

## Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports

PLAN

---

par  
F. Weber

**Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites**

M-26

**Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche bibliographique ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit: électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Via delle Terme di Caracalla. 00100 Rome (Italie), en indiquant les passages ou illustrations en cause.**

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE Rome, 1985**

**© FAO**

---

Les liens hypertextes vers d'autres sites de l'Internet ne signifient nullement que l'Organisation approuve officiellement les opinions, idées, données ou produits qui y sont présentés, qu'elle en assume la responsabilité ou qu'elle garantit la validité des informations qui s'y trouvent. Leur seul objectif est d'indiquer où trouver un complément d'informations sur des thèmes apparentés.

## **PLAN**

### **INTRODUCTION**

## Partie I

### ACTION DU FROID SUR LE LAIT

#### 1. ASPECTS MICROBIOLOGIQUES

11. L'ensemencement du lait
12. Température et développement microbien
13. Croissance des bactéries
14. Evolution spontanée de la flore bactérienne du lait
15. Action du froid sur les microorganismes
16. Microorganismes psychrotrophes
  161. Définition
  162. Propriétés
  163. Origine
  164. Développement

#### 2. ASPECTS BIOCHIMIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

21. Action sur la matière grasse
  211. Rôle des traitements mécaniques
  212. Rôle du froid
  213. Conséquences technologiques : la lipolyse
22. Action sur les protéines

#### 3. ACTION SUR LA PHASE COLLOIDALE

31. Modification des caséines
32. Modification des équilibres salins et des micelles
33. Conséquences technologiques

## Partie II

### PROCEDES ET MATERIELS DE REFROIDISSEMENT TRADITIONNELS

#### 1. CONSIDERATIONS GENERALES

## 2. PRODUCTION DU FROID

21. Eau naturelle fraîche

22. Glace

23. Fluide frigorigène

231. Machine à compression mécanique

232. Machine à absorption

## 3. REFROIDISSEMENT - METHODES ET EQUIPMENTS

31. Refroidissement à l'eau naturelle

311. Refroidissement du lait dans les bidons

3111. Immersion simple

3112. Aspersion et agitation

32. Refroidissement en couche mince

33. Conservation du lait refroidi

331. Cas du lait refroidi en bidons

332. Cas du lait refroidi en couche mince

34. Transport du lait

## 4. REFRIGERATION - METHODES ET EQUIPMENTS

41. Procédés de réfrigération

411. Réfrigération en couche mince

4111. Eau glacée

4112. Détente directe

412. Réfrigération en masse

4121. Aspersion des bidons

4122. Chambre froide

4123. Congélation partielle

4124. Dispositif plongeur

4125. Immersion des bidons

4126. Ruissellement et immersion combinés

### Partie III

## REFRIGERATION ET CONSERVATION DU LAIT EN CUVE

### 1. MATERIEL

#### 11. Description générale

111. Cuve

112. Accessoires

113. Equipement frigorifique

1131. Besoins à satisfaire

1132. Détente directe

1133. Système indirect

1134. Choix des systèmes et précautions d'utilisation

### 2. TANKS A LAIT MOBILES

### 3. INTERET DE LA REFRIGERATION EN TANK

### 4. CHOIX DES TANKS

### 5. UTILISATION DES TANKS

### 6. NETTOYAGE DES TANKS

61. Nécessité

62. Détergents

63. Principes

64. Pratique

641. Nettoyage manuel

642. Nettoyage automatique

### 7. RECUPERATEURS DE CHALEUR

### 8. PREREFERIGATION ET REFRIGERATION INSTANTANEE

#### Partie IV

### COLLECTE DU LAIT EN VRAC

1. CENTRE DE COLLECTE
  11. Fonctionnement
  12. Construction
  13. Equipement
2. COLLECTE DU LAIT EN VRAC
  21. Matériel de transport du lait en citerne
    211. Le porteur
    212. La citerne
    213. Transfert du lait du tank à la citerne
    214. Accessoires
    215. Choix des camions-citernes
3. NETTOYAGE DES CITERNES

#### Partie V

### ORGANISATION ET COUT DE LA REFRIGERATION DE LA COLLECTE EN VRAC

1. CONSIDERATIONS GENERALES
2. CONNAISSANCE DE LA ZONE DE COLLECTE
3. TEMPS OPERATOIRES ET IMPORTANCE DES LIVRAISONS
4. FACTEURS DE VARIATIONS DU COUT DE LA COLLECTE
5. ANALYSE DU COUT DE LA COLLECTE
6. ANALYSE DU COUT DE LA REFRIGERATION
7. RECHERCHE DU COUT MINIMUM DU SYSTEME REFRIGERATION-RAMASSAGE
8. ETUDE FINANCIERE DE LA REFRIGERATION ET DE LA COLLECTE

#### ANNEXES :

- [Indice de lipolyse](#)
- [Examen bactériologique](#)

## BIBLIOGRAPHIE

### INTRODUCTION

La méthode la plus naturelle et la plus sûre pour améliorer la conservation du lait cru est le refroidissement. Dans les régions ou les saisons où la température est normalement basse, le lait a spontanément une meilleure aptitude à se conserver. D'autres procédés ont été proposés, notamment l'addition au lait d'eau oxygénée. Malgré les avantages que celle-ci peut présenter dans certains cas et sa décomposition rapide, son emploi est interdit dans divers pays où l'addition de tout conservateur est considérée comme une fraude et parce qu'elle a des conséquences défavorables sur certains constituants du lait.

La réfrigération s'est largement répandue dans les régions de grande production laitière où elle est appliquée à 80 ou 90 % du lait récolté par les usines. Ses avantages sont nombreux. En permettant de mieux maîtriser l'évolution de la flore microbienne, elle permet de différer l'utilisation du lait. Ainsi le producteur voit ses contraintes d'horaire allégées, les frais de collecte sont réduits, La laiterie réceptionne un lait de qualité meilleure dont la mise en oeuvre peut être reportée, ce qui améliore l'organisation du travail.

Mais ?il faut bien savoir que l'application du froid au lait, tant au niveau de la ferme, de la collecte et de l'usine, n'apporte les résultats attendus que dans la mesure où certaines conditions sont respectées.



---

### Partie I ACTION DU FROID SUR LE LAIT

## **1. ASPECTS MICROBIOLOGIQUES**

### **11. L'ensemencement du lait**

**Le lait recueilli après la traite contient toujours des microorganismes dont le nombre et les espèces auxquels ils appartiennent sont très variables.**

**La présence inévitable de ces germes est due à des contaminations d'origine intra-mammaire et extra-mammaire qu'il est nécessaire de limiter le plus possible en raison du rôle néfaste qu'elles peuvent avoir sur la conservation du lait et sur la qualité et le rendement des produits fabriqués.**

#### ***Contamination intra-mammaire***

**A la sortie de la mamelle, même lorsque celle-ci est saine et que la traite est effectuée dans des conditions rigoureuses d'hygiène, le lait contient habituellement une centaine à quelques milliers de bactéries par ml.**

**Il s'agit de germes banaux appartenant le plus souvent aux genres *Corynebacterium* et *Micrococcus* et parfois de germes pathogènes. Ils proviennent du milieu extérieur d'où ils pénètrent dans la mamelle par le canal du trayon. Ils sont entraînés avec le lait au moment de la mulsion.**

**A cette contamination par voie ascendante peut s'ajouter une contamination par voie endogène. Elle est constituée par des germes pathogènes infectant l'animal. Ils parviennent dans la mamelle par la circulation sanguine. C'est, par exemple, le cas pour les agents de la brucellose et de la tuberculose.**

#### ***Contamination extra-mammaire***

**Au cours des opérations de traite le lait reçoit un second apport de microorganismes d'espèces variées dont le nombre est habituellement très supérieur à celui dû à la contamination d'origine intra-mammaire. L'importance de cet apport varie considérablement en fonction des conditions d'hygiène de la traite et**



**de l'étable.**

Elle est notamment liée à la propriété du trayeur et de l'animal (notamment de la peau de la mamelle), à l'état du milieu ambiant (poussières diverses, détritux alimentaires, poils, insectes, etc...), à la propreté du matériel de traite et de récolte du lait et à la qualité bactériologique de l'eau utilisée pour son nettoyage et son rinçage. Les ustensiles en contact avec le lait et la machine à traire mal nettoyée sont notamment à l'origine de la très forte charge microbienne des laits.

Le tableau I donne une approximation de l'importance relative des sources de contamination du lait et montre la nécessité d'un nettoyage correct du matériel.

Tableau 1 - Importance relative des contaminations du lait  
(D'après CHATELIN, 1973)

Sources de contamination	Nombre relatif de bactéries
Intérieur de la mamelle	1 à 5
Animal (mamelle surtout)	20 à 200
Etable	1 à 10
Matériel de traite manuelle.	50 à 500
Matériel de traite mécanique	1000 à 10000

Selon les soins apportés à l'hygiène des conditions de récolte du lait, le nombre de microorganismes varie beaucoup : de quelques milliers à plusieurs centaines de mille par ml, parfois davantage. En considérant que dans du lait laissé à température de la traite, une seule bactérie peut en donner deux toutes les vingt minutes, on imagine la rapidité avec laquelle croît le nombre de germes.

Les tableaux 2 et 3 illustrent l'importance du nettoyage. Les résultats constituent la moyenne d'examens répétitifs effectués sur un même troupeau placé dans des conditions successives différentes.

Tableau 2 - Influence de la propreté des vaches et du sol sur la contamination du lait (D'après ALAIS, 1975)

Nombre de bactéries aérobies mésophiles par ml de lait

Traite manuelle avec seau stérilisé	Nombre de bactéries aérobies mésophiles par ml de lait	
	Vaches et sol sales Mamelle non lavée	Vaches et sol propres Mamelle lavée
à ouverture large	86.200	5.000
à ouverture étroite	24.500	2.700

Tableau 3 - Influence de la stérilisation des ustensiles sur la contamination du lait (D'après ALAIS, 1975)

Ferme	Nombre de bactéries aérobies mésophiles par ml de lait	
	Ustensibles nettoyés non stérilisés	Ustensibles nettoyés et stérilisés
A	116.400	10.700
B	15.000	4.700
C	187.000	3.600
D	77.100	2.000
E	35.000	2.100
F	49.200	3.000

## 12. Température et développement microbien

On connaît depuis longtemps l'influence considérable de la température sur le développement et l'activité des microorganismes et, en conséquence, son action utile ou nuisible sur la conservation des aliments.

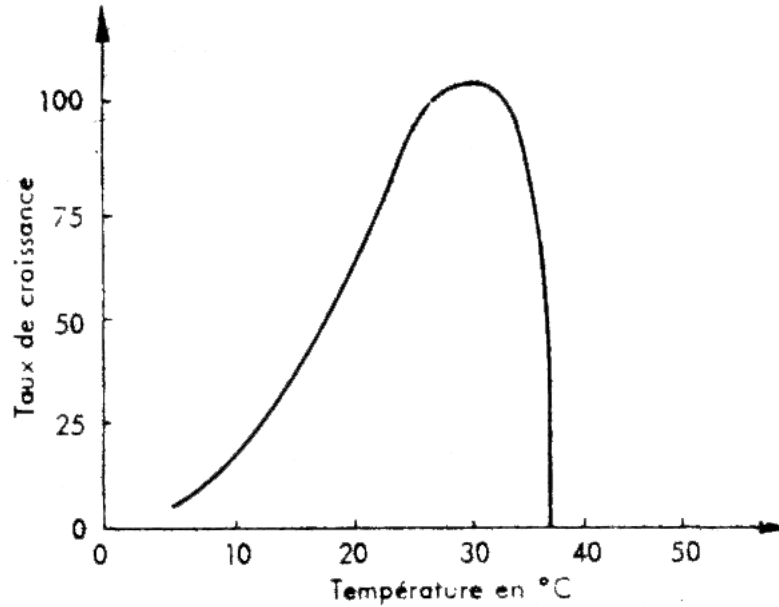
### *Températures limites*

Les limites de température entre lesquelles les microorganismes peuvent croître sont approximativement comprises entre  $-5^{\circ}\text{C}$  et  $+80^{\circ}\text{C}$ . La limite inférieure de leur développement est déterminée par la température de congélation de l'eau. Toutefois, celle-ci est un peu inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  à cause de la présence de composés organiques et de substances minérales dissoutes. La limite

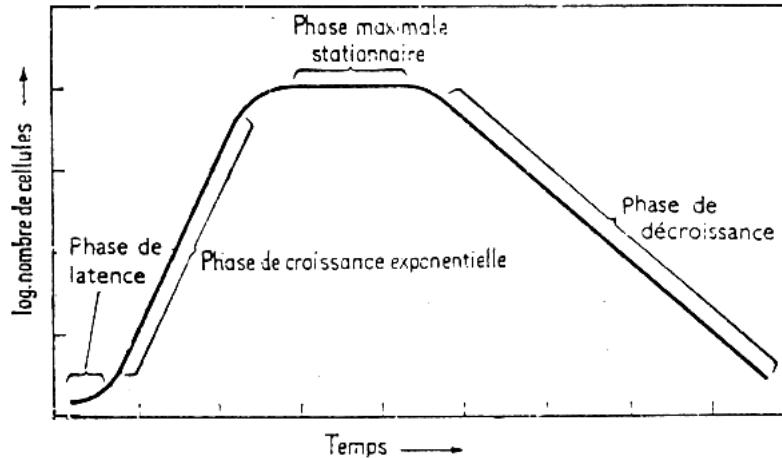
**supérieure est fixée par la destruction entre 50°C et 90°C de constituants chimiques de la matière vivante (protéines et acides nucléiques) sauf dans le cas des spores thermorésistantes.**

**L'exposition des microorganismes à une température inférieure à celle de leur température minimum de croissance n'entraîne généralement pas leur mort. De nombreux microbes peuvent survivre pendant longtemps à l'état congelé à la température de l'azote liquide (-196°C) bien que toutes leurs activités métaboliques soient alors suspendues.**

**Les limites de température de croissance indiquées ci-dessus (-5°C à +80°C) ne s'appliquent pas indifféremment à toutes les bactéries. Pour chaque espèce, voire chaque souche, ces limites sont beaucoup plus étroites.**



**Figure 1** - Influence de la température sur le taux de croissance d'une souche bactérienne mésophile. Taux exprimé en % du taux maximum (D'après RIVIERE, 1975)



**Figure 2** - Courbe de croissance généralisée d'une culture bactérienne (D'après STANIER, DOUDOROFF, ADELBERG, 1966)

D'une manière générale une bactérie donnée exige pour sa croissance optimum une température déterminée au-dessus et en-dessous de laquelle sa multiplication est ralentie puis s'arrête. Ces limites sont appelées températures maximum et minimum de croissance ; elles varient de façon plus ou moins étroites. La température maximum est généralement proche de la température optimum. Un exemple est donné à la figure 1. On observe que la température minimum se situe vers 6°C, la température maximum vers 38°C et la température optimum vers 30°C. A partir d'environ 10°C une légère élévation de la température entraîne une très forte augmentation du taux de croissance. Mais, plus on approche de la température optimum, plus l'augmentation du taux de croissance devient faible pour une élévation donnée de température. Au-dessus de la température optimum, une légère augmentation de chaleur provoque une rapide diminution du temps de croissance qui tend à devenir nul.

**En fonction des limites de température entre lesquelles prolifèrent les microorganismes on en distingue trois groupes (tableau 4).**

Tableau 4 - Classification des microorganismes en fonction de leur température de développement

Microorganismes	Température de développement en °C		
	Minimum	Optimum	Maximum
Psychrophiles	- 5	+ 5 à + 10	+ 20
Mésophiles	+ 10	+ 30 à + 40	+ 45
Thermophiles	+ 40	+ 50 à + 60	+ 75

Ces valeurs n'ont qu'un caractère général ; les températures indiquées peuvent, selon les espèces et les souches, subir des décalages. Dans chaque groupe il existe des espèces ou des souches pour lesquels le caractère psychrophile, mésophile ou thermophile est strict alors qu'il est facultatif pour d'autres. La raison pour laquelle les bactéries ont des températures de culture différentes paraît être due, au moins en partie, à la stabilité thermique spécifique de leurs enzymes.

Lorsque l'on applique un chauffage de quelques minutes, la plupart des bactéries banales du lait, non sporulées, sont détruites. Toutefois un certain nombre d'entre elles peuvent subsister et se développer quand les conditions sont redevenues favorables. Par convention, on appelle bactéries thermorésistantes celles qui résistent à un chauffage de 72°C pendant 15 secondes ou à 63°C pendant 30 minutes. Toutes les espèces et toutes les souches ne présentent pas le même caractère de thermorésistance. Alors que certaines sont détruites par un traitement classique de pasteurisation (chauffage à 72°C pendant 20 secondes), d'autres résistent encore à 88°C pendant 20 secondes. Les bactéries thermorésistantes n'étant pas détruites par la pasteurisation habituelle, leur présence dans le lait cru peut avoir des conséquences graves pour la qualité des produits. C'est ainsi que des Streptocoques et des Lactobacilles peuvent persister dans le lait pasteurisé et provoquer son acidification et la coagulation de la caséine.

**Certaines bactéries (*Bacillus*, *Clostridium*) forment des spores dont la résistance à la chaleur est**

**supérieure à 100°C. Elles proviennent le plus souvent du sol et des aliments ensilés. Leur présence dans le lait stérilisé, dans les laits concentrés et certains fromages (fondus, pâtes, pressées) peut être responsable d'altérations graves.**

### **13. Croissance des bactéries**

**La multiplication des bactéries peut être considérable. Elle dépend de différentes conditions dont la température.**

**La croissance d'une bactérie placée dans des conditions idéales peut être définie par deux constantes :**

- le temps de génération, c'est-à-dire l'intervalle de temps entre deux divisions successives ou celui nécessaire au doublement de la population. En partant d'une cellule bactérienne unique, ce dernier se fait selon une progression géométrique. Dans une population bactérienne toutes les cellules ne se développent pas au même rythme. Le temps de génération varie avec l'espèce considérée et les conditions de culture :**
- le taux de croissance est le nombre de division par unité de temps. Autrement dit il est l'inverse du temps de génération.**

**Si par exemple le temps de génération est de 20 minutes, en une heure le taux de croissance est de  $3/1 = 3$ .**

**Le développement d'une culture microbienne est habituellement représenté à l'aide d'un graphique donnant le nombre de bactéries ou mieux le logarithme de ce nombre en fonction du temps. C'est la courbe de croissance. Elle rend compte du cours de développement de la culture considérée. Celui-ci reflète l'interaction de la population bactérienne en voie de croissance et du milieu.**

**Après inoculation du milieu, quatre phases principales se distinguent dans toute courbe de croissance (fig. 2) :**

- **phase de latence.** Pendant cette période le taux de croissance est nul puis augmente légèrement. Elle traduit l'adaptation des bactéries au milieu. Elle est sous l'influence de plusieurs facteurs :

- les conditions physico-chimiques du milieu : pH, température...
- les caractères propres des bactéries notamment leur état physiologique,
- la composition du milieu. Lorsque la population bactérienne ne trouve pas dans le milieu les facteurs de croissance indispensables, elle est incapable de se développer. La croissance ne peut alors débuter que si l'inoculum contient des cellules mutantes, c'est-à-dire présentant brusquement une modification d'un caractère transmissible héréditairement.

Selon ces facteurs, la phase de latence peut être plus ou moins longue : de deux à trois heures à plusieurs jours.

- **phase exponentielle ou logarithmique.** Ici, les bactéries se multiplient sans entrave ; le taux de croissance est maximum et constant, c'est-à-dire que le taux de génération est minimum. Ce taux est caractéristique d'un microorganisme donné qui est lui-même sous la dépendance des conditions d'environnement comme la nature et la concentration des nutriments, le pH et la température. Ces facteurs ont une grande influence. C'est ainsi que pour *Escherichia coli* le taux de croissance est de 0,5 à 18°C et de 3, 3 à 40°C. Dans le cas des bactéries thermophiles la pente de la droite représentant la phase exponentielle est habituellement plus forte que pour les mésophiles et plus faible pour les psychrophiles et les psychrotrophes.

La croissance exponentielle est d'assez courte durée (quelques heures). Elle est limitée par l'apaisement du milieu en nutriments ou par l'accumulation de produits du métabolisme devenant toxiques au-delà d'une certaine concentration.

Il est évident que la phase exponentielle de croissance d'une cellule ne peut être maintenue de façon continue. Si tel était le cas, une seule bactérie ayant un temps de génération de vingt minutes donnerait en quarante huit heures une descendance dont la masse totale serait approximativement quatre mille fois plus grande que celle de la terre !



- **phase stationnaire maximale.** Le milieu devenant de moins en moins favorable à la croissance, le nombre de cellules viables reste constant à sa valeur maximale, généralement pendant quelques heures ou même quelques jours. Ce phénomène traduit un équilibre entre le nombre de bactéries provenant de la multiplication et le nombre de celles qui meurent. Il peut aussi indiquer la persistance de bactéries vivantes en l'absence de toute multiplication. Il peut avoir plusieurs causes : épuisement en nutriments, accumulation de déchets toxiques, conditions d'environnement devenant défavorables (pH, température...).
- **phase de déclin ou de décroissance.** Pendant cette dernière phase les bactéries ne se reproduisent plus. Beaucoup d'entre elles meurent et sont décomposées plus ou moins rapidement par les enzymes libérées au moment de leur mort. Ce processus d'autodigestion constitue l'autolyse. Le taux de mortalité peut être constant comme le taux de croissance. Il est alors représenté par une droite, le nombre de cellules étant proportionnel au temps. La pente de cette droite dépend de l'espace bactérienne ainsi que des conditions de l'environnement.

Pendant, il peut se produire assez fréquemment des déviations de l'ordre exponentiel de déclin en raison de divers degrés de résistance des cellules. Dans certains cas aussi des bactéries peuvent survivre et se multiplier aux dépens des nutriments libérés par la décomposition des autres cellules.

#### 14. Evolution spontanée de la flore bactérienne du lait

On a dit précédemment que la traite, même réalisée dans des conditions d'hygiène satisfaisantes, s'accompagne toujours de contaminations par des microorganismes variés. Ceux-ci constituent une flore complexe qui se dissémine facilement et rapidement dans le lait du fait de son état liquide. En raison de la température du lait (37°C), de sa teneur élevée en eau (87, 5%), de ses éléments nutritifs et de son pH proche de la neutralité (6, 6–6, 8) de nombreuses bactéries y trouvent des conditions favorables à leur développement.

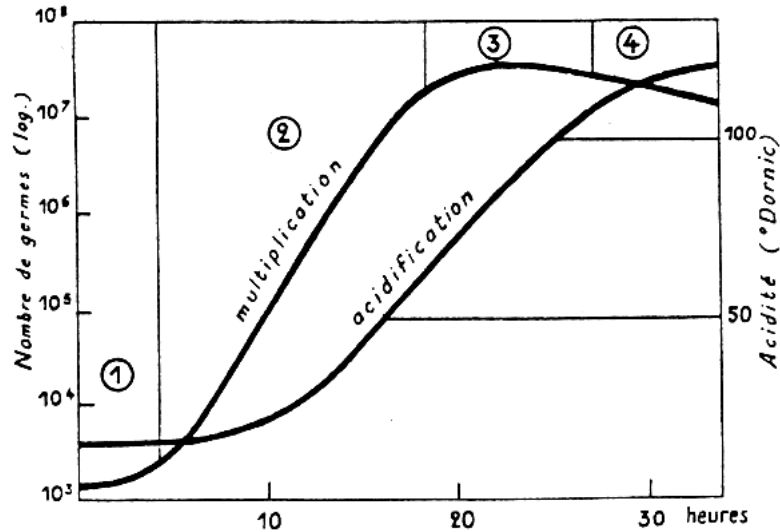
Celui-ci n'est généralement pas immédiat. Le plus souvent il ne commence que dans les 3 ou 4 heures qui suivent la traite lorsque le lait est maintenu à température ambiante. Ce comportement désigné

**improprement sous le terme phase “bactéricide” ou phase “d’adaptation” est dû à la présence dans le lait fraîchement trait de substances antibactériennes connues sous la désignation générale de lacténines.**

**Ce délai passé, les bactéries entrent en phase de multiplication. Toutefois ce ne sont pas les mêmes espèces qui prédominent en raison du rôle sélectif de la température. Lorsque le lait est maintenu entre 20°C et 40°C, ce qui correspond souvent aux conditions ambiantes, ce sont habituellement les bactéries mésophiles qui se multiplient. Parmi celles-ci les bactéries lactiques, en particulier celles du genre *Streptococcus*, constituent habituellement la flore naturelle majeure du lait. Elles se développent rapidement provoquant l’acidification du lait et sa coagulation à température ambiante lorsque son acidité est voisine de 60° Dornic <sup>1</sup>.**

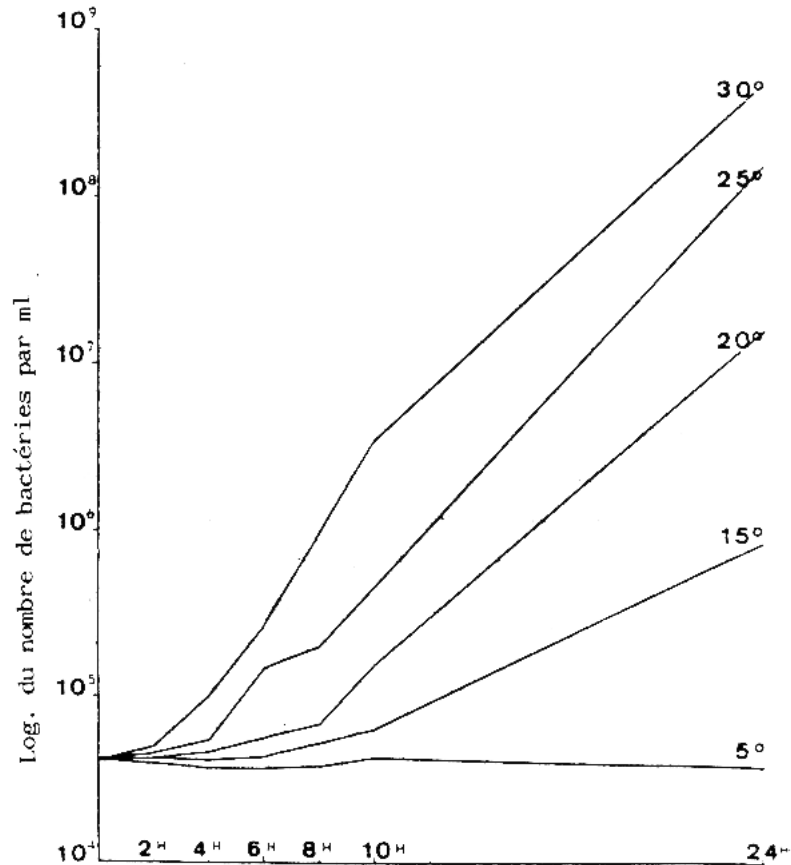
**Les courbes de croissance et d’acidification d’une bactérie lactique mésophile sont données à la figure 3. On remarque qu’il y a un décalage entre les deux courbes. Il est à signaler que depuis quelques années, du moins dans les régions où se sont développées des conditions modernes de production et de récolte du lait (hygiène de la traite, traite à la machine à l’abri de l’air, nettoyage et désinfection poussés, etc...) la flore lactique n’est généralement plus dominante. Que celle-ci soit en nombre faible ou important elle est accompagnée de germes saprophytes de pollution Gram négatif et Gram positif. Parmi les premiers on trouve notamment des bactéries coliformes et des *Pseudomonas*. Parmi les seconds non sporulés, des Microcoques et des Staphylocoques et parmi les sporulés des *Bacillus* et des *Clostridium*. Ces divers microorganismes parmi lesquels il peut exister des dominances, des associations ou des antagonismes, constituent une flore variée susceptible d’altérer, souvent de façon grave, la qualité hygiénique, technologique et organoleptique du lait et, par suite, celle des produits avec lesquels ils seront fabriqués malgré les traitements d’assainissement qui seront appliqués après réception du lait à l’usine.**

**(1) degré Dornic = 0.1 gramme d’acide lactique par litre.**



**Figure 3 - Courbes de croissance et d'acidification d'une bactérie lactique (D'après ALAIS, 1975)**

(1) Phase de latence ou d'adaptation. (2) Phase logarithmique (croissance active). (3) Phase du maximum ou stationnaire. (4) Phase du déclin.



**Figure 4 - Influence de la température sur l'évolution des germes aérobies mésophiles dans un lait cru.**

(D'après MOLLERMADSEN, cité par MARION et MOREL, 1964)

**Pour ralentir et limiter la prolifération bactérienne, il faut recourir à des agents bactériostatiques dont le meilleur est le froid mais dont l'application doit être soigneusement choisie et rigoureusement contrôlée. En outre, son efficacité est d'autant plus grande que la teneur en germes est faible. En aucun cas il ne peut remplacer ou compenser une hygiène défectueuse de la traite et des matériels de récolte et de conservation du lait à la ferme. Il constitue seulement un moyen de maintenir le lait pendant un temps limité, dans sa qualité microbiologique initiale.**

### **15. Action du froid sur les microorganismes**

**Le maintien du lait au froid a essentiellement pour but d'arrêter le développement des microorganismes. Il constitue un traitement de stabilisation. Il ne peut ni améliorer la qualité initiale du lait ni entraîner la mort des bactéries.**

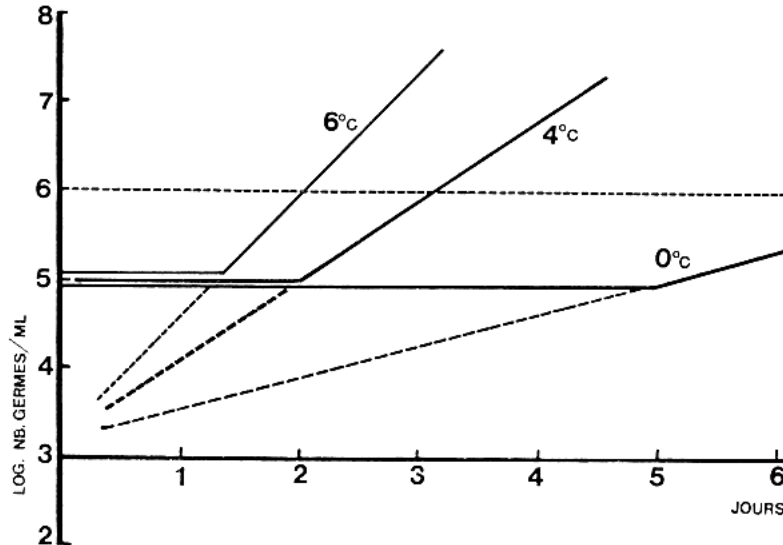
**On a vu précédemment l'influence de la température sur le développement microbien.**

**Dans les limites courantes de température auxquelles, en pratique, le lait peut être soumis (entre 40°C et 3°C) on observe que la prolifération microbienne diminue avec l'abaissement de la température, ainsi que le montre la figure 4.**

**Dès que la température est abaissée au voisinage de 10°C la croissance de certains microorganismes est fortement ralentie. A la température de 4°C elle est arrêtée. C'est le cas des bactéries lactiques, responsables de l'acidification.**

**Par contre, d'autres espèces sont encore capables de se multiplier à ces températures. Il s'ensuit que faute des précautions qui seront précisées plus loin, le stockage au froid peut être responsable d'une sélection microbienne et du développement de germes appelés "psychrotrophes" provoquant ainsi une modification de l'équilibre et de la nature de la flore microbienne du lait. La conséquence, contrairement à l'effet attendu, est une diminution de la qualité du lait et des produits laitiers pouvant aller jusqu'à**

**l'apparition de défauts graves rendant les produits inconsommables.**



**Figure 4a** - Evolution de la flore bactérienne d'un lait réfrigéré (D' après AUCLAIR, 1979)

## 16. Microorganismes psychrotrophes

### 161. Définition

On rassemble sous le nom de “psychrotrophes” des microorganismes capables de se développer à une température égale ou inférieure à 7°C, quelle que soit leur température optimum de croissance.

Autrement dit, ils se caractérisent par leur aptitude à se développer dans un intervalle de température

très large. On les dénombre de façon classique par ensemencement sur milieu gélosé après incubation de 10 jours à 7°C.

Ils peuvent appartenir à des espèces microbiennes mésophiles ou psychrotrophes. Dans le lait, les psychrotrophes mésophiles dont la température optimum de croissance se situe entre 20 et 30°C sont les plus nombreux. Leur température minimum de développement peut être inférieure à 0°C tandis que leur température maximum peut atteindre 40°C.

Parmi les microorganismes psychrotrophes, on trouve des Moisissures, des Levures et des Bactéries appartenant à des genres et à des espèces variées. Ce sont les Bactéries qui offrent le plus d'importance du point de vue technologique car elles constituent la flore dominante du lait et sont les plus aptes à s'y développer et à y provoquer des altérations.

La plupart des bactéries psychrotrophes sont aérobies, Gram négatif et non sporulées. Les plus fréquemment rencontrées appartiennent au genre *Pseudomonas*, notamment *P. fluorescens*. Celui-ci peut constituer 60 à 75 % parfois plus, de la flore psychrotrophe du lait.

On trouve aussi des espèces appartenant aux genres *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Escherichia*...

On rencontre d'autre part des souches d'espèces bactériennes Gram positif habituellement non psychrotrophes parmi lesquelles des Microcoques et des Streptocoques.

## 162. Propriétés

La multiplication des bactéries psychrotrophes s'accompagne d'une activité métabolique notable. Parmi celles-ci, de nombreuses, notamment des *Pseudomonas* produisent des enzymes lipolytiques ou protéolytiques. Certaines possèdent les deux caractères.

Lorsque leur développement est important, ces enzymes peuvent être responsables de défauts et

**d'altérations du lait et des produits laitiers, notamment de saveurs désagréables.**

**A l'exception de quelques espèces thermorésistantes, les psychrotrophes sont détruits par la pasteurisation à 74°C pendant 15 secondes, voire à la thermisation (65°C pendant 20 secondes). Mais certaines produisent des enzymes qui résistent à des traitements thermiques élevés : 90° à 100°C pendant plusieurs minutes. C'est ainsi que *Pseudomonas fragi* sécrète une lipase dont l'activité est encore notable après chauffage à 72°C pendant 30 minutes ; son inactivation complète exige l'application d'une température de 100°C pendant 30 minutes. *Achromobacter lipolyticum* nécessite un traitement de 99°C pendant 40 minutes.**

**On verra ultérieurement l'incidence de ces enzymes sur la qualité des produits.**

### **163. Origine**

**La contamination du lait par les bactéries psychrotrophes est essentiellement un problème d'hygiène.**

**Ces germes sont largement disséminés dans la nature. Ils sont les hôtes habituels du sol, des plantes, des eaux et du fumier. Les eaux d'alimentation des fermes sont souvent très contaminées. Ils peuvent aussi être véhiculés par un air chargé de poussière de foin ou autres aliments.**

**Leur présence dans le lait cru est due à des pollutions dont l'importance dépend des conditions de propreté de la traite et des matériels de récolte, de transfert et de conservation du lait, de la qualité des eaux de nettoyage et de rinçage, ou mode d'alimentation de bétail.**

**Il faut souligner que le contact du lait avec des surfaces mal nettoyées, mal désinfectées ou rincées avec des eaux polluées constitue souvent la source majeure de contamination. D'où la nécessité d'un lavage correct de la mamelle et d'une technique efficace de nettoyage. L'utilisation de matériels présentant un état de surface défectueux par suite de corrosion, fissuration, entartrage, etc. rend impossible l'obtention de la propreté bactériologique.**



Lorsque l'on procède à la désinfection, il faut savoir que certains produits comme les ammoniums quaternaires n'ont que peu ou pas d'effet d'inhibition sur les psychrotrophes ; certains sont capables de favoriser des sélections microbiennes dangereuses. Les meilleurs désinfectants sont les hypochlorites et les composés iodés.

Le tableau 5 illustre le rôle de la corrosion par piqûres de pots-trayeurs en almasilium sur la pollution du lait. Les essais ont été réalisés sur les mêmes pots à un an d'intervalle, période pendant laquelle la corrosion s'était aggravée.

Tableau 5 - Influence de la corrosion du matériel sur la contamination du lait (D'après CHATELAIN et RICHARD, 1981)

Traitements N°	Nombre de bactéries aérobies mésophiles par ml			
	au 1er mois		au 12e mois	
	Pot-broyeur		Pot-trayeur	
	lisse	corrodé	lisse	corrodé
1	37.000	18.000	6.500	250.000
2	20.000	44.000	14.000	230.000
3	8.000	200.000	15.000	240.000
4	22.000	18.000	16.000	640.000
5	11.000	84.000	10.000	630.000
6	14.000	50.000	6.500	210.000
Moyenne	19.000	69.000	11.000	370.000

Le tableau 6 montre l'influence de la contamination du matériel de traite sur la contamination du lait à l'origine et après trois jours de conservation.

Tableau 6 - Effect de la contamination du matériel de traite par des psychrotrophes sur du lait réfrigéré conservé 72 h entre 3 et 5°C (D'après THOMAS, 1960)

Ferme	Nombre de bactéries psychrotropes par ml	
	Avant réfrigération	Après conservation 72 h entre 3 et 5°C
<u>Matériel utilisé</u>		
1	0	400
2	7	104
3	14	3.400
4	28	11.000
5	70	7.000
6	204	5.600
Moyenne	54	4.584
<u>Matériel non stérilisé</u>		
7	580	4.640.000
8	1.340	1.500.000
9	1.500	7.300.000
10	6.400	14.700.000
11	9.600	29.000.000
12	12.700	1.400.000
Moyenne	5.353	9.756.666

**Il est évident que le nombre et la nature de la flore peuvent être très différents d'un lait à l'autre selon l'origine et l'importance des contaminations.**

#### **164. Développement**

**Le refroidissement à l'eau naturelle a pendant longtemps été la seule méthode dont disposaient les producteurs pour ralentir la prolifération microbienne. Elle est encore pratiquée aujourd'hui.**

**A l'exception des fermes ayant de l'eau très froide, elle ne permet guère d'abaisser la température du lait**

en-dessous de 12°C à 16°C. Dans ces conditions, il est souvent indispensable de ramasser le lait deux fois par jour et de l'utiliser rapidement.

Malgré ces précautions, le lait a souvent une charge très élevée en bactéries aérobies psychrotrophiles et mésophiles (bactéries lactiques, coliformes...) pouvant provoquer des altération et défauts variés tels que l'acidification et la coagulation du lait ou le gonflement précoce des fromages. On a donc cherché à réduire le développement bactérien dt à prolonger ainsi la durée de conservation par l'application de la réfrigé ration mécanique permettant l'obtention de températures plus basses.

Le tableau 7 donne une indication sur trois facteurs importants qui influent sur la croissance de la flore microbienne, à savoir :

- le nombre initial de bactéries,
- la température de conservation,
- la durée de conservation.

Tableau 7 - Multiplication de la flore aérobie mésophile d'un lait refroidi

Température de conser- °C	Nombre de bactéries /ml	Facteur de multiplication			
		24 h	48 h	72h	96h
4,5	4.200	1	1.1	2	4.7
	137.000	2	3,9	5,5	6,2
10	4.200	3,3	30	136	9.400
	137.000	8, 5	98	182	300
15,5	4.200	380	7.860	77.800	229.000
	137.000	175	4.600	17.500	38.600

Si l'on admet qu'un lait de qualité moyenne ne doit pas avoir plus de 1.000.000 de germes par ml au moment de son traitement à la laiterie, on voit que lorsque sa population initiale est faible, il peut se conserver 4 jours à 4,5°C, 2 jours à 10°C mais qu'en 24 h à 15,5°C il n'est déjà plus conforme à cette

**norme. Dans le cas où la contamination est importante, en 24 heures il dépasse celle-ci même à la température de 4,5°C.**

**Or, dans la pratique la charge bactérienne pouvant être plus forte et les normes choisies plus sévères, on voit qu'à la température de 4,5°C le refroidissement est insuffisant.**

**La figure 4 schématise ce que l'on constate en moyenne dans un lait contenant environ 100.000 germes aérobies mésophiles par ml. A 0°C la population microbienne n'évolue pas jusqu'au 5e jour, après quoi elle se développe lentement.**

**A 4°C le nombre de germes reste stable pendant 48 heures. Ensuite il progresse rapidement pour atteindre 1.000.000 en trois jours.**

**A 6°C le taux de croissance de la population reste stable pendant environ 36 heures puis augmente très rapidement, atteignant un million de germes en 48 heures.**

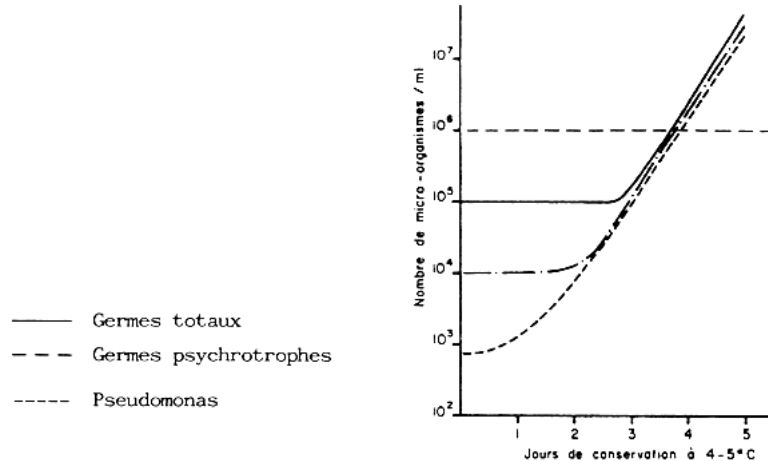
**Ces résultats devraient permettre de situer les valeurs de température et de temps à adopter pour conserver le lait.**

**Or, à l'examen de la flore qui s'est développée dans le lait réfrigéré (courbes en traits pleins), on constate qu'elle est, pour l'essentiel, constituée de bactéries psychrotrophes. Dans cet exemple, avant refroidissement, le lait avait une population microbienne faible ; celle-ci approximativement de 3.000 bactéries aérobies mésophiles/ml dont environ le tiers de psychrotrophes.**

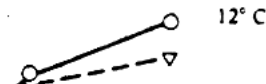
**Ces microorganismes se sont multipliés (selon les courbes indiquées en pointillé) jusqu'au moment où la température est devenue suffisamment basse pour arrêter la croissance de certains d'entre eux. A partir de ce moment, seules les bactéries psychrotrophes poursuivent leur développement devenant progressivement plus nombreuses que les bactéries non psychrotrophes.**

**La numération de la flore aérobie mésophile "totale" se faisant habituellement à 30°C ne permet pas de**

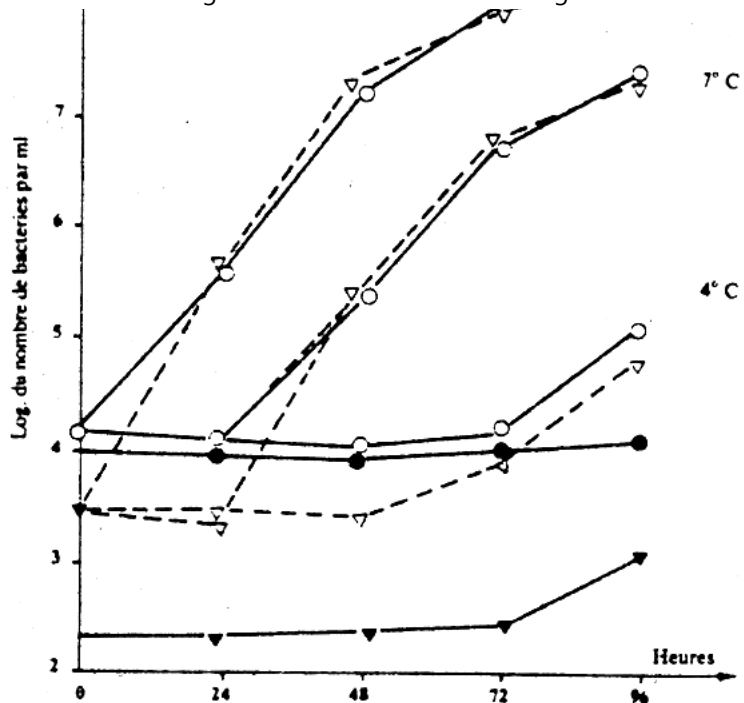
différencier ces germes et ne permet donc pas d'observer la sélection par le froid. Ainsi, ce n'est qu'à partir du moment où le nombre de psychrotrophes atteint et dépasse le nombre de germes "totaux" initialement contenu dans le lait que leur croissance devient apparente, comme le montrent les courbes en traits pleins. Les figures 5 et 6 montrent bien ce phénomène. On y observe qu'après un certain temps de refroidissement les bactéries aérobies mésophiles "totales" ne sont plus que des psychrotrophes.



**Figure 5 - Evolution de la flore microbienne du lait réfrigéré conservé à 5°C (D'après RICHARD et AUCLAIR, 1984)**



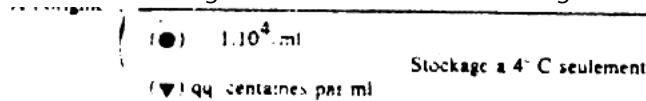
## Réfrigération du lait à la ferme et orga...



(○)  $1.10^4$ /ml

(▽)  $1.10^3$ /ml

A l'origine



**Figure 6 - Evolution de la flore aérobie mésophile O et de la flore psychrotrophe dans des laits conservés à 4°C, 7°C, 12°C (D'après VEILLET PONCET, 1981)**

Les courbes de la figure 5 tracées à la suite de nombreux examens, représentent de façon schématique l'évolution microbienne pouvant être observée dans un lait contenant aussitôt après la traite 100.000 bactéries aérobies mésophiles par ml, dont 10.000 psychrotrophes parmi lesquels 1.000 Pseudomonas.

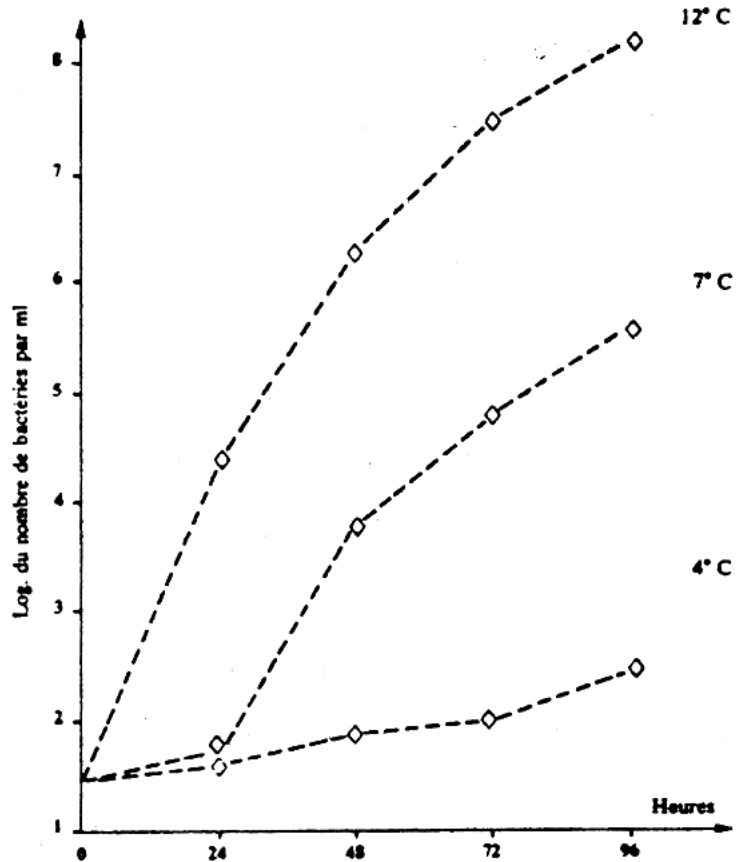
La figure 6 montre la moyenne des résultats obtenus à partir de plusieurs laits conservés à 4°C, 7°C et 12°C, dont la flore aérobie mésophile était, au départ, supérieure à 10.000/ml dont 1.000 psychrotrophes. Sur cette même figure est également indiquée l'évolution de ces deux flores dans des laits paucimicrobiens (peu contaminés) à l'origine et conservés à 4°C. On constate que dans les laits dont la teneur en germes est supérieure à 10.000/ml il se produit, à la température de 12°C, une prolifération microbienne immédiate. Cette croissance devient importante après 24 h à 7°C et significative après 48 h à 4°C pour les psychrotrophes.

Par contre, les laits paucimicrobiens au départ peuvent être conservés à 4°C pendant 72 h sans croissance bactérienne significative. Il est évident que ces résultats doivent être modulés en fonction des espèces dominantes dans le lait au moment où commence son refroidissement.

La figure 7 montre que des bactéries coliformes sont capables de se développer dans le lait refroidi. Dans l'exemple choisi leur nombre, au départ, était inférieur à 100/ml.

Les examens effectués par de nombreux laboratoires montrent que la température de conservation doit être le plus près possible de 0°C et jamais supérieure à 4°C (en pratique 2°C à 4°C). Mais le temps de conservation reste étroitement lié à la charge microbienne du lait mis en refroidissement.

Pour ces raisons, il convient de respecter le barème ciaprès :





**Figure 7 - Evolution de la flore coliforme dans un lait refroidi (D'après VEILLET-PONCET, 1981)**

<b>Nombre maximum de bactéries "totales" dans le lait à l'origine N</b>	<b>Durée maximale de conservation du lait refroidi entre 2°C et 4°C</b>
N <10.000	4 jours
N <100.000	3 jours
N <500.000	2 jours
N >500.000	1 jours ou moins

Ces temps comprennent la durée totale de conservation, c'est-à-dire à la ferme et à la laiterie quand elle a lieu.

