15

Maintenir une basse température du lait dans des récipients non isolés, exige beaucoup d'énergie.

Les nombreux modèles spéciaux de bassins pour le refroidissement à eau glacée visent avant tout à réduire les pertes de froid (env. 25%) et à améliorer l'échange de chaleur entre le lait et l'eau (fig. 15).

Cuves et citernes à eau glacée

Celles-ci sont composées d'un récipient à lait intérieur et d'un récipient isolé extérieur. En général l'eau glacée et l'évaporateur se trouvent dans l'espace entre ces deux récipients. Il existe deux versions: refroidissement du récipient intérieur par ruissellement ou par circulation d'eau glacée. Dans le premier système, l'eau glacée et l'évaporateur sont en général placés dans l'espace inférieur libre en forme de cuve entre les deux récipients. Un contact direct entre l'eau glacée et le récipient n'existe que pendant le ruissellement, il est donc possible

de nettoyer le récipient à lait avec des solutions chaudes (fig. 16).

Dans le deuxième système, l'espace entre les deux récipients est constamment rempli d'eau glacée soumise durant le refroidissement à un courant à forte turbulence par la pompe à eau glacée (fig. 17). Il est pratiquement impossible de nettoyer ce genre d'installation avec des solutions chaudes. Par contre, le contact permanent entre l'eau glacée et le récipient à lait crée des conditions très favorables au maintien de basses températures du lait (effet de refroidissement secondaire). Grâce à la réserve de glace et au bon échange de chaleur (toute la surface du récipient à lait peut être utilisée), il est possible d'abaisser la température du lait en peu de temps.

Refroidissement direct

Pour des conditions d'échange de chaleur comparables, c'est avant tout la capacité de la machine frigorifique qui détermine le processus de refroidissement dans le système de refroidissement direct, car il n'existe pas de réserves de froid comme dans le refroidissement indirect.

Plongeurs refroidisseurs

(fig. 18) (refroidissement direct)

L'évaporateur des plongeurs refroidisseurs est constitué d'un cylindre creux relié à une machine frigorifique par des tuyaux souples. On le plonge directement dans le lait. La surface d'évaporation étant relativement restreinte, il faudra assurer un brassage du lait relativement intense pour assurer un bon échange de chaleur. Ceci se fait à l'aide d'un brasseur à grande vitesse de rotation (env. 1300 t/min.) placé dans la partie inférieure du cylindre. L'expérience a montré que les points suivants méritent une attention particulière:

- le danger de barattage augmentant avec la durée du refroidissement, on s'efforcera d'obtenir des durées de refroidissement courtes (un refroidisseur de 0,5 CV par ex. abaisse la température de 40 l de lait de 35 à 4 °C en 4 heures)
- une immersion insuffisante augmente le danger du barattage et de formation de glace; on en-

clenchera donc le refroidisseur que lorsque l'évaporateur sera entièrement immergé (la formation d'écume est un signal d'alarme) (fig. 19)

- pour des raisons de caractéristiques hydrodynamiques le danger de formation de glace augmente avec le diamètre du récipient. Les récipients à grand diamètre ne se prêtent donc pas au refroidissement avec plongeurs (en général il ne suffit pas, d'installer des brasseurs supplémentaires)
- pour éviter la formation d'un gradient de température, il est recommandé d'effectuer un brassage préalable (ceci est également valable pour les autres machines frigorifiques)
- afin de faciliter le nettoyage il doit être possible de nettoyer les évaporateurs au moyen d'une solution de détergent à 65 °C
- les coiffes isolantes permettent de maintenir les températures basses du lait pendant 10 heures (elles sont par ex. faites en mousse de polystyrène): ces coiffes seules ne produisent pourtant pas l'effet désiré si le fond des boilles n'est pas également isolé (plaque de base) (fig. 21)
- il n'est pas recommandé d'utiliser des plongeurs refroidisseurs dans un même récipient pour le refroidissement de 4 traites, car la contrainte subie par le lait est trop forte.