Lorsque la qualité moyenne du lait fourni par les producteurs est médiocre, ce qui est encore le cas dans diverses régions, il est dangereux de dépasser 48 heures à 60 heures de conservation.

A la limite, avec les laits fortement contaminés, le stockage au froid devient sans objet.

La charge microbienne, la température et le temps ne sont pas les seuls facteurs qui interviennent sur la qualité du lait reçu à l'usine. Il faut aussi tenir compte d'éléments complémentaires tels que la vitesse de réfrigération, la remontée de température due aux apports successifs de lait chaud dans le lait refroidi et les conditions de la collecte qui seront étudiées ultérieurement...

## **2. ASPECTS BIOCHIMIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DE LA REFRIGERATION**

La conservation du lait à une température inférieure à 10°C provoque des modifications qui intéressent essentiellement les deux phases dispersées du lait : la phase grasse et la phase colloïdale (caséines). Ces modifications peuvent être fortement aggravées par les diverses manipulations qui interviennent avant, pendant et après la réfrigération.

## **21. Action sur la matière grasse**

La matière grasse du lait à l'état d'émulsion est constituée de particules sphériques : les globules gras qui sont entourés d'une enveloppe lipoprotéique, la membrane, qui forme une couche protectrice et assure la stabilité de l'émulsion. Cette membrane est fragile. Elle peut notamment être endommagée par certains agents physiques, en particulier par les traitements mécaniques et le froid, ce qui rend sensible la matière grasse à l'action d'agents extérieurs : enzymes lipolytiques et oxygène de l'air.

### **211. Rôle des traitements mécaniques**

Dès la mulsion, le lait subit des manipulations successives et variées : transfert, pompage, chocs, turbulence, brassage, agitation. Lorsque ces traitements sont excessifs, réalisés dans de mauvaises conditions, provoquant des éclaboussures et la formation de mousse, elles produisent une certaine destructuration de la membrane du globule gras parmi laquelle une désorption des particules de lipoprotéines et une migration des phospholipides dans le lait écrémé.

A la ferme, ce sont surtout les installations de traite mécanique, les agitateurs des cuves de conservation du lait et les dispositifs de vidange de ces réservoirs qui sont responsables de la désorganisation de la membrane. Certaines installations de traite comme celles en ligne basse portent moins atteinte que d'autres à l'intégrité de la membrane. Dans tous les cas, pour limiter ces altérations physico-chimiques, il faut éviter les turbulences fortes, les entrées d'air, les chutes de lait importantes, la formation de mousse dont peuvent être responsables les installations de traite en mauvais état mécanique, mal montées et mal réglées de même que les dispositifs d'amenée de lait et de brassage dans les tanks de stockage.

### **212. Rôle du froid**

Sous l'action de la réfrigération il se produit une cristallisation fractionnée de la matière grasse avec rétraction du globule ce qui altère la membrane et permet de libérer de la graisse liquide. Celle-ci se répand à la surface du globule sous forme de matière grasse dite "libre". La graisse exsudée fait perdre

**aux globules leur affinité pour l'huile : ils deviennent hydrophobes et tendent alors à s'agglomérer en granules et à se séparer rapidement de la phase aqueuse. Ce phénomène explique la formation accélérée de la couche de crème dans les contenants au froid.**

**Ainsi, on peut dire que tous les traitements mécaniques et le froid, bien qu'inévitables, risquent par une mauvaise application d'avoir de sérieuses conséquences telles que la formation de grumeaux de beurre qui flottent à la surface des laits contenus dans les réservoirs de ferme, les citernes de ramassage ou les tanks de garde à l'usine.**

**Mais la conséquence la plus grave de l'altération des globules gras est de permettre l'action des lipases dont l'activité est encore notable au voisinage de 0°C.**

### **213. Conséquences technologiques : la lipolyse**

**L'altération de la membrane protectrice du globule permet le contact entre la matière grasse et les lipases. Ces dernières hydrolysent les glycérides insolubles en glycérol et acides gras. La libération de ces derniers provoque des défauts de goût et d'odeur de rance très désagréables qui apparaissent déjà avec de faibles quantités d'acide butyrique. C'est la lipolyse ou rancissement hydrolytique.**

**La lipolyse peut apparaître dans tous les produits contenant de la matière grasse. Dans ceux de longue conservation comme le beurre, la poudre de lait et certains fromages dans lesquels les lipases ont tout le temps d'agir, elle peut provoquer de redoutables défauts de saveur.**

**L'action de la lipolyse ne se limite pas à la matière grasse. Elle peut ralentir aussi la vitesse de coagulation du lait par la présure et même empêcher celle-ci de se produire. La présence d'acides gras libres peut entraver la croissance des bactéries lactiques.**

#### ***Enzymes lipolytiques***

**On distingue deux types de lipases : celles d'origine naturelle qui se trouvent normalement dans le lait**

**et celles libérées par les bactéries psychrotrophes au cours de leur développement.**

### ***Lipases naturelles***

**L'intervention de ces lipases sur la matière grasse se fait selon deux mécanismes différents.**

#### **•Premier mécanisme**

**Sous l'action du refroidissement à une température inférieure à 10°C, et plus particulièrement quand il est effectué rapidement entre 0 et 5°C, les lipases sont adsorbées sur le globule gras de façon irréversible. On parle alors de lipase membranaire.**

**Il suffit que celle-ci se trouve au contact de matière grasse exsudée à la surface du globule pour provoquer une lipolyse souvent qualifiée de spontanée. L'importance de la dégradation est conditionnée à la fois par l'activité de la lipase et par l'importance de l'altération de la membrane. Dans les laits normaux, le risque de lipolyse est limité car le taux de lipase est faible. Par contre, avec les laits de certains animaux, les laits de vaches mal nourries ou soumises à un régime alimentaire riche en concentrés, les laits de fin de lactation ou encore ceux provenant d'animaux présentant une mammite ou des troubles ovariens, l'activité lipasique est élevée et la réfrigération peut conduire à une lipolyse marquée.**

**L'importance de cette dernière est aussi sous l'influence des conditions du refroidissement. C'est ainsi que lorsque celui-ci est pratiqué immédiatement après la traite, la lipolyse est plus accentuée que s'il est appliqué une heure plus tard. Le degré de lipolyse est très bas lorsque la réfrigération est rapide (15 secondes) ; il est élevé avec un temps moyen (25 minutes) et plus faible avec un temps long (2 heures). La température elle-même intervient. La lipolyse est plus accentuée à 1 ou 2°C qu'à 3 ou 4°C. Pour cette raison il est préférable de choisir ces températures bien qu'elles soient moins satisfaisantes du point de vue du développement microbien. On observe aussi que les apports successifs de lait chaud dans le lait déjà refroidi, ainsi qu'il est pratiqué lors du mélange de lait de plusieurs traites, sont favorables à la lipolyse.**

## **Second mécanisme**

**Quand sous l'action des traitements mécaniques et de la réfrigération de la matière grasse s'échappe du globule, une partie se réémulsionne dans la phase aqueuse avec formation d'une nouvelle membrane protéique dans laquelle sont incluses des micelles de caséine. Ces micelles constituent le support de la lipase dite plasmatique qui vient ainsi au contact de la graisse provoquant sa lipolyse.**

**En outre, l'augmentation de la surface des globules due à l'effet d'homogénéisation de l'agitation favorise l'action lipasique. Cette dernière est accentuée lorsqu'il y a inclusion d'air dans le lait et formation de mousse.**

**Les lipases naturelles sont thermosensibles. Elles sont détruites en 30 secondes par chauffage à 80°C. Une pasteurisation moins sévère leur permet donc d'avoir une certaine activité.**

- **Enzymes microbiennes**

**Au cours de leur développement, les bactéries psychrotrophes élaborent et libèrent des lipases très actives. Leur action sur la matière grasse est d'autant plus marquée que la membrane globulaire a été plus endommagée. Selon les souches bactériennes, l'élaboration de ces lipases peut se faire dès le début de la phase exponentielle de croissance ou plus tardivement.**

**Généralement, l'indice de lipolyse dans un lait cru n'augmente pas sauf si les psychrotrophes sont en grand nombre (plus de 5 millions par ml). Mais, à partir de un million de germes, elles peuvent agir dans les produits laitiers de longue conservation (fromage, lait, beurre, lait stérilisé, poudre de lait), y provoquant des défauts caractéristiques (goût de rance, de savon...).**

**Comme il a été dit précédemment, ces lipases ne sont pas inactivées par la pasteurisation.**

**Les lipases élaborées par les psychrotrophes ont généralement une activité maximale lorsque le pH est voisin de la neutralité (celui du lait frais est de 6,6–6,8) et la température proche de 37°C. Toutefois, aux**

**températures de réfrigération, elles conservent une part notable de leur activité. La quantité de lipases produites, variable avec les souches est fréquemment plus importante à basse température qu'aux températures optimum de croissance des bactéries qui les élaborent. Il s'ensuit que dans un lait réfrigéré, fortement contaminé, il peut y avoir une appréciable lipolyse.**

## **22. Action sur les protéines**

**L'activité protéolytique élevée de nombreuses bactéries psychrotrophes se manifeste encore à basse température. En outre la production des protéases est particulièrement forte au froid. C'est ainsi que pour *Pseudomonas fluorescens*, hôte fréquent des laits réfrigérés, elle est six fois plus importante à 3°C qu'à 30°C.**

**D'autre part, elles sont pour la plupart thermorésistantes de sorte que leur activité peut se manifester dans le lait après pasteurisation et même après traitement U.H.T. ce qui risque d'entraîner la gélification de ce dernier. Différents défauts de saveur comme l'amertume peuvent se développer dans le lait et les produits laitiers et les déprécier fortement, voire les rendre inconsommables. Lorsque la protéolyse s'accompagne d'une dégradation des acides aminés, elle peut provoquer un goût putride.**

**Il faut observer qu'une action très discrète des protéases peut avoir un effet favorable sur le développement des bactéries lactiques en leur fournissant des peptides et des acides aminés qui leur sont nécessaires. Le lait contenant des protéases naturelles thermorésistantes, son action peut interférer avec celles des bactéries psychrotrophes.**

## **3. ACTION SUR LA PHASE COLLOIDALE**

**La phase colloïdale du lait est constituée par des micelles au sein desquelles les caséines sont associées à des constituants salins, notamment du calcium et du phosphate de calcium.**

**Sous l'action du froid, cette phase subit des modifications portant à la fois sur les caséines, les micelles et les équilibres salins, dont les conséquences essentielles sont une diminution de la valeur fromagère**

du lait.

### 31. Modification des caséines

Le maintien du lait à basse température provoque la solubilisation d'une partie des caséines. A 2–4°C le taux de caséines solubles atteint environ 15 à 25 % alors qu'il n'est que de 4 à 6 % à 20–25°C. Cette solubilisation atteint principalement la caséine  $\beta$ . Après conservation du lait 48 h à 4°C elle est approximativement 3, 5 fois plus forte que pour la caséine  $\alpha_S$  et pour la caséine  $\kappa$ .

### 32. Modification des équilibres salins et des micelles

Au froid une partie du phosphate de calcium associée aux caséines se solubilise. Il s'ensuit une augmentation des teneurs en calcium et en phosphate inorganique contenues dans la phase aqueuse du lait au détriment de la phase colloïdale. Après maintien du lait à 3–4°C pendant 48 h, cette augmentation peut atteindre 10 à 20 % pour le calcium et 8 à 10 % pour le phosphate.

La solubilisation du phosphate de calcium et de la caséine  $\beta$  ont pour conséquence une réduction de la taille des micelles et leur plus grande dispersion dans le lait.

Dans le même temps, toujours sous l'action du froid, il se produit une augmentation de l'hydratation des micelles. Après 24 à 48 h à 3–4°C, cette hydratation atteint 35 % de celle observée à 20°C.

### 33. Conséquences technologiques

Ces modifications d'ordre physico-chimique ne sont pas sans conséquences technologiques en fromagerie. On observe :

- un allongement du temps de coagulation par la présure qui est de l'ordre de 5 à 25 % pour un lait maintenu 48 h à 3°C,

- **une modification des caractères rhéologiques du coagulum. Celui-ci est plus mou et plus fragile. Il est alors moins apte aux traitements mécaniques ; il s'égoutte plus difficilement, moins complètement, de sorte que la teneur en eau du fromage à pâte molle, par exemple, peut être jusqu'à près de 30 % supérieure à la normale. En outre, du fait de la fragilité du caillé, celui-ci se désagrège provoquant la formation de "fines" qui sont entraînées dans le lactosérum. La perte sous forme de poussières de caillé peut être augmentée de plus de 15 % par rapport aux mêmes fabrications en lait non refroidi.**

**Ces effets du froid sur les aptitudes fromagères sont très variables selon les laits. Ils sont en général relativement peu importants tant que la durée de conservation du lait à basse température ne dépasse pas 48 heures. Ils sont en partie réversibles. Des corrections permettent de restaurer de façon assez satisfaisantes, sinon complètement, ces aptitudes. Actuellement les deux méthodes recommandées en pratique industrielle sont**

- **soit l'addition au lait porté à la température de 30° C, une heure avant emprésurage, de chlorure de calcium à la dose de 0, 1 à 0, 2 gramme par litre.**

**Elle est particulièrement appréciable pour les fromages de type pâte pressée pour lesquels le temps de coagulation est court. Elle peut être utilement complétée, pour les autres fromages, par une maturation du lait, préalablement pasteurisé. Celle-ci est réalisée par maintien du lait pendant 15 à 16 h à 10–12°C en présence d'une petite quantité de ferments lactiques, de l'ordre de 0, 1 %,**

- **soit l'enrichissement du lait en protéines, de façon à les augmenter de 10 à 20 %. Il peut se faire en concentrant directement le lait par ultrafiltration ou par addition au lait de rétentat d'ultrafiltration, en présence de chlorure de calcium.**







---

## **Partie II**

### **PROCEDES ET MATERIELS DE REFROIDISSEMENT TRADITIONNELS**

#### **1. CONSIDERATIONS GENERALES**

On a vu les raisons qui justifient le refroidissement. Les avantages qu'il apporte sur le plan bactériologique (dans la mesure où le lait à l'origine est peu contaminé) l'emportent sur les inconvénients d'ordre physico-chimique. Ceux-ci peuvent être assez bien corrigés alors que les altérations d'origine microbienne sont irréversibles.

D'une façon générale, la méthode de choix consiste à abaisser rapidement la température du lait entre 0 et 4°C, encore qu'à l'intérieur de ces limites les effets du froid varient et nécessitent un compromis permettant de ralentir le plus possible le développement bactérien sans aggraver par trop les modifications d'ordre physico-chimiques. En pratique, il est conseillé d'atteindre rapidement 3°C et de maintenir cette température sachant qu'elle ne doit pas être de beaucoup inférieure à 2°C et en aucun cas dépasser 4°C. Il faut savoir aussi qu'à ces basses températures une faible variation (de l'ordre de 0, 5°C) peut avoir des répercussions sur l'évolution de la flore microbienne.

A la ferme, il n'est pas toujours possible d'appliquer ces basses températures. Lorsque le lait est de très bonne qualité et utilisé rapidement (dans les quelques heures qui suivent la traite), il n'est pas nécessaire d'y recourir. Elles sont néanmoins préférables car l'apport d'un lait contaminé, souvent possible, voire fréquent et même parfois constant dans un bon lait, entraîne inévitablement la contamination du mélange.

En règle générale, quelles que soient la température utilisée, la durée de conservation et la qualité du lait, le refroidissement doit intervenir le plus rapidement possible, de façon à mettre à profit la phase bactériostatique ou "bactéricide" pendant laquelle la croissance bactérienne est normalement très

**faible. Il est évident que le résultat ne peut être satisfaisant que dans la mesure où le lait à l'origine est peu contaminé et que sa température ne remonte pas jusqu'au moment de son utilisation.**

**Il existe plusieurs procédés de refroidissement du lait. En pratique le choix ne peut être déterminé par les seules considérations sur l'action du froid. Il doit nécessairement tenir compte d'autres facteurs, souvent liés, qui sont à évaluer en concertation entre le producteur et le ramasseur de lait. Tels sont les quantités de lait par ferme, et leurs variations saisonnières, l'approvisionnement en eau et en électricité, la densité laitière, la fréquence et la méthode de ramassage, le délai entre la collecte et la livraison à l'usine. Bien entendu, il faut aussi considérer le coût des investissements et du fonctionnement supporté par le producteur et la laiterie et l'incidence sur les prix du lait et sur sa valorisation technologique. D'autres éléments peuvent intervenir. Notamment dans les régions cherchant à couvrir, au moins partiellement, leur besoin en lait, il convient d'apprécier les conséquences du refroidissement sur le développement laitier.**

**Ce sont finalement les conditions locales qui déterminent les méthodes et les équipements à mettre en oeuvre. Des facteurs comme le niveau de développement et les structures de chaque région ont un rôle considérable sur les procédés mis en oeuvre. Ainsi, dans les pays développés ayant une grosse production laitière on assiste depuis le 20<sup>e</sup> siècle à l'évolution suivante que l'on schématise en quatre étapes. Pendant environ la première moitié du siècle le lait était recueilli en bidons et l'on se contentait de le refroidir par les moyens naturels dont on disposait: cave, eau d'une fontaine ou d'un ruisseau, glace. La seconde étape s'est dessinée vers 1950. L'accroissement de la production laitière, l'extension des zones de collecte et la nécessité d'améliorer la productivité et les conditions de travail ont rendu indispensable une meilleure conservation du lait qui s'est faite en utilisant des systèmes de refroidissement plus efficaces : immersion ou aspersion des bidons à l'eau fraîche et même refroidie. L'accentuation de ces phénomènes a conduit à rechercher des procédés plus performants. C'est la troisième étape qui se traduit actuellement par la réfrigération du lait en tank accompagnée de la collecte en vrac. Déjà, sous les contraintes sociales et économiques dont la nécessité d'économiser l'énergie, la quatrième étape commence avec l'apparition de prérefroidisseurs et des récupérateurs de chaleur dégagée au cours de la réfrigération. Bien sûr, ces étapes se chevauchent plus ou moins ; selon**

**les régions elles sont plus ou moins décalées dans le temps mais elles montrent que le développement du refroidissement est lié à celui du développement laitier.**

**Ainsi tel procédé considéré comme insuffisant ou archaïque dans une situation donnée peut déjà être un progrès pour une autre. D'une façon générale, le choix des procédés fondé sur les considérations ci-après**

- **Dans les pays tempérés, lorsque le lait est faiblement contaminé (moins de 50.000 germes "totaux" par n 1) le refroidissement à l'eau naturelle est acceptable dans la mesure où elle est en quantité suffisante et où elle permet d'abaisser la température en-dessous de 15°C. Pour y parvenir elle doit être inférieure à 12–13° C. En outre, la durée de conservation est très limitée, ce qui nécessite un ramassage très rapide. On estime que pour un lait refroidi à une température ne dépassant pas 10° C, le délai de livraison à la laiterie ne doit pas être supérieur à quatre heures. Ce délai est encore à recourir lorsque la température extérieure est élevée. Si la température atteint 18–20° C le refroidissement ne limite que très faiblement la prolifération microbienne. Lorsque la température s'élève ou que le lait est moyennement ou fortement contaminé, le nombre de germes croît considérablement et le refroidissement devient sans effet.**
- **Quand le refroidissement à l'eau naturelle n'est plus possible en raison de sa température élevée, ce qui est le cas dans les pays chauds où il faut utiliser le froid artificiel. Si les quantités de lait sont faibles, on ne peut, pour des raisons économiques, utiliser ce procédé au niveau de la ferme. Il est alors recommandé de grouper le lait des producteurs dans un centre de collecte pourvu d'un équipement de réfrigération artificiel permettant de refroidir le lait à 2 ou 3°C. L'apport du lait au centre doit être effectué le plus rapidement possible après la traite, dans les deux ou trois heures. Après réfrigération le lait est expédié à la laiterie, de préférence en citerne dans la mesure où la quantité est insuffisante. Sinon, on doit avoir recours aux bidons. Au cours du transport le lait doit être maintenu au froid, ce qui peut nécessiter pour de longs transports, notamment en région chaude, l'emploi de véhicules isothermes de sorte que la température reste inférieure ou au plus égale à 10°C.**

**Dans les fermes où la production de lait est importante, c'est généralement la réfrigération artificielle qui doit être utilisée avec la collecte du lait en citerne.**

## **2. PRODUCTION DU FROID**

**L'abaissement de la température est obtenu par échange de calories entre le lait chaud et un fluide froid séparé par une paroi conductrice.**

**Les termes de refroidissement et de réfrigération sont fréquemment confondus. Il est préférable d'utiliser le second lorsque les moyens mis en oeuvre permettent de porter le lait à une température égale ou inférieure à 4°C.**

**Pour accélérer les échanges thermiques il faut que le fluide ou le lait, ou mieux, l'un et l'autre, soient en mouvement.**

**En pratique on peut utiliser trois sources de froid : l'eau naturelle fraîche, la glace ou un fluide frigorigène (réfrigération mécanique ou artificielle).**

**21. L'eau naturelle fraîche a pendant longtemps été le fluide le plus couramment employé. Actuellement encore elle est utilisée soit dans les très petites exploitations (moins de 25 l de lait par jour) et qui, pour des raisons économiques ou autres, ne peuvent recourir à d'autres moyens ou encore dans les régions ayant en abondance de l'eau courante et fraîche (10°C au maximum), ce qui existe seulement dans quelques contrées.**

**Bien souvent l'eau ne permet pas d'abaisser la température du lait en-dessous de 15 ou 16°C, ce qui est déjà appréciable mais ne ralentit que très faiblement le développement microbien. Sauf le cas où l'eau est naturellement très froide, son emploi, qui est déjà un facteur de progrès, doit être considéré comme un palliatif transitoire entre l'absence de tout refroidissement et la réfrigération.**

**22. La glace permet d'abaisser la température au voisinage des températures de réfrigération. Mais son**

**emploi nécessite un approvisionnement régulier et coûteux, ce qui est rarement possible sauf dans les régions où elle existe à l'état naturel. Dans quelques régions, la glace est stockée en hiver pour être utilisée en été.**

**23. Fluide frigorigène. C'est un composé chimique (ammoniac, chlorure de méthyle, fréon...) dont le passage de l'état liquide à l'état de vapeur (vaporisation) a pour conséquence un abaissement de température. Une matière (le lait) mise en contact avec cette vapeur, par l'intermédiaire d'une paroi, lui cède une certaine quantité de chaleur et se trouve ainsi refroidie.**

**Ce composé est mis en oeuvre dans une machine (ou groupe) frigorifique dont il existe deux systèmes : à compression mécanique et à absorption.**

### **231. Machine à compression mécanique**

**Elle fonctionne en circuit fermé. La vapeur du fluide évaporé est récupérée, puis par compression et refroidissement revient à l'état liquide afin de pouvoir s'évaporer à nouveau. Elle comprend toujours les éléments ci - après (figure 8) :**

- ***Un évaporateur***

**Il consiste généralement en une tuyauterie, souvent en forme de serpentin, à l'intérieur de laquelle s'évapore le fluide frigorigène avec production de froid.**

**Dans le procédé dit à détente directe, l'évaporateur est directement au contact du milieu à refroidir. La disposition de l'évaporateur par rapport au milieu varie selon les installations. Le fluide réfrigérant peut circuler dans la tuyauterie placée à l'intérieur ou autour du milieu. Au contraire, il peut être contenu dans un réservoir fermé traversé par une tuyauterie où circule la matière à refroidir.**

**Dans d'autres cas l'évaporateur n'est pas au contact direct avec le milieu à refroidir mais avec un fluide intermédiaire (fluide frigoporteur ; eau, saumure ...) qui véhicule le froid vers le milieu. L'avantage de ce**

**procédé réside dans sa souplesse de fonctionnement et dans la sécurité qu'apporte le fluide intermédiaire. Celui-ci constitue une réserve de froid non négligeable palliant à un arrêt momentané du groupe frigorifique. Son inconvénient est son encombrement.**

**La température du liquide en évaporation correspond à la pression qui régne dans l'évaporateur.**

**• *Un compresseur***

**Il agit comme une pompe aspirante et refoulante. Son rôle est d'une part d'évacuer la vapeur du fluide frigorigène venant de l'évaporateur et de maintenir la pression requise à l'intérieur de celui-ci, d'autre part d'élever la pression de cette vapeur à un niveau suffisamment élevé et de l'envoyer au condenseur.**

**L'entraînement du compresseur est généralement assuré par un moteur électrique. On utilise fréquemment des groupes hermétiques, c'est-à-dire ceux dans lesquels le moteur et le compresseur forment un ensemble monobloc, ce qui permet de supprimer le presse-étoupe qui est souvent la principale cause de panne. Les groupes semi-hermétiques sont moins fréquemment utilisés; comme dans les précédents le moteur et le compresseur forment un seul appareil mais il est possible de démonter le moteur et de procéder sur place à des réparations, ce qui n'est pas possible avec les appareils hermétiques.**

**• *Un condenseur***

**Il assure la liquéfaction de la vapeur. La vapeur comprimée chaude est transmise à un agent de refroidissement extérieur (air ou eau), ce qui permet sa liquéfaction. Le fluide, de nouveau à l'état liquide, revient à l'évaporateur pour être de nouveau utilisé. Le cycle évaporation-compression-liquéfaction peut aussi se répéter indéfiniment.**

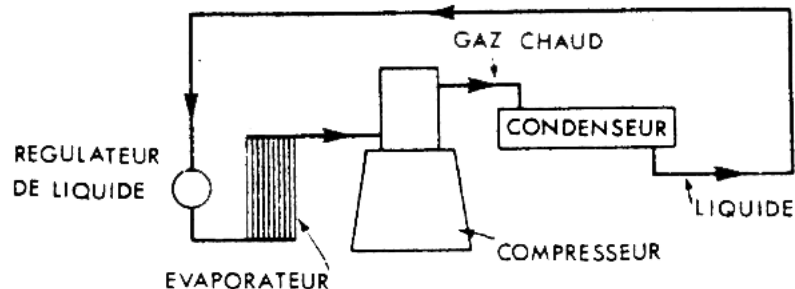
**• *Un détendeur (ou régulateur de liquide)***

**Il est constitué d'une vanne qui règle le débit du fluide frigorigène ne retournant à l'évaporateur. la**

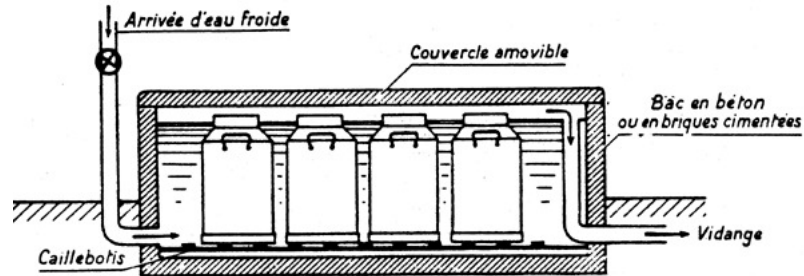
quantité soumise à l'évaporateur en un temps donné doit être égale à celle pouvant être vaporisée, ce qui correspond à la chaleur absorbée. Ainsi le détendeur permet de maintenir dans l'évaporateur et le condenseur les pressions et les températures les plus adaptées à l'installation considérée et aux conditions extérieures données.

### 232. Machine à absorption

Elle permet, comme celle à détente directe, d'enlever la chaleur du milieu à refroidir par évaporation d'un fluide frigopresseur mécanique. Celui-ci est remplacé par un dispositif fondé sur le principe selon lequel la solubilité d'un gaz dans un liquide diminue lorsque la température croît et devient nulle à la température d'ébullition du liquide. Ainsi, l'eau absorbe près de 1.000 fois son volume de gaz ammoniac et laisse dégager presque totalement ce gaz si on le chauffe à 100°C.



**Figure 8 - Schéma du circuit frigorifique d'une installation à compression (D'après ANDERSON, 1978)**



**Figure 9** - Bac refroidisseur à circulation d'eau froide (D'après VEISSEYRE, 1975)

**Fonctionnement.** La vapeur sortant de l'évaporateur est admise dans un absorbeur contenant une solution dite "pauvre" dans laquelle elle se dissout. Cette absorption s'accompagne d'une production de chaleur qui doit être éliminée à l'aide, par exemple, d'une eau de refroidissement. La solution devenue "riche" passe ensuite dans un bouilleur où elle est chauffée sous pression par un moyen quelconque (brûleur à fuel, à résistance électrique...), ce qui permet à la vapeur du fluide frigorigène de s'échapper.

Cette dernière passe dans un rectificateur où elle se débarrasse de la vapeur d'eau entraînée. Devenue anhydre, elle va au condenseur refroidi par eau où elle se liquéfie. Le fluide liquéfié passe ensuite à travers l'évaporateur où il se vaporise en produisant du froid puis retourne à l'absorbeur. Le système à absorption se résume ainsi à deux circuits : l'un, d'ammoniac plus ou moins chargé de vapeur d'eau ou d'eau, alternativement gazeux et liquide, l'autre de solution alternativement pauvre et riche.

Les machines à compression mécanique sont le plus souvent utilisées. Les machines à absorption ont un rapport de la puissance frigorifique produite à la puissance calorifique nécessaire au fonctionnement assez bas. Elles sont moins économiques et plus encombrantes que celles à compression. Toutefois leur emploi peut se révéler intéressant dans les fermes ou les centres de collecte dépourvus



d'électricité. De plus, elles ont l'avantage de ne pas avoir d'organe mobile à l'exception d'une pompe de refoulement de la solution riche dans le bouilleur.

### **3. REFROIDISSEMENT - METHODES ET EQUIPEMENTS**

#### **31. Refroidissement à l'eau naturelle**

##### **311. Refroidissement du lait dans les bidons**

###### **3111. Immersion simple**

Le procédé le plus ancien et le plus rudimentaire consiste à immerger les bidons dans de l'eau fraîche courante. Stagnante elle ne permet pas d'éliminer rapidement la chaleur et se réchauffe rapidement.

De toute façon le refroidissement étant appliqué à du lait en masse et sans mouvement est toujours lent. La température du lait, même après plusieurs heures de refroidissement, n'atteint pratiquement jamais celle de l'eau ; elle reste de 2 à 3°C supérieure.

Il faut tenir compte de la conductibilité thermique dont est fait le bidon. Le coefficient de transfert de chaleur des bidons en matière plastique est beaucoup moins élevé que celui des bidons métalliques d'où un refroidissement plus lent.

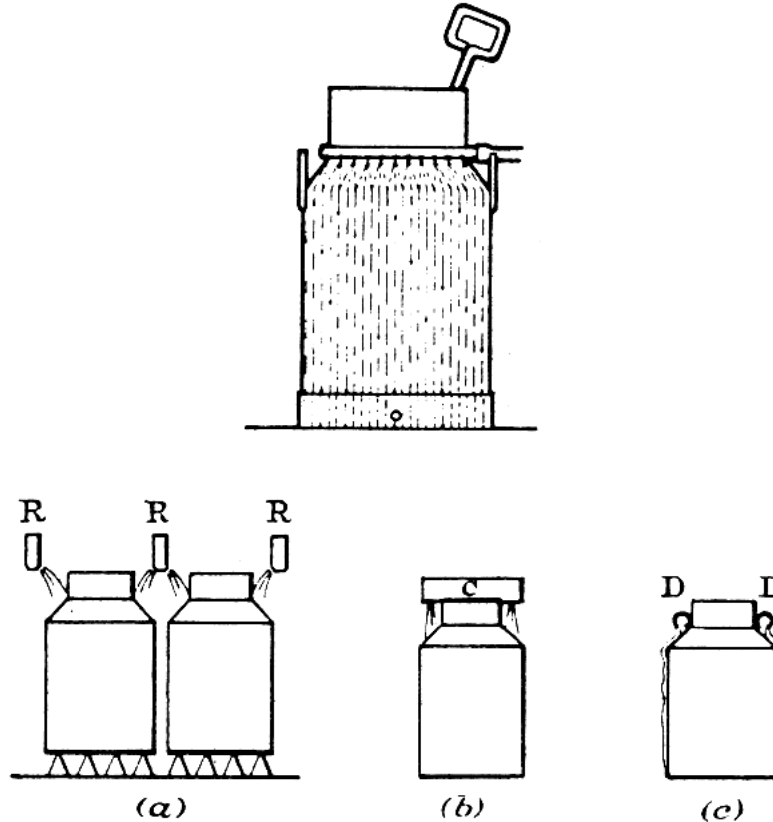
Pour que l'immersion ait la meilleure efficacité possible, elle doit être maximale, c'est-à-dire le niveau de l'eau doit être supérieur à celui du lait, sans toutefois que l'eau puisse pénétrer dans le bidon. Cette précaution est d'autant plus nécessaire que la couche supérieure du lait est généralement plus contaminée. En effet, si le lait n'est pas agité, les globules gras en montant vers la surface entraînent avec eux une partie des bactéries qui se rassemble dans la crème.

La méthode la plus simple consiste à plonger les bidons dans un cours d'eau, une fontaine, voire un puit.

**On peut aussi utiliser un bao (en tôle, ciment ou bois) (Figure 9), pourvu d'un caillebotis sur lequel reposent les bidons. Il est rempli d'eau dont le volume est d'environ quatre à cinq fois supérieur à celui des bidons. Les résultats sont très limités du fait de l'absence de circulation de l'eau. On peut l'améliorer par addition de glace.**

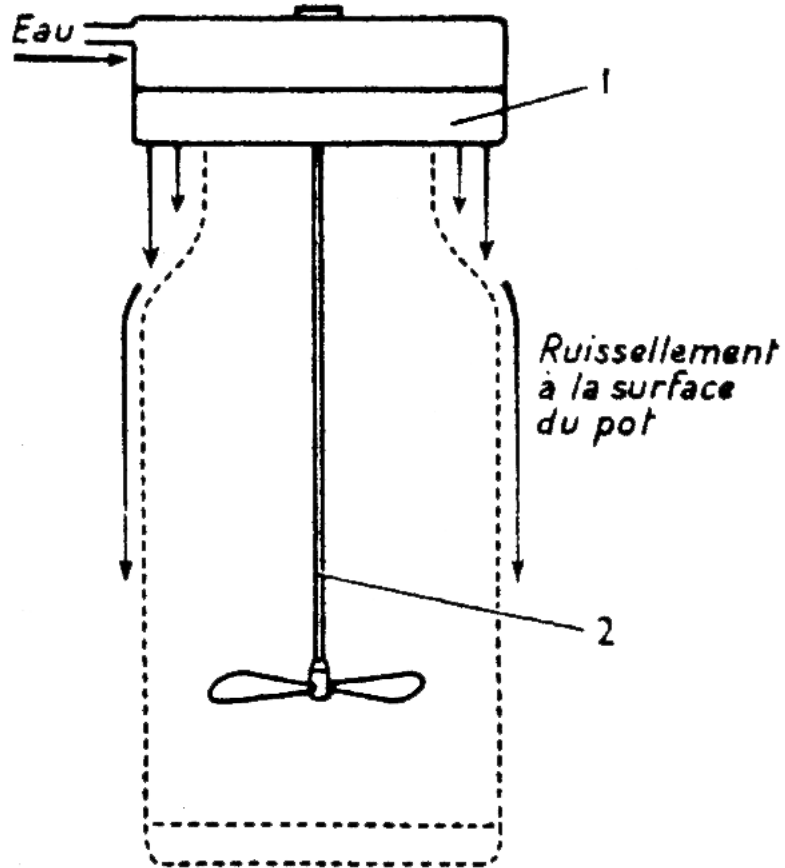
**Lorsque l'on dispose en abondance d'eau canalisée, il est évidemment préférable d'aménager le bac de façon à ce qu'elle puisse y circuler de façon continue. On peut aussi remplacer l'immersion par l'arrosage des bidons.**

**D'une manière générale le procédé par immersion n'est efficace que dans la mesure où l'eau est très froide et d'un gros débit. Dans ce cas, malgré la lenteur du refroidissement et l'absence d'agitation du lait, il permet d'abaisser la température du lait pendant que les bactéries sont encore en phase de latence et de ralentir ainsi leur développement ultérieur. En outre le lait n'étant pas au contact du milieu extérieur reste à l'abri des poussières et autres contaminations. Enfin, dans la mesure où l'eau est gratuite ou d'un très faible prix, le procédé est économique.**



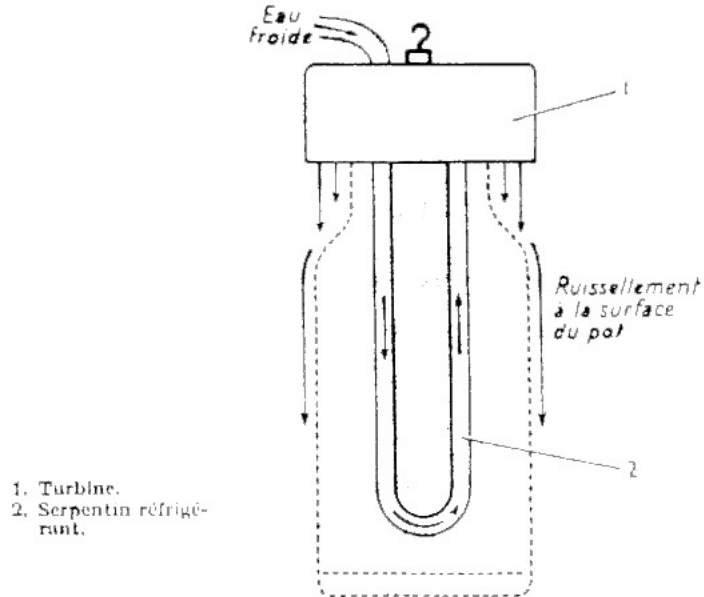
**Figure 10 - Dispositifs d'aspersion des pots à lait.**

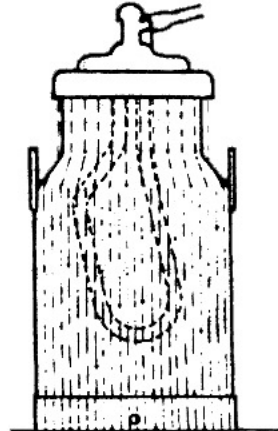
**a) Rampes d'aspersion R. - b) Couvercle spécial C. - c) Collier douche D (D'après JACQUET et**



1. Turbine à eau.
2. Agitateur à palettes.

**Figure 11 - Refroidisseur à aspersion et agitation (D'après VERISSEYRE, 1975)**





**Figure 12 - Appareils à ruissellement et à agitateur refroidi (D'après VEISSEYRE, 1975)**

**Bien qu'elles ne soient pas à négliger ces méthodes demeurent primitives et n'apportent un résultat notable que si l'eau est froide, abondante et courante.**

### **3112. Aspersión et agitation**

**Différents dispositifs permettent de remplacer avantageusement la simple méthode par immersion mais ils nécessitent un petit investissement de l'eau fraîche canalisée. Les plus élémentaires, sous agitation, sont représentés à la Figure 10.**

**Un appareil métallique simple, mobile et bon marché dit "à tourniquet" est représenté à la Figure 11. Placé sur le bidon dont le col lui sert de support, il permet le ruissellement sur la paroi extérieure. Dans le même principe par une petite turbine hydraulique, ce qui accélère le refroidissement et évite la formation de crème en surface.**

**Dans un autre type (Figure 12), la vitesse de refroidissement est accrue en remplaçant l'agitateur à palettes par un agitateur tubulaire (tube en U, serpentin) dans lequel circule l'eau fraîche.**

**La consommation d'eau de ces appareils peut être estimée sur la base d'environ quinze litres d'eau par litre de lait. Elle varie avec le modèle utilisé, la température...).**

**Les Figures 13 et 14 donnent une indication sur le rendement de ces deux types d'appareils.**

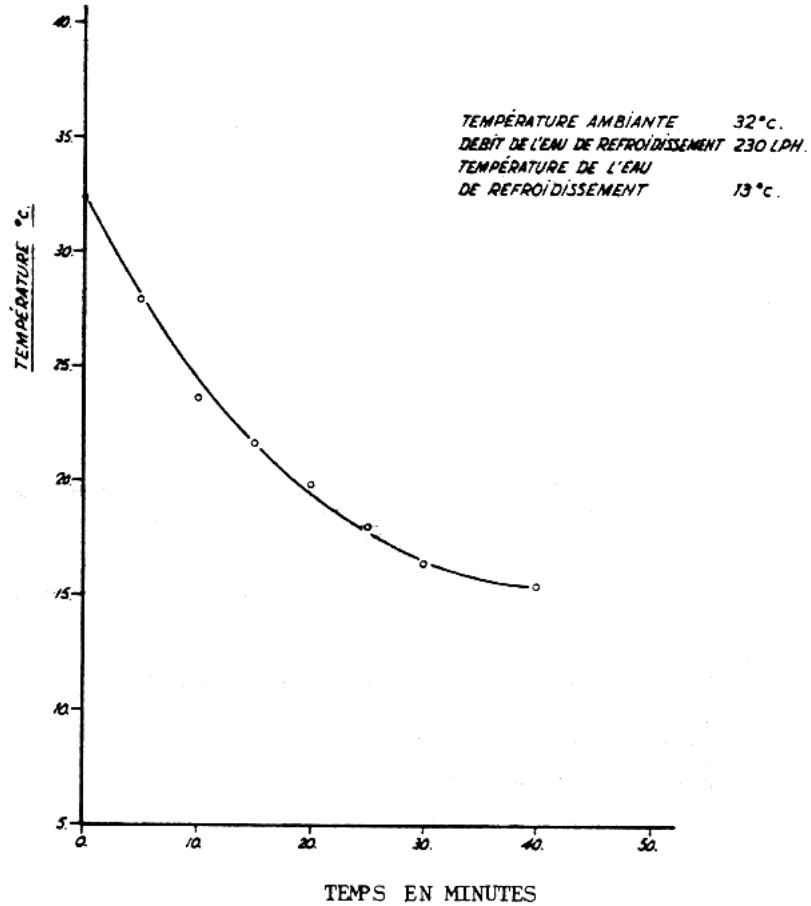
**Ces dispositifs ne sont utilisables que pour de petites quantités de lait, ne dépassant pas la capacité du bidon. Sinon, il convient d'en utiliser plusieurs.**

### **32. Refroidissement en couche mince**

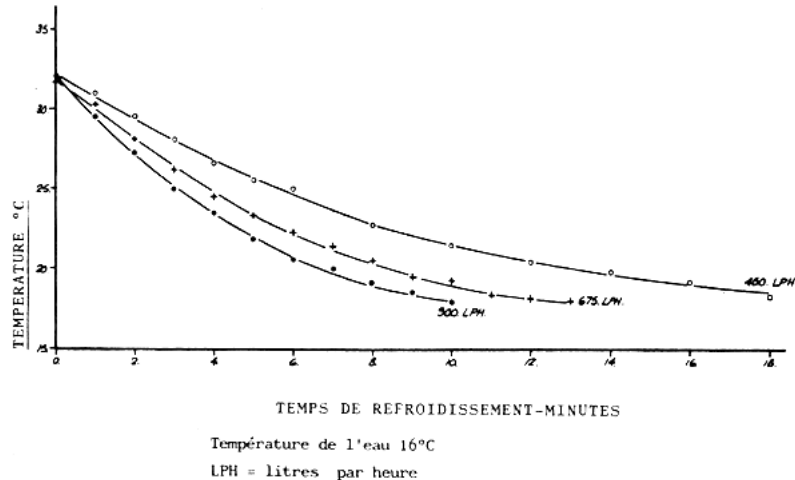
**Dans ce procédé, encore appelé par ruissellement, le lait s'écoule en couche mince et agitée à l'intérieur d'un bac de distribution, sur une surface refroidissante. Il présente ainsi l'avantage de permettre un abaissement rapide de la température.**

**Il met en oeuvre des échangeurs de température statique à surface fonctionnant à contre-courant. Le lait ruisselle par gravité de façon continue, sur des parois métalliques à l'intérieur desquelles circule l'eau de refroidissement. Ces parois ont des reliefs divers constitués d'une succession de saillies et de dépressions.**





**Figure 13 - Courbe d'abaissement de température d'un refroidisseur à tourniquet pour bidons de 45 litres de lait (D'après F.I.L. , 1964)**



**Figure 14 - Courbe d'abaissement de température de bidons (45 litres à l'aide d'un refroidisseur par ruissellement et agitation d'eau**

(D'après F.I.L., 1964)

Il existe trois types principaux de refroidisseur à ruissellement.

- **Refroidisseur tubulaire (Figure 15).** Il est constitué par une série de tubes à section circulaire disposés horizontalement, peu écartés les uns des autres pour éviter les éclaboussures, et reliés entre eux par leurs extrémités, afin de permettre une circulation continue de l'eau. Celle-ci pénètre sous pression à la base de l'appareil. On utilise aussi des tubes à section ovale. Le lait à refroidir

**est versé dans une gouttière située à la base, permet au lait de sécouler par gravité en ruisselant en couche mince, de façon continue et turbulente à la surface des tubes. Ainsi refroidi, le lait est recueilli dans un collecteur placé à la partie inférieure.**

- **Refroidisseur à plaques**

**Le principe est le même mais les tubes sont remplacés par deux plateaux verticaux, de forme ondulée, soudés entre eux. La succession des saillies et des dépressions, disposées horizontalement, permet au lait de descendre en cascade. Elles sont faiblement écartées**

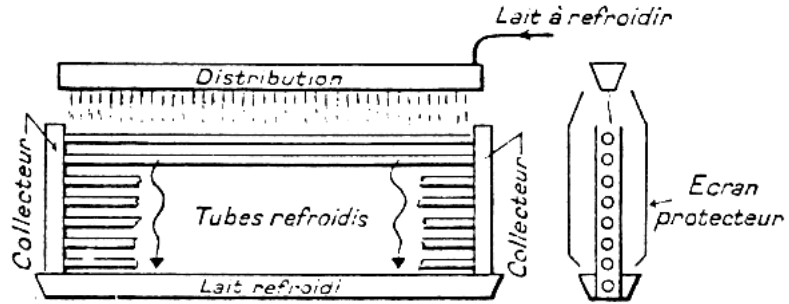
**l'une de l'autre permettant ainsi à l'eau de circuler comme dans le précédent modèle.**

- **Refroidisseur cylindro conque (Figure 16)**

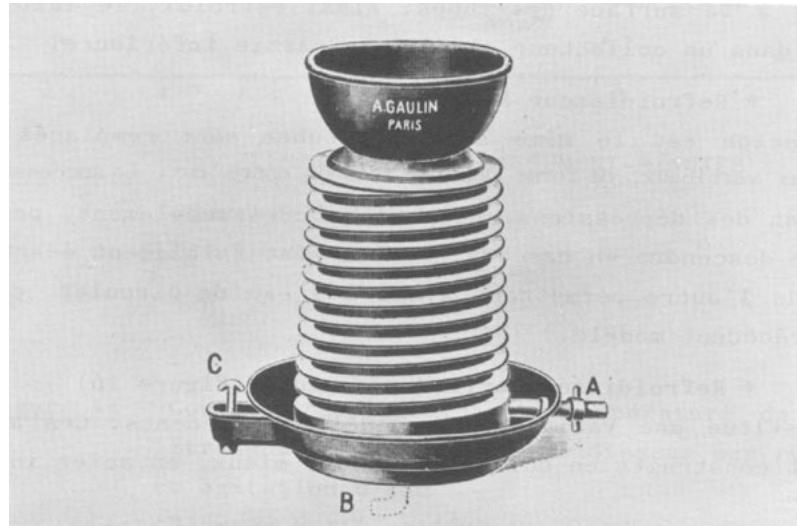
**Il constitue une variante des modèles précédents. Ces appareils sont construits en cuivre étamé ou, mieux, en acier inoxydable.**

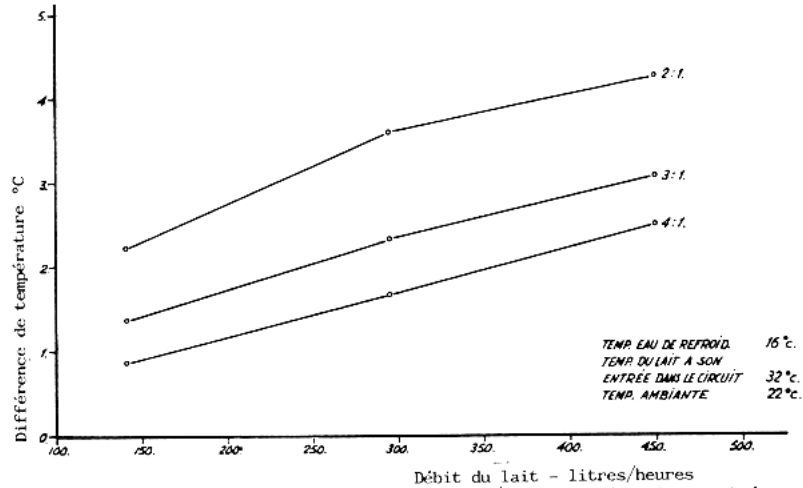
**Outre le gros avantage d'un refroidissement rapide du lait, ils assurent à celui-ci un dégazage partiel qui élimine ou réduit les flaveurs indésirables pouvant lui avoir été communiquées, notamment par des aliments tels que le chou, l'ensilage de mauvaise qualité ... ). Il est évident qu'ils doivent être placés dans un local inodore.**

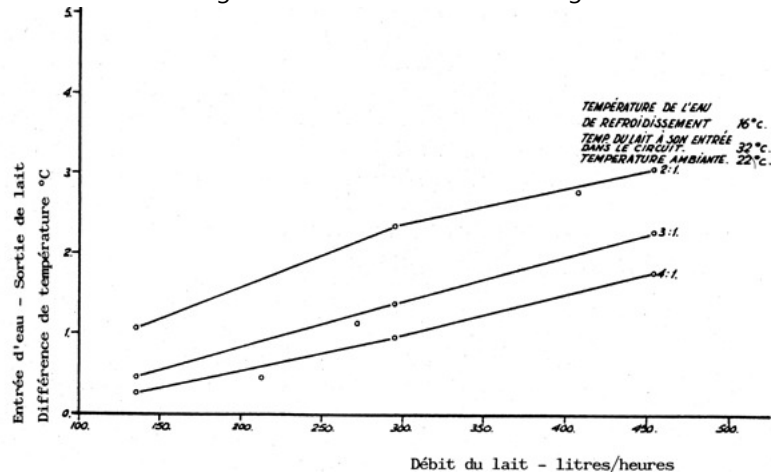
**Leur inconvénient principal est de placer le lait au contact direct de l'atmosphère, ce qui risque de le contaminer. Les gouttes d'eau formées sur les plafonds par condensation peuvent, en retombant dans le lait, entraîner avec elles des microorganismes variés et augmenter ainsi sa pollution. C'est pourquoi certains appareils sont pourvus de volets de protection.**



**Figure 15** - Schéma d'un refroidisseur à ruissellement tubulaire (D'après JACQUET et THEVENOT, 1961)



**Figure 16 - Refroidisseur cylindro-conique****Figure 17 - Rapport eau/lait et efficacité du refroidissement dans un appareil à ruissellement tubulaire (D'après F.I.L., 1964)**



**Figure 18 - Rapport eau/lait et efficacité du refroidissement dans un appareil à ruissellement à plaques**

(D'après F.I.L. , 1964)

Un autre inconvénient réside dans la nécessité de soulever les pots de lait pour en déverser le contenu à la partie supérieure du réfrigérateur. Un local à deux niveaux ou une installation de traite mécanique assurant le transfert du lait évite cette servitude.

Il faut souligner la nécessité absolue d'un parfait nettoyage de l'ensemble de l'appareil (surfaces d'échanges, gouttières supérieures et inférieures, bâti). Celui-ci est rendu délicat par les angles et des surfaces en creux.

- **Choix du refroidisseur**

Il existe de nombreux modèles de réfrigérateurs dont les capacités permettent de répondre à la

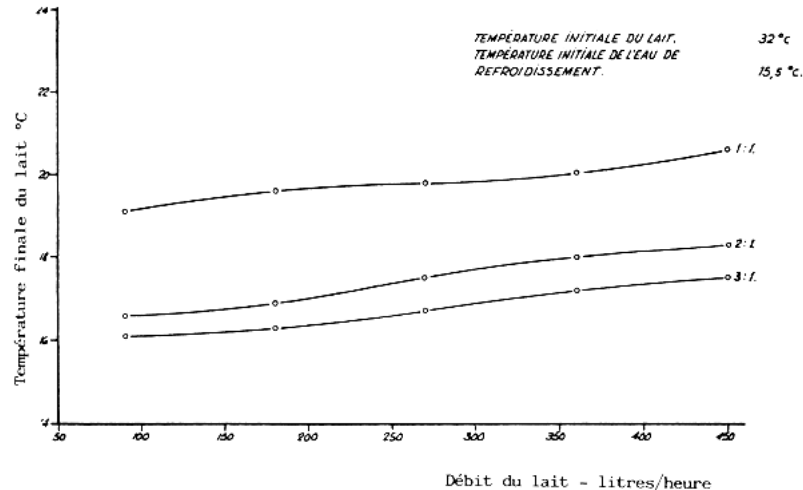
**production des diverses exploitations. Il faut préférer les appareils en acier inoxydable à ceux en cuivre étamé qui sont beaucoup plus faciles à nettoyer, plus robustes, inaltérables et dont la conductibilité thermique est bonne.**

**Le coefficient de transfert de chaleur des appareils à plaque est meilleur que celui des appareils tubulaires, toutes conditions par ailleurs égales (Figure s 17 et 18).**

**Le débit d'eau disponible dont l'influence est importante doit être pris en compte (Figure 19). L'acquisition de ces matériels ne doit se faire qu'après étude des conditions dans lesquelles ils doivent effectivement fonctionner en concertation avec les fournisseurs et sous leur garantie. De toute façon leur efficacité reste limitée par la température de l'eau.**

### **33. Conservation du lait refroidi**

**Il ne suffit pas de refroidir le lait dès la traite. Il faut ensuite assurer sa conservation au froid jusqu'à sa collecte d'abord et pendant son transport ensuite dans les meilleures conditions possibles, ce qui est souvent difficile. Le problème se pose particulièrement lorsque le lait ne part de l'exploitation qu'une seule fois par jour, et que la température extérieure est élevée. De toute façon, il ne faut jamais mélanger la traite du matin à celle de la veille au soir, même si celle-ci a été maintenue au froid. On sait en effet que du lait maintenu à une température supérieure à 4 °C pendant quelques heures peut être le siège d'un important développement microbien. Le maintien du lait à la température où il a été refroidi peut se faire selon plusieurs méthodes. Il faut cependant observer qu'en raison du mauvais échange thermique entre l'air et l'eau, le réchauffement du lait maintenu en masse dans l'air ambiant est relativement lent (environ vingt fois plus lentement que dans l'eau). Ainsi vingt litres de lait en bidon refroidi à 9 °C verra sa température augmenter progressivement jusqu'à 15 °C pour une durée de conservation de 15 heures dans un air ambiant de 20 °C. soit une élévation de température de 6 °C.**



**Figure 19** - Température du lait en fin de refroidissement dans un appareil à ruissellement à plaque en fonction du débit de lait et d'eau (D'après F.I.L., 1964)

Pour limiter la remontée de température, on peut faire appel à diverses méthodes.

### 331. Cas du lait refroidi en bidon

- Lorsque l'on dispose d'eau fraîche courante la méthode la plus simple consiste à les y maintenir après refroidissement.
- Une autre méthode consiste à placer les bidons dans l'endroit le plus frais possible. En principe ce devrait être un local dont la température ne dépasse pas celle du lait refroidi.
- On peut aussi maintenir les bidons dans une enceinte calorifugée qui peut éventuellement être construite avec des matériaux isolants locaux. Le maintien dans une telle enceinte à 20° C porte en



15 heures la température du lait refroidi de 9° C à 12° C soit une augmentation de 3° C.

- d. Un moyen pratique d'empêcher la remontée de température consiste à recouvrir les bidons de "manteaux" ou "jaquettes" d'une matière isolante comme le feutre, ou la laine de verre dont le coefficient de transmission thermique est tel que le réchauffement de température ne dépasse pas 4° C en 15 heures environ pour un écart de 12° C entre la température du lait et celle de l'ambiance. L'efficacité de cette méthode apparaît au tableau 8. Les essais portent sur des laits contenant après la traite environ 20.000 bactéries par ml, refroidis à 6–8° C et conservés en pots de 20 litres pendant 16 heures dans une ambiance de 22 ° C.
- e. Dans les régions où les températures hivernales sont inférieures à 0 ° C on utilise avantageusement une glacière naturelle (Figure 20). Pendant la saison froide on fait congeler de l'eau dans un puits creusé dans le sol ; on peut aussi le remplir de blocs de glace. Ce puits glacé qui doit être aussi bien isolé que possible est utilisé pendant la saison chaude.

**Tableau 8** - Multiplication bactérienne dans du lait en bidon de 20 l conservé à nu et sous isolant

Conditions de conservation des bidons	Température du lait après conservation pendant 16 h à 22 ° C	Taux de multiplication des bactéries
	(°C)	
• à nu	17 – 18	23 à 164
• sous jaquettes ou isorel de 1 cm d'épaisseur	15 – 16	5 à 39
• sous jaquettes en contreplaqué revêtu de 5 cm 9d'épaisseur de laine de verre	12,5–14	2,5 à 7,5

### 332. Cas du lait refroidi en couche mince

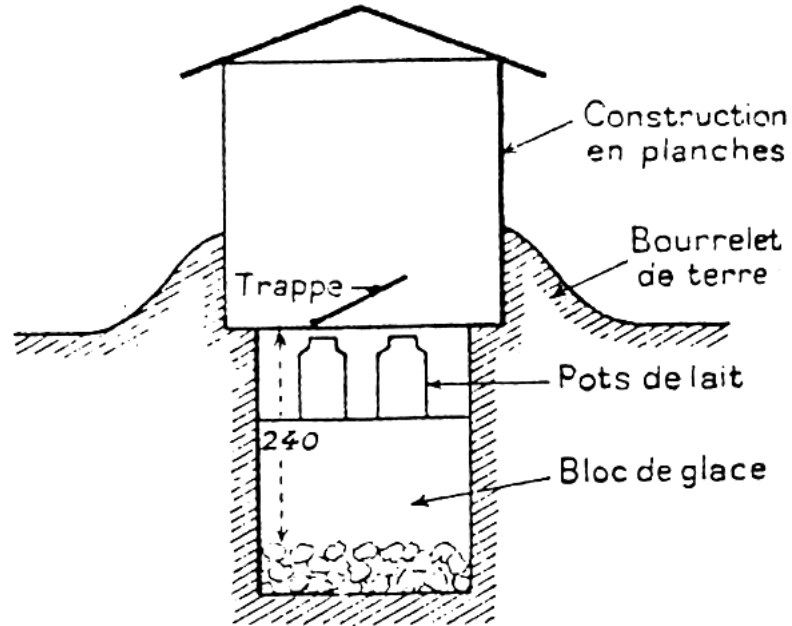
Après avoir recueilli dans des bidons le lait venant du refroidisseur, on utilise l'une des méthodes de conservation décrites précédemment. La multiplication microbienne est généralement moins forte en raison du plus rapide abaissement de la température que permet le ruissellement.

En règle générale la conservation du lait préalablement refroidi à l'eau, sauf dans le cas où celle-ci est

**très froide (4–6° C) doit être aussi brève que possible.**

### **34. Transport du lait**

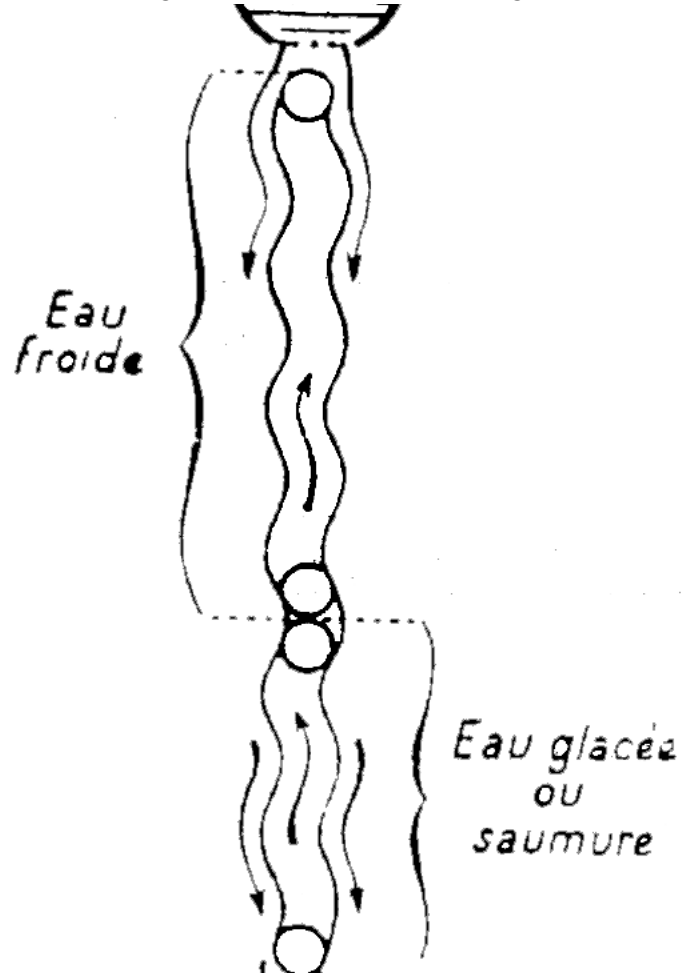
**Les conditions de refroidissement et de conservation du lait ne permettent souvent pas au lait de supporter une longue durée de transport sans que celle-ci s'accompagne d'un développement bactérien pouvant être considérable. D'une manière générale, le réchauffement du lait est d'autant plus faible que celui-ci est froid au départ, qu'il est transporté en masse importante, que la température ambiante est basse et que la durée de transport est courte. Bien entendu le taux initial de contamination du lait et la propriété des bidons ont également une grande influence. Aussi faut-il s'efforcer d'avoir des tournées de ramassage courtes (ce qui n'est pas toujours compatible avec les aspects économiques) et de réaliser le transport soit dans des véhicules isolés, soit lorsque les quantités de lait sont faibles dans des bidons placés sous "jaquettes". On a également intérêt à profiter du moment de la journée le moins chaud (par exemple le nuit ou à l'aube).**

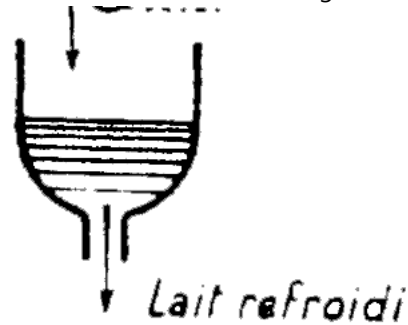


**Figure 20** - Schéma d'un "puits glacé" canadien (D'après JACQUET et THEVENOT, 1961)

*Lait à refroidir*







**Figure 21** - Réfrigérant à ruissellement à deux eaux (D'après VEISSEYRE, 1975)

#### **4. REFRIGERATION - METHODES ET EQUIPEMENTS**

Pendant longtemps on a estimé que le refroidissement à une température inférieure ou égale à 10°C était satisfaisant. Il est vrai que les tournées de ramassage étaient généralement courtes, que le lait était rapidement utilisé dès sa réception à la laiterie et qu'en période estivale le ramassage était effectué deux fois par jour. Mais, les sources naturelles de froid étaient souvent inexistantes, saisonnières et insuffisantes en quantité ou en température, ce qui entraînait l'altération du lait. On a alors commencé à utiliser le froid artificiel mais son coût en limitait l'emploi. Plus tard, sous la pression de facteurs techniques, économiques et sociaux tels que l'éloignement des zones de production de celles de consommation dû à une urbanisation croissante, la nécessité d'améliorer les conditions de travail à la ferme et à l'usine, les exigences des hygiénistes et des consommateurs, il est apparu nécessaire d'augmenter la durée de conservation du lait. C'est pourquoi divers pays se sont orientés résolument vers la réfrigération qui est souvent appliquée à plus de 80 % du lait collecté. Celle-ci permet d'abaisser le lait à la température de 2 à 3°C, c'est-à-dire à celle considérée comme la plus favorable à sa conservation.

**Dans les régions faiblement laitières, notamment celles où la conservation et les transports sont particulièrement difficiles en raison de la température ambiante et des conditions de la collecte et dans lesquelles le lait constitue une matière particulièrement précieuse sur le plan nutritionnel et économique, la réfrigération doit être considérée comme l'un des facteurs essentiels du développement laitier.**

**Il faut rappeler une fois encore que la réfrigération ne peut que ralentir le développement bactérien et que la durée de conservation est étroitement conditionnée par le niveau de contamination du lait à l'origine. C'est pourquoi dans certains pays, lorsque la charge microbienne dépasse un certain niveau, le lait est soit refusé, soit payé à moindre prix.**

#### **41. Procédés de réfrigération**

**Comme pour le refroidissement il existe plusieurs systèmes de réfrigération qui, eux aussi, peuvent être classés en fonction du mode de traitement du lait en masse ou en couche mince.**

**Tous exigent une source d'énergie dont la plus utilisée et la plus commode est l'électricité par raccordement à un réseau de distribution. Lorsque celui-ci n'existe pas on peut recourir aux appareils de réfrigération à absorption ou à l'énergie solaire.**

**Le choix de la source de froid comme du dispositif de réfrigération et de sa capacité sont étroitement liés aux conditions locales ainsi qu'il a été déjà dit. Il ne faut pas sous-estimer la puissance frigorifique, les variations quantitatives saisonnières de la production, la possibilité de faire appel à un frigoriste, la disponibilité en quantité et en qualité de l'eau. Celle utilisée pour le nettoyage doit être naturellement potable ou assainie par un traitement approprié tel que la chloration de façon à assurer une hygiène rigoureuse des surfaces en contact avec le lait.**

**Ces surfaces doivent être lisses, faciles à nettoyer, inaltérables. Seul l'acier inoxydable répond à ces conditions. Le choix doit aussi porter sur des appareils robustes afin de limiter le plus possible les risques de panne.**

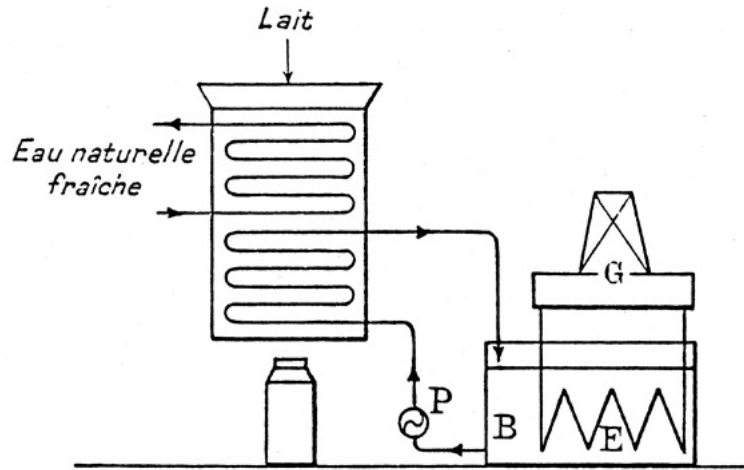
#### **411. Réfrigération en couche mince**

Elle s'opère à l'aide d'appareils à ruissellement similaires à ceux utilisés pour le refroidissement à l'eau mais dans lesquels celle-ci est remplacée par un autre fluide qui est soit de l'eau glacée, soit un fluide frigorigène (détente directe).

##### **4111. Eau glacée**

Dans l'eau contenue dans un bac calorifugé est immergé un évaporateur qui assure son refroidissement. Ainsi réfrigérée, cette eau, reprise par une pompe, est envoyée dans le réfrigérant d'où elle retourne, en circuit fermé, au bac pour être à nouveau refroidie. Le maintien de l'eau à basse température tout au long de la réfrigération du lait nécessite l'emploi d'un groupe frigorifique de forte puissance.

Pour limiter celle-ci on peut constituer une grande réserve d'eau glacée avec le risque d'un relèvement de la température en fin de réfrigération et l'inconvénient d'un grand encombrement. Il est bien préférable d'utiliser un évaporateur à accumulation de glace, celle-ci se faisant en dehors de la période d'utilisation du réfrigérant.



**Figure 22** - Refroidisseur de lait à ruissellement "à deux eaux"

(D'après JACQUET et THEVENOT, 1961)

**B** : bac à eau glacée

**G** : groupe frigorifique

**E** : évaporateur

**P** : pompe à eau glacée

L'eau glacée peut être remplacée par un liquide incongelable (saumure). Cette formule ne se justifie généralement pas dans le cas de la réfrigération à la ferme.

Afin d'économiser les frigories on utilise souvent le réfrigérant dit à deux eaux (Figure s 21 et 22). Il



comprend deux circuits séparés. L'un, d'eau fraîche, à la partie supérieure de l'appareil ; l'autre, d'eau glacée, à la partie inférieure.

L'utilisation de la glace naturelle est mise à profit dans certaines régions ainsi que le montre la Figure 23.

#### **4112. Détente directe**

Elle constitue en l'évaporation du fluide frigorigène directement à l'intérieur du réfrigérant qui joue ainsi le rôle d'évaporateur.

En comparaison de l'eau glacée le procédé à détente directe offre plusieurs avantages. Il est simple. Il ne nécessite pas un bac à la fois encombrant et responsable de pertes de froid. En outre il demande moins d'énergie car, pour une même température de lait, il fonctionne avec une température plus élevée d'évaporation. C'est ainsi que si, dans des conditions données, la consommation électrique est de 12 à 18 watts/heure pour refroidir un litre de lait par détente directe, elle peut être multipliée par 1, 5 ou 2, avec l'eau glacée.

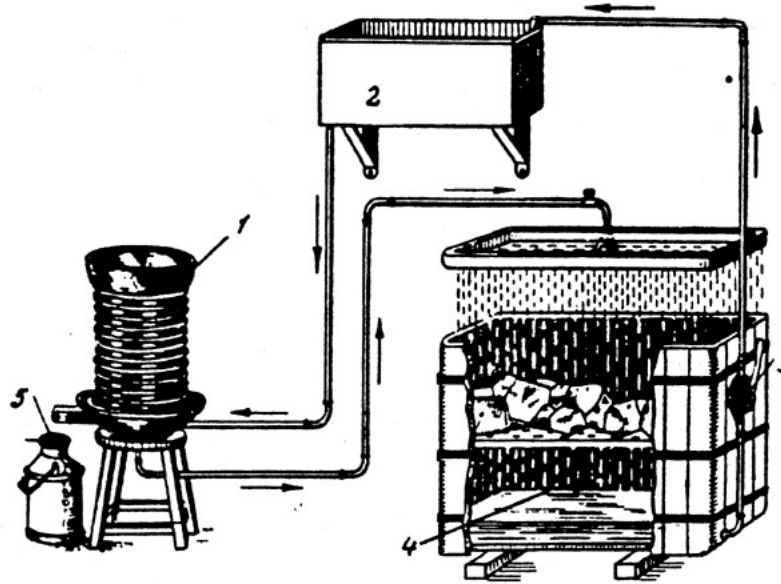
Dans le cas de la détente directe, il faut soigneusement régler la température d'évaporation du fluide frigorigène afin d'éviter le risque de congélation du lait.

#### **412. Réfrigération en masse**

##### **4121. Aspersion des bidons**

Ce procédé est fondé sur le même principe que celui utilisé pour le refroidissement à l'eau naturelle. Mais celle-ci est remplacée par de l'eau glacée fournie par un petit groupe frigorifique. Le système le plus simple consiste à faire ruisseler l'eau glacée sur la paroi extérieure du bidon après quoi elle est récupérée et renvoyée sur l'évaporateur pour être à nouveau refroidie. Pour améliorer la vitesse de réfrigération le ruissellement est accompagné de l'immersion dans le lait d'un tube agitateur dans lequel circule l'eau glacée. Dans ce cas celle-ci circule d'abord dans le tube puis ruisselle à la surface du bidon

; elle est ensuite reprise par une pompe qui l'envoie de nouveau sur l'évaporateur d'où, refroidie, elle retourne dans le tube rotatif.



**Figure 23** - Refroidissement du lait par ruissellement avec utilisation de glace naturelle (U.R.S.S.)  
(D'après JACQUET et THEVENOT, 1961)

- 1) Réfrigérant cylindrique.
- 2) Bac à eau glacée.
- 3) Pompe (à main).

#### 4) Préparation de l'eau glacée

##### 4122. Chambre froide

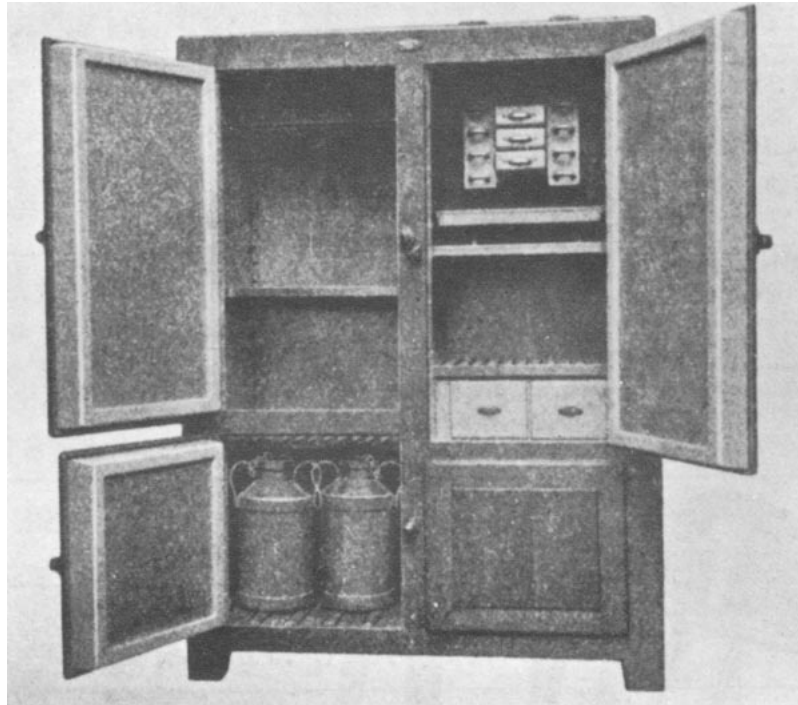
Lorsque la ferme est équipée d'une telle chambre, il est tentant de l'utiliser pour refroidir les bidons (Figure 24). Mais la mauvaise conductibilité thermique de l'air ne permet qu'un très lent abaissement de la température du lait. Par contre, une telle chambre convient au maintien de la température du lait préalablement refroidi. On a alors imaginé de combiner la réfrigération par immersion et la conservation.

A la partie supérieure de la chambre on place on réfrigérant à ruissellement à détente directe sous lequel les bidons contenant le lait réfrigéré séjournent jusqu'à la collecte (Figure 25), maintenus à basse température par le réfrigérant. Du point de vue frigorifique ce dispositif est peu rationnel. Il est préférable d'installer deux circuits frigorifiques distincts : l'un servant à réfrigérer le lait, l'autre la chambre. Ce dispositif est rarement satisfaisant car il est souvent très difficile d'assurer un bon nettoyage du réfrigérant et d'éviter les condensations sur les parois de la chambre.

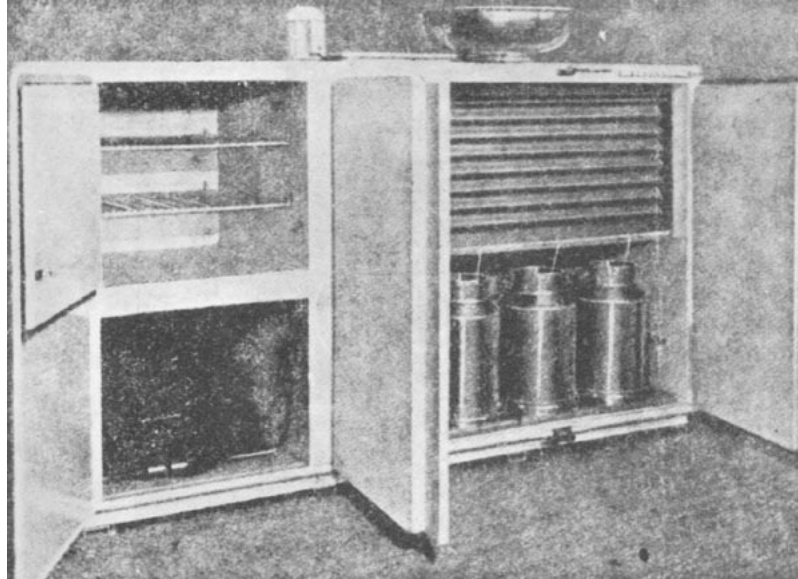
##### 4123. Congélation partielle

Le procédé consiste à introduire des cubes ou des billes de lait congelé dans le lait à refroidir. Une partie du lait d'une traite est mis dans de grands tiroirs à glace d'un congélateur d'une armoire frigorifique. Après congélation la glace de lait est introduite dans le lait de la traite suivante. Il faut disposer d'environ quatre à cinq litres de lait congelé pour refroidir en 30 à 45 minutes environ vingt litres de lait chaud.

Le lait additionné de glace peut être soit immédiatement livré soit placé dans un compartiment de l'armoire qui sert de conservateur. Ce procédé n'est plus guère utilisé. Il est limité à de petites productions n'excédent pas dix ou vingt litres par traite. Son inconvénient est de modifier la structure physico-chimique du lait et de provoquer une séparation de la matière grasse. Il nécessite un excellent nettoyage des tiroirs de congélation dont la forme risque de rendre celui-ci difficile.



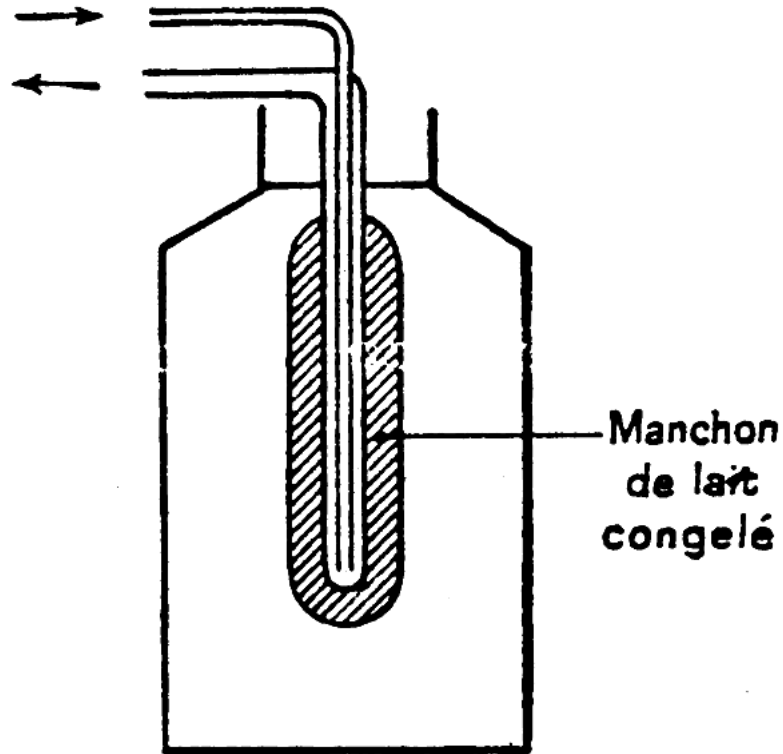
**Figure 24 - Armoire réfrigérante mixte (D'après VASSOGNE, 1950)**



**Figure 25**

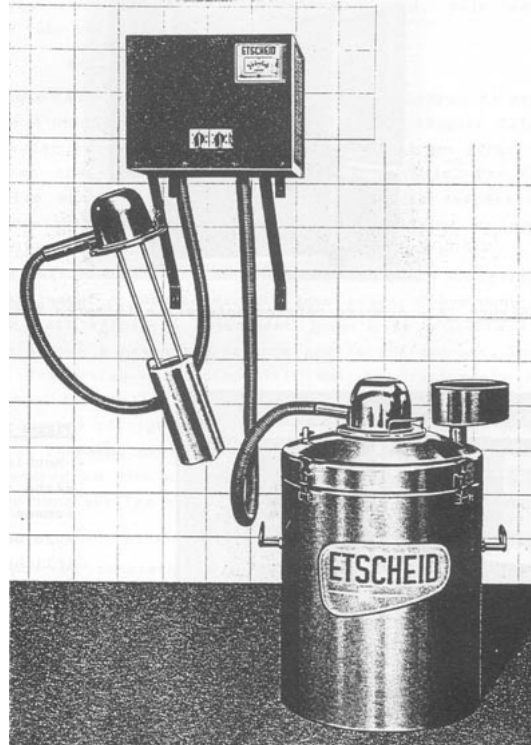
**- Meuble réfrigérant mixte avec ruissellement et entreposage des bidons**

**(Cliché MELOTTE)**



**Figure 26 - Réfrigération du lait en bidon par congélation partielle**

**(D'après JACQUET et THEVENOT, 1961)**



**Figure 27 - Plongeur refroidisseur (Cliché ETSCHIED)**

Un système voisin consiste à former une gaine de lait congelé autour d'un évaporateur à détente directe constitué par un double tube (Figure 26). Quand une épaisseur suffisante de lait congelé s'est accumulée sur l'évaporateur immergé dans le bidon, le manchon de glace est décollé en envoyant dans le double tube, par un jeu de robinets, les gaz chauds de circuit frigorifique. La rapidité de formation de

**la glace de lait permet d'utiliser le même appareil pour plusieurs bidons. Comme le système précédent, ce procédé modifie la structure physicochimique du lait.**

#### **4124. Dispositif plongeur**

**Ce procédé consiste à plonger dans le lait l'évaporateur à détente directe d'un petit groupe frigorifique (Figure 27). Cet évaporateur est relié au groupe par une tuyauterie souple qui lui assure sa mobilité. Il est généralement en forme de manchon cylindrique et comporte une hélice d'agitation de manière à accélérer les échanges et à éviter la formation de glace de lait. Ce dispositif simple et d'un encombrement réduit est intéressant pour de petites quantités de lait. La Figure 28 donne une approximation sur ses performances. Certains appareils plus puissants permettent de réfrigérer le lait en une vingtaine de minutes à -4°C.**

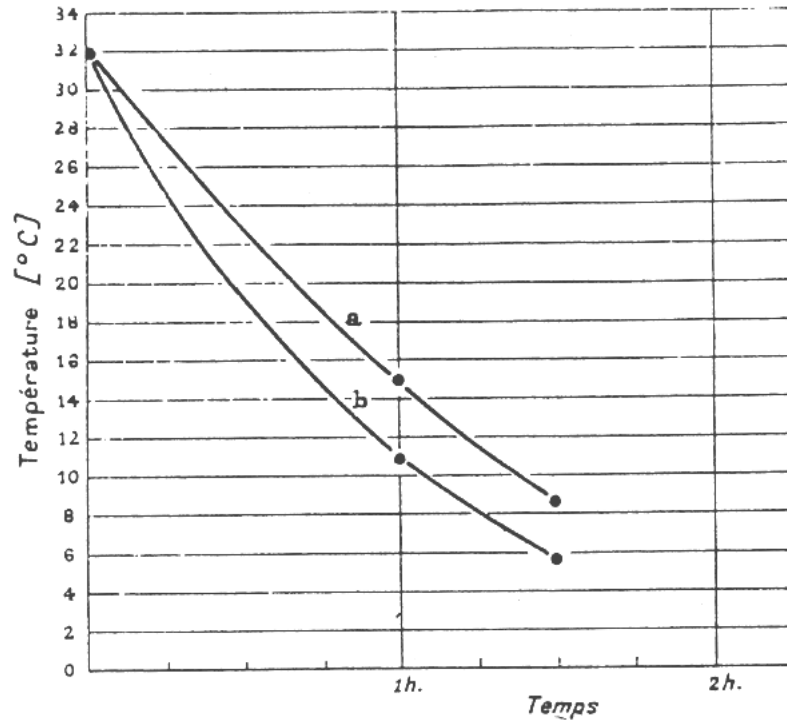
**Là encore, un très bon nettoyage du manchon et de l'agitateur est indispensable pour qu'il ne devienne pas un foyer de contamination.**

#### **4125. Immersion des bidons**

**Les bidons de lait chaud sont plongés, comme dans le cas de l'immersion en eau naturelle, dans une eau réfrigérée produite au moyen d'un groupe frigorifique (Figure s 29 et 30). L'évaporateur à détente directe est généralement immergé dans l'eau contenue dans le bac calorifugé et à niveau constant. Afin de ne pas gêner la manipulation des bidons, il est généralement en forme de plaques disposées sur une ou plusieurs parois du bac ou encore sous forme d'un serpentin placé dans un angle. Il peut être à l'extérieur du bac avec circulation de l'eau, au moyen d'une pompe, en circuit fermé.**

**Il est indispensable que l'eau soit constamment en mouvement, ce qui est obtenu au moyen d'un agitateur et éventuellement d'une pompe dans le cas du circuit fermé. Faute de cette précaution, la réfrigération est très lente et atteint difficilement la température voulue. La Figure 31 montre l'allure de la réfrigération du lait en bidons de 20 l avec agitation de l'eau; il est également souhaitable d'accélérer les échanges thermiques par agitation du lait.**

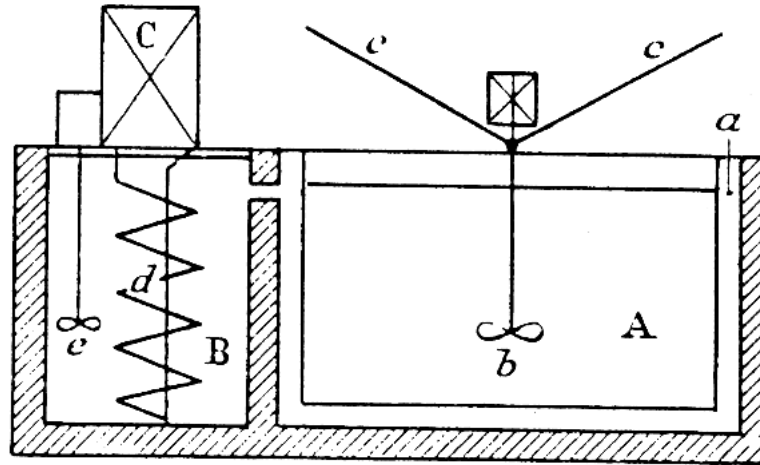




**Figure 28** - Refroidissement du lait par évaporateurplongeur (pot de 20 litres)

- a. Température à la surface du lait
- b. Température du pot

(D'après JACQUET et THEVENOT, 1961)



**Figure 29 - Bac-refroidisseur à eau glacée**

(D'après JACQUET et THEVENOT, 1961)

- A. Bac à lait : a) enveloppe d'eau glacée ; b) agitateur ; c) couvercle
- B. Bac à eau glacée ; d) évaporateur ; e) agitateur
- C. Système frigorifique

Les bidons de 40 litres maintenus en eau agitée à 3°C pendant une heure atteignent la température de 17°C lorsque le lait reste immobile et de 7°C quand il est brassé constamment. Cette pratique exige une grande propreté de l'agitateur ; sinon il risque de contaminer le lait. On utilise rarement un dispositif d'agitation mécanique continue afin de ne pas trop compliquer les installations. Lorsqu'on pratique un brassage intermittent à l'aide d'un agitateur manuel qui doit être en métal (aluminium, acier inoxydable), il faut éviter de le mettre en contact avec une surface capable de le mouiller et le placer de préférence

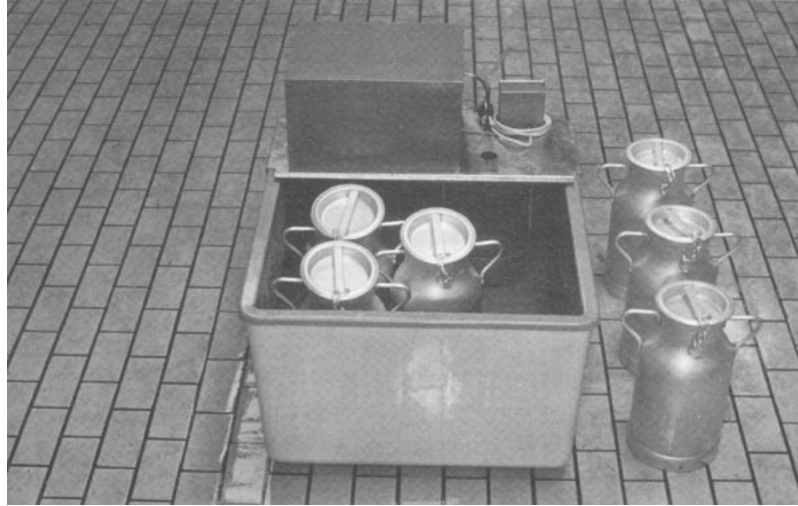
**dans une eau javellisée.**

**La quantité d'eau glacée doit être d'environ deux fois le volume de lait. Cette eau doit être propre et donc remouillée assez fréquemment, les bidons apportant toujours diverses souillures. En attente de la collecte, les bidons sont conservés dans l'eau maintenue à basse température. Ces installations doivent être pourvues d'un thermostat permettant l'arrêt et la mise en marche automatiques du dispositif de réfrigération en fonction de la température de l'eau du bac.**

#### **4126. Ruissellement et immersion combinés**

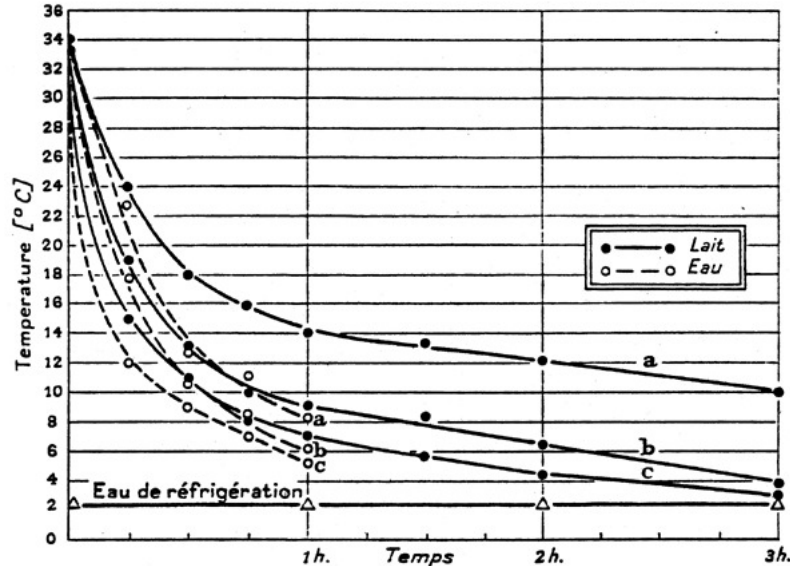
**Afin d'augmenter la rapidité du refroidissement on peut combiner les deux systèmes. Après avoir fait passer le lait sur un réfrigérant à ruissellement alimenté par prélèvement d'eau glacée dans le bac d'immersion ou par un autre dispositif, le lait est recueilli dans des bidons qui sont ensuite placés dans le bac à eau glacée. Si l'on dispose d'eau naturelle très fraîche, on peut se contenter d'un pré-refroidissement sur l'appareil à ruissellement avant l'immersion des bidons en eau glacée, ce qui est plus économique. Ce procédé est peu utilisé en raison de son coût et des manipulations qu'il nécessite.**

**Un autre dispositif, moins efficace, consiste à faire ruisseler sur les bidons reposant sur une grille placée au-dessus du bac de l'eau prélevée dans celui-ci. Les bidons ainsi prérefroidis sont ensuite immergés dans l'eau du bac.**



**Figure 30 - Bac réfrigérant à eau glacée pour bidons**

(cliché JAPY)



**Figure 31** - Refroidissement comparé du lait et de l'eau dans un appareil à immersion (pots de 20 litres)

(D'après AUCLAIR)

a) Température de la surface du liquide. b) Température au centre du pot. c) Température au fond du pot.

La description schématique des principaux procédés utilisables pour refroidir ou réfrigérer le lait donne une idée de la variété des systèmes et des résultats qu'on peut en attendre. Leur efficacité est variable, leur commodité plus ou moins grande, leur coût plus ou moins élevé. Leur choix doit être guidé, comme il a déjà été dit, en fonction des conditions techniques et économiques locales. Tous permettent à des

niveaux divers d'améliorer la conservation du lait. Toutefois le système actuellement le plus rationnel et le plus perfectionné réside dans l'emploi, quand il est possible, des cuves (ou tanks) assurant à la fois la réfrigération et la conservation du lait.

---



---

### **Partie III**

## **REFRIGERATION ET CONSERVATION DU LAIT EN CUVE**

L'utilisation à la ferme de la cuve ou du tank pour réfrigérer et conserver le lait s'est développée depuis 1945 environ. Elle a débuté aux Etats-Unis, puis en Grande-Bretagne et s'est ensuite répandue dans un grand nombre de régions laitières.

Le procédé consiste à verser le lait, au fur et à mesure de la traite, dans un tank assurant automatiquement et rapidement sa réfrigération, puis sa conservation à basse température. Au lait froid on ajoute la traite suivante, et éventuellement la troisième, la quatrième, voire jusqu'à la sixième après quoi le lait est collecté par camion citerne. C'est pourquoi dans le langage professionnel on parle couramment de "tank 2 traites", "tank 4 traites", de réfrigération et de ramassage "en vrac".

### **1. MATERIEL**

#### **11. Description générale**

Un tank réfrigéré se compose essentiellement de deux parties (Figure s 32, 33, 34) :

1. une machine frigorifique permettant la réfrigération directe (détente directe) ou indirecte (eau

glacée),

2. **une cuve isolée à double paroi servant d'échangeur de température entre le lait et le fluide réfrigérant. Elle st complétée par**
  - un agitateur assurant l'homogénéisation de la température du lait et une bonne répartition de la matière grasse,
  - un thermostat réglant la température,
  - d'accessoires divers : couvercle, jauge à lait, robinet de vidange, thermomètre, etc.

Ces divers éléments sont indiqués à la Figure 35.

### 111. Cuve

Elle appartient à l'un des types suivantes :

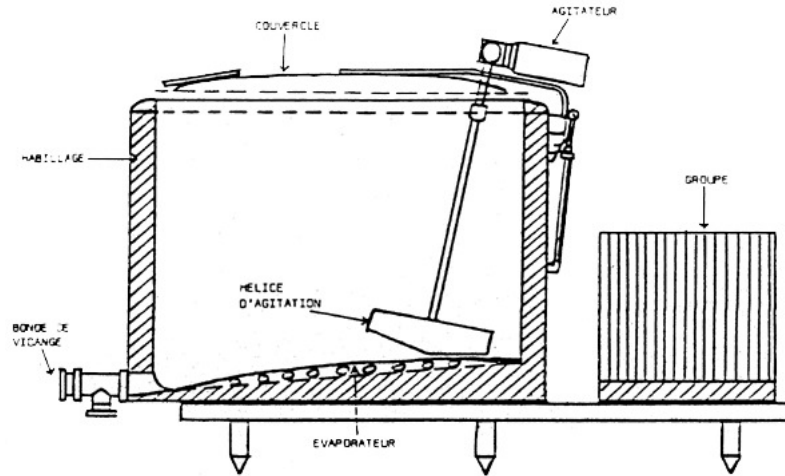
- le type atmosphérique qui fonctionne sous pression atmosphérique,
- le type sous vide qui fonctionne sous un vide égal ou supérieur à celui de la machine à traire, ce qui permet d'amener directement le lait au tank au moyen d'une canalisation dite ligne de lait.