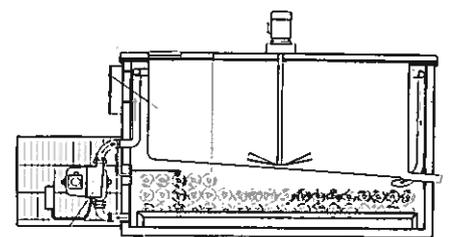


Fig. 16 Cuve de refroidissement par ruissellement d'eau glacée

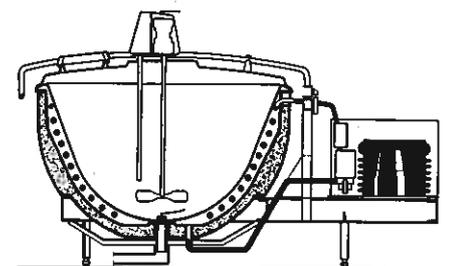


Fig. 17 Cuve de refroidissement par circulation d'eau glacée

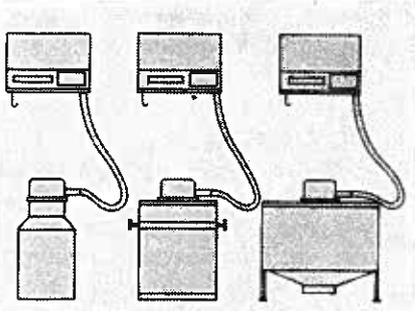


Fig. 18 Différentes possibilités d'utilisation de plongeurs refroidisseurs

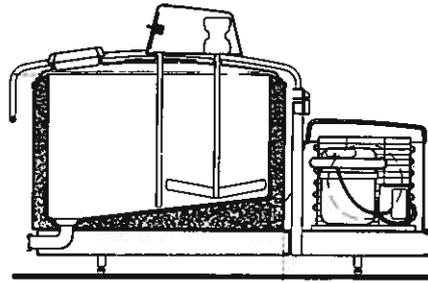


Fig. 22 Cuve de refroidissement avec système direct

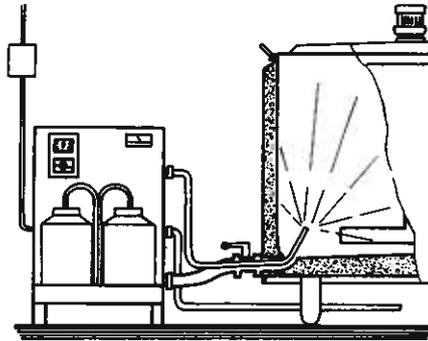


Fig. 23 Nettoyage automatique d'une citerne par le tuyau d'écoulement

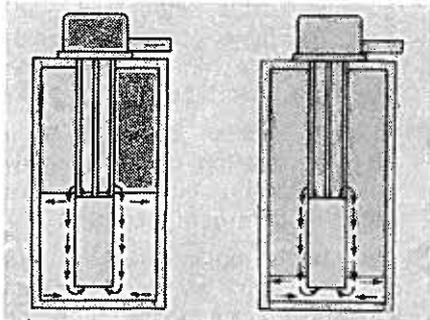


Fig. 19 Circulation du lait autour du cylindre (cylindre de droite trop peu immergé)

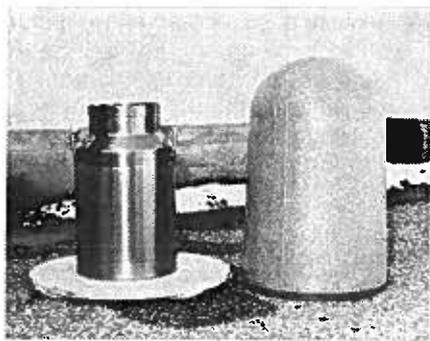


Fig. 20 Boîlle avec coiffe isolante et plaque de base

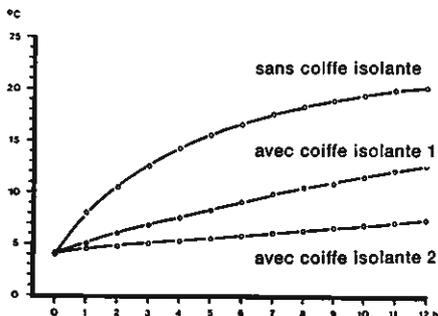


Fig. 21 Echauffement du lait avec et sans coiffe isolante (1 sans, 2 avec plaque de base)

Cuves et citernes

(refroidissement direct)