**Figure 32 - Tank à lait cylindrique**

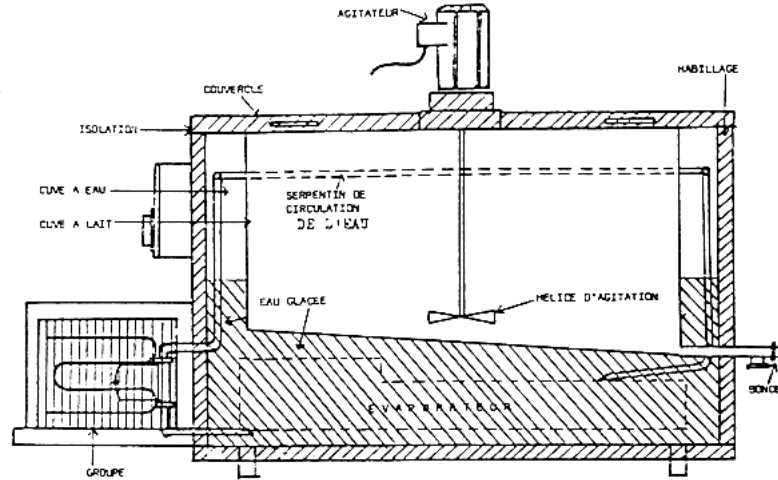
(Cliché JAPY)





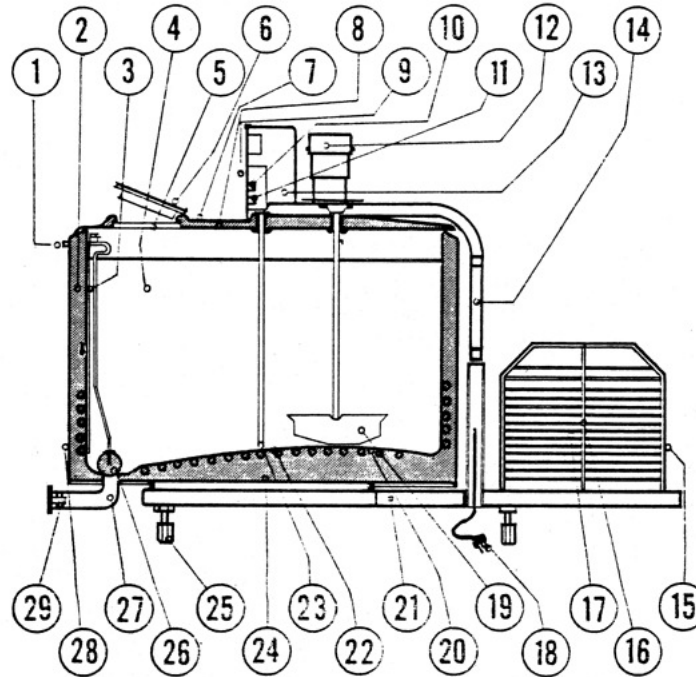
**Figure 33 - Appareil à détente directe**

(D'après MAHIEU, 1976)



**Figure 34 - Appareil à eau glacée**

(D'après MAHIEU, 1976)

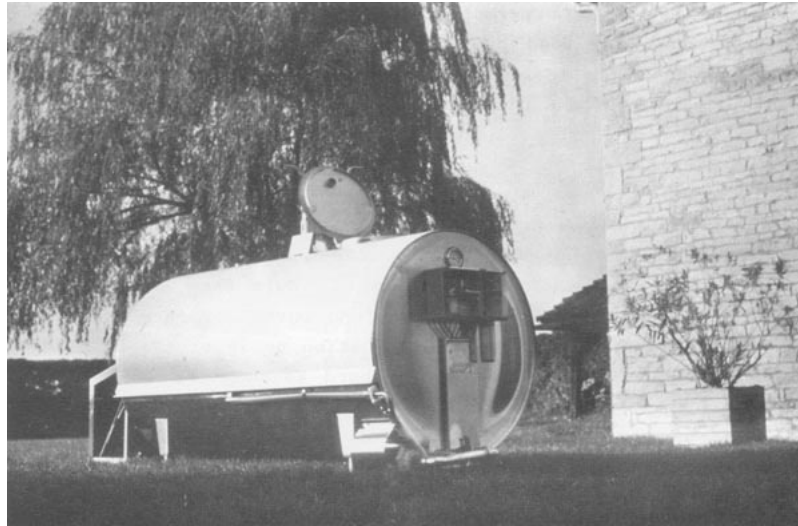


1) niveau à bulle	16) grilles de ventilation
2) mousses polyuréthane exp.	17) groupe compresseur hermét.
3) jauge acier inoxydable	18) Câble d'alimentation
4) cuve acier inoxydable 18/10	19) agitateur amovible
5) office de remplissage	20) fond acier inox embouti

6) couvercle polyéthylène	21) châssis en profilé zingué
7) couvercle embouti acier inox.	22) circuit frigorifique
8) double couvercle polyester	23) canne de régulation
9) tableau de commande	24) double fond embouti
10) commande automatique	25) 4 pieds réglables
11) thermostat	26) clapet de viadange
12) moto-réducteur à arbre lent	27) vidange ? 2 pouces
13) capot en polyester	28) enveloppe acier inoxydable
14) charnière en tube carré	29) bouchon anti-poussières
15) capot amovible	

**Figure 35 - Principaux éléments d'un tank réfrigérant**

**(Cliché JAPY)**



**Figure 36** - Tank réfrigérant horizontal fermé

(Cliché JAPY)

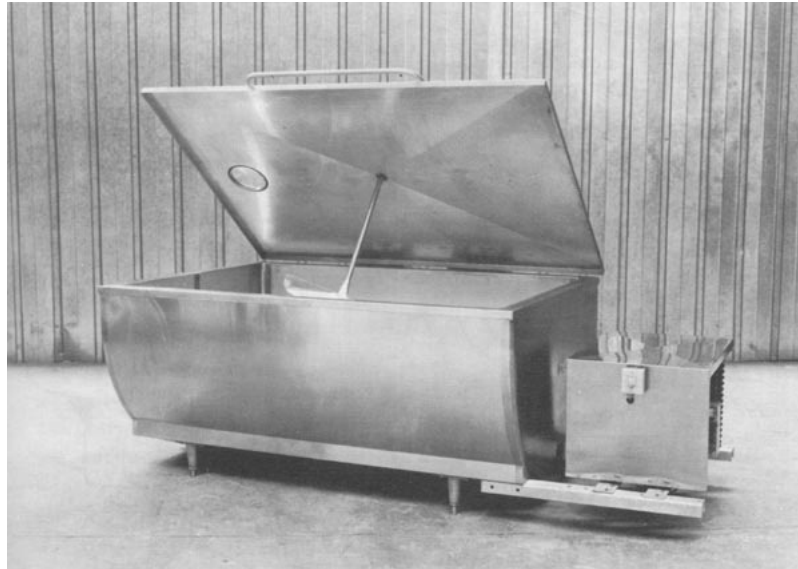
**Quel que soit le type de tank, qu'il soit fixe ou mobile, la cuve, verticale ou horizontale, est à double paroi. Sa forme peut être variée : cylindrique, demi-cylindrique, elliptique, parallélépipédique... (Figure s 36 et 37).**

**La cuve intérieure doit présenter une bonne conductibilité, être solide, indéformable et résistante à la corrosion. Sa surface au contact avec le lait doit être lisse avec des angles arrondis de façon à permettre un parfait nettoyage. Sa forme et notamment son fond doivent être conçus de telle façon que l'écoulement des liquides par la vanne de vidange disposée en un point bas se fasse complètement et rapidement.**

**Le couvercle, généralement à charnière, n'est généralement pas isotherme. Il doit avoir une dimension et une disposition telle que lorsqu'il est ouvert tous les points de la cuve soient visibles. Son dispositif de fermeture doit empêcher toute entrée d'eau, de poussières, insectes ou autres matières (Figure 37a). Dans le cas de la cuve sous vide, il doit être parfaitement étanche à l'air. S'il est percé d'une ouverture permettant de verser le lait, de contrôler l'agitation ou le niveau du lait, celle-ci doit être pourvue d'un rebord tourné vers le haut et d'un couvercle adapté de façon à empêcher l'entrée d'eau (Figure 38). Le passage des accessoires au travers de la cuve ou de son couvercle doit être soigneusement garni de points d'étanchéité (Figure 39). Ceux-ci doivent être résistants, supporter le contact avec le lait et les solutions de nettoyage, ne pas être toxiques ni susceptibles de communiquer au lait une saveur quelconque.**

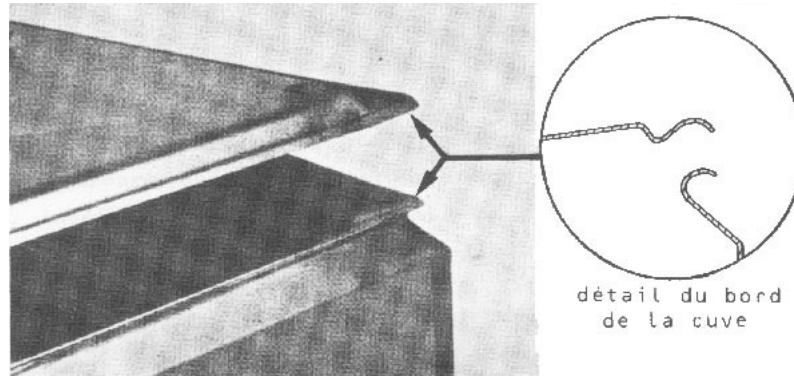
**Le matériau de construction utilisé est pratiquement toujours l'acier inoxydable contenant au moins 18 % de chrome, 10 % de nickel et moins de 0,06 % de carbone. L'aluminium est rarement utilisé en raison de ses difficultés de nettoyage. Toutes les soudures doivent être faites en un matériau inoxydable présentant une résistance à la corrosion et une solidité au moins égales à celles de la cuve. De plus, il est indispensable qu'elles ne présentent aucune aspérité ni fissure et qu'elles présentent un poli soigné de façon qu'elles soient faciles à nettoyer et ne servent pas de points d'accrochage au lait et de réceptacles aux bactéries.**

**La cuve extérieure peut être construite en divers matériaux dès l'instant qu'elle soit rigide et résistante à la corrosion par nature ou par traitement de surface : tôle peinte, polyester armé, ou, mieux, acier inoxydable. Son isolation thermique est réalisée à l'aide d'un matériau non hygroscopique, inapte au tassement ou à la déformation comme la laine de verre, la mousse de polyuréthane ou le polystyrène expansé. Elle doit être telle que lorsque le tank est totalement rempli, la température du lait refroidie au voisinage de 4°C et maintenue au repos ne se réchauffe pas de plus de 1°C en 12 heures pour une température extérieure de 32°C. Les liaisons et l'isolation entre les deux cuves ne doivent pas entraîner la formation de ponts thermiques. L'espace libre entre les deux parois permet la circulation du fluide réfrigérant.**



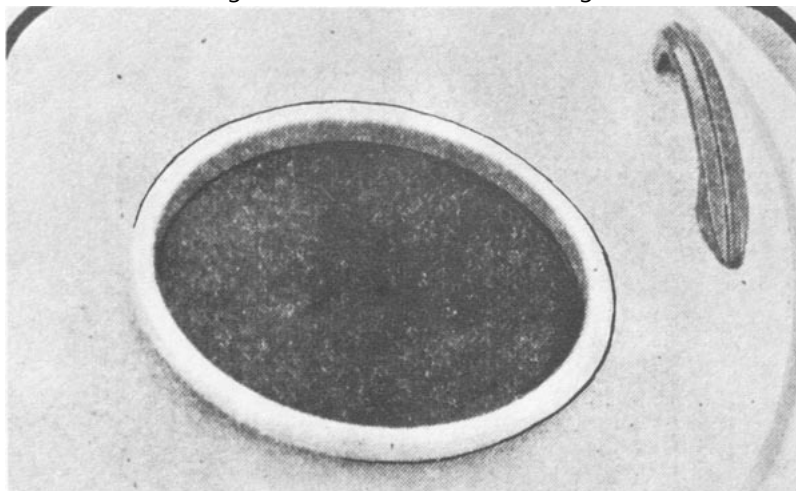
**Figure 37** - Tank réfrigérant demi-cylindrique

(Cliché JAPY)

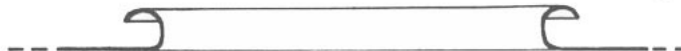


**Figure 37a - Etanchéité du couvercle et du bord supérieur de la cuve (Cliché JAPY)**





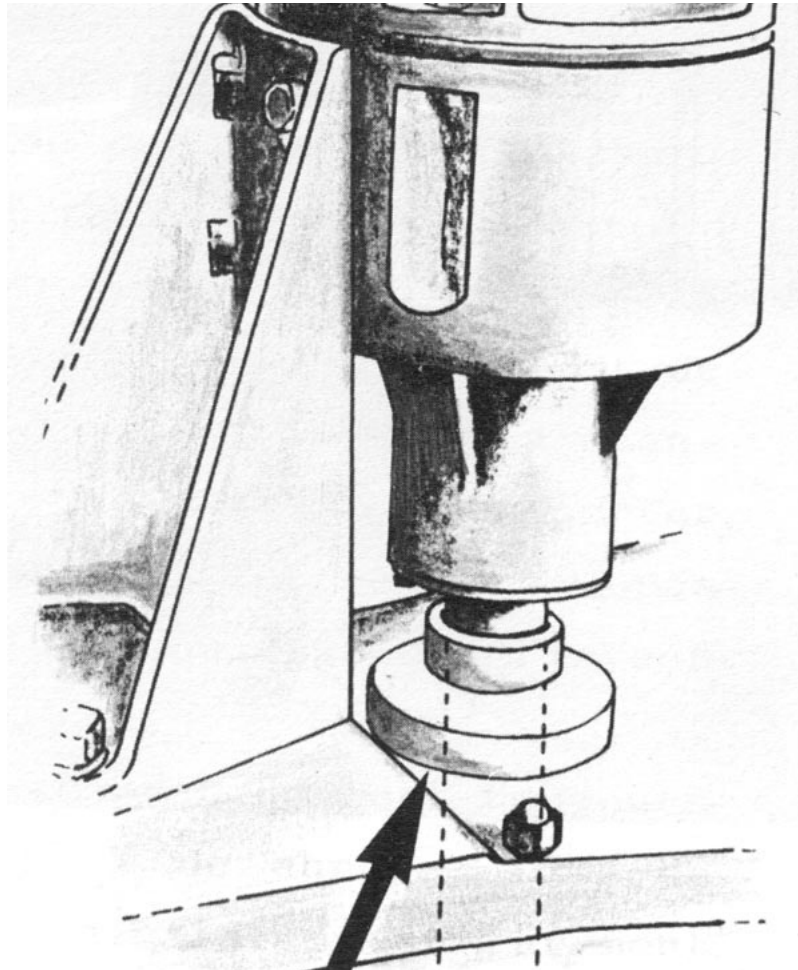
coupe de l'orifice de remplissage

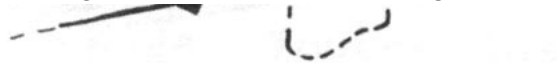


**Figure 38** - Orifice de remplissage à rebord empêchant l'entrée d'eau

(Cliché ALFA-LAVAL)







**Figure 39** - Déflecteur enserrant l'arbre de l'agitateur et protégeant des souillures l'orifice réservé à son passage dans la cuve

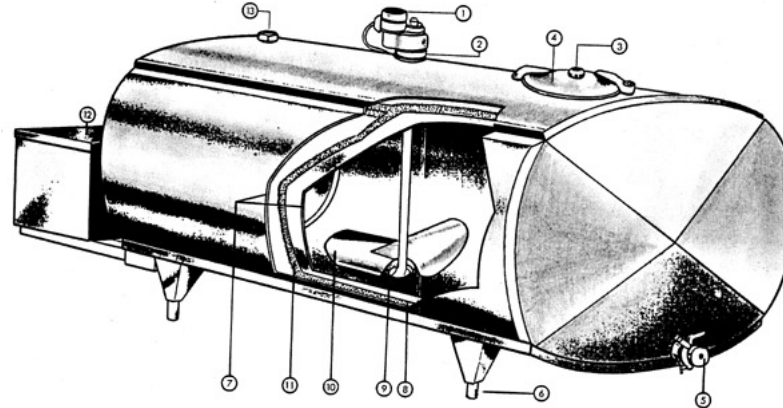
(Cliché ALFA-LAVAL)

### 112. Accessoires

Tous ceux qui sont en contact avec le lait doivent être, comme la cuve intérieure et pour les mêmes raisons, en acier inoxydable et ne pas offrir de parties peu accessibles au nettoyage.

La jauge est un instrument important puisqu'il permet de mesurer la quantité de lait contenu dans le tank. Elle est constituée d'une tige plate qui plonge dans le lait et dont la graduation permet d'en connaître la quantité. Elle peut être une source d'erreurs et de contestation si elle est mal conçue, mal placée ou mal utilisée. Sa graduation doit être juste et inaltérable. Elle est généralement gravée de façon précise dans un matériau rigide et indéformable. En principe, il convient que les dimensions de la cuve intérieure soient calculées pour qu'une division de la jauge corresponde à un volume de lait au plus égal à 0,5 % du volume utile de la cuve. Toute déformation de la cuve fausse les résultats.

Il est nécessaire que la jauge soit parfaitement verticale et qu'elle repose sur un support à niveau constant. Fixée, par exemple, sur le couvercle du tank qui se déforme ou se positionne mal, la mesure peut présenter de notables variations. Il faut aussi assurer à la cuve une bonne horizontalité ne pouvant être modifiée, ce qui peut nécessiter de sceller les pieds du tank après qu'ils aient été réglés. Enfin, la lecture de la jauge nécessite de grandes précautions. La présence de mousse ou de crème à la surface ne permet plus de déterminer avec précision le niveau réel du lait. Le constructeur doit indiquer si la lecture doit être effectuée à la base ou en haut du ménisque formé à la surface du lait. En pratique, les difficultés de mesure apparaissent surtout sur les tanks de grande capacité présentant une importante surface de lait.



- |  |  |
|--|--|
| 1) Moto réducteur d'agitation auto-graissant | 8) Evaporateur   |
| 2) Filtre évent                              | 9) Ejecteurs   |
| 3) Entrée de lait                            | 10) Agitateur  |
| 4) Trou d'homme de large diamètre            | 11) Isolation en mousse de polyuréthane injecté à haute pression |
| 5) Robinet de vidange                        | 12) Groupe frigorifique  |
| 6) Pieds réglables en acier inoxydable       | 13) Orifice de dégazage et d'entrée de lait                      |
| 7) Cuve tout en acier inoxydable             |  |

**Figure 40** - Tank fermé avec position de l'agitateur fixé sur la paroi haute. Le circuit de lavage se fait par l'axe de l'agitateur muni à sa base d'éjecteurs

(Cliché ALFA-LAVAL)

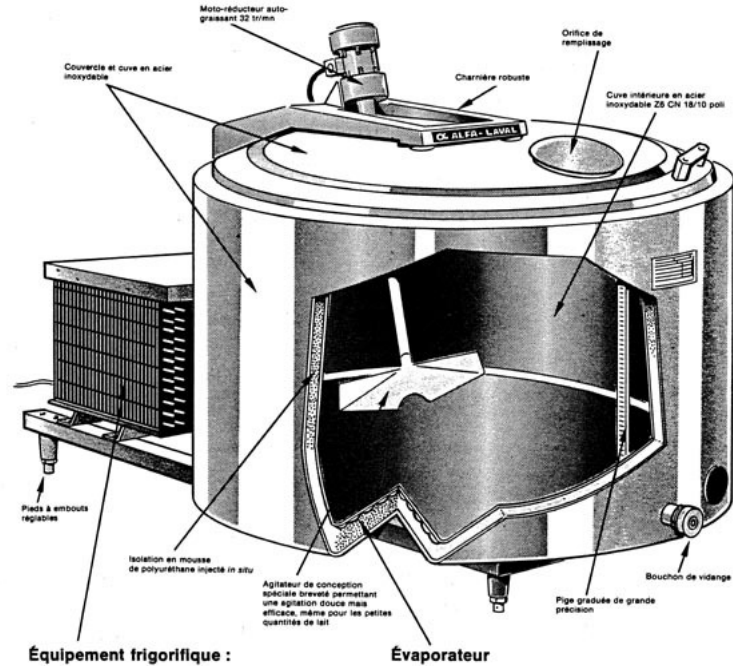
### **Agitateur**

Il est entraîné mécaniquement au moyen d'un petit moteur électrique. Il est habituellement fixé sur une

**paroi haute ou sur le couvercle du tank de sorte que son axe soit en position verticale dans le lait (Figure s 40 et 41).**

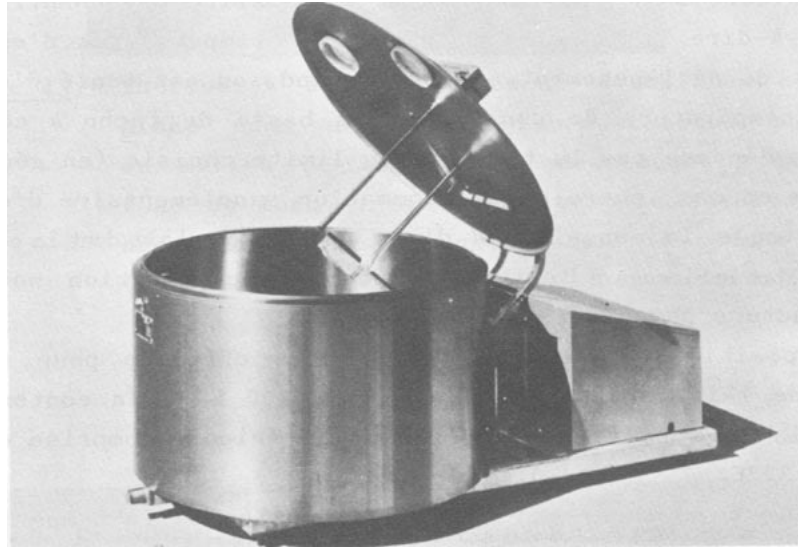
**L'axe porte à sa partie inférieure l'élément de brassage proprement dit qui peut être de forme variée : hélice à double pale, versoir de charrue, etc. Sa vitesse de rotation est très variable, de l'ordre de 20 à 40 tours à la minute, voire bien davantage. Par sa forme et sa vitesse il ne doit provoquer ni projection de lait, ni mousse, ni barattage. Il ne doit pas endommager la membrane du globule gras pour ne pas augmenter le risque de lipolyse. Le brassage doit être assuré pour tout volume de lait compris entre 10 % et 100 % du volume utile total de la cuve. Le brassage doit assurer une bonne répartition du froid, mais aussi celle de la matière grasse. Normalement la différence de matière entre deux points du mélange d'une quantité quelconque de lait ne doit pas être supérieure à 1 gramme par litre lorsque, après repos du lait pendant 6 heures à 4°C, le lait a subi un brassage de 2 minutes. L'agitateur peut fonctionner de façon continue ou intermittente et dans ce cas être équipé d'un dispositif automatique de mise en marche et d'arrêt. Une commande manuelle est toujours prévue pour bien mélanger le lait avant la collecte et éviter que de la crème adhère contre la paroi du tank ; ce brassage est indispensable lors du prélèvement effectué en vue du dosage de la matière grasse ou de l'examen de sa qualité.**

**Certains agitateurs peuvent être utilisés pour le nettoyage. Ils tournent alors à grande vitesse, de l'ordre de 1.000 tours à la minute de façon à brasser violemment la solution et à la projeter contre les parois de la cuve pour en enlever les particules de lait adhérentes.**



**Figure 41 - Tank ouvert avec agitateur fixé au couvercle**

(Cliché ALFA-LAVAL)



**Figure 42 - Tank ouvert avec agitateur fixé au couvercle en position levée**

(Cliché JAPY)

### ***Thermostat***

**Son rôle est très important puisqu'il assure la régulation de la température. Il doit être sensible, précis et fidèle. Son emplacement doit être judicieusement choisi de façon à ce qu'il réagisse en fonction de la température du lait en dehors de toute autre influence. Le meilleur emplacement se trouve dans la masse du lait mais il faut éviter que le point où il traverse le lait devienne une source de fuite ou de contamination. Le thermostat doit réagir pour une variation de température inférieure à 0,5°C. Lorsque sa sensibilité est insuffisante, c'est-à-dire quand l'écart entre les températures d'enclenchement et de**

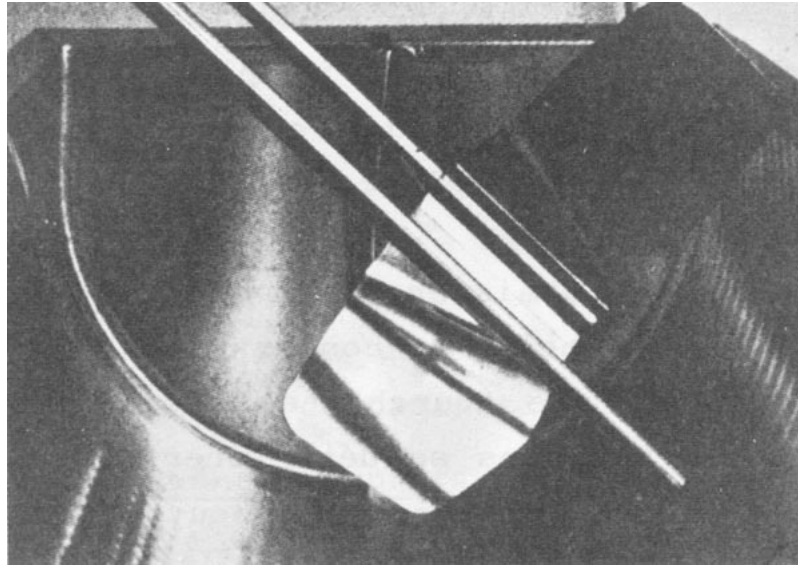
**déclenchement est trop grand, on est tenté d'afficher une température de consigne plus basse de façon à ce que le lait ne dépasse pas la température limite choisie (en général 4°C). Dans ce cas, outre une consommation supplémentaire d'énergie, on risque la congélation d'une partie du lait dont la conséquence peut être le blocage de l'agitateur et une modification notable de la structure physico-chimique du lait.**

**Le dispositif de régulation doit être efficace pour toute quantité de lait comprise entre 10 % et 100 % de la contenance utile de la cuve pour une température extérieure comprise entre -10°C et +32°C.**

**En pratique le thermostat agit en fonction de la température qu'il enregistre. On considère qu'elle représente la température moyenne du lait sous réserve que ce régulateur soit correctement situé et que l'agitateur remplisse convenablement son rôle d'homogénéisateur thermique, ce qui est parfois plus facile avec les cuves verticales de petite capacité qu'avec celles de forme allongée, de grande capacité.**

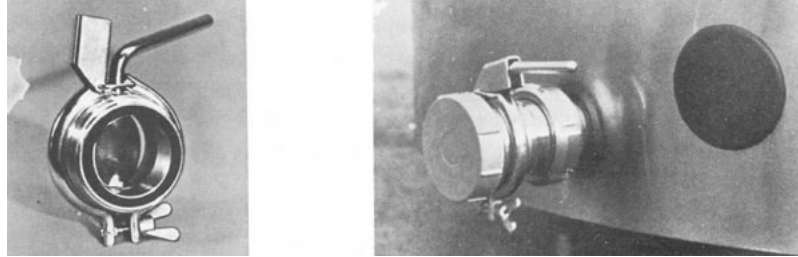
**Il faut noter que le thermostat peut être influencé par la température extérieure lorsqu'il n'est pas convenablement protégé de celle-ci par une isolation suffisante de la cuve. Dans ce cas, il risque de maintenir en fonctionnement l'installation frigorifique en période de forte chaleur bien que le lait ait atteint la température choisie. Au contraire, en période de forte gelée, il risque de l'arrêter, laissant ainsi la température du lait augmenter. Normalement les tanks de bonne fabrication n'ont pas cet inconvénient. Néanmoins, il peut être nécessaire, dans les régions à climat excessif, de prévoir un thermostat dit "à franchissement d'ambiance" qui permet d'éviter ces accidents. (Figure 43)**





**Figure 43** - Thermostat à franchissement d'ambiance avec bulbe placé dans une canne thermostatique positionnée au milieu de la cuve et descendant très près du fond du tank. L'agitateur tripale assure l'homogénéisation de la température du lait

(Cliché JAPY)



**Figure 44 - Vanne de vidange type “pal**

**(Cliché ALFA-LAVAL)**

**Il faut insister sur la nécessité d'utiliser des thermostats de très bonne qualité malgré leur prix plus élevé, faute de quoi il devient impossible de réguler automatiquement et dans des conditions précises la réfrigération et la conservation du lait.**

**Il doit être capable d'abaisser la température du lait, de celle de la traite (37°C) à celle de conservation (maximum 4°C), et de l'y maintenir dans une fourchette étroite (2°C à 4°C). En outre, il doit supporter sans se détériorer les températures élevées des solutions de nettoyage qui peuvent atteindre 65 à 70°C.**

### ***Thermomètre***

**Il est bon de pouvoir contrôler facilement la température du lait à n'importe quel moment de la réfrigération ou du remplissage. Le thermomètre portatif usuel en verre que l'on plonge dans le lait n'est pas recommandable ; il n'est pas pratique, peut constituer une source de contamination et risque toujours de se casser, entraînant la perte du lait. Chaque tank devrait être muni d'un thermomètre précis juste et fidèle, permettant de déceler toute anomalie. Sa lecture doit être facile et comme dans le cas du thermostat, il doit être convenablement situé de façon à bien donner la température moyenne du lait. Afin de contrôler en permanence l'évolution de la température, certains tanks sont munis d'un**

**thermomètre enregistreur.**

**Le thermomètre doit permettre de connaître la température du lait à tout moment pour un niveau de remplissage variant de 10 % à 100 % de la contenance utile de la cuve. Lors de la lecture sa marge d'erreur doit être au plus égal à 1°C entre 2°C et 12°C quand la température extérieure est comprise entre -10°C et +32°C et que celle du lait varie à raison de 10°C par heure. Le thermomètre est gradué entre 0°C et 40°C. Son échelle peut être plus large lorsque l'on veut apprécier la température des solutions de lavage. Mais il faut savoir que la sensibilité d'un thermomètre est habituellement inversement proportionnelle à l'étendue des températures qu'il peut contrôler. De toute façon il doit supporter sans se rompre les températures des solutions de nettoyage.**

***Vanne de vidange (Figure 44)***

**Elle permet d'éliminer les solutions de nettoyage et de rinçage. Elle peut aussi être utilisée pour vider le lait. De toute façon elle doit être parfaitement étanche et permettre une élimination rapide et complète des liquides. Elle doit être facilement démontable et ne présenter aucune partie inaccessible au nettoyage. La présence de résidus de lait constitue en effet, toujours, une source de contamination.**

**113. Equipement frigorifique**

**Les cuves de réfrigération et de stockage du lait à la ferme répondent, dans l'ensemble, à la description générale qui vient d'en être faite. Elles ne varient que par leur forme, leur capacité, leur présentation, leur construction et leur performance.**

**Leur différence essentielle réside dans le système de réfrigération. Deux méthodes sont en compétition ayant chacune leurs partisans :**

- **la méthode directe,**
- **la méthode indirecte.**

**1131. Besoins à satisfaire**

**Quels que soient le modèle de tank utilisé et le système de réfrigération adapté, il convient de respecter les exigences suivantes reconnues comme nécessaires par un grand nombre de pays.**

**La réfrigération doit intervenir le plus rapidement possible. Dès que la traite d'une vache est terminée, le lait doit être versé dans la cuve ou mieux encore, au fur et à mesure que celle-ci s'effectue lorsque l'on dispose d'une ligne de lait reliant la machine à traire au tank.**

**Lorsque l'ensemble du lait "chaud" est versé en une seule fois, il doit être réfrigéré au plus à 4°C en deux heures au maximum, quelle que soit la température ambiante. La réfrigération se décompose en deux temps : à la fin de la première heure, la température du lait doit être inférieure ou au plus égale à 10°C ; à la fin de la deuxième heure, elle doit être au plus égale à 4°C, si possible entre 2 et 3°C et s'y maintenir.**

**Dans le cas le plus général où le tank doit recevoir le lait de plusieurs traites, le mélange déjà réfrigéré va brusquement se réchauffer au moment de l'apport du lait chaud, permettant ainsi le développement des bactéries. Pour éviter celui-ci ou du moins le limiter fortement, il faut alors à nouveau réfrigérer rapidement le nouveau mélange. Aussitôt après l'addition du nouveau lait (2e traite, 3e traite...) la température du mélange est d'autant plus faible que la quantité de lait déjà réfrigéré (à 4°C au moins) est importante. Le retour à 4°C est d'autant plus rapide que l'écart entre cette température et celle du nouveau mélange est faible.**

**Les Figure s 45 et 45a montre, pour différents modes de réfrigération, les variations de température du mélange de lait en tank après l'apport de chaque nouvelle traite.**

**En pratique, l'apport du lait (à 37°C environ) de chaque nouvelle traite entraîne une élévation de la température du lait déjà réfrigéré. Pour un lait en cuve à 4°C on observe, environ, les valeurs suivantes :**

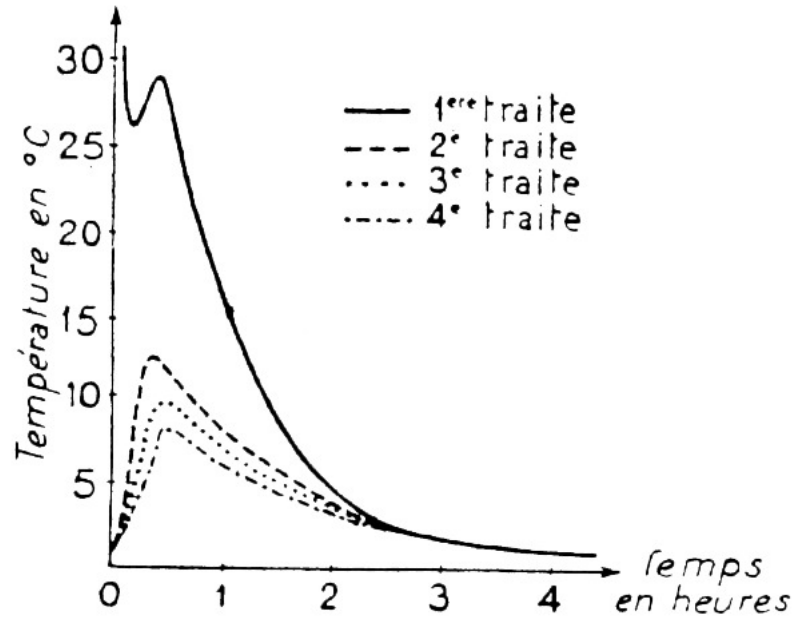
- **1ère traite refroidie + 2e traite = 19°C**

- lère + 2e traites refroidies + 3e traite = 14°C
- lère + 2e + 3e traites refroidies + 4e traite = 11°C

**La remontée de température a lieu si le lait, avant mise en tank, a subi une prérefrigération ou une réfrigération instantanée. Dans tous les cas, il faut, après l'apport du lait de chaque nouvelle traite que la température du mélange présent dans la cuve atteigne au plus 4°C dans un temps maximum de deux heures.**

**Ces recommandations peuvent quelque peu varier selon les pays. Quand par exemple la qualité bactériologique du lait est constamment bonne (inférieure à 50.000 bactéries par ml) la vitesse de réfrigération peut être moins stricte et portée à trois heures. Mais, d'une manière générale, il est préférable de respecter les recommandations données précédemment. Certains pays ont élaboré des normes concernant les caractéristiques des tanks, les températures et les vitesses de réfrigération que le constructeur, comme l'utilisateur, doivent connaître. Souvent aussi les tanks doivent obligatoirement faire l'objet d'une homologation.**

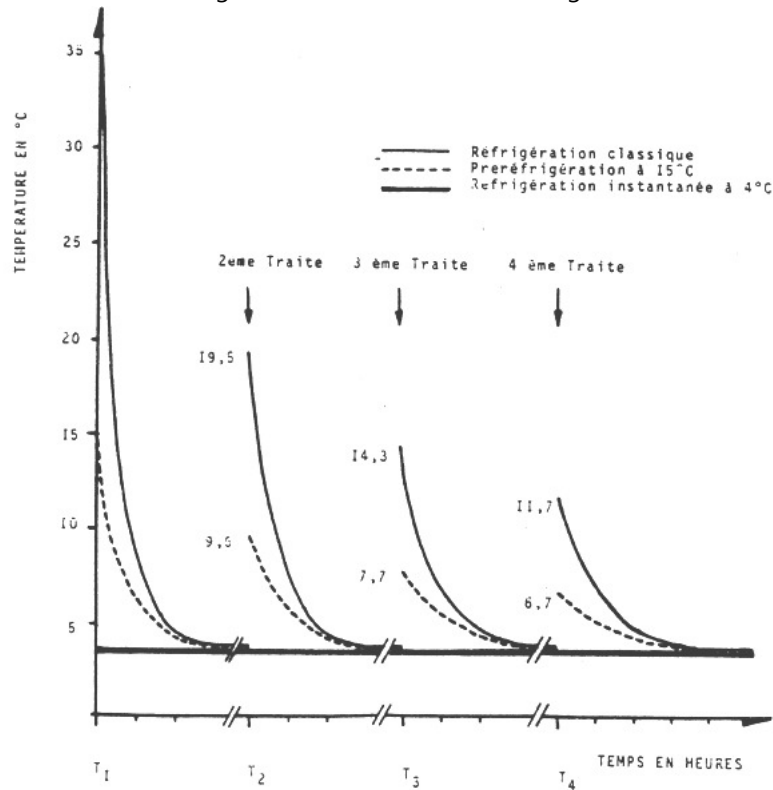
**Il est évident que les exigences précitées ne peuvent être satisfaites que dans la mesure où l'installation présente une puissance frigorifique suffisante dont l'utilisateur doit exiger la garantie.**



Réfrigération de quatre traites de 120 l dans un réservoir réfrigérant de 600 litres

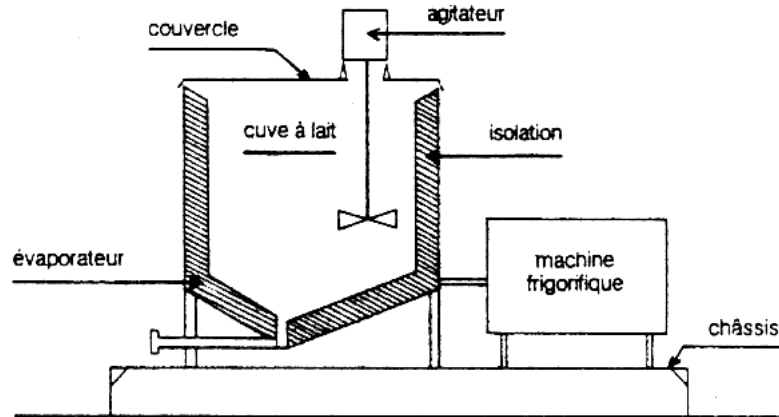
**Figure 45** - Diagramme de température du lait en tank 4 traites

(D'après VEISSEYRE, 1975)



**Figure 45a** - Diagramme de température du lait dans un tank 4 traites selon différents modes de réfrigération

(D'après MIETTON, 1980)



**Figure 46** - Schéma d'un tank réfrigérant à détente directe

### 1132. Détente directe (Figure 46)

Dans ce système l'évaporateur du groupe frigorifique est placé dans la double paroi de la cuve. Le fluide frigorigène peut circuler dans l'espace entre les deux parois soigneusement soudées entre elles ou à l'intérieur d'un serpentin ou de plaques fixés sous le fond de la cuve ou/et autour de ses parois verticales.

Le dispositif est réalisé de telle sorte que l'évaporateur soit en contact étroit avec la paroi de la cuve à lait au travers de laquelle s'effectue l'échange thermique (Figure 47). En fonction de la température du lait le thermostat met en marche à la fois le compresseur frigorifique et l'agitateur de façon à homogénéiser la température du lait. En principe, la température d'évaporation du fluide frigorigène varie en fonction de celle du lait à réfrigérer. Par exemple, quand le lait est à 35°C, elle est de 20°C ; quand il est à 4°C, elle est de -5°C.



### 1133. Système indirect

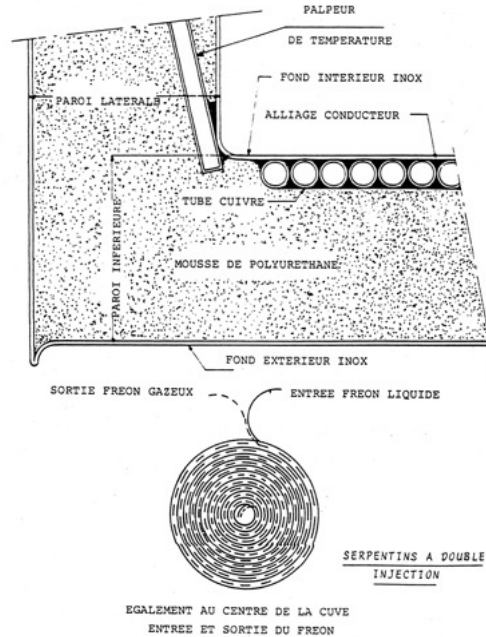
**Le transfert de chaleur du lait à l'élément producteur de froid se fait par l'intermédiaire d'un fluide intermédiaire inclus dans la double paroi du tank. Ce fluide est généralement de l'eau dans laquelle est immergé l'évaporateur et sur lequel il peut y avoir formation de glace.**

**La mise en oeuvre de ce système peut être réalisée selon différents procédés qui se caractérisent d'une part par le mode de distribution de l'eau glacée au contact de la paroi avec le lait, d'autre part par la présence ou non d'un dispositif d'accumulation de glace.**

**La plupart des tanks à réfrigération indirecte utilisent l'accumulation de glace, notamment en raison de la rapidité avec laquelle elle permet d'abaisser la température du lait et de la souplesse et de la sécurité que donne la réserve de froid.**

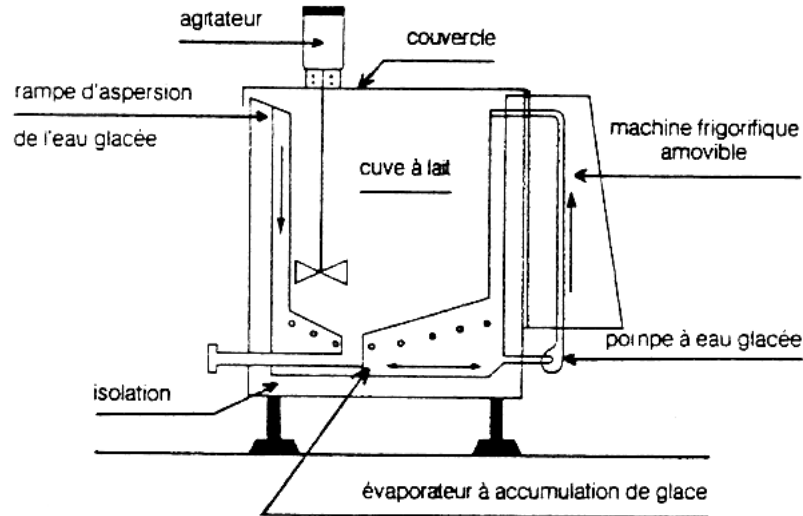
#### ***Tank à accumulation de glace (Figure 48)***

**Sur un évaporateur immergé dans l'eau on laisse se former une couche de glace telle qu'elle soit suffisante pour assurer la réfrigération du lait et maintenir celui-ci à basse température. L'accumulation de glace s'opère pendant la période où la demande en froid est faible ou nulle. Lorsque celle-ci se fait sentir la glace fond assurant ainsi la production d'eau glacée. La reconstitution de la glace nécessite quelques heures (de l'ordre de 5 à 10) qui sont disponibles entre les périodes de réfrigération proprement dites. L'épaisseur de la couche de glace peut être régulée à l'aide d'un thermostat de glace ou géostat. Pour obtenir un bon refroidissement il faut que la fusion de la glace soit suffisamment rapide, c'est-à-dire qu'elle offre une grande surface ; de plus la circulation de l'eau au contact de l'évaporateur doit être forte et bien conçue.**



**Figure 47 - Détente directe - Evaporateur placé en fond de cuve d'un tank**

(Cliché ETSCHIED)



**Figure 48** - Tank réfrigérant à accumulation de glace

Un agitateur plongé dans le lait homogénéise la température du lait et accélère les échanges thermiques. Le contact de l'eau glacée avec la paroi de la cuve à lait se fait au moyen de différents procédés.

#### *Tank à paroi d'eau glacée*

Dans un premier procédé l'espace compris entre les deux parois du tank est rempli d'eau formant ainsi une chemise ou nappe d'eau. Celle-ci est traversée par un évaporateur sur lequel se forme une couche de glace entre les périodes de réfrigération. Malgré l'agitation du lait, il y a une certaine perte d'énergie qu'on peut limiter par brassage de l'eau, en circuit fermé, au moyen d'une pompe de reprise ou d'une injection d'air fourni par un compresseur. Un autre inconvénient est la perte de calories par la paroi de

**la cuve qui n'est pas encore en contact avec le lait. Enfin si l'appareil n'est pas pourvu d'un bon gélostat, une accumulation excessive de glace peut entraîner la déformation de la cuve.**

**Une variante de ce procédé consiste à faire circuler la nappe d'eau refroidie par un évaporateur à accumulation de glace placé à proximité du tank ou sous le fond de celui-ci.**

**La chemise continue d'eau peut aussi être remplacée par un système de tuyauterie dans laquelle circule l'eau refroidie par l'évaporateur, celui-ci étant placé comme précédemment soit dans la double paroi de la cuve, soit sous celle-ci, soit à l'extérieur.**

### ***Tank à aspersion***

**Le principe consiste à faire ruisseler, au moyen d'un anneau d'aspersion ou autre dispositif, l'eau glacée sur la paroi de la cuve à lait. Le plus souvent, l'évaporateur est placé sous le fond de la cuve dans un coffre formant bac à glace. La circulation de l'eau est assurée par une pompe qui est mise en route, en même temps que l'agitateur, par le thermostat contrôlant la température du lait.**

**Afin de ne pas courir le risque d'un manque de glace ou au contraire son excès, il est nécessaire que la formation de celle-ci et son épaisseur soient commandées automatiquement par un dispositif automatique de régulation (gélostat) indépendant du thermostat commandant la pompe de circulation de l'eau et l'agitateur à lait. La formation de glace doit pouvoir se faire quelles que soient les conditions de température extérieure (en principe entre -10°C et 32°C, sauf cas particuliers). La quantité de glace formée doit être suffisante pour réfrigérer et conserver tout volume de lait compris entre 10 % et 100 % de la contenance utile de la cuve à lait et pour assurer sa conservation. Il faut évidemment limiter le plus possible les déperditions de froid par une excellente isolation du bac à glace.**

**Parmi ces divers procédés, ceux à circulation d'eau, notamment par aspersion, et permettant une accumulation de glace suffisante et bien régulée, sont les plus indiqués.**

### **Comparaison entre les systèmes à détente directe et à accumulation de glace**

***Détente directe***

En principe le compresseur ne fonctionne qu'au moment de la réfrigération et, si nécessaire, pour maintenir la température de conservation. De ce fait, sa consommation d'énergie électrique est limitée. Mais à capacité égale, sa puissance doit être plus forte que dans le cas de l'accumulation de glace. Pour cette raison, l'installation d'un tank à détente directe convient mal lorsque l'alimentation en électricité est faible et que son fonctionnement coïncide souvent avec les pointes de consommation du matin et du soir, entraînant une surcharge des lignes électriques. On sait les graves conséquences que peut provoquer une coupure de courant sur la qualité du lait. La détente directe évite l'emploi d'un gélostate et pour la plupart des tanks actuels, d'une pompe à eau.

***Accumulation de glace***

Inversement, pour une même capacité de réfrigération, le compresseur fonctionne plus longtemps mais sa puissance est moins élevée. Il consomme plus d'énergie électrique mais admet une alimentation plus faible. L'accumulation de glace peut se faire en grande partie, sinon totalement, pendant les périodes où la demande en électricité est la moins forte, c'est-à-dire généralement la nuit. On peut aussi profiter des tarifs réduits consentis dans certains pays en périodes dites "d'heures creuses". En cas d'arrêt du compresseur, la glace, à la condition qu'elle soit accumulée en quantité suffisante, constitue un volant thermique utilisable pendant quelques heures. En principe la réfrigération est plus rapide. L'installation nécessite un dispositif approprié de pompage et de brassage de l'eau ainsi qu'un régulateur précis de l'apaisseur de glace.

Le tableau 9 donne une indication sur les puissances du groupe frigorifique et les consommations électriques respectives de tanks à détente directe et à accumulation de glace.

**Tableau 9** - Comparaison entre la puissance et la consommation de tanks réfrigérés par détente directe et par accumulation de glace (D'après MAHIEU, 1976)

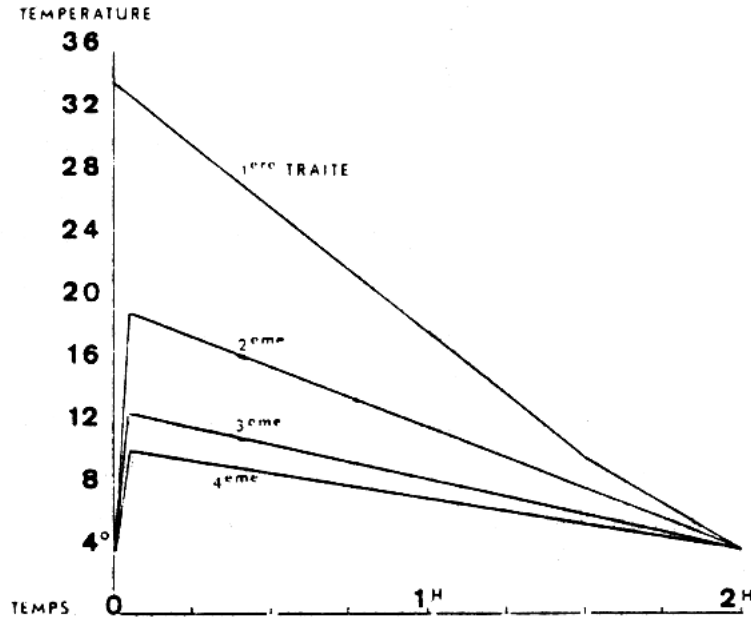
Capacité des tanks (h)	Puissance du groupe frigorifique (ch)	Consommation électrique (Wh/1)
------------------------	---------------------------------------	--------------------------------

	Détente directe	Accumulation de glace	Détente directe	Accumulation de glace
200	0,33 à 0,50	0,20 à 0,33	20 à 30	25 à 35
400	0,75 à 1,50	0,33 à 0,50	18 à 25	20 à 30
1000	2 à 2,25	0,75 à 1,5	12 à 18	15 à 25

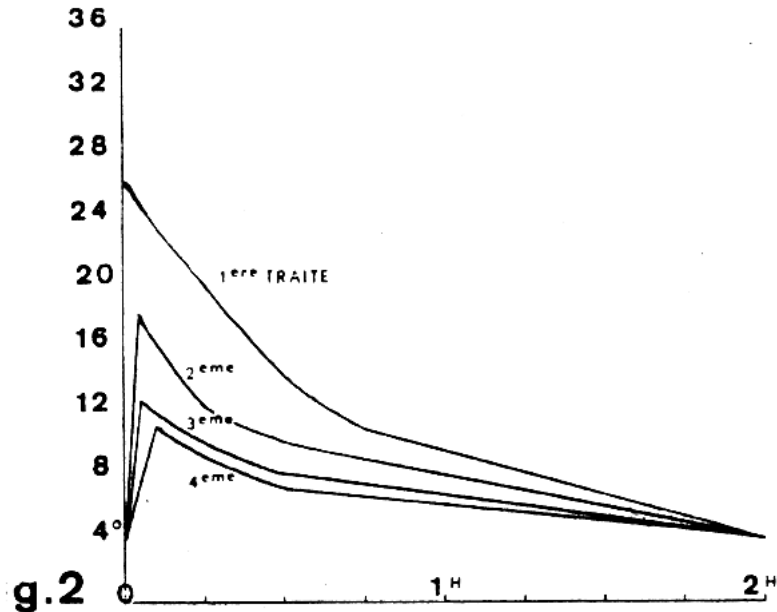
Les figures 49 et 50 donnent l'allure des courbes de réfrigération obtenues par détente directe et par accumulation de glace et montrent que la vitesse de réfrigération obtenue par la dernière est plus rapide. On observe aussi que la remontée de température est presque linéaire dans le cas de la détente directe alors qu'elle est exponentielle avec l'accumulation de glace. Dans ce dernier cas, la fin du refroidissement est d'autant plus retardée que le remplissage de la cuve a été plus lent.

#### 1134. Choix des systèmes et précautions d'utilisation

Compte tenu des avantages ou des inconvénients respectifs de chaque système de réfrigération, le choix est parfois malaisé. Il apparaît qu'actuellement les tanks à détente directe sont les plus répandus. Ce choix doit tenir compte des situations locales, de l'investissement et des frais de fonctionnement. Il faut évaluer les performances et les consommations des appareils placés dans les conditions réelles d'utilisation.



**Figure 49 - Courbe de réfrigération du lait en tank à détente directe (D'après MARION et MOREL, 1964)**



**Figure 50** - Courbe de réfrigération du lait en tank à accumulation de glace (D'après MARION et MOREL, 1964)

Quel que soit le système de réfrigération choisi, le groupe frigorifique doit faire l'objet d'un certain nombre de précautions concernant, notamment, sa puissance, sa consommation réelle d'énergie, sa robustesse et son montage.

Sa puissance doit être soigneusement choisie en fonction des conditions d'utilisation. Trop faible, la température et la vitesse de réfrigération ne sont pas respectées. Trop forte, elle entraîne une



**consommation inutile d'énergie. Dans les deux cas l'installation ne fonctionne pas dans des conditions satisfaisantes. La puissance doit tenir compte de la capacité de la cuve et du nombre de traites. Par exemple, un tank de 400 litres de capacité utile prévu pour réfrigérer en 2 heures à 4°C le lait de quatre traites d'environ 100 litres chacune n'est pas adapté pour recevoir la même quantité provenant seulement de deux traites car sa puissance frigorifique serait alors insuffisante. On a vu aussi que dans le cas de la détente directe la réfrigération n'a lieu que quand le groupe est en fonctionnement. Par contre, dans le cas de l'accumulation de glace, le lait est réfrigéré par la seule fusion de celle-ci dont la formation s'est faite entre les traites, c'est-à-dire à l'aide d'un compresseur de relativement faible puissance. Mais si la quantité de glace accumulée est insuffisante, il faut un groupe d'une puissance supérieure de façon à assurer sa rapide reconstitution.**

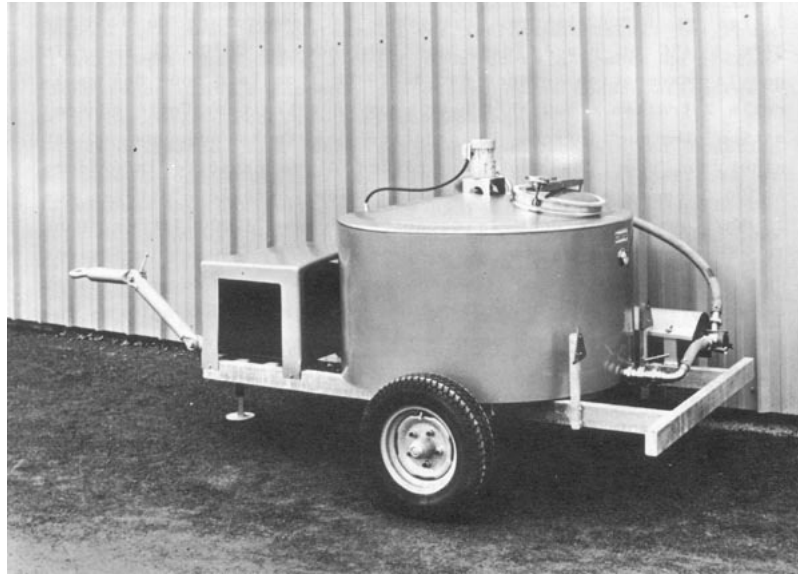
**Les tanks sont souvent installés dans des bâtiments rudimentaires, anciens, mal ventilés, de faible dimension ou encore à l'extérieur avec une protection légère, parfois insuffisante. Les conditions sévères auxquelles le groupe est soumis peuvent amener son mauvais fonctionnement et sa détérioration. Pour ces raisons, il doit être robuste, bien protégé et correctement monté. Lorsqu'il n'est pas installé par le fournisseur, il faut faire appel à un spécialiste qualifié. L'équipement électrique et le raccordement au réseau doivent également faire l'objet de grandes précautions.**

**A l'époque où il est nécessaire d'économiser l'énergie, il convient de s'attacher particulièrement à la consommation réelle des tanks réfrigérants. Des études précises faites sur un nombre important d'appareils ont donné les résultats ci-après. Elles ont été réalisées sur des tanks de capacité comprise entre 200 litres et 6.000 litres, abaissant la température du lait de 35°C à 4°C et placés dans une ambiance de 20°C. Il apparaît que la consommation moyenne est de 19 Wh/1 de lait pour des appareils 2 traites et 22 Wh/1 pour ceux de 4 traites. Cette consommation diminue lorsque la capacité des tanks augmente. C'est ainsi que pour des tanks 2 traites d'une capacité inférieure à 300 litres, elle est de 25 Wh/1 alors qu'elle n'atteint que 15 Wh/1 pour ceux dont la capacité dépasse 3.000 litres. Dans le cas de tanks utilisés en 4 traites on observe des variations du même ordre puisque les consommations sont respectivement de 30 Wh/1 et de 20 Wh/1. Il faut préciser qu'il s'agit de valeurs moyennes autour desquelles on observe des variations considérables de consommation selon les appareils. Ces**

**variations sont comprises entre 10,5 Wh/1 et 31 Wh/1 pour les tanks 2 traites et entre 14,5 Wh/1 et 36 Wh/1 pour ceux à 4 traites. Les écarts constatés sont indépendants de la capacité des tanks comme de leur système de réfrigération (accumulation de glace ou détente directe). Ces résultats montrent à quel point peut varier la qualité des tanks et la nécessité de s'adresser à des constructeurs très qualifiés.**

## **2. TANKS A LAIT MOBILES (figure 51)**

**Lorsque la traite est faite dans des pâturages éloignés de la ferme, il peut être intéressant de déplacer le tank. Celui-ci peut être monté sur un châssis avec suspension et roues à pneus ou placé sur un véhicule ou une remorque. S'il n'est pas possible de le brancher sur le réseau d'électricité, ce qui est souvent le cas, on peut utiliser différentes sources d'énergie plus ou moins simples, souvent coûteuses et qui sont liées aux possibilités locales. Dans ce cas, notamment, la machine à absorption peut constituer une formule appréciable. L'emploi du refroidisseur-plongeur décrit précédemment, quand il est possible, permet d'utiliser une simple cuve dont la paroi est bien isolée.**



**Figure 51** - Tank à lait mobile

(Cliché SERAP)

Lorsque le véhicule de collecte ne peut accéder au tank placé à la ferme ou au pâturage, on peut transporter le lait au moyen de la cuve elle-même munie d'un couvercle étanche. Elle doit alors pouvoir se désolidariser facilement de la machine frigorifique comme dans le cas du refroidisseur-plongeur. On peut aussi transvaser le lait bien refroidi dans une cuve isotherme de transport. Le transport du tank et de son équipement frigorifique nécessite de grandes précautions en raison de leur fragilité; il ne doit pas être fréquent.

### **3.INTERET DE LA REFRIGERATION EN TANK**

**La réfrigération du lait en tank constitue, dans l'ensemble, un facteur de progrès certain. Cependant, selon les conditions locales, il n'est pas toujours possible de mettre à profit tous ses avantages.**

**On trouvera ci-après les principales raisons qui justifient son développement, étant entendu qu'elles ne sont pas nécessairement toutes réunies pour que soit justifiée sa mise en oeuvre. Elles ont des conséquences d'ordre technique, économique et social. Toutes résultent de l'augmentation de la durée de conservation du lait. Dans tous les cas, la réfrigération limite le risque d'altération du lait et contribue ainsi à maintenir sa valeur marchande. Pour apporter le maximum d'avantages au producteur, il est souhaitable que la ferme soit équipée d'une machine à traire pourvue d'un dispositif de transfert du lait au tank (lactoduc de ferme) et qu'elle soit combinée avec la collecte en vrac. Dans ces conditions, le travail du producteur est allégé; il fournit moins d'efforts physiques et perd moins de temps. Il n'a plus à manipuler et à laver de bidons. Le délai de conservation après la fin de la traite peut être allongé sans préjudice pour la qualité du lait, ce qui assouplit ses contraintes d'horaire.**

**Pour le collecteur les avantages sont nombreux. Le pompage du lait directement du tank dans la citerne de collecte, la suppression des bidons, l'augmentation de la durée de conservation permettent d'améliorer les conditions du ramassage, d'en réduire le coût et de disposer à l'usine d'un lait de meilleure qualité, ce qui permet à la fois d'améliorer l'organisation du travail et la qualité des produits fabriqués.**

**Le passage des méthodes traditionnelles à celle de la réfrigération en tank et de la collecte en vrac doit être justifié. Il ne l'est pleinement que**

- **si le lait au départ de la ferme et à l'arrivée à l'usine présente une faible charge bactérienne. La tolérance maximale, admissible dans les situations difficiles, est de 500.000 bactéries aérobies "totales" par ml au départ de la ferme et de 1.000.000 par ml à la réception à la laiterie. Divers pays sont beaucoup plus exigeants. Certains n'acceptent aucun lait dépassant à l'arrivée à l'usine 50.000 germes par ml.**

- **si l'épuration est économiquement valable tant pour le producteur que pour le laitier. Le premier doit voir ses efforts justifiés (prix du lait, assistance technique, aide à l'investissement). Le second doit améliorer sa rentabilité par une meilleure qualité des produits fabriqués, par une économie des frais de collecte et par une meilleure organisation du travail à l'usine. La réalisation d'économie n'est généralement possible que si la quantité de lait ramassé par ferme ou par centre de collecte est suffisante.**

Ces conditions "idéales" ne peuvent pas toujours être remplies. Aussi convient-il de leur accorder une importance relative en fonction des situations particulières d'une région ou d'une entreprise. Dans les pays où le développement laitier est à ses débuts, les exigences ne peuvent généralement pas être les mêmes que dans ceux de grande production et d'ancienne tradition laitières. Pour les seconds, où par exemple les fermes sont petites et dispersées, les accès par véhicule à moteur difficiles, voire impossibles à certaines époques, l'emploi d'un tank réfrigéré placé dans un centre de collecte où les producteurs ou de petits collecteurs apportent rapidement le lait, permet déjà une amélioration certaine de la qualité et des conditions de travail. Avant d'être versé dans le tank, le lait peut aussi être rapidement contrôlé ; les récipients de transport peuvent être lavés correctement. L'amélioration est encore plus sensible lorsque la réfrigération en tank est suivie de la collecte en citerne isotherme.

#### **4. CHOIX DES TANKS**

Les marques et les modèles de tanks sont variés. Les documentations présentées ne rendent pas toujours compte des possibilités véritables des appareils dans les conditions réelles de fonctionnement auxquelles ils seront soumis. Dans divers pays, les tanks doivent faire l'objet d'une homologation. Celle-ci n'est pas nécessairement adaptée à un autre pays. C'est pourquoi, lorsque l'acheteur ne peut se référer à une homologation nationale, l'établissement d'un cahier des charges constitue une sage et nécessaire précaution.

Au cours des pages précédentes on a vu les principaux points auxquels l'acheteur doit s'efforcer de s'attacher. Il faut aussi rappeler que tout tank, même bien conçu et bien monté doit être régulièrement

**vérifié (de l'ordre de une fois par an). En outre, une panne risque toujours de se produire. C'est pourquoi pour assurer l'entretien préventif et les réparations éventuelles, il est nécessaire de tenir compte de la proximité d'un service après-vente efficace, c'est-à-dire compétent, capable d'intervenir rapidement et pourvu d'un stock de pièces de rechanges. Dans les régions où les tanks sont nombreux, certaines laiteries ont leur propre service d'entretien et de réparation, doté d'une réserve de fluide frigorigène et de pièces de rechange.**

**Lorsque l'on procède à l'équipement en tanks d'une zone de collecte, il est préférable de choisir du matériel de série et d'une même marque (car généralement moins cher à qualité égale) et de limiter le plus possible le nombre de modèle de façon à éviter un stock important mais néanmoins souvent incomplet de matériel de rechange.**

**Le coût de la réfrigération constitue un facteur important voire déterminant dans le choix des tanks. Il est déterminé par deux éléments :**

- **le prix d'achat de l'appareil et les frais de consommation d'énergie par litre de lait,**
- **les facteurs d'utilisation de la cuve.**

**Les frais d'achat du tank et de consommation d'énergie dépendent de plusieurs facteurs : marque et modèle de l'appareil, qualité et capacité de celui-ci. A qualité égale et pour une même capacité les prix présentent des variations souvent notables, notamment quand il s'agit de matériels fabriqués en petite série et lorsque la concurrence entre fournisseurs est faible. Un appareil très bon marché risque d'être d'une qualité insuffisante. Divers avantages tels qu'un meilleur coefficient d'utilisation d'énergie, une excellente isolation, une construction très robuste et très soignée, la présence de certains accessoires, peuvent constituer des avantages compensant largement le prix à l'achat plus élevé. Un dispositif efficace de nettoyage automatique efficace peut compenser les frais de main-d'oeuvre, permettre d'économiser les détergents et assurer un meilleur nettoyage qui se répercute sur l'abaissement du nombre de germes et peut amener une valorisation du prix du lait quand celui-ci est payé en fonction de sa qualité, ce qui devrait être la règle générale.**

**Normalement, le prix du tank par litre de lait logé diminue lorsque la capacité de la cuve augmente, sauf pour les appareils de petite contenance.**

**La différence de consommation moyenne d'énergie pour des appareils de capacités égales peut varier de façon très importante, presque du simple au double. Ceci montre bien qu'il convient bien de se préoccuper non seulement du prix d'achat de la cuve mais aussi des frais qu'entraîne son utilisation. Les frais de nettoyage doivent aussi être pris en compte. Ils sont constitués par le temps de travail consacré à celui-ci et le coût des produits (eau chaude, détergent).**

**Un facteur important de variation du coût est habituellement le coefficient de remplissage de la cuve. Il dépend de la production laitière annuelle et de ses fluctuations saisonnières. Non seulement les tanks de faibles capacités sont d'une utilisation plus coûteuse que ceux de grosses capacités mais, de plus, les variations du coefficient de remplissage ont une plus grande incidence.**

**Le coefficient de remplissage (C.R.) est le rapport entre les quantités de lait réfrigéré entre deux collectes et la capacité utile du tank, soit :**

**L : la production journalière de lait**

**V : la capacité utile du tank**

**Pour un appareil deux traites  $C.R. = L/V$  (1 jour)**

**Pour un appareil quatre traites  $C.R. = L \times 2/v$  (2 jours)**

**Pour obtenir une rentabilité correcte, le coefficient moyen annuel de remplissage doit être voisin de 0,6 à 0,8, soit 60 à 80 % de la capacité totale de la cuve. Or on sait que si les variations saisonnières sont souvent de l'ordre de 1, 3 à 2, elles peuvent être beaucoup plus importantes : 5, 10 ou même davantage. Dans certains pays, en saison sèche, il y a arrêt quasi-total de la production.**

**En pratique, lors de la détermination de la capacité du tank, on est amené à tenir compte des variations prévisibles de la production, bien que sa rentabilité soit étroitement liée à son coefficient moyen de remplissage qui devrait être le plus proche possible de 100 % et bien que ses performances techniques risquent d'en être réduites. C'est ainsi qu'on tiendra compte de l'augmentation prévisible du nombre de vaches laitières et de l'accroissement de leur rendement ; dans certains cas, peu recommandés, un tank à deux traites peut être utilisé pour quatre traites.**

**Un autre facteur à ne pas négliger dans la détermination du coût est le nombre de traites que peut recevoir le tank. En général, on observe que la consommation lactique est notablement plus importante pour les tanks 6 traites que pour ceux de 4 traites. Non seulement les tanks 6 traites sont à proscrire en raison du risque d'une augmentation considérable des bactéries psychrotrophes, mais aussi du surcroît de consommation d'électricité qu'il entraînent.**

**On verra dans la suite de cette étude que le coût de la réfrigération se décompose en frais fixes et en frais variables.**

**Les frais fixes sont, pour un tank de même capacité, indépendants de la quantité de lait réfrigérée. Ils comprennent l'amortissement du matériel (5 à 10 ans) et l'intérêt du capital investi. Lorsqu'on les rapporte au litre de lait, ils sont fonction de la quantité annuelle de lait réfrigéré et du coefficient moyen d'utilisation. L'exemple donné au tableau 10 montre quelle peut être l'incidence du coefficient d'utilisation sur le coût au litre pour des frais fixes identiques.**

**Les frais variables sont proportionnels à la quantité de lait refroidi. La consommation annuelle moyenne en énergie électrique varie relativement peu pour un tank donné, quelle que soit la quantité de lait. Mais cette consommation varie avec la capacité du tank et le coefficient d'utilisation de l'énergie. Les frais du nettoyage de la cuve qu'il soit manuel ou automatique dépendent du coût de la main-d'oeuvre, des produits de nettoyage et de l'eau. Ces frais augmentent avec la contenance totale de la cuve indépendamment de son coefficient de remplissage ; ils sont deux fois moins élevés avec un tank 4 traites qu'avec un tank 2 traites. En ce qui concerne les frais d'entretien et de réparation, ils sont**



**évidemment aléatoires mais dépendent en partie de la qualité de l'équipement et de son mode d'utilisation.**

Tableau 10 - Influence du coefficient d'utilisation d'un tank sur le coût par litre des frais fixes - Cas d'une cuve de 200 litres, 4 traites

<b>Coefficient d'utilisation %</b>	<b>Quantité de lait réfrigéré l</b>	<b>Facteur de multipli- cation du coût des des frais fixes par litre de lait</b>
100	36.500	1,00
75	23.375	1,32
50	18.250	2,00
25	5.125	4,00

## **5. UTILISATION DES TANKS**

**Pour obtenir une réfrigération dans des conditions satisfaisantes (4°C au plus en 2 h au maximum) il ne suffit pas de disposer d'un équipement de bonne qualité. Il faut aussi l'utiliser correctement et surveiller son bon fonctionnement. Ceci nécessite quelques précautions simples demandant seulement un peu d'attention. ELles sont rappelées ci-après :**

- **La réfrigération doit commencer dès l'arrivée du lait. Dans le cas de la détente directe, il y a donc lieu de vérifier le bon fonctionnement du groupe frigorifique. Dans celui de l'accumulation de glace que celle-ci est en quantité suffisante et que la pompe à eau remplit son office. Dans le même temps il faut veiller au brassage correct du lait, que l'agitateur soit commandé manuellement ou automatiquement.**
- **Si l'appareil n'est pas en état de fonctionner il ne faut jamais y verser le lait tant qu'il n'est pas dépanné. Cette situation est évidemment très gênante car il faut disposer de récipients capables de recevoir le lait et pouvoir si possible le refroidir par un moyen de fortune (par exemple, avec un plongeur mobile à détente directe).**
- **L'arrivée du lait doit se faire progressivement, si possible tout au long de la traite de façon à éviter**

**au moment de l'apport de la seconde traite et des suivantes une remontée excessive de la température du lait déjà refroidi.**

- **La cuve ne doit pas être remplie au-delà de sa capacité utile qui est généralement indiquée par un repère.**
- **Il ne faut jamais couper l'arrivée de courant électrique (sauf accident ou orage) quand le tank contient du lait. Cette pratique souvent motivée par un souci d'économie est mauvaise et inutile car d'une part elle risque d'entraîner l'altération du lait et, d'autre part, elle ne diminue pratiquement pas la consommation de courant qui, normalement, est très faible quand le lait est bien réfrigéré.**
- **Le thermostat doit demeurer réglé de telle sorte que la température du lait se maintienne automatiquement à 4°C au plus. Le souci d'économie pousse parfois les producteurs à relever un peu la température, ce qui est une pratique dangereuse pouvant coûter cher.**
- **Observer périodiquement la température du lait afin de vérifier que la réfrigération et la conservation s'opèrent dans les conditions prescrites. Vérifier aussi l'agitation.**
- **Signaler au réparateur toute anomalie de fonctionnement et faire vérifier régulièrement l'installation, notamment l'installation frigorifique de façon à éviter sa diminution de rendement, l'augmentation de la consommation électrique et surtout la panne.**

## **6. NETTOYAGE DES TANKS**

### **61. Nécessité**

**Mal nettoyé, le tank devient rapidement une source importante de contaminations qui peuvent annihiler les soins pris au niveau de la production et les effets de la réfrigération.**

**Lorsque du lait a séjourné ou circulé au contact d'un matériel, il laisse toujours un résidu sous forme d'un film ou de dépôts plus ou moins importants. Ces résidus s'amassent particulièrement dans les parties angulaires, creuses ou en saillie. Laissés à l'air ils se dessèchent rapidement en adhérant fortement à leur support. A chaque apport de lait, de nouveaux résidus se forment et se fixent aux précédents. En peu de temps, ces couches successives constituent un enduit tenace et d'autant plus**

**difficile à éliminer qu'il est plus ancien.**

**Ces résidus servent de support protecteur aux bactéries qui, de plus, y trouvent les substances nutritives nécessaires à leur développement. Il est donc indispensable de procéder au nettoyage complet du tank aussitôt après l'évacuation du lait.**

**Les dépôts formés sont toujours difficiles à éliminer en raison de leur composition (matière grasse, protéines, sucre, sels minéraux) et de la force avec laquelle ils adhèrent aux parois. L'eau seule, même chaude, n'y suffit pas. Elle doit être accompagnée de produits dit détergents, dotés de propriétés particulières. Les solutions détergentes doivent notamment permettre de décoller les souillures, de les dissoudre, de les mettre en solution ou en suspension et empêcher qu'elles se redéposent sur les surfaces. En outre, ces solutions doivent pouvoir être complètement éliminées des surfaces nettoyées par rinçage à l'eau. En aucun cas elles ne doivent corroder les matériaux ni être toxiques au cas où, par suite d'un rinçage insuffisant, une faible quantité viendrait dans le lait. Enfin, elles doivent empêcher les eaux dites dures, c'est-à-dire chargées de sels calcaires, de former sur le matériel des dépôts de tartre. Pour répondre à ces propriétés, les détergents doivent être composés de substances variées soigneusement sélectionnées et mélangées en proportions convenables. C'est pourquoi il est toujours conseillé de ne pas utiliser un produit simple (phosphate trisodique, carbonate de soude...) mais des mélanges spéciaux bien adaptés à la nature des souillures, au type de matériel et de matériau et à la méthode de nettoyage.**

## **62. Les détergents se classent en trois groupes :**

- **Les détergents alcalins (soude, silicate de soude, carbonate de soude, phosphate trisodique, polyphosphates...). Ils éliminent particulièrement les graisses et les protéines ;**
- **Les détergents acides (acide nitrique, acide phosphorique...) qui dissolvent les sels minéraux (tartre, pierre de lait) ;**
- **Les détergents mouillants ou tensio-actifs (alkyl-sulfamates, alkyl-aryl-sulfamates, éthers polyglycériques...). Ceux-ci ne sont pas utilisés seuls mais additionnés en faible quantité aux**

**détergents alcalins ou acides afin de faciliter l'étalement de la solution de nettoyage sur toute la surface et son infiltration sous les souillures.**

**Il est évident que les détergents alcalins et acides ne doivent jamais être mélangés. Lorsqu'ils sont successivement utilisés, ils doivent être séparés par un copieux rinçage.**

**Les détergents n'ont généralement qu'un pouvoir désinfectant faible. Ils agissent à l'égard des bactéries par élimination des souillures leur servant de support. C'est pourquoi un excellent nettoyage assure généralement une bonne propreté microbiologique et suffisante mais pas une complète désinfection. Dans certains cas, lorsque par exemple l'eau est polluée ou que l'entraînement mécanique des bactéries n'est pas complètement satisfaisant, il est bon d'utiliser une solution désinfectante soit seule, après nettoyage, soit en mélange avec les détergents que l'on désigne alors sous le terme de détergents bactéricides. Les produits désinfectants les plus efficaces et les plus utilisés sont à base de chlore (eau de Javel, produits chlorés) ou base d'iode (iodophores).**

**Pas plus qu'il n'est recommandé d'utiliser une substance détergente simple, il n'est conseillé d'employer des produits ménagers qui non seulement coûtent cher mais ne sont pas adaptés au nettoyage des cuves. Le choix d'un détergent ne doit jamais être laissé au hasard ni se fonder sur les seuls critères de prix. Il faut s'adresser à des fournisseurs spécialisés et très compétents, capables de déterminer les détergents à utiliser et d'en faire connaître le mode d'emploi optimum qui devra être respecté. Certains pays publient la liste des produits autorisés à entrer dans la composition des détergents et des désinfectants en contact avec un produit alimentaire.**

### **63. Principe**

**Il est fondé sur la combinaison de trois facteurs :**

- **L'eau. Par trempage des souillures, elle les ramollit, commence à les désagréger et en solubiliser certaines. En outre, elle sert de véhicules aux détergents et aux souillures. Elle doit être potable ;**

- **L'action mécanique. Celle-ci est indispensable pour compléter l'action de la solution détergente sur les souillures dont l'adhérence est souvent très forte. Elle est réalisée par brossage, circulation et injection (ou pulvérisation). Selon les méthodes de nettoyage et la conception des matériels à nettoyer on utilise un ou plusieurs de ces traitements.**

**Les conditions de mise en oeuvre de ces trois facteurs ont une grande influence sur l'efficacité du nettoyage.**

- **La température. Son élévation favorise celle-ci et accélère le processus. Elle est toujours préférable. Toutefois, elle doit être limitée pour certains produits de nettoyage et de désinfection. En raison des difficultés que peuvent avoir certaines fermes de disposer facilement d'eau chaude en quantité suffisante, il existe des méthodes de nettoyage "à froid", c'est-à-dire faites à température ambiante.**
- **La concentration de la solution de détergent. Elle est variable selon le produit. En général, elle est de 1 à 2 %. L'augmentation de la dose prescrite par le fournisseur n'améliore pratiquement pas l'efficacité des nettoyages, constitue une dépense inutile et risque parfois d'endommager le matériel.**
- **L'action mécanique. Elle doit toujours être énergique. Dans les procédés par circulation et injection, de fortes pressions sont nécessaires.**
- **La durée d'action de la solution détergente. Pour chaque méthode et chaque produit elle présente un minimum de l'ordre de quelques minutes à une demi-heure selon les cas. Là encore il est inutile de dépasser le temps prescrit, mais il faut le respecter.**

## **64. Pratique**

**Les tanks peuvent être nettoyés selon deux procédés. L'un est manuel, l'autre automatique. Ils sont fondés sur le même principe. Le second a l'avantage de réduire l'intervention humaine d'où une économie de temps et d'efforts. De plus, le nettoyage manuel étant une opération assez pénible et**

**fastidieuse, on a souvent tendance à le simplifier ou à l'alléger, ce que l'on est beaucoup moins tenté ou impossible à faire avec un nettoyage automatique programmé. Ce système s'est largement développé et équipe la plupart des tanks de grande capacité.**

#### **641. Nettoyage manuel. Il comprend plusieurs opérations :**

- **Pré-rinçage**

**La première opération à réaliser, immédiatement après l'évacuation du lait, est de procéder à un simple ou double rinçage du tank à l'eau froide. La vanne d'évacuation est ouverte mais doit être plusieurs fois manoeuvrée. L'emploi du jet sous pression la facilite. Ce pré-rinçage indispensable a pour but d'éliminer la plus grande partie des restes de lait et d'éviter qu'il ne sèche, ce qui rendrait beaucoup plus difficile l'action mécanique et détergente.**

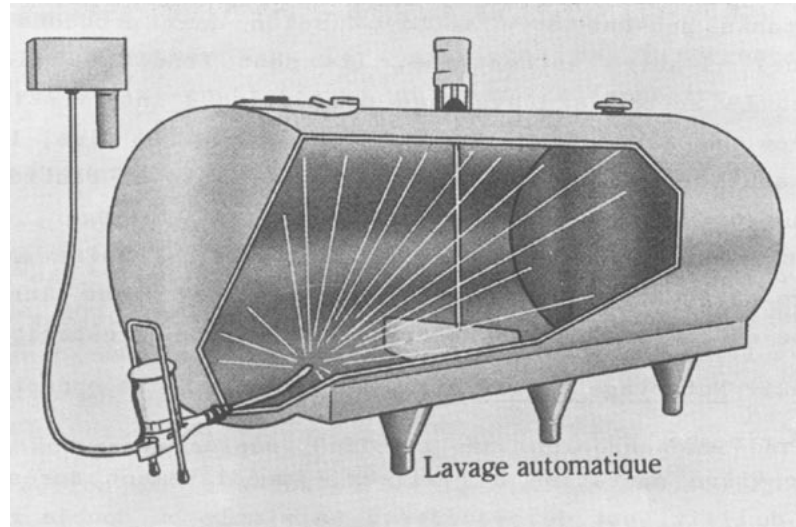
- **Lavage-brossage**

**Dans un seau, généralement en matière plastique, on prépare la solution détergente alcaline, en respectant la concentration et la température voulue (par exemple 1 % à 50°C). La vanne d'évacuation étant fermée, on procède alors au brossage énergique des parois intérieures du tank en procédant de haut en bas. Bien nettoyer aussi l'agitateur, le rebord du tank, le couvercle et les accessoires divers. Ne pas oublier que des restes de lait provenant notamment d'éclaboussures souillent fréquemment les parties supérieures du tank, le couvercle et les accessoires, qui ne sont pas en contact direct avec le lait. Il ne doit, après brossage, rester aucune impureté visible. On évacue ensuite la solution détergente et dans le même temps le robinet de vidange est démonté et soigneusement brossé.**

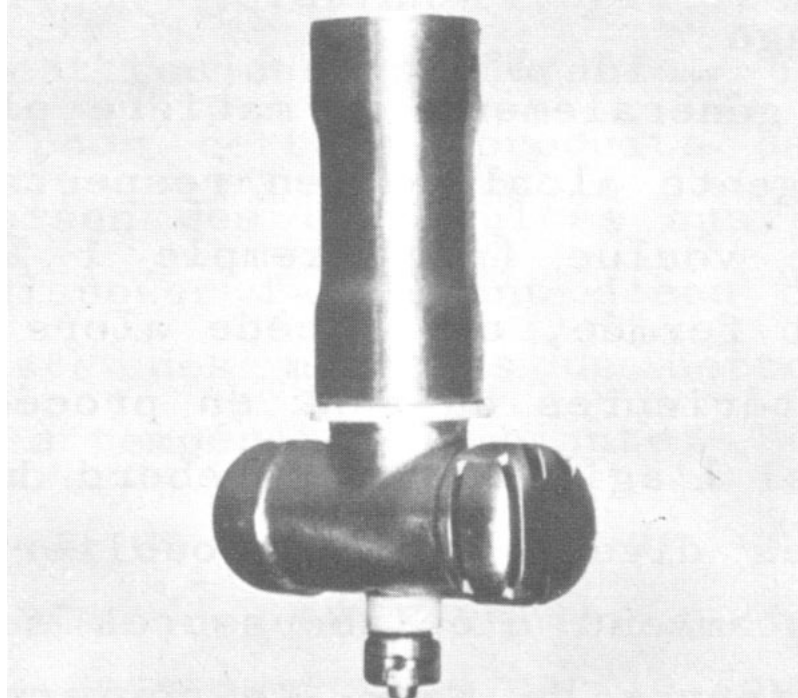
- **Rinçage**

**Il n'y a plus qu'à procéder à un copieux rinçage à l'eau fraîche et claire. Si celle-ci n'est pas potable, il convient d'ajouter à celle-ci une cuillère à soupe (environ 15 ml) d'eau de javel du commerce (à 12°**

chlorométrique environ) pour 10 litres d'eau.



**Figure 52 - Dispositif de lavage automatique (Cliché SERAP)**



**Figure 53 - Diffuseur tournant de solutions de nettoyage**

**(Cliché JAPY)**

- **Nettoyage acide**

**Une fois par semaine il est recommandé de remplacer le nettoyage alcalin par un nettoyage à l'aide**



**d'une solution acide en se référant au mode d'emploi indiqué par le fournisseur. Ce procédé élimine le film de pierre de lait ou de tartre, souvent invisible, que n'élimine pas la détersion alcaline et protège efficacement les bactéries qu'il renferme.**

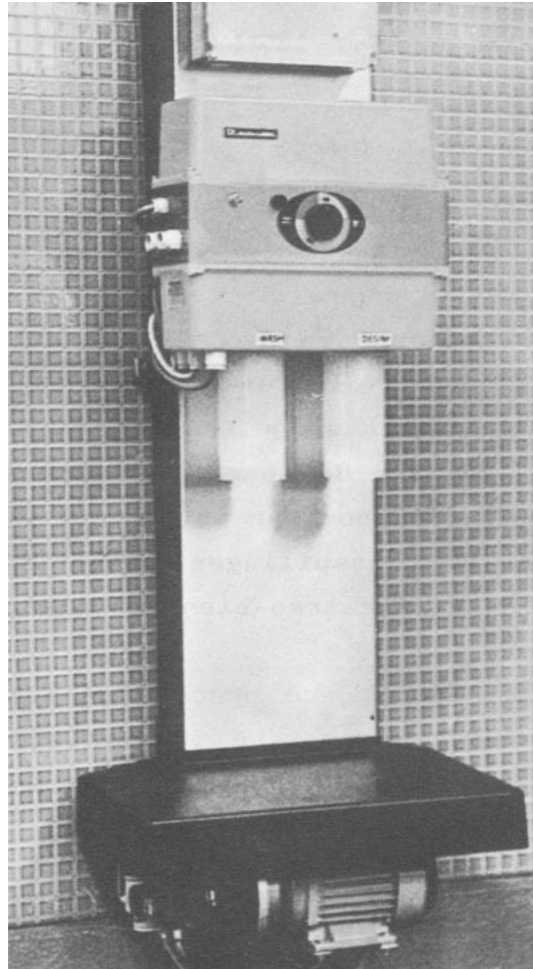
#### **642. Nettoyage automatique**

Lorsque les tanks atteignent une grande capacité, leur nettoyage manuel est difficile, délicat et nécessite beaucoup de temps, de sorte que le résultat reste souvent douteux. Pour cette raison on a développé un procédé mécanique d'un principe analogue à celui utilisé en laiterie industrielle. Il est connu sous le terme de N.E.P. (nettoyage en place) ou C.I.P. (cleaning in place). Il a l'avantage de permettre un nettoyage efficace, rationnel, permettant d'économiser la main d'oeuvre, de le simplifier et d'éviter les gaspillages d'eau et de détergents. Mais il demande un outillage très bien conçu et de ce fait relativement coûteux.

A quelques variantes près ce procédé ne fait qu'automatiser les phases classiques du nettoyage : pré-rinçage - détersion - rinçage. Il consiste à faire ruisseler le liquide, de façon continue, sur la totalité des surfaces à nettoyer (figure 52). Au moyen d'une pompe le liquide est projeté sous pression par l'intermédiaire de divers dispositifs fixés ou mobiles (éjecteurs, turbines, spères...) (figure 53). La solution détergente peut être récupérée à la base de la cuve et être ainsi utilisée en circuit fermé. Il est indispensable que tous les points de projection du liquide soient très soigneusement déterminés de telle sorte que toutes les surfaces, de quelque forme qu'elles soient, se trouvent énergiquement balayées.

Tout contact manuel avec la solution détergente étant évité, il est possible d'élever fortement sa température (65°C ou davantage), ce qui renforce l'efficacité du lavage. La solution est préparée à proximité du tank. Il faut attentivement veiller à maintenir sa concentration et sa température. Une grande attention doit aussi être portée à ce que les injecteurs ne soient pas partiellement ou totalement obstrués.







### **Figure 54 - Dispositif de commande automatique de nettoyage d'un tank (Cliché ALFA-LAVAL)**

Il existe divers dispositifs de nettoyage automatique, plus ou moins complexes, à commande manuelle ou entièrement commandés par programmeur (fig.54). Avant d'acquiescer un procédé de nettoyage automatique, il faut s'assurer de son efficacité et des moyens qu'a l'exploitation d'assurer son fonctionnement correct.

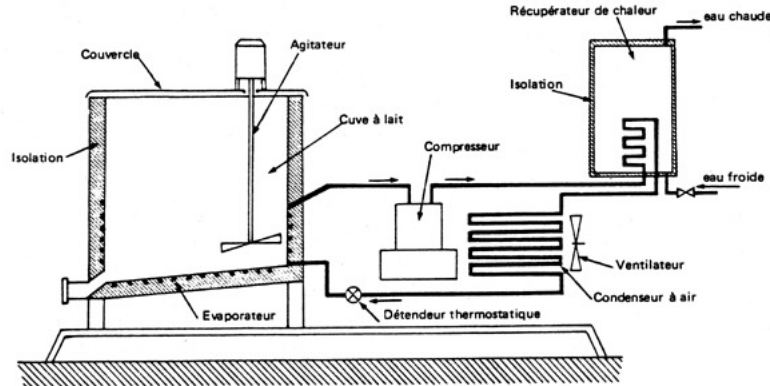
## **7. RECUPERATEURS DE CHALEUR**

Le nettoyage satisfaisant d'un tank (et du matériel de traite) doit normalement être fait avec une solution détergente chaude. A la ferme, il n'est pas toujours facile de disposer d'eau chaude et sa préparation entraîne une dépense d'énergie dont le coût est croissant. Or, la chaleur extraite du lait est évacuée en pure perte dans le milieu ambiant au niveau du condenseur du groupe frigorifique. Si l'on place un échangeur de température sur la canalisation allant du compresseur vers le condenseur et dans laquelle circule les vapeurs chaudes du fluide frigorigène, il est possible de récupérer partiellement la chaleur (figure 55).

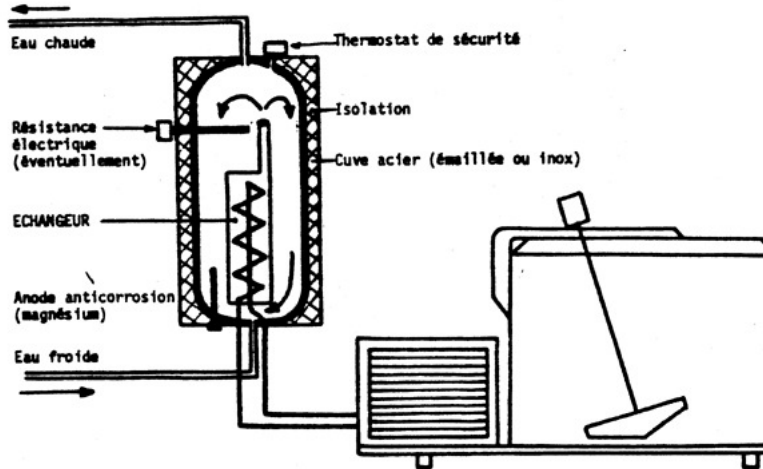
Les récupérateurs actuels de calories sont constitués d'un échangeur de chaleur fluide frigorigène - eau plus ou moins complexe. Le type le plus simple est un serpentin immergé dans une enceinte d'eau dans lequel circule le fluide frigorigène chaud. Ce dernier est généralement le Fréon R 22 dont les vapeurs chaudes atteignent au moins 80°C. Le récupérateur fait partiellement office de condenseur.

Dès l'arrivée du lait de la première traite dans le tank à détente directe, le groupe frigorifique est mis en marche. La condensation du fluide frigorigène devient rapidement supérieure à celle de l'eau contenue dans le récupérateur. Après un certain temps de fonctionnement (par exemple 20 à 30 minutes) les deux températures s'égalisent puis s'inversent. En effet, l'eau du récupérateur s'est échauffée et la température de condensation a diminué selon une courbe suivant approximativement celle de la température du lait. La récupération de chaleur est alors beaucoup moins forte et la température de

**l'eau se stabilise assez vite. En définitive, la récupération est de l'ordre de 30 % de la quantité totale de chaleur dégagée, ce qui représente approximativement 45 % de celle provenant du lait. Lors des traites suivantes la quantité de chaleur récupérée est plus faible car la température de condensation est plus basse puisque la température du mélange lait chaud + lait réfrigéré est moins élevée qu'à la première traite.**



**Figure 55** - Schéma d'un tank réfrigérant à détente directe et à condenseur à air équipé d'un récupérateur de chaleur (D'après DELAUNAY, 1981)



**Figure 56 - Récupérateur de calories à accumulation**

(D'après MIETTON, 1979)

Le fait de placer un récupérateur sur le circuit du fluide frigorigène amène un sous-refroidissement de celui-ci, ce qui est avantageux pour les performances du groupe frigorifique sous réserve de ne pas dépasser certaines limites et d'utiliser un détendeur adapté, du type thermostatique. Afin d'empêcher un sous-refroidissement excessif qui se répercuterait défavorablement sur la température de l'eau et sur la vitesse de réfrigération du lait, on est conduit à arrêter de façon intermittente la ventilation du condenseur à air quand la température de condensation diminue trop. Dans ce cas la température de condensation évolue en dents de scie, ce qui provoque une certaine fatigue du compresseur de même que du ventilateur qui subit une succession d'arrêts et de mises en marche.

**Une installation de récupération de calories couplée à un tank réfrigéré ne permet pas d'obtenir à la fois une quantité importante d'eau chaude et une température élevée de celle-ci. Il y a un choix à faire. Le plus souvent, on adopte une température de l'ordre de 45°C à 55°C, selon la fréquence du soutirage. Dans ces conditions, à partir d'une eau froide à 12–15°C, on peut approximativement obtenir un litre d'eau chaude pour trois ou quatre litres de lait réfrigéré. L'eau chauffée n'étant pas utilisée au fur et à mesure de sa production est accumulée dans un ballon calorifugé (figure 56).**

**Lorsque la quantité d'eau chaude est insuffisante pour répondre aux besoins, ce qui peut arriver lorsque la quantité de lait diminue comme en période de basse production, ou bien encore si l'on désire de l'eau plus chaude (75°C – 80°C), il est possible de compléter l'apport calorifique à l'aide d'une résistance électrique.**

**Il faut souligner qu'un récupérateur de calories ne constitue pas un simple additif au tank réfrigéré en raison des influences qui s'exercent de l'un à l'autre. La température de l'eau réchauffée est déterminée par celle du fluide frigorigène dans la partie haute pression du circuit frigorifique. Si l'on veut augmenter la température de l'eau, il faut élever celle du fluide, ce qui nécessite un groupe frigorifique plus puissant et une plus grande consommation d'électricité, faute de quoi on ne peut maintenir la réfrigération du lait dans de bonnes conditions. Au cas où l'on conserve le même groupe, il y a non seulement une augmentation de la consommation électrique mais, en plus, le risque d'une mauvaise réfrigération. Inversement, l'abaissement excessif de la température de condensation du fluide frigorigène provoque une alimentation défectueuse de l'évaporateur et, par suite, un allongement du temps de réfrigération du lait.**

**Lorsque la réfrigération du lait est réalisée par détente directe, le groupe frigorifique fonctionne de façon continue pendant toute la durée de l'opération. Il s'ensuit que toute atteinte à son bon fonctionnement se répercute défavorablement sur les conditions de la réfrigération.**

**Dans le cas des tanks à accumulation de glace, le principe de la récupération des calories est le même. Toutefois, les risques d'incidences sur la réfrigération du lait sont moins importants à la condition que la**

réserve de glace soit toujours suffisante. En outre, la récupération de calories peut être un peu plus importante car la température de condensation du fluide frigorigène est plus constante. Mais cette température est plus basse qu'en détente directe, de sorte que pour donner à l'eau un certain niveau de température, il faut faire fonctionner le groupe avec une température de condensation plus élevée. Il s'ensuit que le groupe frigorifique a de moins bonnes performances ; il fonctionne plus longtemps et consomme davantage d'électricité.

Malgré l'augmentation de la consommation d'énergie électrique que nécessite le fonctionnement du groupe frigorifique, la récupération de calories constitue un moyen ingénieux et généralement intéressant du point de vue économique pour produire l'eau chaude nécessaire pour le nettoyage du tank de réfrigération et éventuellement de la machine à traire. La quantité de lait nécessaire pour que l'opération soit bénéficiaire varie avec les diverses situations particulières. Elle peut déjà l'être avec 300 à 500 litres de lait par jour alors que dans d'autres cas il en faut au moins 1.000 à 1.200 litres. Comme pour un tank de réfrigération, l'acquisition d'un récupérateur de calories doit faire au préalable l'objet d'une étude très sérieuse portant sur ses performances réelles, l'investissement qu'il entraîne, les frais de fonctionnement qu'il exige et les véritables économies qu'il permet. Il faut bien tenir compte des quantités de lait à réfrigérer, des besoins en eau chaude et aussi des possibilités locales de réglage et d'entretien de l'installation. Enfin, on ne doit pas oublier qu'une installation constituée d'un tank de réfrigération associé à un récupérateur constitue un ensemble assez complexe. Lorsque ces deux équipements sont mal adaptés l'un à l'autre ou mal réglés l'un par rapport à l'autre, il peut en résulter divers inconvénients, à savoir : de mauvaises conditions de réfrigération, une production d'eau chaude insuffisante en quantité ou à température inférieure à celle prévue, une usure prématurée des appareils et une consommation accrue d'énergie.

## **8. PREREFRIGERATION ET REFRIGERATION INSTANTANEE**

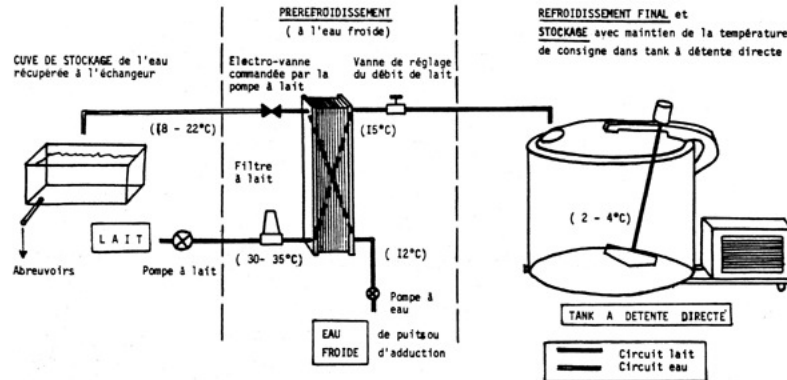
Dans le double souci d'économiser l'énergie et d'augmenter la vitesse de réfrigération du lait, on tend à développer, dans les grandes fermes laitières la prérefrigération et la réfrigération instantanée.

- **Prérefrigération (figure 57)**

Le procédé consiste à refroidir le lait à l'eau naturelle, immédiatement après chaque traite, à l'aide d'un échangeur de température à plaques en acier inoxydable, avant de l'envoyer dans le tank où s'achève la réfrigération. Ce procédé permet d'abaisser en quelques secondes la température du lait chaud à une température supérieure d'environ 2 à 3°C à celle de l'eau. Il s'ensuit plusieurs avantages. Sur le plan économique : réduction de la puissance du groupe frigorifique et de la consommation d'énergie. Sur le plan de la qualité, l'augmentation de la vitesse de réfrigération, la diminution de l'écart de température entre le lait déjà réfrigéré et le lait d'une nouvelle traite diminuent les risques de développement bactérien et de lipolyse.

- **Réfrigération instantanée (figure 58)**

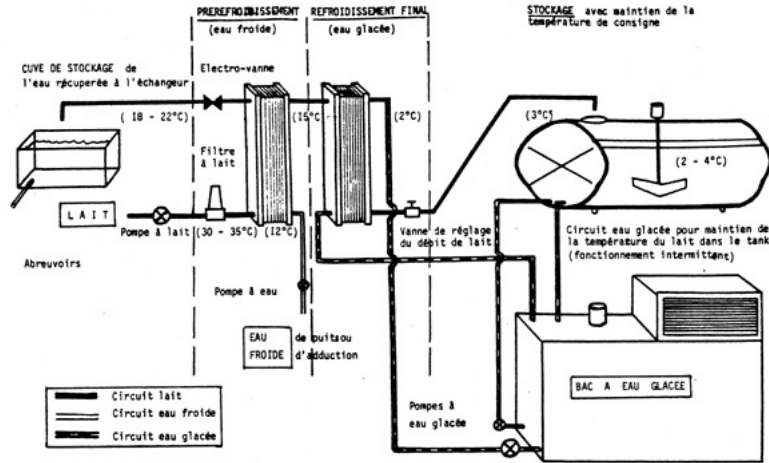
Le premier procédé peut encore être amélioré en ajoutant à l'échangeur à circulation d'eau un échangeur à eau glacée; celle-ci, en circuit fermé, peut être fournie par le même groupe frigorifique que celui alimentant le tank.





**Figure 57** - Schéma d'installation d'un prérefroidisseur associé à un tank à détente directe

(D'après MIETTON, 1979)

**Figure 58** - Schéma d'installation d'une installation de réfrigération instantanée (eau + eau glacée) associée à un tank

(D'après MIETTON, 1979)

Lorsque l'eau est en quantité insuffisante ou à température trop élevée (ou bien son coût dépasse celui de l'énergie électrique), l'eau glacée seule assure la réfrigération. Comme dans le cas de la prérefrigération, le lait est immédiatement versé dans le tank à la température de conservation (2 à 4°C). Toute remontée de température est ainsi supprimée et le rôle du tank se limite à maintenir cette température.