Dans les systèmes à refroidissement direct, il existe un contact thermique immédiat entre l'évaporateur et le récipient intérieur ou récipient à lait. L'espace entre les récipients intérieur et extérieur est rempli de matériel isolant (par ex. de mousse d'uréthane) (fig. 22). L'évaporateur se trouve en général au fond de la cuve, d'où la préférence accordée aux cuves à fond plat. Un brassage efficace est indispensable non seulement pour améliorer l'échange thermique, mais également pour éviter que le lait ne gèle. L'installation ne pourra être mise en marche que lorsqu'elle aura été rempli jusqu'au niveau exigé. Des brasseurs à grandes pales (diamètre du brasseur environ la moitié du diamètre du récipient) tournant à des régimes de 40 à 60 tours par minute ménagent mieux le lait que de petits brasseurs tournant à grande vitesse. Afin d'assurer l'écoulement rapide et complet du lait, il faut que le fond de la cuve soit suffisamment incliné (voir fig. 22).

Nettoyage et désinfection

Les principes fondamentaux bien connus sont à respecter:

1. Nettoyer avant de refroidir.
2. Rincer immédiatement, avant que les restes de lait ne se collent aux surfaces.
3. Combiner le nettoyage et la désinfection avec une solution détergente d'au moins 60°C chaque fois que cela est possible.
4. Nettoyer à l'acide une fois par semaine pour éviter la formation de dépôts et de souches bactériennes résistantes.
5. Enlever tous les résidus de produits détergents et désinfectants en rinçant soigneusement.
6. Contrôler régulièrement les surfaces en contact avec le lait après le nettoyage automatique.
7. Nettoyer à la main toutes les surfaces qui ne peuvent être nettoyées automatiquement.

Les installations de nettoyage sont reliées à la cuve ou à la citerne par le tuyau d'écoulement, le dispositif de brassage ou un gicleur central (fig. 23). Le dosage des produits, la température de la solution et la durée de nettoyage peuvent être programmés entièrement, mais il faut les surveiller de près.

Consommation d'énergie

La quantité d'énergie nécessaire pour refroidir 100 kg de lait varie selon la quantité de chaleur qu'il faut retirer, la grandeur de l'installation, les pertes de froid et un nombre de caractéristiques individuelles que possède chaque installation. La consommation d'énergie peut avant tout augmenter pour les raisons suivantes:

- accroissement de la température ambiante (mauvaises disposition et aération de l'installation, voir fig. 24)
- enclenchement trop fréquent et inutile du thermostat (thermostat défectueux ou mal réglé) (fig. 25)
- condensateurs sales dans les installations refroidies par air (fig. 26)
- récipients à lait, mal ou pas isolés
- couche de glace trop épaisse (plus de 3 cm) dans les installations de refroidissement à eau glacée

Fig. 27 Influence de la puissance du groupe frigorifique sur la consommation d'énergie

CV	moteur du compresseur RDT*		groupes frigorifiques		consommation spécifique d'énergie Wh/kcal
			puissance frigorifique kcal/h	cons. d'énergie Wh	
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
1,5	1104	0,8	2800—3200	1300—1400	0,45
2	1472	0,8	4400—5000	1500—2000	0,37
3	2208	0,9	5000—6000	2200—2500	0,42

* RDT = rendement frigorifique

Fig. 28 Production et refroidissement du lait

transport du lait	inst. de traite en pots		inst. de traite en lactoducs	
	prérefroidissement	refroid à basse temp.	prérefroidissement	refroidissement à basse temp.
deux fois par jour en boilles	bassin refroidisseur de boilles	pas nécessaire	refroidisseur à plaques, refroidisseur de boilles.	pas nécessaire
une fois par jour en boilles ou gros récipient	pas nécessaire	bac à eau glacée, plongeur refroidisseur.	pas nécessaires, év. refroidisseur à plaques.	bac à eau glacée, plongeur refr., refr. à plaques, cuve de refr., citerne de refr.
une fois par jour en camion-citerne	pas nécessaire	plongeur refroidisseur avec cuve mobile ou fixe, cuve de refroidissement.	pas nécessaire, refroidisseurs à plaques.	plongeur refr. avec cuve mobile ou fixe, refr. à plaques, cuve de refr., citerne de refr.
tous les deux jours en camion-citerne	pas nécessaire	cuve de refr., citerne de refroidissement.	év. refroidisseur à plaques.	cuve de refr., citerne de refr.

refr. = refroidisseur ou de refroidissement

■ mauvaise utilisation de la capacité des installations qui sont dans une grande mesure indépendantes de la quantité de lait à refroidir et qui de ce fait ont des pertes de froid inutiles.