**La quantité d'eau nécessaire est de l'ordre de 2 à 3 litres par litre de lait. Elle peut être récupérée pour divers usages. Le nettoyage de l'échangeur est réalisé par rinçage copieux puis circulation d'une solution alcaline. Après un nouveau rinçage il est recommandé d'utiliser une solution acide à intervalle défini selon le risque d'entartrage. Le circuit de nettoyage peut être automatisé et être, par exemple, inclus dans celui de la machine à traire.**

**Ces installations demandent des investissements importants. Elles ne se justifient que pour des quantités importantes de lait, variables selon les situations locales, mais qui ne semblent pas devoir être inférieures à 2.000 ou 2.500 litres de lait par jour. L'économie possible d'énergie doit être estimée avec le maximum de précision. Elle paraît se limiter, dans les meilleures conditions, pour un double circuit (eau + eau glacée), à 45 ou 50 % au maximum. La réalité est souvent plus proche de 30 à 35 %. L'amélioration éventuelle des échanges de température entraîne, au-delà d'une certaine limite, des investissements qui ne peuvent pas être compensés par les gains probables d'énergie. Dans tous les cas ces installations doivent être envisagées avec prudence et être préalablement étudiées sous leurs différents aspects techniques et économiques.**



---

## **Partie IV** **COLLECTE DU LAIT EN VRAC**

### **1. CENTRES DE COLLECTE**

**Les centres de collecte constituent un relais entre les producteurs et l'usine laitière. Ils assurent la réception du lait, sa réfrigération, parfois sa pasteurisation et sa conservation en attendant son**

**transport à la laiterie. L'intérêt de ces centres est double : permettre par une réfrigération précoce du lait d'améliorer sa conservation, économiser les frais de transport. Ils se justifient notamment lorsque les zones de ramassage sont éloignées de l'usine ou lorsque celles-ci sont constituées de petits fournisseurs dont l'accès à leur exploitation est difficile en raison de l'état des routes. Dans les pays en voie de développement l'implantation de ces centres facilite considérablement le difficile problème de l'approvisionnement en lait des usines, tant du point de vue quantitatif que qualitatif; inversement, elle incite les agriculteurs à accroître la production laitière sachant que celle-ci est assurée d'un débouché. Ces centres peuvent être considérés comme une formule très améliorée des "postes à lait" qui existent dans certaines régions.**

**Dans les régions où les producteurs sont isolés, le centre n'est pas seulement le local de réception et de réfrigération du lait. Il est aussi un lieu de rencontre des producteurs qui peut très utilement être mis à profit pour les informer et les conseiller. Son rôle possible dans la vulgarisation ne doit pas être sous-estimé. En outre un magasin d'approvisionnement en médicaments vétérinaires, produits de nettoyage, aliments du bétail, etc... peut lui être adjoint. Il apporte ainsi un service très souvent apprécié pour les producteurs.**

### **11. Fonctionnement**

**Le plus rapidement possible, chaque producteur ou les collecteurs apportent le lait au centre où il doit parvenir, en principe, dans les deux heures qui suivent la traite. Celui-ci est mesuré, en volume ou mieux en poids, contrôlé par des moyens simples (aspect physique, odeur, acidité...), filtré et aussitôt versé et conservé dans le tank réfrigérant. Chaque jour ou une fois tous les deux jours, il est expédié à la laiterie de préférence au moyen d'une citerne isotherme. Celle-ci facilite les transvasements ; le lait maintenu en masse se réchauffe moins rapidement ; elle évite le nettoyage et la manipulation de bidons.**

### **12. Construction.**

**Le bâtiment peut être construit simplement en matériaux durs, tels que pierre, briques, ciment, et selon les méthodes et les possibilités locales. Il doit être protégé des intempéries et du soleil et orienté de telle**

**sorte que ses ouvertures soient abritées des vents dominants. Ses accès doivent être aménagés afin d'éviter le plus possible qu'ils se transforment en zone boueuse ou poussiéreuse.**

**Les murs intérieurs et les plafonds doivent être lisses et lavables. Les sols doivent être résistants, antidérapants et faciles à nettoyer. Ils doivent être pourvus d'une pente suffisante pour éviter toute stagnation d'eau et d'une ou plusieurs bouches d'égout assurant l'évacuation à l'extérieur de celle-ci. Une bonne ventilation doit permettre d'éviter les condensations éventuelles. La pose de grillages fins ou d'autres dispositifs est souvent nécessaire pour empêcher l'entrée des mouches ou autres animaux.**

**La disposition du local et ses dimensions varient avec l'importance du centre. Pour de petites quantités de lait, il peut être d'un seul niveau sans surélévation au-dessus du sol. Lorsqu'elles sont plus importantes on peut avoir intérêt à disposer la plateforme de réception. en surélévation par rapport autank réfrigérant de façon à faciliter le déchargement des véhicules de collecte et à profiter de la gravité pour filtrer et verser le lait. Dans le cas le plus simple où la quantité de lait est faible (de l'ordre de quelques centaines à 1.000 ou 1.500 litres de lait par jour) on peut se contenter d'une seule pièce. Toutefois, par mesure d'hygiène et d'organisation, il est préférable de séparer le secteur réception et lavage des bidons de ramassage de celui réfrigération-stockage et de prévoir un lieu de stockage des produits de nettoyage et de rangement des petits matériels et outillages.**

**Lorsqu'un magasin de fournitures aux producteurs est prévu, celui-ci doit être nettement séparé de façon à limiter les contaminationset à permettre un travail rationnel.**

### **13. Equipement**

**Deux utilités sont nécessaires : l'eau et l'électricité. Les matériels à prévoir sont :**

- **un appareil de mesure (décalitre ou balance),**
- **tamis-filtre,**
- **un tank réfrigérant,**
- **un dispositif de production d'eau chaude,**

- **une cuve lavage. Celle-ci permet de laver les bidons de collecte avant qu'ils soient repris par les producteurs.**

**Cet équipement est complété par la table et l'armoire permettant de tenir correctement la comptabilité du lait réceptionné et son paiement s'il est fait par le centre. En outre, une simple pailleuse et un petit matériel sont utiles pour assurer un contrôle élémentaire du lait.**

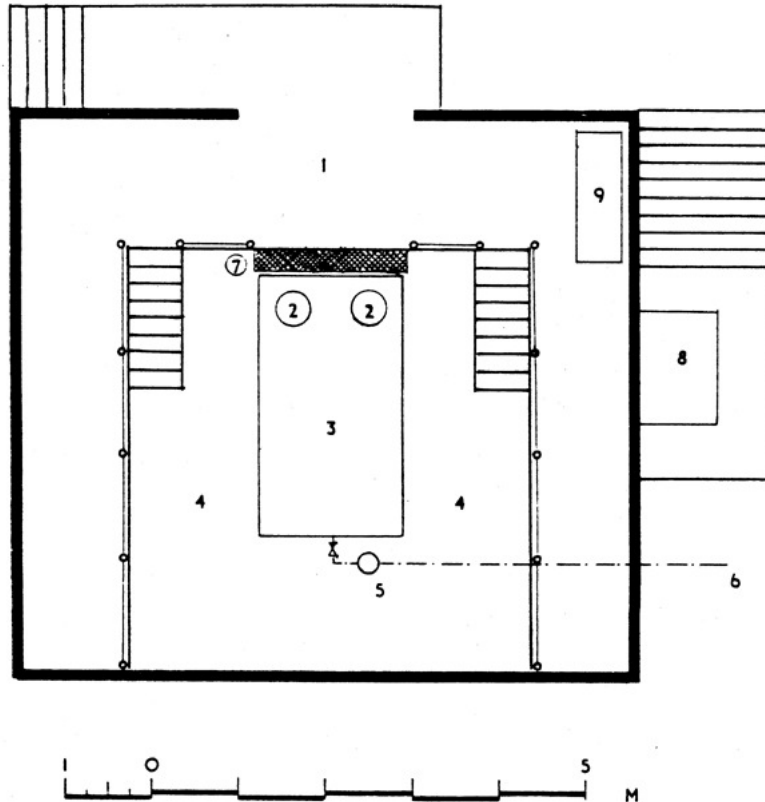
**La figure 59 donne le schéma d'un centre de collecte d'une capacité de 3.000 litres de lait par jour.**

## **2. COLLECTE DU LAIT EN VRAC**

**L'idée de remplacer la collecte traditionnelle en bidons par le ramassage en vrac a pris naissance dans la recherche d'une simplification et surtout d'une économie dans l'approvisionnement en lait de l'usine. On s'est rapidement rendu compte que le mélange de laits de qualités variées augmentait généralement la charge microbienne de celui-ci et arrivait souvent à l'usine en état d'altération. Le ramassage en citerne ne pouvait se faire dans de bonnes conditions que dans la mesure où il était possible de ralentir fortement le développement microbien. Il est maintenant bien admis que la collecte en vrac n'est applicable que si elle est précédée, à la ferme, d'une bonne hygiène de la production et d'une réfrigération précoce et rapide. On doit bien considérer que l'équipement d'une zone en tanks réfrigérants et la collecte ne vont pas l'une sans l'autre. Ce procédé d'ensemble constitue une évolution technique, économique et sociale considérable. Il présente des avantages certains mais il n'est valable que sous certaines conditions. A la ferme comme à l'usine, il impose de profondes modifications, exige de nouvelles contraintes, des efforts d'adaptation et une minutieuse organisation. Sa mise en place ne peut aboutir à des résultats satisfaisants que si elle se justifie, ce qui nécessite une minutieuse étude préalable et non quelques considérations empiriques.**

**Cette méthode généralisée dans la plupart des grandes régions laitières est déjà présentée par quelques promoteurs comme étant dépassée. Ceux-ci remettent en question son bien-fondé économique et microbiologique et proposent de la remplacer par des techniques à la ferme telles que la thermisation jointe à la concentration par ultrafiltration. Malgré l'intérêt théorique que présente l'étude de ces**

**techniques complexes, il n'en demeure pas moins vrai qu'actuellement et vraisemblablement encore pour longtemps, la réfrigération et la collecte en vrac resteront la meilleure solution dans la majorité des cas.**



- |  |   |
|--|---|
| 1) Quai de réception, de mesure et de contôle di lait            | 5) et 6) Pompe et canalisation reliant le tank à la citerne de collecte |
| 2) Filtres   | 7) Pompe d'eau glacée   |
| 3) Tank réfrigérant placé dans un puits                          | 8) Groupe frigorifique extérieur  |
| 4) Placé à 1,20 m en-dessous de la plate- forme de réception (1) | 9) Cuves de lavage bidons des producteurs                               |

**Figure 59 - Centre de collecte d'une capacité de 3.000 litres par jour (D'après F.A.O., 1964)**

• **Principe.** Il est apparemment très simple. Il est fondé à la fois sur la mécanisation des transferts de lait et sur l'allongement de sa durée de conservation. Le lait conservé à la ferme en tank réfrigérant est directement pompé dans une citerne montée sur un camion et vidée à l'usine dans les mêmes conditions.

L'application de ce principe amène la suppression des bidons et par suite leur manutention et leur nettoyage. Elle permet un aménagement optimum des horaires de collecte et de réception, d'espacer la fréquence des ramassages qui, de bi-quotidiens ou quotidiens, n'ont plus lieu qu'une fois par jour ou tous les deux jours. Une meilleure rotation des véhicules et la possibilité de transporter des quantités accrues de lait sur de plus longues distances sont aussi parmi ses avantages. Tout se résume par une meilleure organisation de la collecte permettant d'en réduire le coût tout en diminuant les travaux pénibles. Mais, en réalité, l'obtention de ces résultats prometteurs est liée à diverses conditions techniques et économiques dont l'examen ne peut être intuitif ou sommaire mais réalisé avec soin et selon une méthode appropriée. Il en existe de plus ou moins simples pouvant utiliser ou non l'outil mathématique et informatique. Avant d'en faire l'examen il est nécessaire de connaître les caractéristiques principales des matériels de collecte.

## **21. Matériel de transport du lait en citerne**

La réfrigération en vrac et le ramassage en citerne sont deux séquences d'un même système destiné à améliorer la qualité du lait et à diminuer les frais. C'est pourquoi on retrouve dans ces deux équipements

un certain nombre de caractères communs. Dans la construction de la citerne et de ses accessoires on s'attachera à ce qu'elle conserve au lait sa qualité initiale par la facilité du nettoyage, la simplicité des circuits, l'isolation suffisante. Elle sera conçue de manière à réduire en effort et en temps le travail du ramasseur : compteur à lait, accessoires pratiques, prélèvement automatique des échantillons. Enfin l'ensemble véhicule-citerne sera choisi de telle sorte qu'il permette de réduire les frais de collecte tout en étant adapté aux conditions locales : état des routes, relief de la zone, accès aux tanks, multiplicité des fournisseurs.



**Figure 60 - Camion-citerne de collecte (Cliché MAGYAR)**



**Un camion de ramassage comprend deux parties (figures, 60, 61, 62, 64) :**

- le porteur, c'est-à-dire l'ensemble châssis-moteurpneumatiques,
- la citerne et ses équipements.

### **211. Le porteur**

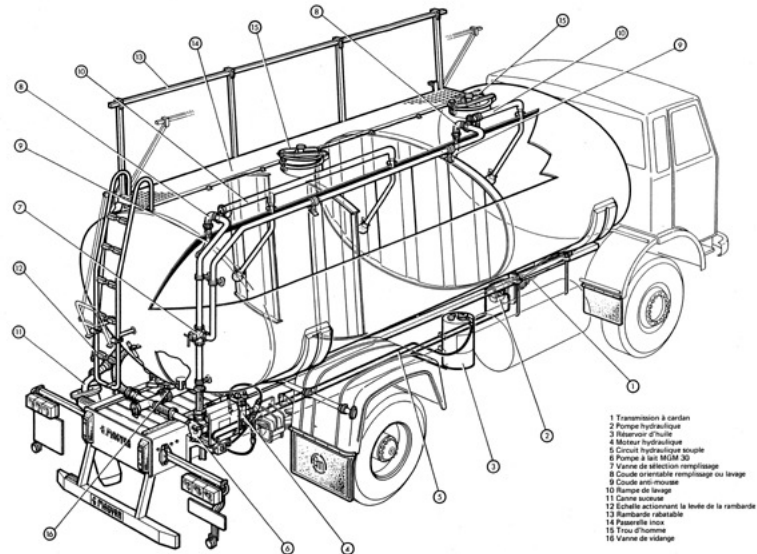
**Il n'entre pas dans le cadre de cet exposé d'en donner les détails mais simplement de faire quelques remarques sur les caractéristiques à prendre en compte dans son choix. Celui-ci découle d'abord de la capacité maximale de la citerne qui est elle-même déterminée en fonction des caractéristiques de la zone : volume de lait, longueur et durée de la collecte, servitudes diverses (état des routes, limite de charge des ponts...) et des aspects économiques de la collecte.**

**En fonction de ces facteurs on peut avoir le choix entre le camion porteur simple et le semi-remorque. Le simple porteur ne permet guère de dépasser 10.000 à 12.000 litres de lait. Si les quantités sont plus importantes, deux solutions sont possibles : soit accrocher une remorque au porteur simple. Dans ce cas le circuit de ramassage est souvent organisé en "huit". Selon les cas la remorque après remplissage est déposée en un point central de la tournée puis reprise au retour ou au contraire laissée vide et seulement reprise pour la dernière partie de la collecte : soit utiliser un semi-remorque qui permet de recevoir de grosses quantités de lait, offre une certaine maniabilité et évite les temps morts.**

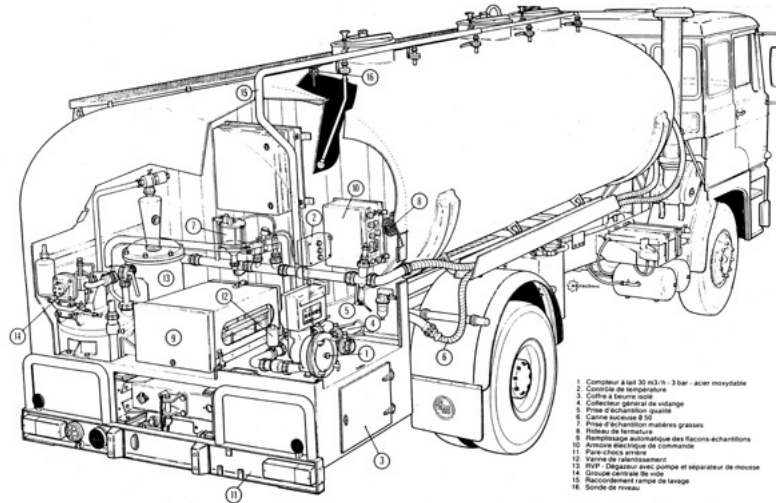
**Ce choix doit aussi tenir compte des dispositions réglementaires propres à chaque pays : poids total autorisé en charge, poids total roulant autorisé (porteur plein + remorque pleine) dimension des véhicules, type de permis de conduire...**

**Les dimensions du véhicule influent sur sa maniabilité. L'empattement c'est-à-dire la distance entre les essieux avant et arrière doit permettre une bonne répartition des charges sur ceux-ci : celle-ci est obtenue lorsque le centre de gravité de la citerne est situé à une certaine distance en avant des roues arrières. Selon la capacité et la disposition de la citerne, le poids et l'emplacement des accessoires, l'empattement varie, aussi doit-il être déterminé en concertation avec le constructeur du véhicule. Les**

caractéristiques du moteur ont évidemment une influence sur la consommation en carburant et sur sa longévité.



**Figure 61 - Camion-citerne, détails de construction (Cliché MAGYAR)**



**Figure 62 - Camion-citerne - Détails de construction (Cliché MAGYAR)**

La boîte de vitesse doit faire l'objet d'une attention particulière. Outre sa robustesse nécessitée par les efforts qui lui sont demandés il est important de bien choisir ses différents rapports. Compte tenu de la topographie et de la longueur des tournées, le couple lié à la réduction dans le pont arrière est choisi dans la gamme suivante :

- le couple “court”. Il convient aux régions accidentées, montagneuses. Il accepte les fortes pentes mais limite la vitesse du camion,
- le couple “moyen”,
- le couple “long” adapté aux grandes tournées de plaine et permettant des vitesses rapides.

**D'autres éléments sont aussi à prendre en compte tels que le freinage, les pneumatiques, la suspension, le poste de conduite, la facilité de sortir et de remonter dans le véhicule.**

**Dans tous les cas il faut rechercher la robustesse du porteur, sa souplesse et sa facilité de conduite ainsi que les possibilités de lui assurer un excellent entretien.**

### **212. La citerne**

**Elle est habituellement construite en acier inoxydable 18/10 d'une épaisseur de l'ordre de 25 à 30/10 mm. Ce métal, outre ses bonnes qualités mécaniques, résiste à la corrosion, ce qui permet un excellent nettoyage à l'aide de solutions détergentes alcalines et acides. L'état de surface doit être lisse, glacé à l'intérieur et poli à l'extérieur. Toutes les soudures doivent être soigneusement meulées et polies.**

**Les autres matériaux comme l'aluminium et ses alliages ou les matières plastiques armées ne sont pratiquement jamais utilisés en raison, notamment, des difficultés de leur assurer une propreté bactériologique satisfaisante.**

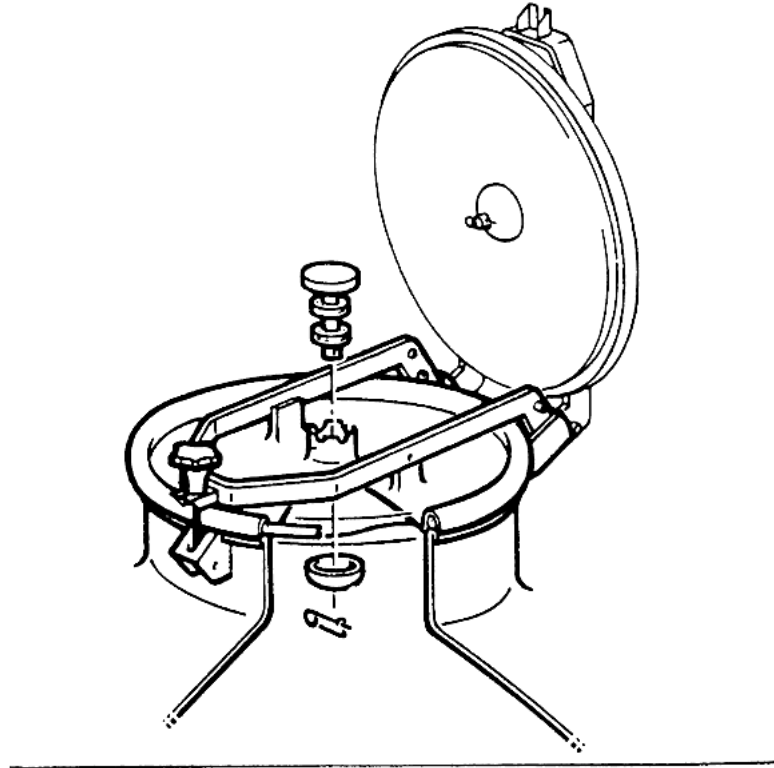
**L'isolation n'est pas toujours nécessaire. Elle dépend essentiellement des conditions climatiques et de la durée de transport du lait. Sous les climats froids la masse de lait bien réfrigérée, transportée en quelques heures (deux ou trois), se réchauffe lentement de quelques degrés (de l'ordre de 1°C par heure).**

**Dans les autres cas l'isolation s'avère nécessaire. Celle-ci est réalisée par une couche d'environ 6 cm d'épaisseur de polyuréthane ou de 10 cm de laine de verre. Selon l'épaisseur choisie le coefficient global effectif de transmission de chaleur varie; il est souvent voisin de  $0,40 \text{ Kcal/m}^2\text{hx}^\circ\text{C}$ , ce qui est satisfaisant, sauf peut-être dans les pays particulièrement chauds ou lorsque les tournées sont très longues. Ce coefficient tient compte des ponts thermiques (supports de la citerne, tuyauterie de lait, trous d'homme). L'isolant est revêtu extérieurement d'une jaquette en acier inoxydable. Celle-ci est d'épaisseur variable de l'ordre de 5 à 12/10 mm. Au bout de quelques années de service on observe généralement une augmentation du coefficient de transmission de chaleur. Il peut atteindre 0,60. Ce**

**phénomène gênant est dû au vieillissement de l'isolant sous l'action de l'humidification et du tassement de la laine de verre ou de la dégradation des polyuréthanes par les nettoyages à chaud de la citerne.**

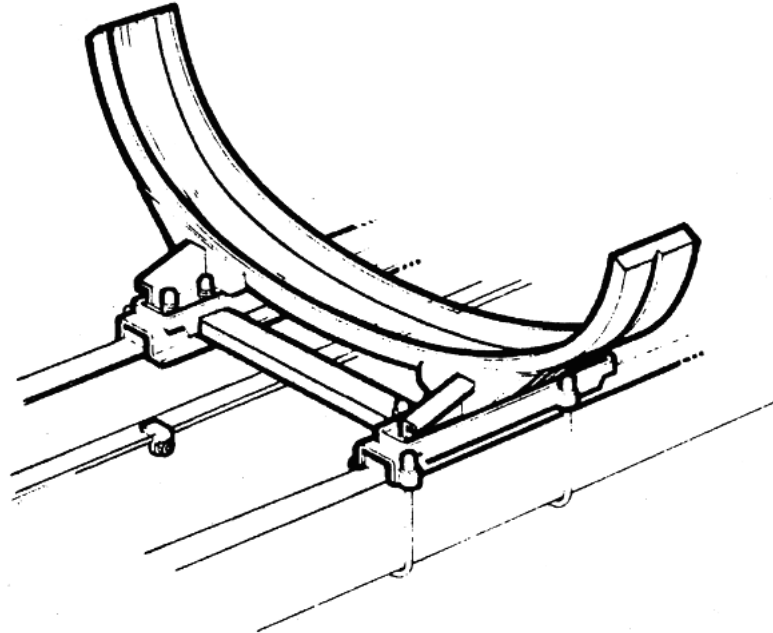
**L'isolation ne se justifie que si elle est véritablement nécessaire. D'une part, elle augmente le poids de la citerne de façon importante. C'est ainsi qu'une citerne de 10.000 litres pesant, non isolée, 1.700 kg, passe à 2.200 kg après isolation. D'autre part, elle se traduit par une élévation considérable du coût. En fonction de la capacité de la citerne, celui-ci croît de façon pratiquement linéaire. Généralement il faut considérer que le prix de l'isolation représente environ la moitié de celui de la citerne.**

**La plupart des citernes sont de forme oblongue, à section cylindrique ou elliptique. Dans les modèles standards généralement choisis parce que moins chers, le diamètre du cylindre ou la longueur du grand axe et du petit axe de l'ellipse sont généralement fixes pour un modèle donné. Elle est, par exemple de 2.100 mm pour le grand axe de l'ellipse et de 1.400 ou 1.500 mm pour le second. La longueur de la citerne est alors proportionnelle à la capacité. Afin d'éviter le balancement excessif du lait qui risque de rendre difficile la conduite du camion, et de provoquer le barattage du lait dans la citerne, on peut placer des brises-lames en acier inoxydable. On peut aussi cloisonner la citerne en deux ou trois compartiments d'un volume minimal de 1.200 à 1.500 litres, ce qui permet aussi de séparer les laits de qualité ou d'origine différentes. Ce cloisonnement amène un supplément de prix notable, notamment lorsqu'il comporte une isolation.**



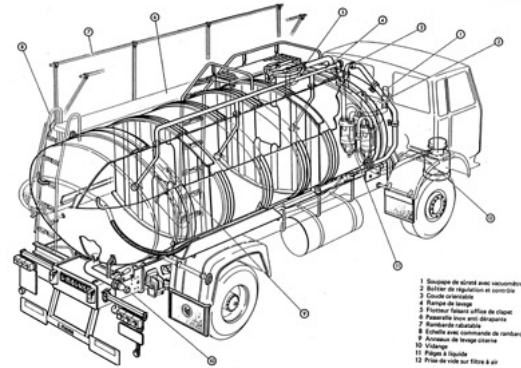
**Figure 62a - Trou d'homme  $\varnothing$  0,450 m avec soupape atmosphérique et fermeture rapide. Ouverture possible à 15° pour ventilation après lavage. Butée arrière pour ouverture totale**

**(Cliché MAGYAR)**



**Figure 63** - Dispositif de supportage des citernes par demi-anneaux

(Cliché MAGYAR)



**Figure 64 - Camion-citerne - Détail des équipements**

(Cliché MAGYAR)

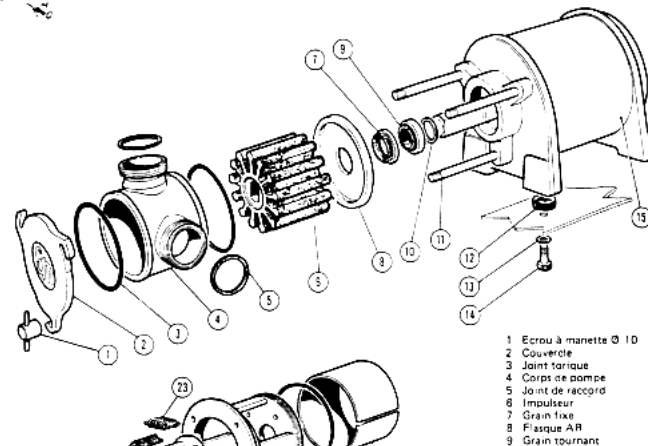
Chaque citerne ou chaque compartiment comprend :

- un trou d'homme (figure 62a) avec reniflard de sécurité ou une soupape atmosphérique au sommet de son couvercle. Une échelle et une passerelle antidérapante en acier inoxydable permettant d'accéder au trou d'homme et au dispositif de branchement des tuyauteries de nettoyage,
- une tuyauterie d'entrée de lait antimousse,
- une poche de vidange avec tuyauterie de sortie d'une section suffisante pour une bonne évacuation des solutions détergentes et les eaux de rinçage faute de quoi le fonctionnement du système de nettoyage en place risquerait d'être perturbé. La citerne est généralement supportée par des demi-anneaux ou des anneaux reposant sur deux socles fixés au châssis (figure 63).

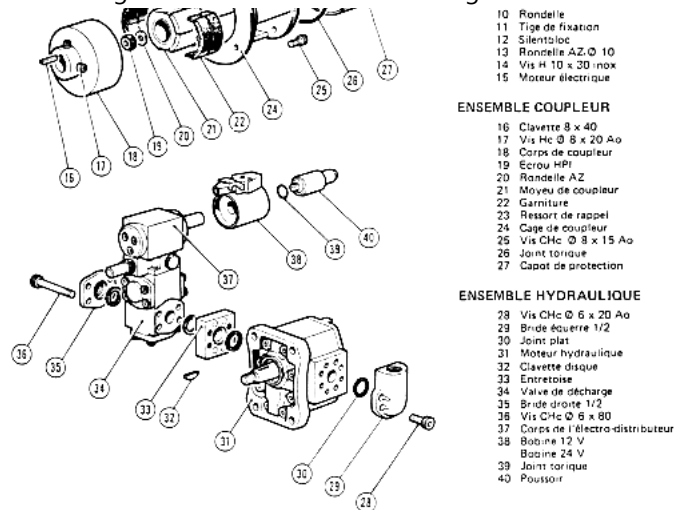
### 213. Transfert du lait du tank à la citerne



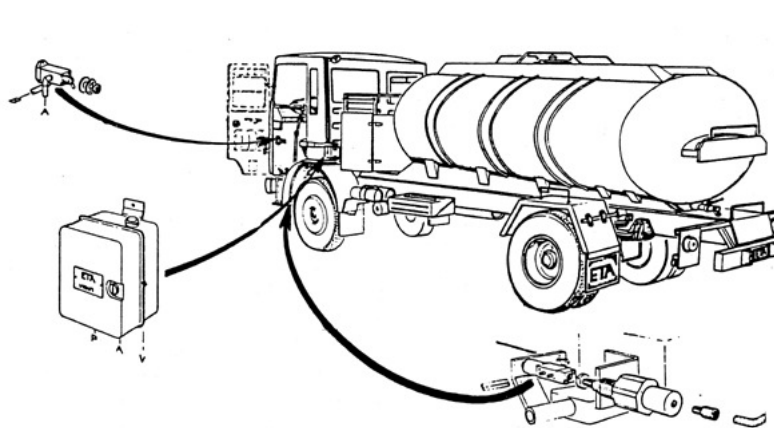
Il peut se faire au moyen de deux procédés différents : par pompage ou par aspiration sous vide. Le pompage est effectué à l'aide d'une pompe volumétrique fixée sur le véhicule. Elle est entraînée soit par un moteur électrique ou à essence, soit par un moteur hydraulique actionné par une prise de mouvement sur le ralenti du moteur du véhicule (figure 65). Le moteur électrique est pratique mais il suppose que toutes les fermes aient l'électricité, la même tension et qu'il ne soit pas nécessaire de dérouler un trop long câble pour atteindre la prise de courant. On peut cependant remplacer celle-ci par une très puissante batterie sur le camion qui est rechargée pendant la nuit. Le moteur à essence présente l'inconvénient d'une mise en route longue. De plus les fréquentes mises en route finissent par le détériorer. C'est certainement le troisième procédé, éventuellement combiné avec le moteur électrique, ce qui permet d'arrêter le moteur du véhicule, qui est le plus utilisé.



## Réfrigération du lait à la ferme et orga...



**Figure 65 - Groupe de pompage "hydrelec" à entraînement hydraulique électrique (Cliché MAGYAR)**



### FONCTIONNEMENT:

- le vide se crée en roulant ou à l'arrêt
- la vitesse moteur est régulée
- la régulation automatique enclenche le système lorsqu'il y a besoin de vide et le coupe lorsque la dépression maximum est atteinte
- lorsque le vide se fait en roulant, il y a automatiquement coupure dès que le moteur est en charge (accélération)

**Figure 66 - Dispositif de vide à régulation automatique (Cliché ETA)**

La pompe peut être enclenchée par télé-commande. Outre le pompage du lait, elle peut aussi être utilisée pour le nettoyage de la citerne ou pour vider la citerne.

**Il est généralement nécessaire de remplacer périodiquement la pompe. De plus, étant fréquemment du type rotative à rotor déformable, elle ne doit pas tourner à sec ni être au contact de solutions détergentes à plus de 65°C.**

- **Aspiration sous vide. Cette technique consiste à créer une dépression dans la citerne et à bloquer cette dépression au moyen d'une vanne de fermeture. Par simple ouverture de la vanne suceuse plongée dans le tank, le lait monte dans la citerne qui agit comme un aspirateur à liquide. On préfère généralement le vide créé au moyen du moteur du véhicule à celui obtenu par pompe. Le vide peut être automatiquement régulé par des systèmes électro-pneumatiques ou pneumatiques (figure 66).**

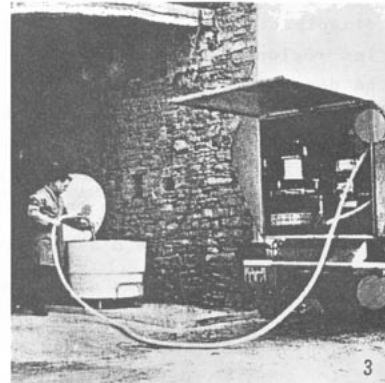
**Le système par aspiration sous vide présente plusieurs avantages. Il est simple et hygiénique. Il permet d'assécher les canalisations de lait, ce qui limite le développement bactérien. La faible action mécanique subie par le lait réduit son brassage dont l'action favorise la lipolyse. En raison de la hauteur d'aspiration limitée à 4 mètres, il ne peut pas convenir dans les régions accidentées. Il faut veiller à la parfaite étanchéité des joints des diverses ouvertures du tank ; dans les régions froides, toutes précautions doivent être prises pour éviter, par exemple, que des gouttes gelées empêchent la fermeture étanche du trou d'homme. Le gel peut aussi perturber le flotteur disposé dans la citerne en bout de la conduite d'aspiration.**

- **Tuyauterie d'aspiration du lait (figure 67)**

**La citerne est munie d'une tuyauterie flexible, qui est reliée au tank soit par branchement sur sa vanne de vidange, soit par immersion dans le lait d'une canne suceuse.**

**Le premier dispositif n'est généralement utilisé que pour les tanks de grande capacité. Le branchement doit être facile et rapide. Ceci nécessite des raccords standards, ce qui n'est pas toujours le cas ; il faut alors mettre des pièces intermédiaires qui entraînent une dépense supplémentaire. Le nettoyage est rendu plus délicat par la présence du raccord et de la vanne de fermeture. Il ne faut pas que celle-ci soit placée trop près du sol, ce qui peut rendre difficile, voire impossible, le raccordement. La canne suceuse (figure 68) utilisée pour les tanks de petites et moyennes capacités est très satisfaisante à la**

**condition que sa forme soit bien étudiée pour permettre une complète aspiration du lait dans le tank et qu'elle soit sans goulot d'étranglement. Afin qu'elle ne soit pas une source de contamination, elle doit être manipulée de façon hygiénique. Elle ne doit jamais être posée sur le sol ou mise au contact d'une surface contaminée. Dès utilisation, il convient de la rincer ; à cet effet, le camion peut être pourvu d'un réservoir d'eau sous pression permettant d'effectuer cette opération après chaque pompage. Immédiatement après la canne est remise dans son fourreau protecteur.**



**Figure 67**

**- Aspiration du lait**

**1. dans le bac de dépotage**

2. dans les bidons
3. dans les tanks réfrigérants

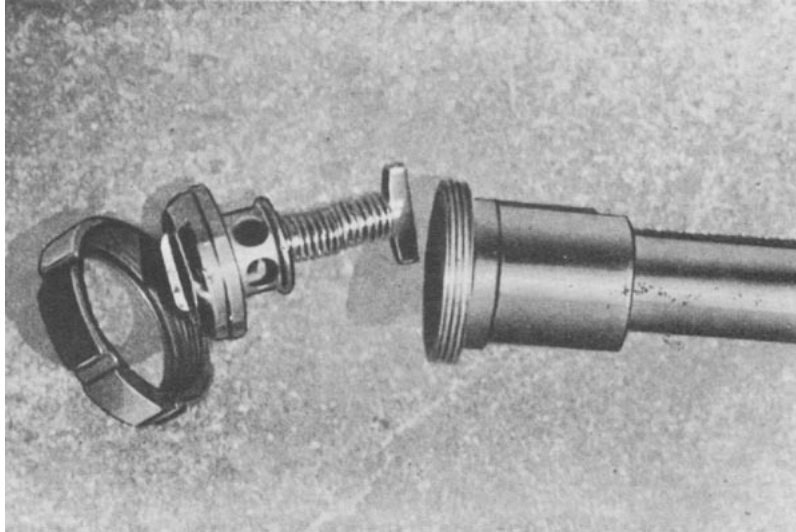
**(Cliché GUERIN)**

**Les tuyauteries flexibles doivent être de très bonne qualité, lisses intérieurement et résistantes aux produits de nettoyage. La présence de craquelures ou fissures se transforme rapidement en foyer d'infection, aussi est-il nécessaire de les vérifier et de les changer régulièrement.**

**Le temps de pompage doit être court. Pour une même tournée, il varie avec le système de pompage utilisés mais aussi, pour un même système, avec différents facteurs :**

- **la forme de la cuve. Si le fond n'a pas une pente suffisante et un point bas où se rassemble les derniers litres de lait, ceux-ci sont difficilement et lentement aspirés et il peut y avoir désamorçage de la pompe ;**
- **la quantité de lait. Avec certains équipements mal étudiés, il peut y avoir une perte progressive de vide, notamment lors de l'aspiration de grosses quantités de lait en fin de tournée ;**
- **L'aspiration d'air qui se produit avec les derniers litres de lait augmente le temps de vidange. Ce phénomène prend davantage d'importance que la quantité totale de lait est faible.**
- **La longueur et le diamètre de la tuyauterie. Un tuyau trop long ou trop étroit provoque d'importantes pertes de charge.**

**En outre, la différence de niveau entre le tank et la citerne les modifie. La figure 67 montre l'influence de la longueur et du diamètre de la tuyauterie sur le débit de lait. La tuyauterie doit être la plus courte possible, les plus longues ne dépassant pas 16 mètres. Lors de l'achat d'une citerne il ne suffit pas de connaître le débit théorique de pompage mais de bien déterminer avec le fournisseur les débits pratiques à obtenir en fonction des conditions d'utilisation. Ainsi, avec une tuyauterie de 36/38 on ne peut guère espérer pomper plus de 10 à 12 m<sup>3</sup>/heure ; avec une tuyauterie de 48/50 on peut atteindre ou même dépasser 20 m<sup>3</sup>/h.**

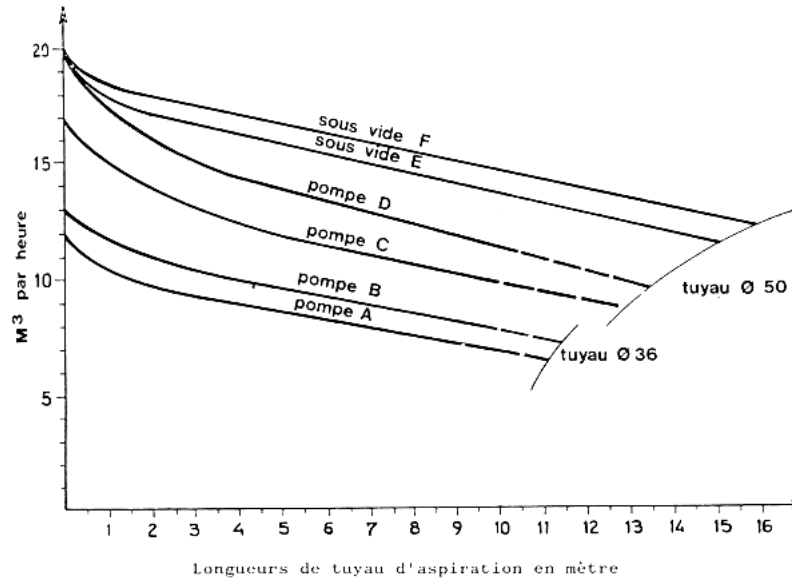


**Détail d'une canne suceuse. On aperçoit les perforations et le ressort qui permettent l'aspiration du lait sans rupture du vide**

**Figure 68 - Canne suceuse. Les perforation et le ressort permettent l'aspiration du lait sans rupture de vide**

**(Cliché F.N.P.L.)**





**Figure 69** - Courbe de débit de pompage en fonction du diamètre et de la longueur de la tuyauterie reliant la citerne au tank

(D'après MOREL, 1967)

La tuyauterie doit être facile à atteindre, à déployer et à replacer sur le véhicule. A côté de dispositifs plus ou moins rudimentaires et satisfaisants, prenant du temps, il existe des dévidoirs automatiques entraînés par un petit moteur électrique et pouvant être télécommandés.

#### 214. Accessoires

**Différents équipements optionnels peuvent compléter le véhicule. Ils sont souvent destinés à simplifier et à perfectionner des opérations connexes au ramassage et dans certains cas sont parfaitement justifiés. Il s'agit généralement de matériels complexes et coûteux, dont l'acquisition doit être faite à bon escient, compte tenu des nécessités locales.**

- **Bac de dépotage (figure 70).** Bien souvent, lorsque l'on équipe une zone en tanks réfrigérants, il existe des petits producteurs dont le lait continue à être fourni en bidons. Ce lait est versé dans une petite cuve fixée au véhicule et transféré dans la citerne par la canne suceuse ou autre dispositif d'aspiration. Ce système présente le gros inconvénient de mélanger au lait réfrigéré des laits souvent fortement contaminés. Dans ce cas, il est préférable de rassembler ceux-ci dans un compartiment spécial de la citerne. Ce bac de dépotage doit être placé suffisamment bas pour recevoir facilement le lait et doit aussi être efficacement protégé de la boue et de la poussière.

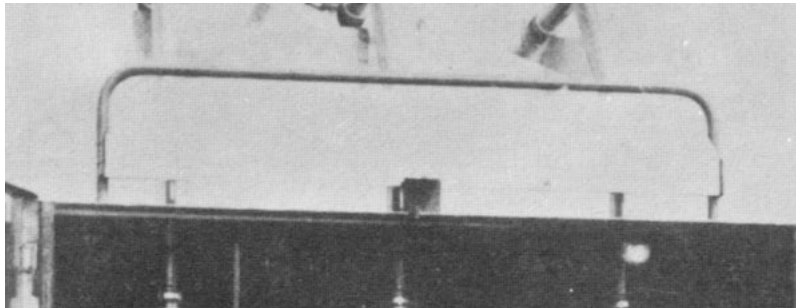
**Une autre solution, souvent meilleure du point de vue hygiénique, mais nécessitant davantage de manipulations, consiste à aménager près de la citerne une galerie permettant de recevoir les bidons.**

- **Armoire de rétrocession.** Certaines entreprises revendent des produits laitiers à leurs producteurs. Afin d'éviter un circuit particulier de distribution de ces produits, c'est souvent le ramasseur qui est chargé de celle-ci. Dans ce cas, on aménage sur le camion un compartiment facilement accessible où sont stockés ces produits. Ce compartiment doit être isotherme ou pourvu d'un dispositif de réfrigération.



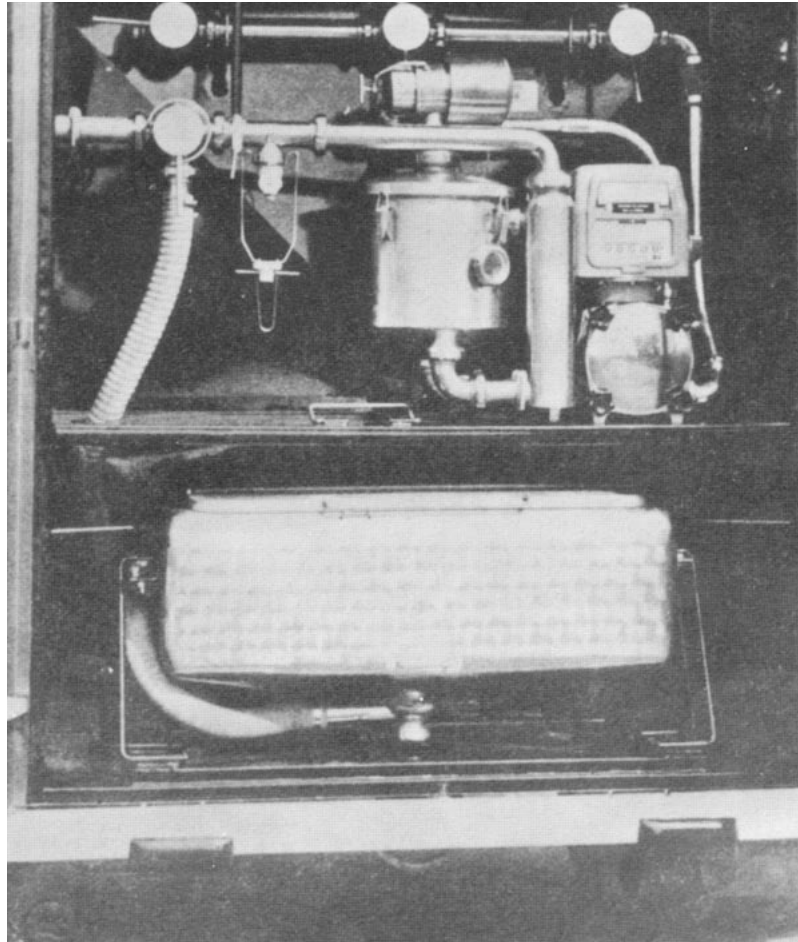
**Figure 70 - Bac de dépotage sur camion**

**(Cliché ETA)**



04/11/2011

Réfrigération du lait à la ferme et orga...



**Figure 70a - Compteur à lait (Cliché ETA)**

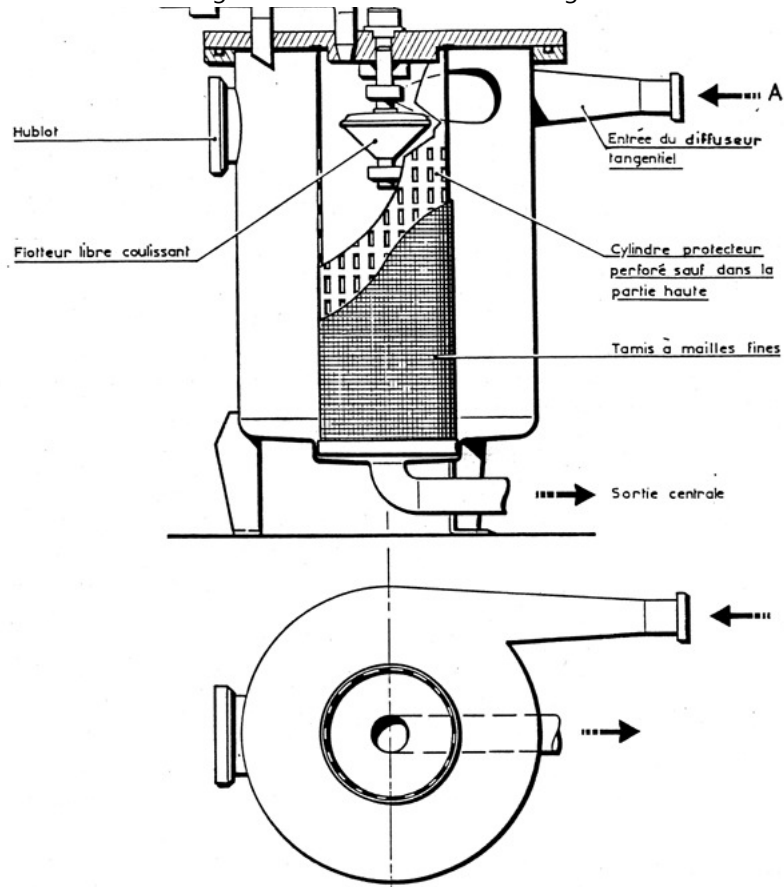
• **Compteurs à lait (figures 70a, 71).** La jauge du tank peut être imprécise, mal placée ou mal lue et risque parfois d'entraîner des contestations ou de faciliter les fraudes sur les quantités. De plus, sa lecture et la transcription des valeurs relevées nécessite du temps. Pour ces raisons, on peut équiper les véhicules d'un système de mesure en volume du lait qui varie selon le dispositif de transfert du lait. Dans tous les cas, il faut pour obtenir des résultats corrects que le compteur soit en charge et le lait exempt de bulles d'air. Lorsque le transfert du lait se fait à l'aide d'une pompe volumétrique, l'appareil de mesure est habituellement composé d'un dégazeur, avec ou sans prise de vide, d'un filtre, puis du compteur. On place après le compteur un clapet qui assure une contrepression pendant le pompage du lait et évite le retour de celui-ci pendant les périodes d'arrêt. On utilise soit des compteurs à piston rotatif souvent désignés sous les termes de volucompteurs, soit des compteurs à turbine.

La précision de ces compteurs est variable avec leur qualité, leur montage et leurs conditions d'utilisation. Dans les meilleurs cas, le premier donne une précision de l'ordre de 2‰ et le second 4‰.

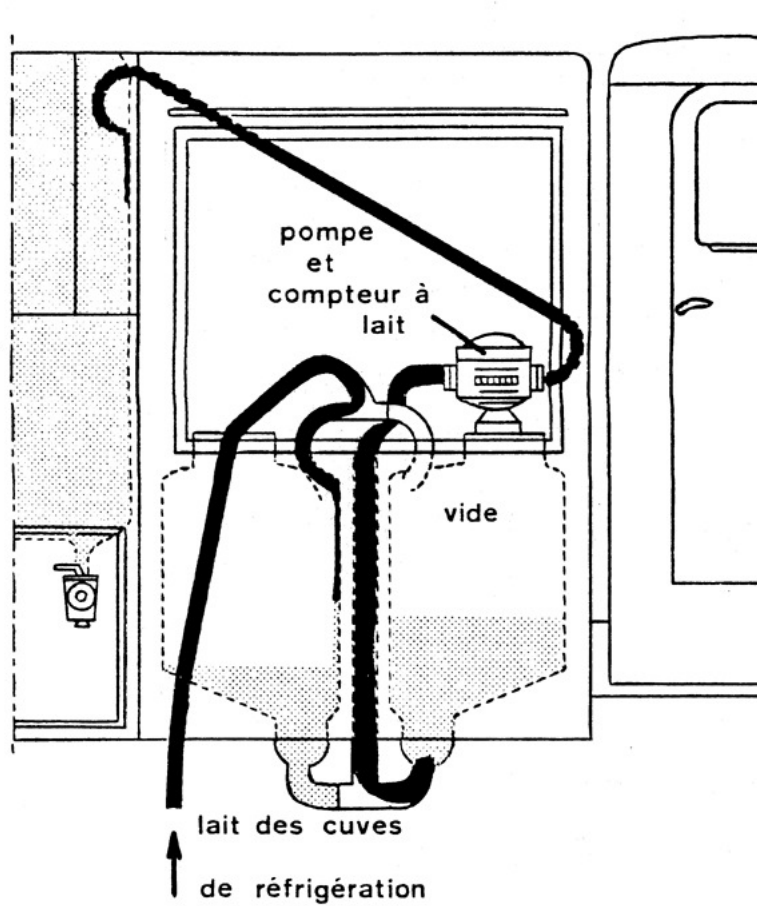
Dans le cas où le transfert du lait se fait au moyen du vide, la canalisation d'aspiration comporte, comme la précédente, un dégazeur relié à la citerne sous vide puis le compteur et une vanne de régulation de débit.

Pour réaliser la mise en charge du compteur tout en assurant le transport du lait du tank à la citerne, un ingénieux système utilise à la fois le pompage et l'aspiration sous vide. Il est représenté à la figure 72. Il est constitué de deux réservoirs. La vidange de l'un, sous l'action de la pompe à lait, assure le vide dans l'autre, permettant ainsi l'aspiration du lait dans le tank. L'alternance des circuits est assurée par deux électrovannes. Par ce procédé, le transferts du lait est assez lent et s'applique surtout au pompage de faibles quantités de lait en bidons ou en petits tanks.





**Figure 71 - Compteur à lait à niveau constant (Cliché MAGYAR)**



**Figure 72 - Pompage par le vide avec utilisation d'un compteur (Système JANSKY) (D'après MARION et MOREL, 1964)**

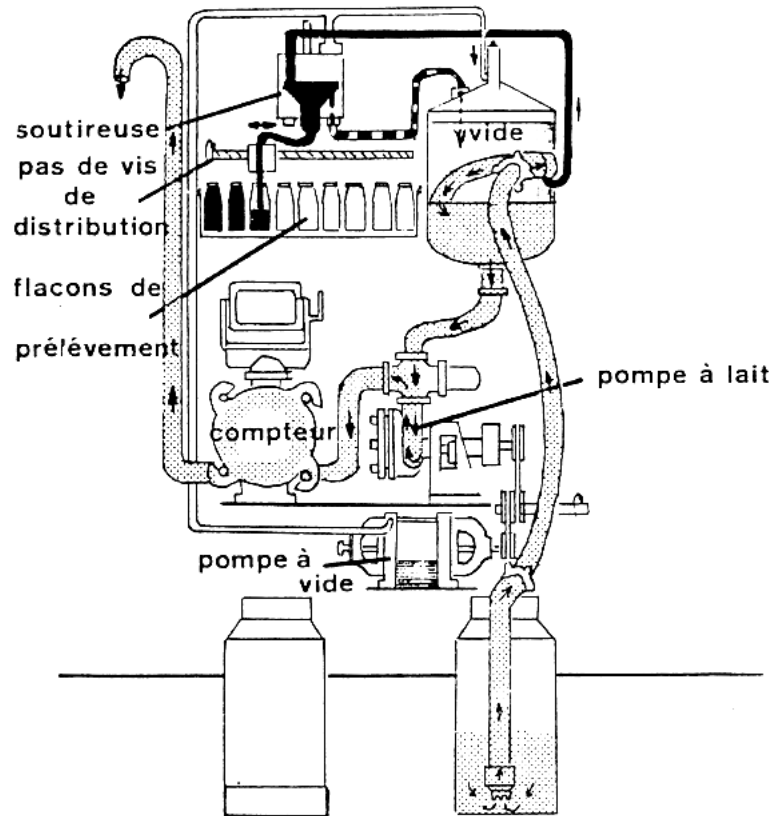
Un autre procédé représenté à la figure 73 comprend un réservoir intermédiaire maintenu en permanence sous vide. Il permet l'aspiration du lait du tank jusqu'à un niveau constant au-delà duquel, sous l'action d'une pompe, il est envoyé dans la citerne après être passé par le compteur. Ce dispositif permet la mise en charge permanente du compteur et évite la présence des bulles d'air faussant la mesure.

Les installations de comptage sont logées dans un coffre spécial. Le compteur peut être pourvu d'un dispositif d'enregistrement des quantités et/ou d'impression de tickets pouvant être remis immédiatement aux producteurs. Dans divers pays les compteurs sont soumis à agrément des Pouvoirs Publics et régulièrement contrôlés.

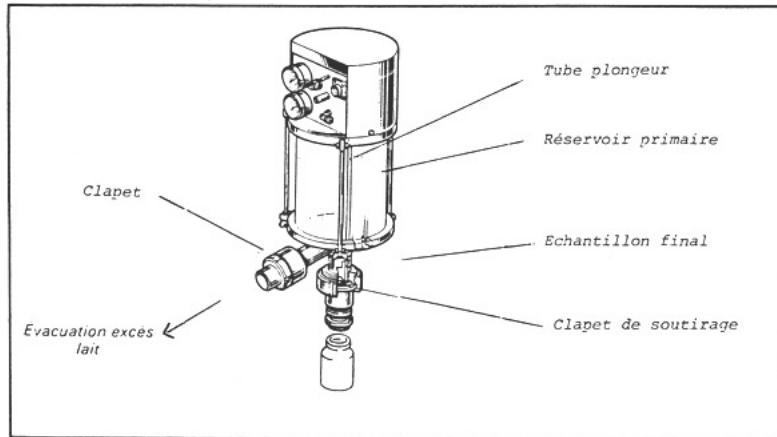
- **Prises déchantillons.** Dans diverses régions, le lait est payé en fonction de sa teneur en certains constituants (matière grasse, protéines, matière sèche) et de sa qualité bactériologique (test de réduction, numération des germes). Souvent les prélèvements sont effectués manuellement par un agent qui accompagne le ramasseur. Devant le développement de ce mode de paiement et afin de gagner du temps et d'éviter la présence de cet agent qui constitue une charge supplémentaire, on a mis au point des systèmes de prélèvements automatiques ou semiautomatiques combinés avec la réception du lait dans la citerne. Dans le système semi-automatique, le ramasseur place chaque flacon de prélèvement dans le dispositif de récolte de l'échantillon alors que dans le système automatique, cette opération est mécanisée. Les échantillons doivent être représentatifs du volume et de la qualité du lait collecté chez chaque producteur. Ceci implique un très bon mélange du lait dans le tank avant prélèvement. D'autre part, dans le cas des prélèvements destinés à l'examen bactériologique, il faut absolument éviter que des restes de lait puissent s'introduire dans l'échantillon suivant.
- **Prise d'échantillons destinés aux examens chimiques.** Dans le cas du matériel semi-automatique, l'équipement d'échantillonnage est généralement constitué d'une capacité ou réservoir primaire, en



matière transparente ou non, qui communique avec la tuyauterie de remplissage de la citerne au moyen d'une canalisation de petit diamètre.

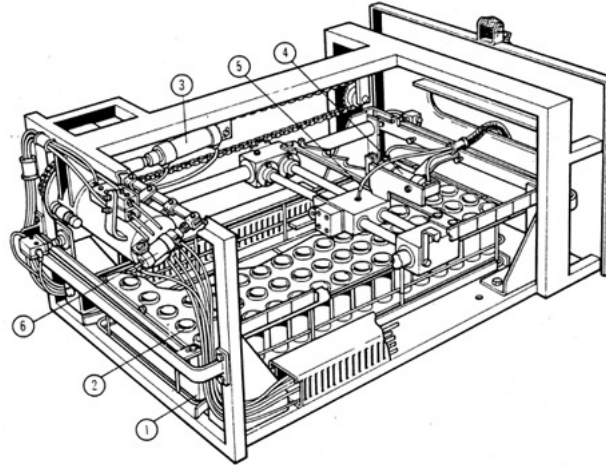


**Figure 73 - Comptage du lait avec dispositif de prélèvement (Système AHRENS-BODE) (D'après MARION et MOREL, 1964)**



**Figure 74 - Dispositif de prise d'échantillon semi-automatique pour matières grasses**

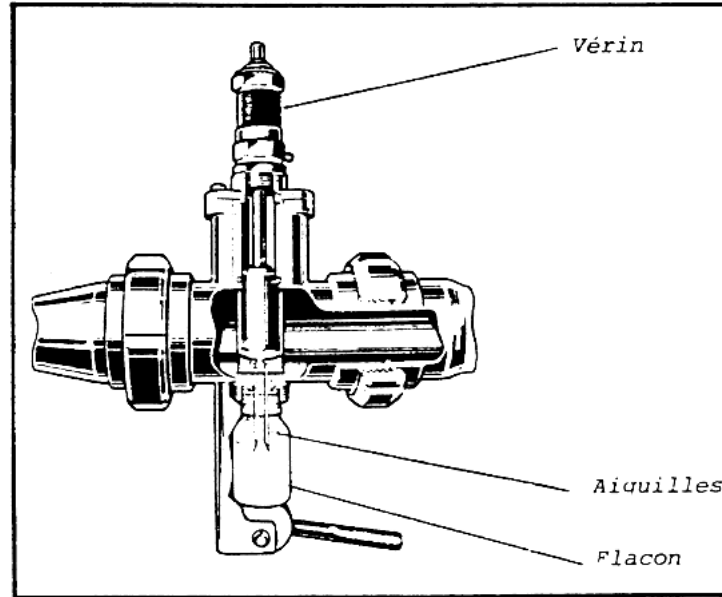
(Cliché MAGYAR)



1. *Panier en acier inox pour flacons-échantillons.*
2. *Flacon-échantillon.*
3. *Vérin de commande longitudinale.*
4. *Vérin de commande transversale.*
5. *Pipette de remplissage.*
6. *Vérin d'inversion de marche.*

**Figure 75 - Dispositif automatique de prise d'échantillon (Cliché MAGYAR)**

(Cliché MAGYAR)



**Figure 76 - Système semi-automatique de prise d'échantillon bactériologique (Cliché MAGYAR)**

Pendant le transfert du lait dans la citerne, une partie de celui-ci est envoyée par cette petite canalisation dans le réservoir primaire. Un robinet permet de régler le débit de prélèvement en fonction du volume de lait du tank. Au cours du prélèvement un dispositif assure l'agitation constante du lait dans le réservoir. Pour cela, par exemple, le remplissage du réservoir primaire se fait au moyen d'un tube plongeur qui crée dans celui-ci une turbulence permanente. Lorsque l'aspiration du lait du tank est terminée, on a dans le réservoir un échantillon dit primaire, homogène, dont une partie est soutirée dans

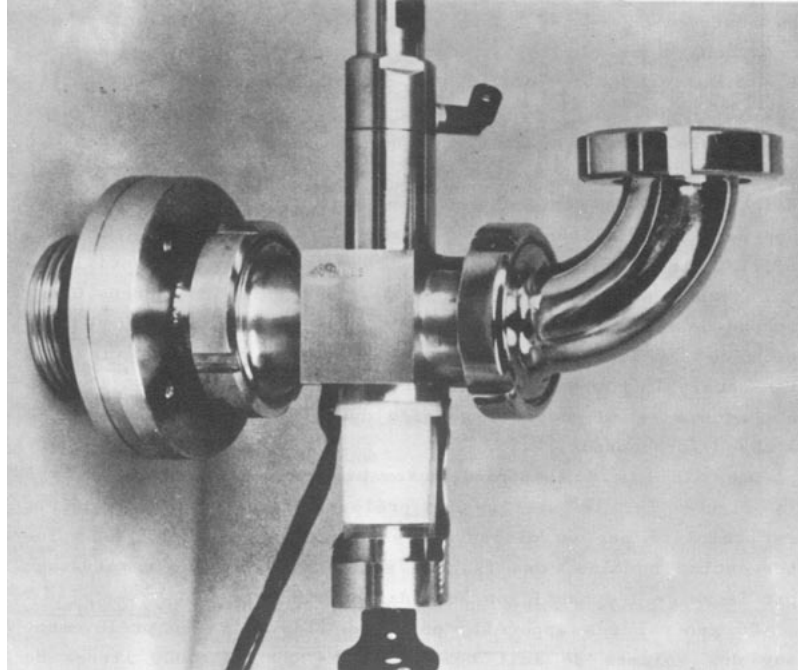
**le flacon de prélèvement alors que le reste du lait est renvoyé dans la citerne. Le soutirage de l'échantillon final ou secondaire peut être réalisé manuellement, par exemple en exerçant une poussée du flacon sur un clapet ou automatiquement.**

**Il existe différents dispositifs de prise d'échantillons. Un exemple est donné en figure 74. La figure 73 (Ahrens-Bade) montre un système combiné de mesure et de prélèvement. L'aspiration de l'échantillon se fait au moyen du vide. Une vis sans fin décale le robinet d'écoulement du lait d'un flacon à l'autre à chaque mise en route de pompage du lait du tank, c'est-à-dire à chaque producteur.**

**Dans le cas du matériel automatique, du type représenté à la figure 75, le système de prélèvement précédemment décrit est complété par un dispositif assurant l'avancement, sous intervention humaine, des flacons sous la pipette de remplissage par laquelle l'échantillon secondaire est soutiré.**

**En général ces appareils permettent de faire un prélèvement sur des volumes de lait compris entre 50 et 4.000 litres de lait. Il est indispensable d'assurer leur parfait nettoyage qui est habituellement réalisé en circuit fermé.**

**• Prise d'échantillons destinés aux examens bactériologiques. Un exemple de matériel semi-automatique est donné aux figures 76, 77, 78. Le dispositif de prélèvement est constitué d'un porte-aiguilles muni de deux aiguilles type hypodermique, actionné par un vérin. Au début du pompage du lait contenu dans le tank, les aiguilles sont complètement noyées dans la canalisation, de façon à les rincer en même temps que le circuit. L'immersion est assurée pendant quelques secondes grâce à un système de temporisation. Aussitôt après rinçage, le vérin dégage le porte-aiguilles et celles-ci viennent traverser le bouchon étanche (matière plastique, caoutchouc), obturant le flacon qui l'un et l'autre ont été préalablement assemblés et stérilisés. Le lait est amené dans le flacon par une aiguille alors que l'autre assure l'évacuation de l'excédent. Lorsque le pompage du lait est terminé, le porte aiguille se remet en position initiale.**



**Figure 77 - Dispositif de prélèvement d'échantillon pour examens bactériologiques et chimiques**

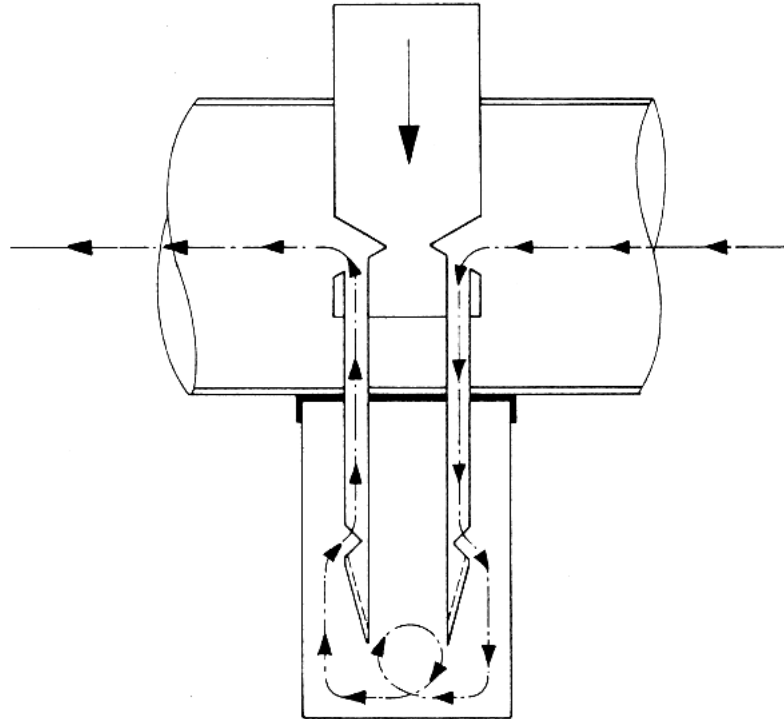
**(Cliché MAISONNEUVE)**

**Les échantillons ainsi prélevés de façon semi-automatique ou automatique, servent à l'analyse chimique et à l'examen bactériologique (figure 77). Les échantillons prélevés de façon semi-automatique ou automatique aux fins d'examen bactériologique peuvent également être utilisés pour les analyses chimiques. Il est nécessaire de ne retenir que des appareils soigneusement mis au point et ayant fait**

**l'objet d'un agrément ayant un caractère officiel, notamment quand il s'agit de faire des prélèvements destinés à l'examen bactériologique. Il faut aussi s'assurer de la possibilité d'un approvisionnement facile en flacons du type standard nécessité par l'appareil. Comme déjà dit, l'échantillon doit être réalisé sur du lait ayant fait l'objet d'un excellent brassage en tank. Pour assurer leur bonne conservation, les échantillons doivent être placés dans un coffre maintenu à basse température.**

**•Contrôle de la température et de l'acidité. On peut installer sur la canalisation d'aspiration du lait un dispositif électronique de prise de température. Il est ainsi possible de contrôler le fonctionnement des tanks. Ce dispositif peut donner soit la simple indication de la température et éventuellement mémoriser la température maximale du lait collecté, soit un avertissement (sonnerie, voyant lumineux) de dépassement d'une température de consigne. Dans les mêmes conditions on peut installer un pH-mètre qui permet de contrôler l'acidité du lait. Ces différents dispositifs peuvent éventuellement être reliés à un système de tri du lait qui dirige celui-ci, selon ses caractéristiques, vers l'un des compartiments de la citerne. Dans tous les cas, les mesures doivent être effectuées sur un lait homogène, c'est-à dire ayant été suffisamment brassé dans le tank immédiatement avant sa mise en vidange.**

**• Unités de saisie des données. Elle permet de recueillir diverses informations nécessaires à la gestion comptable et technique de l'entreprise : date, référence de la tournée, durée du ramassage, identification du ramasseur et des producteurs, quantités de lait livré par chacun d'eux, lait total collecté, température, acidité... Ces données sont mises en mémoire dans un bloc amovible étanche placé dans un coffre du camion-citerne.**



**Figure 78 - Schéma d'un dispositif de prise d'échantillon**

**(Cliché MAISONNEUVE)**

**215. Choix des camions-citernes**



La laiterie se trouve confrontée devant un choix souvent difficile. Le porteur doit être très robuste, maniable, adapté aux conditions du terrain. Les petites véhicules à chassis courts ont l'avantage de manoeuvrer plus facilement sur les voies étroites, accidentées et dans les accès de fermes souvent malaisés. Les gros véhicules ont par contre l'avantage de permettre de longues tournées collectant une grosse quantité de lait, ce qui permet de réaliser de grosses économies de personnel. Mais ils sont beaucoup plus difficiles à manoeuvrer, leur encombrement est important et pour ces raisons peuvent être inutilisables sur certaines chemins. Ces conditions limitent déjà le choix de la citerne. Celle-ci peut être très simple ou au contraire pourvu d'équipements complexes, variés, délicats, qui outre le supplément souvent très important d'investissements qu'ils nécessitent exigent un personnel très qualifié tant pour les utiliser que pour les entretenir. Il existe de nombreuses variantes d'équipements ; quelques exemples sont donnés à la figure 79. En outre, s'ils ne sont pas minutieusement nettoyés après chaque ramassage, ils deviennent rapidement un foyer de contamination.

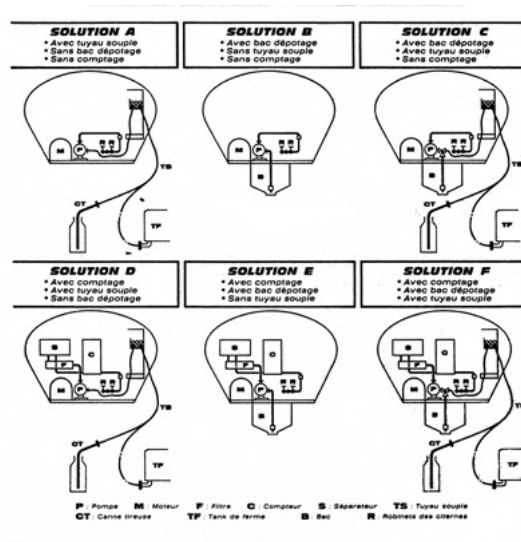
Lorsqu'on a la possibilité de choisir entre différentes capacités, il faut savoir que généralement les prix ne sont pas proportionnels aux volumes ainsi que le montre le tableau 11.

**Tableau 11** - Comparaison du coefficient d'augmentation du coût d'investissement d'une citerne en fonction de celui de sa capacité

Capacités des citernes		Coefficient d'augmentation du coût
Litres	Coefficient d'augmentation	
2.500	1	1
5.000	2	1,1
7.500	3	1,2
10.000	4	1,3
12.500	5	1,4

	<b>AVEC TUYAU SOUPLE SANS BAC DEPOTAGE</b>	<b>AVEC BAC DEPOTAGE SANS</b>	<b>AVEC TUYAU SOUPLE AVEC BAC DEPOTAGE</b>
--	--	-------------------------------	--

		<b>TUYAU SOUPLE</b>	
SANS COMPTAGE	A	B	C
AVEC COMPTAGE	D	E	F



**Figure 79 - Variantes d'équipement d'un camion-citerne**

(Cliché GUERIN)

Il apparaît ainsi que l'on a intérêt à acheter les citernes de la plus grande contenance possible. En pratique, le choix est fait pour économie d'investissement mais en raison des diverses contraintes

**techniques du ramassage (état des routes, accès aux fermes...).**

### **3. NETTOYAGE DES CITERNES**

**Le nettoyage des camions citernes est, comme pour les tanks, soit manuel, soit automatique et relève des mêmes principes. Il est plus difficile en raison de circuits beaucoup plus compliqués, souvent peu visibles et de la plus grande dimension des surfaces en contact avec le lait. Il arrive que malgré les efforts entrepris au niveau de la production, le lait arrive à l'usine fortement contaminé par suite d'un mauvais nettoyage de la citerne. Une propreté bactériologique ne peut être obtenue que par un personnel compétent, consciencieux, disposant du temps nécessaire ainsi que de moyens adaptés.**

**Le nettoyage des surfaces en contact avec le lait doit toujours être précédé d'un lavage extérieur du camion-citerne à la brosse ou/et au jet sous pression ou par passage du véhicule sous une rampe d'expression.**

- **Nettoyage manuel**

**Il comprend les opérations suivantes :**

- **un rinçage manuel effectué au jet par le trou d'homme,**
- **un brossage des parois intérieures à l'aide d'une solution détergente alcaline chaude. Pour l'effectuer correctement, il est nécessaire de pénétrer à l'intérieur de la citerne, ce qui constitue un travail pénible, présentant toujours un danger pour le personnel et oblige à limiter la température à 45°C,**
- **un pré-rinçage copieux au jet pour éliminer parfaitement la solution détergente,**
- **un brossage des parois avec une solution désinfectante à base de chlore ou d'iodophore qui est réalisé comme dans le cas de la solution détergente,**
- **un rinçage final à l'eau potable.**

**Toutes précautions doivent être prises pour éviter que les interventions répétées du personnel altèrent**

**la surface intérieure de la citerne. Les semelles et les outils risquent de provoquer des rayures qui rendent difficile ou impossible l'obtention d'une propreté bactériologique satisfaisante.**

- **Nettoyage automatique (figure 79a)**

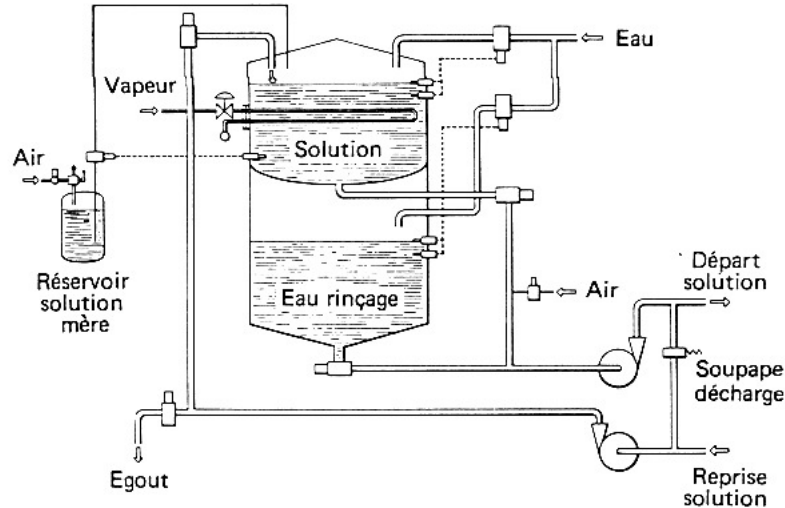
**Il met en oeuvre des moyens mécaniques groupés dans un endroit de l'usine réservé à cet usage. Il comprend à peu près les mêmes opérations que pour le nettoyage manuel mais les brossages et les rinçages sont remplacés par des circulations continues et sous pression de l'eau et des solutions détergentes. Le passage d'un liquide à un autre se fait simplement par action sur une vanne.**

**Dans les installations perfectionnées, couramment utilisées dans les laiteries, possédant plusieurs citernes, les opérations sont programmées.**

**Il est maintenant bien admis qu'un nettoyage et une désinfection correcte des citernes exigent l'utilisation d'une station de nettoyage mettant en oeuvre le système C.I.P. Celle-ci doit assurer :**

- **la circulation réelle et sous pression des eaux de rinçage et des solutions de nettoyage,**
- **des températures de traitement élevées (75° – 80°C) et régulées. Toutefois, il faut tenir compte des conditions particulières de température que peut nécessiter l'emploi du détergent ou du désinfectant,**
- **la maîtrise de la concentration des solutions de nettoyage. Ceci implique le contrôle de leur concentration (pH, conductométrie...) afin de les maintenir à un niveau suffisant. Ce contrôle doit être permanent ou fréquent (tous les trois camions). Il est recommandé de renouveler chaque trois jours les détergents alcalins et chaque deux jours les produits acides,**
- **les citernes doivent être munies de rampes et de pulvérisateurs (boules) fixes. Leur position et l'orientation des jets doivent être parfaitement étudiées de façon à ce que les solutions atteignent véritablement et avec une pression suffisante toutes les surfaces. Ceci est fondamental pour l'efficacité du nettoyage. Il existe des dispositifs mobiles mais ils risquent d'être mal adaptés à toutes les citernes et de ne pas assurer un nettoyage correct.**

**Il est nécessaire d'alterner régulièrement les nettoyages alcalins et les nettoyages acides. Ces derniers peuvent être pratiqués à la cadence d'environ de deux fois par semaine.**



**Figure 7 a - Dispositif de nettoyage automatique de citernes (Cliché MAGYAR)**

**Il est indispensable de respecter un temps suffisant de circulation des solutions. Celui-ci varie avec la nature du détergent, la concentration, la température et la pression des solutions. On peut estimer que ce temps doit être généralement voisin de sept minutes. Une fois par mois, il est souhaitable de faire un nettoyage dont la durée est approximativement doublée.**

**Une attention particulière doit être apportée au nettoyage de la canne suceuse et de son fourreau ainsi qu'à tous les accessoires en contact avec le lait. Lorsque certains accessoires ou certaines parties des**

équipements ne peuvent être mis dans le circuit automatique, il convient chaque jour d'en assurer le démontage et d'effectuer un nettoyage minutieux. Les canalisations de vide doivent, elles aussi, faire l'objet d'un excel lent nettoyage.

La citerne, les vannes et les différents circuits doivent faire l'objet d'un contrôle visuel, en principe une fois par mois. Il est recommandé d'utiliser une liste des contrôles afin de procéder systématiquement aux vérifications nécessaires.

Dans les entreprises importantes, le nettoyage des citernes est confié à un personnel spécialisé généralement plus apte que les ramasseurs à effectuer ce travail toujours délicat et d'une grande importance.



---

## Partie V

### ORGANISATION ET COUT DE LA REFRIGERATION ET DE LA COLLECTE EN VRAC

#### 1. CONSIDERATIONS GENERALES

Lorsque l'on aborde l'étude de la conservation et de la collecte en vrac, il est nécessaire de tenir compte d'un certain nombre de remarques d'ordre général qui permettront d'éviter des erreurs pouvant être coûteuses.

Tout d'abord, sur le plan technique, la collecte en vrac n'est envisageable qu'à deux conditions de base : que le camionciterne puisse approcher très près du tank réfrigérant (8 à 15 mètres tout au plus) ; que le lait de chaque tank soit de bonne qualité, de façon à éviter la contamination de l'ensemble du lait de la

**citerne. Ce dernier point nécessite un contrôle permanent du lait qui se trouve ainsi déplacé du quai de réception de l'usine au niveau de la ferme. C'est au ramasseur à assurer ce contrôle, d'ailleurs simple, ce qui lui demande néanmoins une nouvelle qualification.**

**Dans une zone déterminée de collecte, le plus grand nombre possible de producteurs doit être équipé en tanks de façon à éviter la superposition du ramassage en bidons et en vrac. Cette homogénéité nécessite que la quantité de lait produite par ferme justifie la présence d'un tank. Lorsqu'elle est insuffisante, il faut rassembler le lait de plusieurs producteurs dans un centre de collecte judicieusement implanté.**

**On peut rarement mettre en place le ramassage en vrac dans toutes les zones. Au départ, il faut choisir celle qui offre le maximum d'avantages techniques et économiques. Il faut tenir compte du fait que souvent ce sont les zones les plus éloignées qui donnent le moins de lait par kilomètre parcouru et pour lesquelles la longueur du transport risque d'être particulièrement nuisible à la qualité du lait. Ces considérations peuvent jouer en faveur du choix de ces zones où, de plus, le ramassage en vrac peut inciter au développement de la production laitière.**

**Dans toute la mesure du possible, la zone choisie doit pouvoir progressivement s'étendre. Ceci permet de réorganiser périodiquement les circuits de collecte et d'assurer ainsi, en toute saison, une utilisation économique des véhicules. Selon le niveau de la production, on joue sur le nombre de camions en service ou le nombre de leurs rotations de telle sorte qu'ils aient un maximum de charge pour un minimum de kilomètres.**

**Etant admis que la mise en place des tanks et de la collecte en vrac se fait par secteurs successifs, chacun d'eux doit fournir une quantité de lait telle qu'elle assure un remplissage suffisant de la citerne.**

**Le choix des véhicules de ramassage doit impérativement tenir compte de l'état des routes. On doit également penser à l'évolution prévisionnelle à court terme des structures de la production (diminution du nombre de petits exploitants, concentration des fermes, accroissement du bétail laitier et de leur rendement...).**

## 2. CONNAISSANCE DE LA ZONE DE COLLECTE

Tout projet de ramassage en vrac nécessite une très bonne connaissance de la zone de collecte considérée et l'analyse de ses caractéristiques. Cette analyse consiste à faire l'inventaire de la production (nombre de fournisseurs, quantité de lait fourni, distances...). On trace ensuite à l'aide d'une carte à bonne échelle (200.000e) les tournées. En général, ce travail est effectué en se fondant sur les tournées déjà en place dont la collecte est faite en bidons. Dans le cas où il s'agit de nouvelles zones, on utilise la même démarche.

L'inventaire comprend :

- la liste des lieux de collecte classés par village, hameau, ferme isolée ou centre de groupage,
- le nombre de producteurs de chacun de ces lieux en les classant en fonction des quantités maximales de lait fourni, par jour, en période de forte production. Ce classement est nécessaire pour déterminer la capacité des tanks réfrigérants,
- les quantités totales de lait fourni par point de collecte en période de forte et de basse production,
- la charge maximale du camion utilisé pour la tournée étudiée,
- le kilométrage total de la tournée avec répartition de la distance correspondant au parcours actif, c'est-à-dire entre le premier producteur et le dernier (Kt) et à celle correspondant au parcours mort, c'est-à-dire entre la laiterie et le premier producteur et le dernier producteur et la laiterie (Kr),
- le nombre de litres de lait ramassé quotidiennement par kilomètre de parcours actif ; le quotient correspond à ce que l'on désigne souvent sous le terme de densité de production ou densité technique,

$$\frac{\text{litrage total}}{\text{Kr}}$$

- le nombre de litres de lait ramassé quotidiennement par kilomètre de parcours actif + mort ; le quotient constitue la densité de ramassage.

$$\frac{\text{litrage total}}{\text{Kr} + \text{Kt}}$$



**Le tableau 12 donne un exemple de la présentation de ces renseignements.**

**Tableau 12** - Caractéristiques d'une zone de collecte (D'après B.D.P.A. - FORMA, 1968)

Liste nominative des villages collectés	Nombre de producteurs produisant (en pointe)								Nombre total de producteurs	Litrag (L/j) collecté		Charge maxi. du camion de collecte actuel	Longueur (km) de la tournée		
	moins de 30 L/j	30 à 70 L/j	70 à 100 L/j	100 à 200 L/j	200 à 400 L/j	400 à 600 L/j	600 à 800 L/j	+ de 800 L/j		Période de pointe	Période creuse		Ramassage kr	Transport kt	Total
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Exemple Tournée n° 1												2500L (pots) (20L)	39	8	47
Village A	2	3	1	0	0	1	0	0	7	770	550				
Village B	3	5	2	1	0	0	0	0	11	620	450				
Village C	4	2	1	3	1	0	0	0	11	1010	720				
Totaux	9	10	4	4	1	1	0	0	29	2400	1720				

**Après avoir établi les caractéristiques de la tournée étudiée on reporte sur la carte les indications fondamentales qui vont permettre de définir le programme de collecte en citerne.**

**On trace tout d'abord le contour extérieur de la zone étudiée, c'est-à-dire à l'intérieur de laquelle est effectué le ramassage puis on y représente les points de collecte avec indication des quantités de lait produites quotidiennement en période de production maximale. On a ainsi l'image du territoire le collecte à partir de laquelle on définira l'implantation et la capacité des tanks, le nombre d'arrêts, la capacité des citernes et le meilleur tracé à donner à la tournée pour en réduire le plus possible le coût, le kilométrage et la durée. Ce tracé est fait "manuellement" ou intuitivement ; il demande alors de l'ingéniosité et du**

**temps si l'on veut économiser au maximum le carburant et le temps.**

**Les facteurs intervenant dans le kilométrage parcouru sont la distance d'approche, c'est-à-dire celle pour se rendre de l'usine au premier producteur et du dernier producteur et la distance de collecte proprement dite dite, c'est-à-dire celle entre le premier et le dernier producteur. Cette dernière tient compte de la forme de la zone, de son réseau routier, de la répartition des producteurs et de l'ingéniosité avec laquelle est élaboré le tracé des tournées. Il est nécessaire d'éviter les imbrications, chevauchements et superpositions des zones de ramassage non seulement dans le cas d'une usine donnée mais aussi entre plusieurs usines. Afin d'éviter ou de limiter une coûteuse augmentation des distances et de rendre irrationnelles les tournées, il est souhaitable de rechercher des arrangements avec les autres collecteurs.**

**D'une façon générale, dans les limites permises par l'état des routes et les accès aux fermes, il est préférable de choisir un camion de grande capacité plutôt que plusieurs petits.**

**Du point de vue économique, on a généralement intérêt à faire un ramassage chaque deux jours dans la mesure où la qualité des lait le permet. Le ramassage tous les trois jours est à déconseiller absolument, en raison du risque important de développement des psychrotrophes.**

**Il est souvent intéressant, notamment dans les grandes zone de collecte, d'implanter des centres de collecte fraînant une surface limitée car la distance d'approche augmente avec le litrage davantage qu'avec la distance de collecte. Dans tous les cas, il faut optimiser le tracé des tournées en utilisant au mieux la forme de la zone, le réseau routier et la répartition des producteurs.**

**L'optimisation des tournées de ramassage est toujours difficile. Dans les grandes régions laitières, on a souvent recours au calcul scientifique et à l'informatique. Il existe de nombreux programmes qui permettent de réaliser ce travail. Sans entrer ici dans le détail des méthodes utilisées, on peut en rappeler brièvement le schéma. On y trouvera d'ailleurs divers éléments parfaitement et simplement utilisables en l'absence de l'outil informatique.**

**•Optimisation des tournées par une méthode scientifique**

**Cette méthode comprend d'abord la saisie des données sous une forme qui doit être acceptable par l'informatique. On utilise des bordereaux et des cartes perforées à l'aide desquels on constitue les fichiers (disques, bandes) nécessaires au traitement.**

**Les données concernent l'offre de lait, les distances à parcourir et l'utilisation des véhicules. Celles relative à l'offre de lait sont rassemblées sous forme d'une liste codée qui indique par producteur les quantités de lait livré et éventuellement les qualités ainsi leur localisation géographique.**

**•Données concernant les distances à parcourir**

**On ne sait pas a priori les tronçons de routes que les véhicules devront parcourir. Pour aborder le problème il est nécessaire de déterminer toutes les distances entre les fermes, les villages, les centres de collecte et l'usine. En considérant le village comme un point unique de collecte, on amène une simplification mais qui introduit une erreur plus ou moins importante selon les cas. L'établissement de cette matrice des distances demande un très long travail qui peut être réduit par différents moyens. Par exemple, une table de lecture d'ordinateur permet de saisir les coordonnées cartésiennes des points de collecte portés sur une carte et un programme de calcul donne ensuite très rapidement la matrice complète des distances à vol d'oiseaux. Mais ces dernières, même si elles sont affectées d'un coefficient de correction, reflètent mal les distances réelles et peuvent alors être inutilisables. C'est notamment le cas dans les zones montagneuses. Dans ce cas, sur la carte, il faut ajouter aux points de collecte les passages obligés constitués par les carrefours routiers. On obtient ainsi sur la carte le "maillage" du réseau de collecte. Le relevé des différentes distances élémentaires entre les points de collecte et les carrefours routiers permet alors de connaître les distances réelles.**

**Pour obtenir la matrice complète des distances on a recours à l'ordinateur qui, grâce à un algorithme calcule le plus court chemin entre chaque couple de points.**

**Les données concernant les véhicules sont leur capacité et la durée maximale d'une tournée. Il faut**

**aussi connaître les vitesses possibles des camions et les temps opératoires ou temps de travaux : temps par arrêt chez le producteur, débit de pompage dans les tanks...**

**La seconde partie de l'étude d'optimisation est relative à la fonction objective et aux contraintes. Pour une entreprise, la fonction objective est la distance totale parcourue par les véhicules pour l'ensemble des tournées de collecte qui doit être la plus courte possible.**

**Elle est évidemment conditionnée par certaines contraintes. D'une part les contraintes de capacité : toute tournée est limitée par la capacité du camion, elle - même sous la dépendance de divers facteurs. D'autre part, les contraintes de temps ; elles sont liées à la qualité de l'usine, les horaires d'accès aux fermes, l'organisation de l'usine, les horaires de travail des ramasseurs...**

**La recherche de l'itinéraire le plus court peut être fondée sur la notion "d'écartement". Soit une usine (ou une entée de ramassage) qui doit assurer la collecte du lait de deux villages (pour simplifier) A et B (figure 80).**

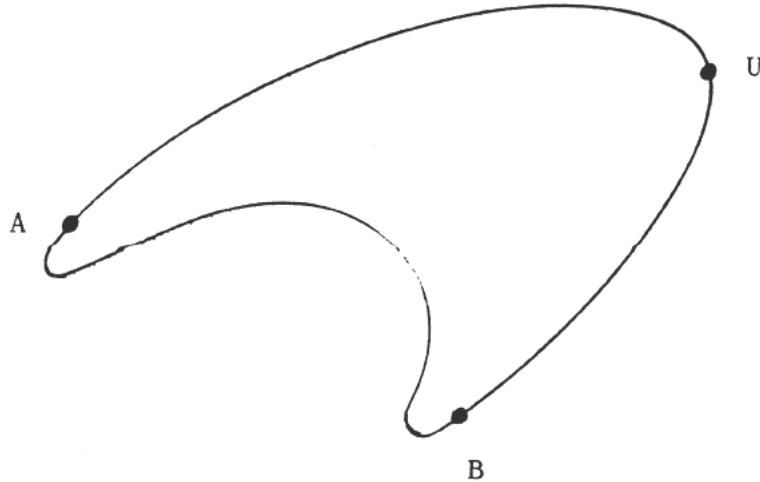
**La solution la plus longue est de faire autant de tournées qu'il y a de villages. Cela revient à parcourir le chemin :**

$$(\overline{UA} + \overline{AU}) + (\overline{UB} + \overline{BU})$$

**La solution la plus courte est de collecter successivement par un même véhicule le lait des villages A et B. La longueur sera alors seulement de  $(\overline{UA} + \overline{AB} + \overline{BU})$ . La différence entre le chemin le plus long et celui le plus court pour collecter les villages A et B, en partant de U, constitue l'écartement  $e$  du couple de points par rapport à l'usine, soit :**

$$e_U (A, B) = (\overline{UA} + \overline{UB}) - AB$$

**La recherche de la distance minimale revient à trouver l'itinéraire pour lequel la somme des écarts par rapport à l'usine est maximale. C'est en fait la position de l'usine par rapport à l'ensemble des points collectés et non pas le chemin choisi qui permet d'obtenir la distance optimale.**



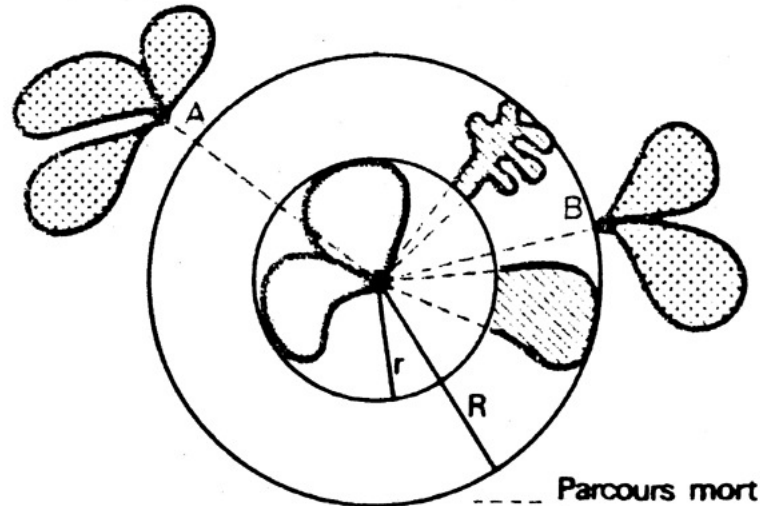
**Figure 80 - Ecartement de l'usine par rapport aux points collectés Exemple :**

**Distance la plus longue :**

$$(\overline{UA} + \overline{AU}) + (\overline{VB} + \overline{BU}) = 10 + 10 + 5,5 = 5,5 = 31 \text{ km}$$

**Distance la plus courte :**

$$\overline{UA} + \overline{AB} + \overline{BU} = 10 = 9,5 + 5,5 = 25 \text{ km}$$



**Figure 81** - Zone de collecte répartie en sous - zones (D'après B.D.P.A. = F.O.R.M.A., 1968)

Cette formulation opérationnelle de la fonction objective permet d'obtenir des résultats satisfaisants car elle prend en compte le rôle fondamental que tient l'usine dans la constitution des tournées. La solution du problème est grandement facilitée par l'informatique.

- **Sous-zones**

**La zone de collecte d'une entreprise est souvent hétérogène ; elle peut être plus ou moins étendue et plus ou moins éloignée de la laiterie de sorte qu'il est parfois souhaitable de la classer en sous-zones plus homogènes et d'appliquer à chacune des solutions technico-économiques différentes. Une laiterie ayant par exemple cinq sous-zones représentées à la figure 81, l'organisation de la collecte peut être traitée de la façon ci-après :**

- **dans les sous-zones proches de la laiterie situées dans un rayon  $r$ , des parcours morts (ou temps d'approche) sont très faibles. De petits véhicules très maniables (de l'ordre de 2.000 à 3.000 litres, permettent généralement une densité de collecte optimale. Chaque tournée étant courte, les camions peuvent en effectuer plusieurs par jour. Le coefficient d'utilisation des véhicules est élevé et le coût de collecte par hectolitre bas.**
- **dans les sous-zones intermédiaires de rayon compris entre  $r$  et  $R$ , les parcours morts deviennent importants. Dans ce cas, les densités finales de collecte ne sont, en principe, acceptables qu'avec des véhicules plus importants, de l'ordre de 4.000 à 6.000 litres. Afin que chaque camion ait un coefficient d'utilisation assez bon, il faudrait qu'il puisse faire deux tournées par jour, ce qui demande que la durée d'une tournée n'excède pas quatre ou cinq heures.**
- **dans les sous-zones lointaines, au-delà des distances  $R$ , les parcours d'approches sont souvent très importants. Si le camion assure la collecte, la densité finale devient très faible. Dans ce cas plusieurs solutions sont possibles. On peut créer un centre de collecte dont le lait est transporté à l'usine par un gros porteur. On peut aussi utiliser un camion collecteur important avec remorque. De toute façon, il faut éviter de faire plus d'un parcours mort par jour et de ramener à l'usine du lait conservé plus d'une soixante d'heures après la traite.**
- **Méthode simplifiée de calcul de la distance optimale entre l'usine et les points de collecte**

**Une méthode simple et relativement légère en calculs peut être suivie en application des éléments donnés précédemment sur la fonction objective et les contraintes. Elle comprend trois phases principales :**

**• 1ère phase. C'est la phase d'inventaire. Elle comprend la constitution des fichiers de données : offre de**

lait, matrice des distances, véhicules et possibilités d'utilisation de ceux-ci.

•2e phase : C'est la mise en oeuvre de la fonction objective et des contraintes. Elle permet de déterminer l'itinéraire des tournées qui rend maximale la somme des écartements tout en respectant les contraintes de temps et de capacité. Les opérations sont à effectuer dans l'ordre suivant :

- a. calcul de la matrice des écartements à partir de la matrice des distances,
- b. établissement de la liste hiérarchique des couples de points de collecte (A, B...) de la matrice des écartements, cette liste étant classée dans l'ordre décroissant de la valeur des écartements  $e_{ij}$  (A, B...),
- c. formation progressive des tournées, à l'aide d'une carte, en réunissant les couples choisis. Ceci doit être effectué dans l'ordre hiérarchique de la liste et de façon que ces couples ne forment entre eux ni fourche, ni boucle,
- d. vérification à tout moment que la tournée ainsi formée respecte les contraintes de temps et de capacité,
- e. arrêt de la tournée dès que l'une des contraintes est atteinte et création d'une nouvelle tournée,
- f. fin du travail lorsque tous les points de collecte sont intégrés dans la tournée sans omission ni répétition.

•3e phase. Elle consiste, pour chaque tournée, à donner en clair les résultats. On indique : le véhicule affecté, la liste des villages et autres points de collecte classée dans l'ordre de l'itinéraire avec indication (si possible par village et par production) des quantités et éventuellement des qualités à ramasser (lait en vrac, lait en bidons, lait de chèvre, etc.), la quantité totale de lait à collecter, le temps nécessaire pour effectuer la tournée avec éventuellement notification des horaires à respecter. Ce document peut servir de feuille de route au chauffeur, notamment quand celui-ci est affecté à plusieurs tournées..

Cette méthode est facilitée quand on dispose de moyens informatisés. Toutefois, même en leur absence elle peut largement aider à optimiser les tournées. Elle ne permet pas toujours de trouver la solution



**optimale mais elle assure au moins une très bonne approche de celle-ci.**

**Il existe d'autres méthodes d'optimisation des tournées. Elles sont beaucoup plus complexes, certaines sont plus performantes. Elles nécessitent souvent l'appel à un organisme spécialisé. Elles ne se justifient que pour de grosses laiteries ayant de nombreuses tournées.**

**L'utilisation de ces méthodes présente divers avantages. Elle permet notamment de réduire les distances. Il est courant que l'économie atteigne 20 % du kilométrage effectué avant leur mise en oeuvre. La rapidité des calculs par l'ordinateur permet de modifier les tracés plusieurs fois par an en fonction des variations saisonnières de la production, ou de modifications dans la structure de la zone comme cela se produit par l'arrivée de nouveaux producteurs ou encore dans la composition de parc de véhicules. On peut aussi déterminer par une série de simulations, les véhicules les mieux adaptés aux besoins de l'entreprise. Elle permet de détecter toute une série d'erreurs dans le ramassage comme les temps excessifs de ramassage, l'emploi insuffisant des véhicules et l'illogisme de certaines tournées tracées au hasard ou sur des critères sans rapport avec l'intérêt de l'entreprise. Enfin à l'économie de kilomètres s'ajoute l'économie de temps.**

**Il est évident que, dans le cas de petites laiteries collectant un nombre faible de producteurs, l'emploi de ces méthodes ne se justifie pas. La méthode "manuelle", jointe à beaucoup de bon sens, est alors suffisante. Inversement, il faut éviter l'abus des méthodes complexes. L'abus technique consiste à vouloir perfectionner de manière excessive le modèle utilisé. On risque d'introduire alors des contraintes mineures ou aléatoires, ce qui conduit à un modèle trop compliqué et difficilement utilisable. Il faut éviter également l'abus humain qui se traduit par une résistance au changement ou par une perte d'initiative face à une situation imprévue.**

### **3. TEMPS OPERATOIRES ET IMPORTANCE DES LIVRAISONS**

**Le ramassage du lait exige diverses opérations qui nécessitent du temps et qui se répètent, quelles que soient les quantités livrées à chaque point de collecte. On a vu précédemment la nécessité de prendre en compte lors de l'établissement des tournées les contraintes de temps et de capacité qui ont une**

**grande importance dans l'économie de la collecte.**

**•Temps opératoires**

Le ramassage en bidons de laits pas ou peu refroidis impose des règles strictes concernant la durée de la collecte et par là son kilométrage. Faute de les respecter, ces laits arrivent souvent à l'usine en état d'altération. Par contre, les laits réfrigérés, de conservation plus longue, peuvent supporter une collecte de plus longue durée et de ce fait un allongement des tournées. Toutefois, il existe des limites à l'extension, faute de quoi l'augmentation des frais ne compense plus les économies réalisées.