Recommandations quant au choix du système de refroidissement

La première question à résoudre est celle des récipients à lait: boilles, grands récipients mobiles, cuves ou citernes stationnaires. Pour faire ce choix on prendra en considération:

- système de collecte du lait
- la grandeur de l'exploitation, le système de traite et la quantité de lait produite
- le développement prévisible de la production, de la collecte et de la transformation du lait
- l'avis émis par le Service de consultation et par l'acheteur de lait

En général, le choix du système (refroidissement direct ou indirect) importe moins que le fait de choisir une installation qui a déjà fait ses preuves et dont le service après-vente est garanti.

L'acquisition d'une installation de refroidissement fait partie des investissements à long terme qui ont pour but essentiel de maintenir la qualité du lait.

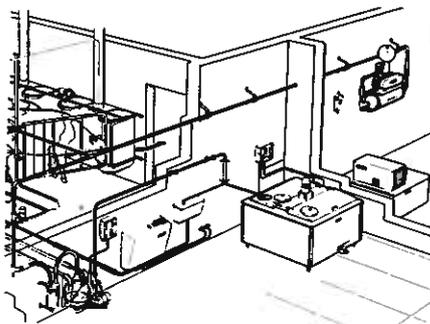


Fig. 29 Salle de traite et chambre à lait avec cuve de refroidissement ainsi qu'une salle séparée pour les machines

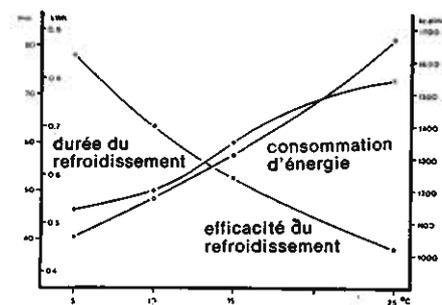


Fig. 24 Influence de la température ambiante sur le rendement frigorifique et sur la consommation d'énergie

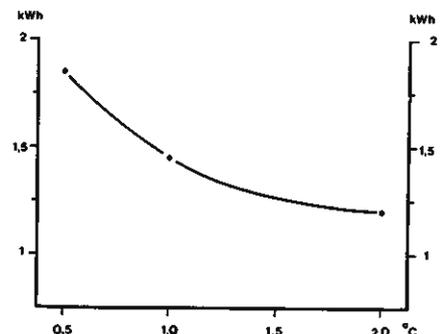


Fig. 25 Influence du réglage de l'enrichissement sur la consommation d'énergie

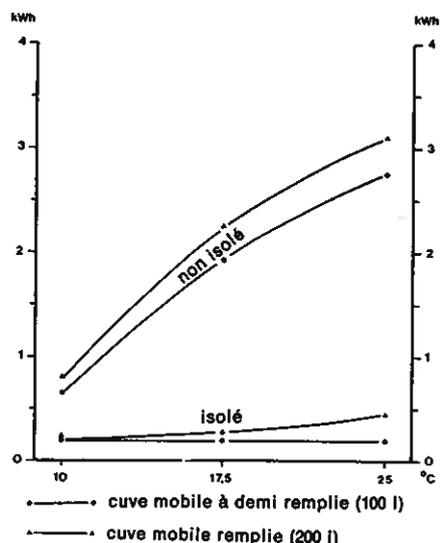


Fig. 26 Influence de l'isolation sur la consommation d'énergie

Afin de pouvoir exploiter à fond les possibilités du refroidissement du lait, il faut également être conscient des limites de ce procédé. Le refroidissement n'éliminera jamais les problèmes relevant d'une propreté insuffisante. Pour maintenir la haute qualité du lait, on veillera à ce que la traite soit hygiénique, le nettoyage soigné et que le refroidissement se fasse avec ménagement. Par un nettoyage efficace des installations de refroidissement, ou s'efforcera d'éviter au mieux l'apparition d'une flore adaptée aux laits refroidis.