**•Temps de roulement**

Il se divise en trois parties : de la laiterie au premier producteur, de celui-ci au dernier producteur, du dernier producteur à la laiterie. Le temps de route et les vitesses de déplacement dépendent pour ces trois parties de plusieurs facteurs : chauffeur, véhicule (poids, encombrement), état des routes, relief, nombre de fermes et accès à celles-ci, traversées d'agglomérations, de voies ferrées... Il y a généralement peu de différence dans le temps de roulement par rapport au ramassage en bidons. Cependant, les camions-citernes sont en général plus lourds que les plateaux traditionnels et leur vitesse moyenne peut être inférieure. A titre indicatif, le tableau 13 donne une indication sur la relation entre la vitesse moyenne de camions-citernes et la distance entre la laiterie et le premier producteur d'une part, et le dernier producteur et la laiterie, d'autre part. Ces résultats établis sur plusieurs tournées à l'aide de citernes de 3.500 à 10.000 litres, sur routes en bon état, moyennement accidentées, ne constituent qu'un exemple ne pouvant être généralisé.

**Tableau 13** - Relation entre la vitesse du camion-citerne et la distance de la laiterie au premier et au dernier producteur (D'après MOREL, 1964)

Distance km	VITESSE en km/h					
	Laiterie - premier producteur (citerne vide)			Dernier producteur - Laiterie (citerne pleine)		
	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
Moins de 5	25	15	35	25	15	35

Moins de 5	32,9	29,7	43,0	20,9	10,4	34,3
5 à 10	40,1	32,3	54	32,3	20,0	45,0
10 à 15	48,0	42,0	55,4	36,5	30,0	48,7
15 à 20	50,5	44,3	56,0	41,0	32,0	47,4
20 à 30	51,3	42,1	63,0	42,5	31,5	51,4
Plus de 30	51,4	41,5	62,2	45,9	33,1	54,8

Ainsi qu'on peut le prévoir, la vitesse moyenne du camion vide augmente avec la longueur du parcours ; il en est de même lorsque le camion est en charge mais le véhicule est moins rapide. La capacité des citernes n'a pas été prise en compte. Son influence paraît faible dans la mesure où les conditions de circulation sont identiques pour tous les véhicules, c'est-à-dire n'entraînant pas de ralentissement pour certains d'entre eux.

Le tableau 14 indique l'influence de la distance moyenne entre chaque producteur sur la vitesse du camion-citerne. Comme dans le cas précédent, les valeurs données n'ont qu'un caractère indicatif.

**Tableau 14** - Vitesse du camion-citerne en fonction des distances entre les producteurs (D'après s MOREL, 1964)

Distance entre chaque producteur en km	VITESSE en km/h			
	Moyenne	Minimum	Maximum	
Moins de 1	16,9	7,7	23,5	
1 à 1,5	20,7	13,5	26,4	
1,5 à 2	25,8	22,7	29,6	
2 à 2,5	28,9	20,8	34,2	
2,5 à 3	30,9	22,7	40,9	
3 à 4	31,0	24,5	33,9	
<b>Plus de 4</b>		<b>32,8</b>	<b>30,4</b>	<b>37,7</b>

**On observe que la vitesse progresse régulièrement en fonction de la distance séparant chaque producteur.**

**•Temps à la ferme**

**Le temps que passe le collecteur à la ferme se répartit entre six opérations principales:**

- **préparation,**
- **viandange,**
- **opérations finales,**
- **prélèvements d'échantillons,**
- **ventes aux producteurs,**
- **pauses, temps morts.**

**Les trois premières sont obligatoires ; les trois dernières facultatives.**

**Certaines de ces opérations peuvent être plus ou moins imbriquées; les ventes aux producteurs (ou rétrocessions) peuvent se faire partiellement ou totalement pendant la vidange; l'inscription des quantités de lait peut être effectuée pendant la vidange ou être comptée dans les opérations finales. Le temps total occasionné par la rétrocession et l'inscription ne sera alors enregistré qu'en partie. Le temps de vidange doit toujours apparaître en totalité.**

**Les trois opérations obligatoires se classent en deux types : celles dont le temps est proportionnel à la quantité de lait (vidange) et celles dont le temps est indépendant du litrage. Les opérations facultatives font partie des temps fixes.**

**Le temps mis par le camion pour se placer près de la cuve ne dépend pas du litrage mais il varie avec les conditions d'accès.**

**•Temps fixes**

**Ils comprennent, d'abord, les temps de préparation :**

- la descente du camion,
- le déroulement de la tuyauterie de vidange,
- l'immersion de la canne suceuse (vidange par vide) ou le branchement sur la vanne (vidange par pompe),
- la lecture de la jauge (quand le camion n'est pas muni d'un compteur) et inscription de la quantité,
- la mise en route de l'agitateur,
- la mise en route du dispositif de vidange (ouverture de la canne suceuse ou démarrage de la pompe),
- éventuellement, au début de la vidange, prélèvement d'un échantillon de lait, mise en flacon et rangement de celui-ci.

**L'évaluation du temps nécessaire à chacune de ces opérations nécessite de nombreux chronométrages. Ils peuvent varier de façon importante en fonction de conditions particulières ou exceptionnelles. Une étude réalisée dans un pays laitier moyennement accidenté et ayant de bonnes routes a montré que le temps global de préparation par producteur se situant entre 0,20 minutes (en 1/100e) et 4,20 minutes, la moyenne était de 0,96 minutes avec un écart-type de  $\pm 0,56$  minute. Ces valeurs n'ont qu'un caractère purement indicatif.**

**Les facteurs de variation les plus importants sont :**

- la distance du tank par rapport au point de stationnement du camion-citerne,
- l'accessibilité de la cuve,
- l'emplacement, la qualité et le nombre d'accessoires du camion-citerne et du tank,
- l'habileté et l'esprit d'organisation du collecteur ; ce point est d'une grande importance.

Généralement, on observe que les temps de préparation les plus longs résultent soit d'une mauvaise organisation du travail soit d'une inadaptation des équipements. Les principales pertes de temps peuvent se situer :

- à la descente du camion : cabine peu accessible, allées et venues inutiles du ramasseur, tanks éloignés, ou d'accès difficiles..,
- à la lecture de la jauge : graduations peu lisibles à cause d'un mauvais marquage ou d'un local sombre ; en cas d'emploi d'un tableau de correspondance entre les graduations et le litrage, tableau éloigné ; inscription des quantités en deux temps : sur le carnet du producteur et sur la fiche du ramasseur,
- au déroulement de la tuyauterie : tuyau peu accessible, difficile à dérouler, tank mal situé,
- au branchement de la tuyauterie : vanne de vidange mal conçue, mal orientée, trop basse ; clé de serrage oubliée dans le véhicule ou placée, à distance,
- à la mise en route de la pompe : retour au camion pour mettre en marche la pompe alors qu'elle peut être commandée à distance.

Les temps d'opérations finales comprennent :

- l'arrêt de la pompe (quand elle existe) ou la fermeture de la vanne suceuse,
- rinçage éventuel rapide du tank ; dans certains cas il doit être obligatoirement effectué par le ramasseur et ne se substitue évidemment pas au nettoyage fait par le producteur,
- l'enroulement de la tuyauterie et de la canne suceuse,
- le relevé du compteur quand il existe et s'il n'est pas muni d'un dispositif d'enregistrement ;

**éventuellement remise du ticket au producteur ou inscription de la quantité sur la fiche du collecteur,**

- **la montée dans le camion.**

**Là aussi on constate que le temps global des opérations finales est sujet à de grandes variations. Une enquête faite dans les mêmes conditions que celle réalisée sur les temps de préparation a montré que la montée dans la camion varie de 0,15 minute (en 1/100e) à 3 minutes. La moyenne est de 0,89 minutes avec un écart-type de  $\pm 0,43$  minutes. Les variations et les temps les plus longs ont à peu près les mêmes causes que dans le cas des opérations de préparation.**

**En cas de rinçage du tank, le temps nécessaire, à lui seul, est de l'ordre de 0,70 à 0,80 minutes, ce qui revient presque à doubler le temps total des opérations finales.**

- **Temps de vidange**

**Il varie avec la puissance de la pompe ou du système d'aspiration et avec le diamètre et la longueur de la tuyauterie. Lorsque ces facteurs sont constants, il est seulement proportionnel à la quantité de lait. En pratique, il est très variable. Pour prendre une base d'estimation, on peut considérer qu'il est de l'ordre de 0,60 à 0,85 centièmes de minutes par litre mais avec des variations de l'ordre de 0,35 à 2,10 centièmes de minute par litre.**

- **Temps fixes facultatifs**

**Ils comprennent les prélèvements d'échantillons de lait, les ventes aux producteurs, les pauses et temps d'arrêt divers. Ces opérations ne se rencontrent pas dans tous les cas ; elles peuvent être régulières, irrégulières ou aléatoires.**

**Le temps qui leur est consacré est très variable. C'est ainsi qu'une enquête a permis d'observer que le prélèvement manuel d'un échantillon nécessite entre 0,07 minute et 2,66 minutes ; en moyenne il est de l'ordre de 0,78 minute avec un écart-type de 0,48 minute ; le plus grand nombre de prélèvements**

demande environ 0,40 minute. Il est évident que les prélèvements semi-automatiques ou automatiques apportent un gain de temps précieux.

Les rétrocessions par les ramasseurs demandent un temps plus ou moins long selon qu'elles sont faites ou non pendant le temps de pompage ; le nombre de produits distribués, l'encaissement de l'argent par le collecteur ou la simple inscription de la marchandise vendue constituent aussi des facteurs jouant sur le temps. Ces ventes peuvent nécessiter jusqu'à cinq minutes par producteur ; en moyenne elles demandent  $1,20 \pm 0,76$  minute. Les temps de pause peuvent lourdement augmenter la durée du ramassage. Ils comportent des arrêts pour boire ou manger, des discussions avec les producteurs, des petites réparations éventuelles sur les tanks ou le véhicule. Ils sont très variables selon les collecteurs, les tournées et les entreprises. On peut estimer qu'ils sont équivalents à un temps d'arrêt de l'ordre de 0 à 3 minutes par producteur. Ils devraient être limités, sauf justification, à une minute au maximum par producteur.

Ainsi, il est bien difficile de définir des normes applicables partout concernant le temps de ramassage. Celui-ci varie selon de nombreux facteurs propres à chaque entreprise. Pour des tournées présentant des conditions équivalentes, il n'est pas rare que le temps total varie du simple au double, voire davantage. On voit le gain que peut apporter une sérieuse étude des temps nécessaires et le respect d'horaires judicieusement calculés. Afin de donner un ordre de grandeur on peut estimer que le temps total d'arrêt à la ferme des camions-citernes, rinçage compris, opérations facultatives exclues, peut se situer entre cinq et sept minutes pour des tanks de 200 à 600 litres.

Il est souhaitable d'établir un plan théorique des temps de collecte par camion. Il permet de vérifier que chaque camion a un temps de travail quotidien suffisant et de déterminer le kilométrage annuel à prévoir pour l'ensemble des camions de modèles donnés. Il contribue aussi à faire respecter les horaires. Il peut être du modèle représenté au tableau 15.

**Tableau 15** - Plan de tournées

Organisation de la	Parcours	Parcours	Arrêts chez les	Vidange	Pauses	Totaux
aller et						



collect	retour		utile		producteurs		litres	temps	temps	des temps
	km	temps	km	temps	nombre	temps				
<u>Camion n° 1</u>										
Tournée A										
• Village A										
• Village aA										
• Village bA										
• Village cA										
Tournée B										
• Village aB										
• Village bB										
• Village cB										
• ...										
TOTAUX										

### • Temps opératoires à l'usine

Lorsque l'on veut établir le coût de la collecte en vrac, il faut aussi déterminer celui de la réception à l'usine. On sait en effet que ce mode de collecte s'accompagne d'une modification du système de réception. Il permet notamment d'élargir les horaires d'arrivée du lait, d'utiliser de façon plus intensive les équipements de la laiterie, de réduire la main - d'oeuvre et d'une façon plus générale d'accroître la productivité. S'il est nécessaire de déterminer le coût de la collecte, il faut aussi connaître celui de la réception de façon à pouvoir établir le bilan total du système. Comme pour le ramassage, le temps des travaux conditionne les frais de réception. Ces temps concernent la réception proprement dite : vidange, comptage et contrôle du lait, nettoyage des camions - citernes. Ils sont à établir en fonction de l'équipement et des litrages de chaque usine.

#### **4. FACTEURS DE VARIATION DU COUT DE LA COLLECTE**

**Ce coût est relativement délicat à établir car il comprend de nombreux facteurs de variations et ne peut être établi que pour des cas précis. Le plus important facteur de variation du coût de la collecte est la fréquence des tournées car il détermine en grande partie les autres. Ceux-ci sont la densité de ramassage, les quantités de lait livré dont les variations saisonnières ont une forte incidence sur les autres facteurs, le nombre de producteurs, l'état des routes et des accès.**

**Le nombre de producteurs par tournée et la densité laitière sont deux facteurs qui ne peuvent être séparés. Dans le cas du ramassage en bidons, les temps fixés sont relativement limités car ils ne comprennent que le temps d'arrêt et de départ du camion. Au contraire, dans le cas du ramassage en citerne, ils deviennent très importants par rapport aux temps proportionnels à la quantité de lait livré. L'ensemble des temps consacrés aux manoeuvres d'approche du tank et aux diverses opérations de vidange sont importants.**

**Quand, sur une tournée, ce temps se multiplie en raison de la dispersion des points de collecte, le prix de revient de la collecte s'en trouve augmenté. Lorsque le ramassage est effectué tous les deux jours, la densité de ramassage est pratiquement doublée, ce qui se traduit par une réduction plus ou moins notable des frais par kilomètre par rapport au ramassage quotidien. Cependant, il ne faut pas en déduire qu'ils seront réduits de moitié.**

**Pour apprécier de façon plus fine ces frais, il convient d'examiner les postes qui les constituent:**

- **l'amortissement du camion-citerne. En principe, lorsque celui-ci remplace deux camions à plateaux (bidons), ce qui est rarement le cas, sa capacité est au minimum doublée. De ce fait, l'amortissement et l'intérêt du capital sont pratiquement doublés. D'autre part, le plateau offre une plus grande souplesse d'utilisation, de sorte que pour une même utilisation la citerne aura souvent une capacité supérieure au double de celle du camion à plateau qu'elle remplace. Dans ces conditions, on peut alors espérer une économie importante.**

**D'une façon générale lorsque l'on utilise des camionsciternes de dimensions croissantes, les frais fixes et mobiles sont croissants. Par ailleurs on fait varier en sens inverse deux facteurs qui ont une influence sur les coûts : d'une part on augmente, en principe, la densité de collecte et de ce fait, on diminue le coût à l'hectolitre ; d'autre part, on diminue la rotation des camions, ce qui augmente les frais fixes à l'hectolitre ramassé.**

- **le carburant, l'huile, l'entretien, l'assurance. Pour deux véhicules dont la capacité de collecte de l'un est le double de celle de l'autre, les frais inhérents à ce poste ne sont pas multipliés par deux, mais par un coefficient de l'ordre de 1,4. Celui-ci est encore plus important pour les pneumatiques. L'économie réalisée est appréciable.**
- **les bidons. La suppression des bidons constitue une économie importante, à la condition qu'ils soient amortis et/ou leur remplacement par le système de ramassage en vrac est total. Dans ce cas, il faut également évaluer l'économie des frais de réception et de nettoyage de la poterie.**
- **le personnel. C'est généralement au niveau de la main-d'oeuvre que la plus grosse économie peut être réalisée. Lorsque le ramassage en vrac permet de remplacer deux tournées par une seule, les frais de main-d'oeuvre devraient en être réduits de moitié. Ce n'est pas toujours le cas. On doit considérer que l'économie en valeur absolue est d'autant plus grande que la densité laitière est plus faible. En pratique, lorsque les quantités de lait par point de collecte sont nombreux et comprennent de petites quantités de lait, les temps fixes passés à la ferme augmentent beaucoup la durée de la tournée en comparaison du système de ramassage en bidons.**

**Il a été prouvé, à partir de cas précis, que la durée des tournées de ramassage en vrac peut doubler en raison de l'abondance des petits fournisseurs. L'économie des frais de main-d'oeuvre devient alors nulle. Inversement, cette économie est d'autant plus grande que les quantités de lait par point de collecte sont élevées. L'évaluation précise des frais de main-d'oeuvre est très importante en raison de son incidence sur le coût du ramassage. Celui-ci peut sensiblement corriger l'influence des autres postes. Bien entendu, le poids des frais de main-d'oeuvre varie en fonction de différents facteurs (région, usine,**

**salaire des collecteurs...), de telle sorte que son importance véritable ne peut être établie que dans chaque cas particulier.**

**On peut montrer à l'aide d'un graphique à partir de quelle quantité de lait par fournisseur le temps de main-d'oeuvre du ramassage en vrac permet une économie sur celui en bidons. Il suffit de tracer pour chaque système de collecte, les courbes de temps passé à la ferme en fonction du litrage livré. L'exemple de la figure 82 montre que le système en vrac devient économique lorsque la quantité de lait par jour et par producteur dépasse 70 litres ; le ramassage en vrac effectué tous les deux jours doit être au moins de 140 litres par producteur et l'économie sera d'autant plus élevée que le nombre de livraisons supérieur à cette quantité est plus grand.**

**Le temps de conduite peut rarement être réduit de moitié. Les manoeuvres d'approche pour accéder au tank, et les poids des camions exigent souvent plus de temps. Il est nécessaire de pouvoir apprécier celui-ci par des chronométrages réalisés préalablement à la mise en place de la collecte en vrac.**

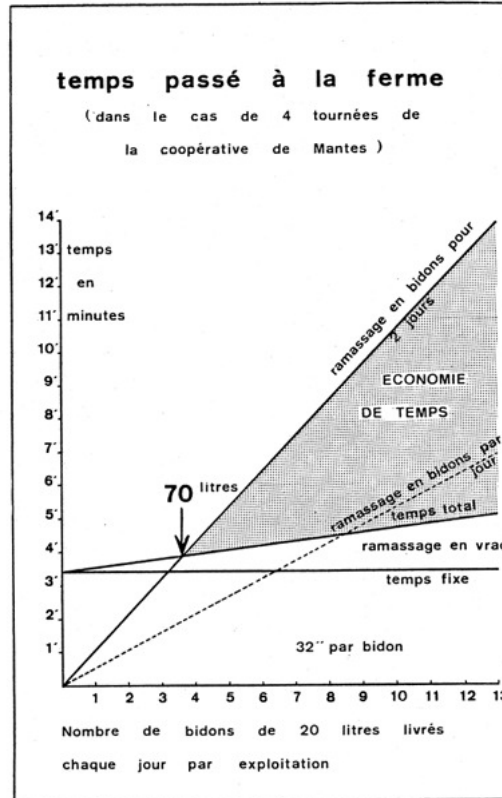
#### **•Influence des variations saisonnières de la production**

**Une citerne ne peut être remplie au-delà de sa capacité totale. Par contre, le camion à plateau permet une certaine augmentation du nombre de bidons. Mais en période de faible production le camion-citerne permet, sans risque pour la qualité du lait réfrigéré, d'allonger la durée du ramassage (par exemple en groupant deux tournées), ce qui est souvent impossible pour les bidons. En période de forte production, un même camion-citerne peut effectuer successivement plusieurs tournées, ce que ne peut faire le camion à bidons qui est soumis aux horaires de traite et de réception à l'usine, faute de quoi la qualité du lait risque d'être gravement compromise. Il n'y a plus alors nécessité d'augmenter le parc automobile.**

#### **•Ramassage du dimanche**

**Dans certains pays, il est devenu nécessaire de supprimer le travail du dimanche, tant au niveau de la collecte que de l'usine. A la laiterie ne subsiste qu'une équipe très réduite assurant la surveillance et les**

**quelques travaux indispensables. Si cette suppression constitue un progrès social certain, elle entraîne une perturbation du travail et de l'organisation des tournées du samedi et du lundi. Pour maintenir la qualité du lait, il faut collecter le samedi le lait de tous les producteurs, qu'ils aient le lait de deux ou de quatre traites. Il s'ensuit des temps de collecte pratiquement doubles et une augmentation du nombre de camions-citernes. Le litrage ramassé ce jour est supérieur de 50 % à celui des jours normaux, ce qui bouleverse aussi la réception et les fabrications à la laiterie. La collecte du lundi est également complexe car il faut, comme le samedi, prendre le lait de tous les producteurs mais la quantité n'est plus de 50 % mais de 100 %. On peut utiliser un système moins rigide en ne ramassant le samedi que le lait de certains producteurs. On ne collecte pas le lait des producteurs chez lesquels on est passé le vendredi et dont la cuve peut contenir trois jours de production jusqu'au lundi. De même que le lundi on reporte sur le mardi le ramassage de producteurs collectés le samedi et qui possèdent des tanks dont la capacité est de trois jours. Dans ce cas, la perturbation s'échelonne sur trois jours au lieu de deux et la qualité du lait a beaucoup de chance d'être altérée. La meilleure solution du point de vue de la qualité est le ramassage systématique de tous les producteurs le samedi. La suppression de la collecte du dimanche entraîne une augmentation du nombre de véhicules et éventuellement de la capacité des tanks ce qui pèse sur le coût de la réfrigération, de la collecte, de la réception et de la transformation.**



**Figure 82 - Influence de la quantité de lait collecté sur le temps passé à la ferme pour le ramassage en vrac et en bidon**

**(D'après MARION et MOREL, 1964)**

- **Influence de l'état des routes et des accès aux points de collecte**

**L'état des routes et les difficultés d'accès près des tanks influent sur les frais de transport. Ceux-ci sont rarement plus élevés que dans le cas de la collecte traditionnelle en bidons. Il est évident qu'il faut introduire ces frais supplémentaires dans le calcul du coût du ramassage.**

- **Rentabilité du ramassage en vrac**

**Avant de décider de faire du ramassage en vrac et donc de modifier complètement les méthodes et les équipements des producteurs, des collecteurs et de la laiterie, il convient d'estimer avec le maximum de précision quel sera le résultat financier de l'opération. L'évaluation n'est pas simple et ne peut, sans risque de graves erreurs, être faite de façon sommaire, empirique ou par référence à des situations souvent peu comparables. Il faut souligner les points suivants :**

- **le coût d'utilisation d'un tank réfrigérant varie du simple au double selon sa capacité et son niveau de remplissage,**
- **le ramassage en vrac amène une économie d'autant plus grande que les quantités de lait livré par point de collecte sont fortes,**
- **l'économie la plus forte, en valeur absolue, est réalisée là où les conditions de collecte sont les moins favorables en raison d'une densité kilométrique faible. Mais quand la faible densité de ramassage est due au grand nombre de petits producteurs, l'économie diminue.**

**Le financement des tanks pose un problème. L'investissement peut être à la charge du collecteur, du laitier ou des deux partenaires. Lorsqu'il est à la charge du producteur, celui-ci demande une compensation de ses efforts d'amélioration de la qualité du lait et de productivité et la récupération de la ses engagées. La laiterie est alors amenée à reverser au producteur une partie des économies qu'elle a ré grâce au nouveau systè. Malheureusement, dans la réalité, ces économies n'apparaissent parfois que lentement ou même jamais en raison de l'hétérogénéité des productions. On risque alors de se**

**trouver devant l'une des deux situations suivantes :**

- **lorsque les gros producteurs sont nombreux, l'économie au ramassage est appréciable et l'usine peut satisfaire le producteur, sous des formes variées,**
- **lorsque les petits producteurs dominent, l'économie est peu importante, et à l'extrême, nulle, et ne peut donc couvrir les dépenses et les efforts réalisés par ceux-ci.**

**La quantité de lait à partir de laquelle apparaît l'économie est variable. Tel producteur considéré comme "gros" dans une région donnée peut n'être ailleurs qu'un "petit". Il semble que la quantité par producteur et par jour doit être de l'ordre de 150 litres pour que le ramassage apporte une économie. Mais cette valeur est purement indicative et peut très largement varier selon les régions.**

### **5. ANALYSE DU COUT DE LA COLLECTE**

**L'utilisation d'un camion-citerne pendant une année entraîne les dépenses suivantes :**

- **les frais fixes annuels (F.F.). Ils sont indépendants de la distance parcourue. Ils comprennent : l'amortissement du camion, l'intérêt du capital, l'assurance et la main-d'oeuvre,**
- **les frais mobiles annuels (F.M.). Ils sont proportionnels au kilométrage effectué. Ils comprennent les frais kilométriques constitués par le carburant, l'huile, les pneus et l'entretien.**

**Ces dépenses sont notamment liées au véhicule considéré et à la distance parcourue pour collecter un certain volume de lait.**

**Le coût de la collecte (C.C.) par hectolitre (L) étant la quantité annuelle collectée par an et exprimée en hectolitres :**

$$CC = \frac{FF}{L} + \frac{FM}{L}$$



**Si K est le nombre de kilomètres annuels, h les frais kilométriques,**

**Les frais mobiles sont le nombre de kilomètres annuels (K) par les frais kilométriques (k). On a alors FM = k × K. On peut écrire**

$$CC = \frac{FF}{L} + \frac{k \times K}{L}$$

**Lorsque la densité de ramassage (d) est exprimée en hl/km, on a :**

$$CC = \frac{FF}{L} + \frac{K}{100} \times \frac{1}{d}$$

**Le coût de la collecte dépend de la densité de ramassage mais aussi de la quantité totale collectée qui est elle-même fonction du nombre de points d'arrêt du véhicule.**

- **Capacité des camions-citernes**

**L'incidence de la capacité du camion-citerne sur le coût de la collecte est importante. Il convient donc de rechercher le modèle qui permettra d'obtenir le coût minimum de collecte par hectolitre en se fondant sur l'analyse des coûts prévisionnels de collecte. Cette recherche consiste à "essayer" les différents types de véhicules possibles. Cette opération peut se faire à l'aide d'un document du type de celui représenté au tableau 16.**

**Quand on envisage de procéder au ramassage en vrac d'une zone de collecte, il est préférable de procéder à son étude d'ensemble même si celui-ci ne doit être réalisé que par tranche. Bien entendu, ce travail nécessite la connaissance des caractéristiques de la zone qui donne les quantités de lait, et les temps de collecte par camion-citerne.**

**Tableau 16 - Etude théorique des coûts de collecte en vue de la détermination de la capacité des camions-citernes**

Analyse des coûts prévisionnels de collecte	Capacité des camions-citernes (en l)				
	...	3.000	4.000	5.000	...
Prix d'achat unitaire					
• du porteur .....					
• de la citerne .....					
Nombre de camions nécessaires					
Prix d'achat total des camions					
Frais fixes (F.F.)					
• amortissements .....					
• intérêts du capital .....					
• assurances .....					
• chauffeur-collecteur .....					
• (salaires + charges) .....					
• total annuel de F.F. ....					
Frais mobiles (F.M.)					
• F.M. kilométriques .....					
• nombre de km annuels .....					
• total annuel F.M. ....					
Frais totaux annuels					
(F.T. = F.F. + F.M.) .....					
Quantité de lait collecté par					
an (hl) .....					
Coût de collecte par hl .....					

## **6. ANALYSE DU COUT DE LA REFRIGERATION**

**Le coût de réfrigération (C.R.) comprend :**

- les frais fixes ; ils sont indépendants de la quantité de lait réfrigéré. Ils sont constitués par l'amortissement du matériel et l'intérêt du capital investi,
- les frais mobiles; ils sont proportionnels à la quantité de lait réfrigéré et comprennent les dépenses d'énergie électrique, de produits de nettoyage et éventuellement de main-d'oeuvre.

Lorsque l'on rapporte ces frais à l'hectolitre de lait réfrigéré, on constate que :

- d'une part, les frais fixes qui ont une valeur annuelle totale déterminée, dépendent de la quantité annuelle du lait, c'est-à-dire de la fréquence de la collecte (une fois par jour ou tous les deux jours) et du coefficient moyen d'utilisation du tank. Ce coefficient (C.U.) est le rapport entre la quantité de lait réfrigéré entre deux collectes et la capacité utile du tank réfrigérant.

Si L est la quantité journalière de lait et C la capacité utile du tank, on a :

- pour un tank deux traites :

$$C . U . = \frac{L}{C}$$

pour un réfrigérant quatre traites :

$$C . U . = \frac{L \times 2}{C}$$

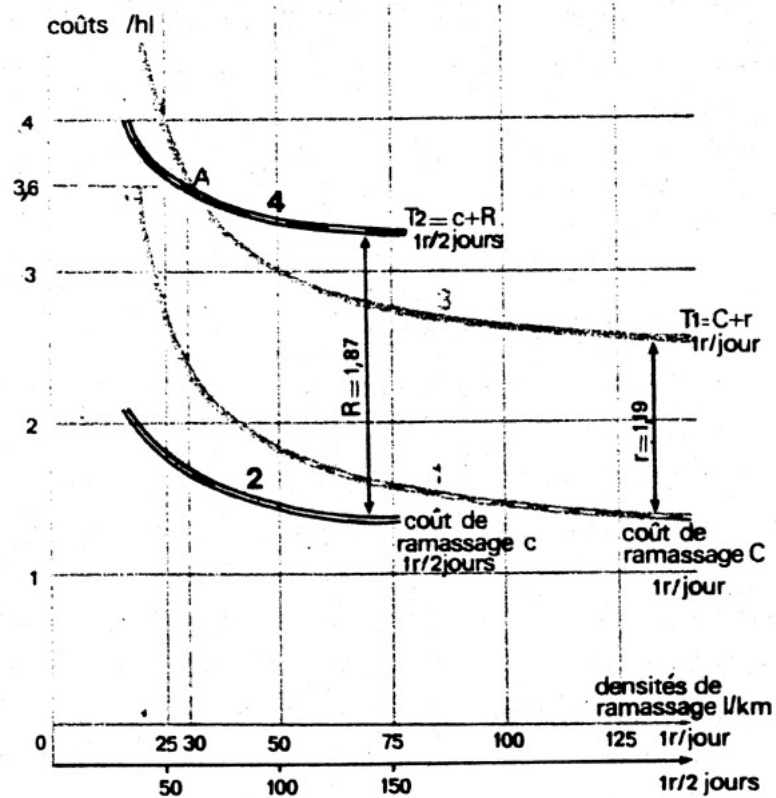
On voit que pour une même valeur de C.U., la quantité de lait annuelle est deux fois plus forte avec un tank deux traites qu'avec un tank quatre traites.

**Le tableau 17 montre la manière dont peut être calculé le coût de la réfrigération par hectolitre de lait en considérant que le coefficient d'utilisation du tank est de 100 %.**

**Tableau 17** - Calcul du coût de la réfrigération

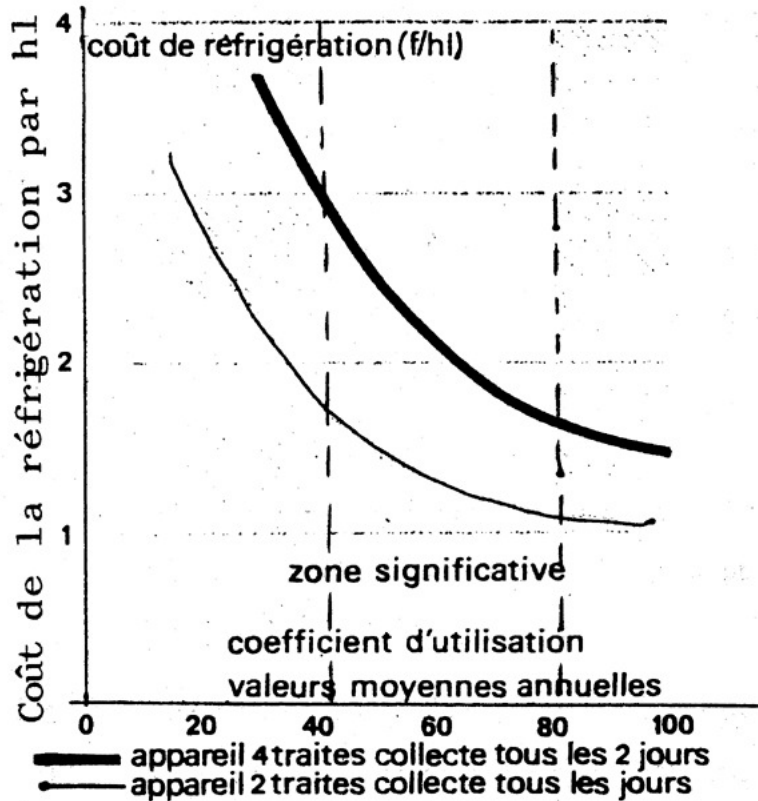
NATURE DES COUTS	COUT PAR HECTOLITRE	
	tank 2 traites	tank 4 traites
<b>Prix d'achat du tank à l'hl de lait logé</b>		
Frais fixes (F.F.)		
• amortissements.....		
• intérêts du capital.....		
Total F.F.....		
Frais mobiles (F.M.).....		
Total des frais de réfrigération C.R.		
C.R. = F.F. + F.M.....		

**Lorsque le coefficient d'utilisation diminue, le coût de la réfrigération augmente. Comme le montre l'exemple de la figure 84, il est très important que le coefficient d'utilisation annuelle des tanks soit aussi élevé que possible.**



**Figure 83** - Variation du coût de la réfrigération en fonction du coefficient du tank

(D'après B.D.P.A., 1968)



**Figure 84** - Coûts de réfrigération en fonction des coefficients d'utilisation des tanks

(D'après B.D.P.A.-F.O.R.M.A.)

## **7. RECHERCHE DU COUT MINIMUM DU SYSTEME REFRIGERATION-RAMASSAGE**

D'une façon générale, le coût de la réfrigération en tank 4 traites est plus élevé que celui opéré en tank 2 traites. Mais la réfrigération et le ramassage ne sont que les deux éléments complémentaires d'un même système. Il faut donc aussi tenir compte du coût de la collecte qui est lui-même conditionné par la structure des tournées (densité, nombre d'arrêts...). C'est finalement cette dernière qui est déterminante dans le choix entre les deux types de tanks.

La recherche de l'organisation la plus économique de la collecte du lait réfrigéré revient à choisir entre les solutions ci-après :

- la collecte quotidienne. Dans ce cas, la zone est équipée en tanks 2 traites dont le coût de réfrigération est relativement faible. Pour une densité laitière  $d$  correspond à un coût de collecte C.C.
- la collecte tous les deux jours. La zone est pourvue de tanks 4 traites dont le coût de réfrigération est plus élevé. La densité laitière est plus forte ; elle est en théorie  $2d$  si le camion-citerne a une capacité double ; son coût de collecte est plus faible que dans le cas de la collecte journalière.

Ainsi, les facteurs coût de réfrigération (C.R.) et coût de collecte (C.C.) varient en sens inverse.

On peut déterminer les valeurs minima de la somme C.C. + C.R. au moyen d'un graphique du type représenté à la figure 83. Dans cet exemple, le coût de la collecte et de la réfrigération en tanks 2 et 4 traites sont établis d'après les tableaux 16 et 17 ; le coefficient de remplissage des tanks est de 70 %. On trace d'abord la courbe (1) qui représente celle des coûts de collecte en fonction des densités laitières pour un ramassage par jour ; la courbe (2) , pour un ramassage tous les deux jours. On ajoute aux coûts de collecte les coûts de réfrigération en tenant compte de la valeur du coefficient d'utilisation des tanks (ici 70), ce qui permet d'établir la courbe (3) des coûts totaux (collecte + réfrigération). Celle-ci est parallèle à la courbe (1) avec un écart R correspondant aux frais concernant un ramassage par jour

(ici  $R = 1$  , 19). On trace enfin la courbe (4), parallèle à la courbe (2) avec un écart correspondant aux frais pour un ramassage tous les deux jours (ici  $R = 1,87$ ).

Pour une certaine densité laitière par km, les courbes (3) et (4) se croisent en un point A. Pour des densités laitières supérieures, la courbe (3) est en-dessous de la courbe (4) ; cela signifie que le coût total (réfrigération + ramassage) devient plus économique avec un ramassage par jour et des tanks 2 traites. Au contraire, pour des densités laitières inférieures, la courbe (4) est au-dessous de la courbe (3) ; dans ce cas, il est plus avantageux de collecter le lait tous les deux jours et donc d'installer des tanks 4 traites.

Les valeurs indiquées au graphique ne constituent qu'un exemple destiné à illustrer la méthode. Le coefficient d'utilisation des tanks, le coût du matériel..., peuvent être différents, ce qui donne d'autres courbes et une position différente du point A.

Cette étude théorique confirme que le ramassage quotidien peut être économique lorsque la quantité de lait par point de collecte et la densité laitière sont élevées. Toutefois, ce n'est que dans chaque étude portant sur des situations concrètes qu'on peut déterminer à partir de quelle densité laitière il est souhaitable d'adopter une solution plutôt qu'une autre. En effet, il faut tenir compte d'autres facteurs comme le nombre de producteurs qui ont une forte incidence sur les temps de collecte et sur la longueur de la tournée.

Le choix entre les tanks 2 traites et 4 traites est fonction des situations locales. Selon des indications recueillies à la suite d'études réalisées dans des régions laitières, il semble que lorsque la densité laitière est inférieure à 30 l/km, il est préférable de faire un ramassage tous les deux jours, donc d'utiliser des tanks 4 traites. Si cette densité est supérieure, il faut étudier le schéma d'un ramassage par jour avec des tanks 2 traites ainsi que celui d'un ramassage tous les deux jours avec des réfrigérants 4 traites, car selon les conditions locales, l'un peut être plus avantageux que l'autre. Les perspectives d'évolution de la collecte et les possibilités d'amortissement plus ou moins rapide des équipements sont aussi à prendre en considération dans le choix.



- **Cas des petits producteurs**

Lorsqu'une laiterie a établi l'intérêt du ramassage en vrac, il lui reste à résoudre le cas des producteurs dont les quantités de lait sont trop faibles pour justifier l'emploi d'un tank dans chacune de leur ferme. Plusieurs solutions sont possibles:

- collecte des bidons par le camion-citerne équipé d'une galerie,
- mélange avec le lait réfrigéré ; cette solution est dangereuse en raisons des risques de contamination et de réchauffement excessif. La quantité de lait en bidon doit toujours rester faible, la température du mélange ne pas dépasser 8°C et la durée de ramassage ne pas excéder deux à trois heures. Le lait en bidon ne doit pas être de plus de deux traites, voire une traite. Ces conditions sont souvent inapplicables.
- centre de collecte. Cette solution est la meilleure. Chaque producteur apporte son lait au centre immédiatement après chaque traite.

## **8. ETUDE FINANCIERE DE LA REFRIGERATION ET DE LA COLLECTE EN VRAC**

Quand le plan de réfrigération et de collecte en vrac est établi et réparti en tranches successives et rationnelles de réalisation, il faut étudier l'aspect financier de l'opération.

Deux analyses rsont à effectuer :

- b'une portant sur les investissements et les coûts de collecte existants dans la situation en place,
  - b'autre concernant la situation future qui elle-même a deux aspects :
  - bn aspect prévisionnel des investissements et de leur financement, des coûts de réfrigération et de collecte, de la rentabilité du système,
  - • un aspect de contrôle ou de vérification des prévisions qlipen cas d'écarts notables, d'en chercher les causes et les remèdes.
- **Investissements**

**La collecte en vrac se différencie essentiellement de celle en bidons au point de vue du quai de réception. Afin de comparer les deux systèmes, il est nécessaire d'inclure les investissements et les frais de réception dans les deux cas. Cette étude peut être effectuée en se fondant sur les tableaux 18 et 19 concernant respectivement les investissements existants et ceux à prévoir.**

Tableau 18 - Investissements existants

Equipements existants	Année d'achat	Valeur d'achat	Amortissements réalisés	Valeur restant à amortir
<u>Quai de réception des bidons</u>				
• Laveuse à bidons.....				
• Quai mécanisé.....				
• Matériel de mesure (basculé, compteur).....				
• Bidons (type et nombre).....				
• <u>Camions de ramassage</u>				
en bidons (type et nombre)				
• <u>Camions-citernes</u> , s'il y				
en a (type et nombre).....				

Tableau 19 - Investissements nouveaux prévus

Equipements prévus	1ère tranche		2e tranche		.....	
	nombre	valeur	nombre	valeur	...	...
<u>Quai de réception des citernes</u>						
• Compeur à lait.....						
• matériel de nettoyage (N.E.V.)						
• TOTAL A.....						
		Porteur Citerne		Porteur Citerne		Porteur Citerne

<b><u>Camions-citernes</u></b>									
• TOTAL B.....									
<b><u>Tanks réfrigérants</u></b>									
Par capacité et nombre de traites									
• TOTAL C.....									
• TOTAUX A + B + C.....									

Le plan de financement à mettre en place est ensuite établi par tranche en distinguant si nécessaire les divers équipements (tanks, camions-citerne, matériel de réception), selon l'exemple du tableau 20.

**Tableau 20** - Plan de financement

Origine des capitaux	1ère tranche		2e tranche		?		TOTAL	
	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur
<b><u>Fonds propres</u></b>								
• Apports en espèces.....								
• réalisation d'actifs.....								
• autofinancement.....								
<b><u>Crédits</u></b>								
• moyen terme.....								
• long terme.....								
• subventions.....								

Normalement toute laiterie en expansion a une place de développement qui comporte divers investissements inscrits dans un tableau général avec dates d'exécution. Il convient, bien entendu, de reporter dans ce tableau les tranches d'équipements de réfrigération et de collecte.

Le contrôled' exécution du financement est à effectuer à l'aide des pièces comptables habituelles,

**comportant les comptes et les sous-comptes nécessaires permettant de suivre facilement le déroulement financier des opérations.**

**Il est nécessaire de s'assurer au moyen d'un plan de trésorerie que les annuités de remboursement des emprunts ne risquent pas d'être excessives et que les bénéfices prévisibles permettront bien de les régler.**

**• Comparaison des coûts de collecte**

**La comparaison des coûts du système initial (en bidons) et du système prévu (en vrac) doit être faite en prenant en compte, dans les deux cas, les coûts de ramassage et de réception.**

**Le tableau 21 permet d'établir le coût de collecte du système initial dans lequel peut déjà exister des camions-citernes.**

**Pour établir les coûts prévisionnels de chaque tranche d'équipement en réfrigérants et en camions-citernes, il faut préalablement déterminer l'organisation de la collecte qui sera mise en place, à savoir :**

- les équipements anciens qui subsisteront et les nouveaux,
- la part de lait collecté pour chaque système (vrac, bidons).

**Tableau 21 - Coût initial de la collecte**

<b>POSTES DE FRAIS</b>		<b>VALEURS</b>
<b><u>Véhicules</u></b>		
• Frais fixes (F.F.)	Amortissements Intérêt du capital Assurances Main-d'oeuvre (salaires + charges)	
• Frais mobiles (F.M.)	Entretien Carburant Huile Pneumatique	

<b>Réception</b>	Matériels de réception et de nettoyage des bidons (amortissements + intérêts) Bidons (amortissements + intérêts) Main-d'oeuvre (salaires + charges)	
Frais fixes (F.F.)		
• Frais mobiles (F.M.)	Energie électrique Energie thermique Détergents Divers - entretien	
<b>Totaux</b>		
<b>Total de la collecte annuelle (hl)</b>		
<b>Coût par hl (moyenne annuelle)</b>		

A partir des schémas ainsi établis de l'organisation de la collecte on déduira le tableau des coûts prévisionnels selon le type de celui indiqué au tableau 22.

Il ne faut pas attendre de ce tableau une précision absolue mais seulement un ordre de grandeur des coûts. On observe souvent qu'au cours de la mise en place progressive des tranches d'équipement du nouveau système, les coûts de collecte en citerne évoluent favorablement mais non les coûts de collecte en bidon. Pour cette raison il est bon de prévoir séparément la prévision de leur évolution de manière à rechercher pour les tranches restant à réaliser les améliorations à prévoir sur les points défavorables.

**Tableau 22** - Coûts prévisionnels de collecte

Eléments des coûts de collecte	Situation initiale	Situation après mise en place de la réfrigération et de la collecte en vrac			
		Après 1ère tranche	Après 2e tranche	.....	Situation finale
<b>Collecte traditionnelle en bidons (B)</b>					
Camions					
• Frais fixes (F.F)					
• Frais mobiles (F.M.)	selon				

Réception	éléments			
• Frais fixes (F.F.)				
• Frais mobiles (F.M.)	du tableau			
Coût total (F.B.)				
Collecte annuelle en hl (QB)				
coût par hl C.H.B. = FB/QB				
<b>Collecte de lait réfrigéré en citernes (V)</b>				
Camions				
• Frais fixes (F.F.)				
• Frais mobiles (F.M.)	selon			
Réception	éléments			
• Frais fixes (F.F.)				
• Frais mobiles (F.M.)	du tableau			
Coût total (F.V.)				
Collecte annuelle en hl (Q.V.)				
Coût par hl : C.H.V. = FV/QV				
Coût total de collecte F = F.B. + F.V.				
Collecte totale annuelle Q = Q.B. + Q.V.				
Coû moyen par hl C = F/Q				

• **Contrôle des coûts réels du ramassage en vrac**

**A la fin de chaque exercice comptable, il faut s'astreindre à établir le tableau détaillé des frais réels de collecte. Celui-ci est semblable au tableau 22 des coûts de collecte prévisionnels. Sa réalisation nécessite diverses informations pouvant être recueillies ou s'inspirant du tableau 22.**

**Tableau 23** - Contrôle des coûts de collecte

<b>POSTES DE FRAIS</b>	<b>MOYENS POUR OBTENIR LES RENSEIGNEMENTS</b>
Amortissement et intérêts des capitaux	Comptes classiques
Assurances des véhicules	Une fiche individualisée par camion
Salaires des collecteurs	Une fiche individuelle distinguant les temps réels de collecte des autres travaux éventuels
Salaires du personnel de réception	Une fiche distinguant les temps réels consacrés à la réception avec vérification mensuelle et annuelle
Charges sur salaires	Au prorata des temps réels de collecte et de réception
Entretien des véhicules	Un état récapitulatif mensuel par camion du coût de consommation et d'entretien
Entretien de la réception	Un état mensuel et du coût des fournitures utilisé et du temps passé
Matières consommables utilisées à la réception (électricité, énergie thermique, car)	Faire les mesures pour apprécier et chiffrer au moins les besoins horaires. Procéder ensuite au calcul théorique des coûts de consommation d'après le dé- compte du temps réel de travail mensuel
Produits de nettoyage	Comptabilisation mensuelle en poids et en valeur

**Un tel contrôle rebute souvent les petites entreprises qui ne disposent pas d'une comptabilité analytique et d'un appareil administratif approprié. Elles doivent cependant faire l'effort de dégager les éléments principaux permettant au moins de l'effectuer d'une manière simplifiée.**

**Il est à remarquer que si la réception a lieu à la fois en bidons et en vrac, il est toujours possible de faire une estimation des frais à chacun des postes des deux systèmes. Il est souhaitable de recouper les éléments extra-comptables recueillis en dehors du service comptable au moyen des comptes faits par ce service après chaque fin d'exercice.**

- **Contrôle des coûts de réfrigération**

**Il est tout aussi nécessaire que celui concernant la collecte. Il doit être effectué selon les arrangements prévus entre les producteurs et le collecteur. Il est bon que ces accords donnent lieu à l'établissement de contrats. Plusieurs cas sont possibles, par exemple la laiterie est propriétaire des tanks; elle verse ou non au producteur une prime dite de réfrigération destinée à couvrir tout ou partie des frais de fonctionnement. Selon ces cas, les coûts prévisionnels peuvent être établis en s'aidant des indications du tableau 24.**

**Tableau 24** - Coûts prévisionnels de la réfrigération

NATURD DES FRAIS	TRANCHES D'EQUIPEMENT			
	1ère tranche	2e tranche	.....	Situation finale
<b>Frais fixes (a)</b>				
• Amortissements				
• Intérêt du capital				
<b>Frais mobiles</b>				
• Entretien				
• Electricité				
• Détergents (b)				
ou autre disposition				
• Primes de réfrigération (c)				
• Valeurs totales				
Total (coût de réfrigération pour la laiterie				
Quantités annuelles de lait réfrigéré en hl				
Coût de la réfrigération par hl de lait				

**(a) N'existent pas si la laiterie reste propriétaire des tanks. Dans l'année de leur mise en place prendre les valeurs de ces postes au prorata du nombre de mois d'utilisation.**



**(b) Si la laiterie alloue une somme pour ces différents postes.**

**(c) Primes couvrant les frais mobiles ou les frais fixes.**

**Les coûts réels, comme les coûts prévisionnels, sont contrôlés en tenant compte des modalités de mise en place de la réfrigération. La laiterie enregistre et contrôle tous les frais qu'elle supporte pour la réfrigération : amortissements, intérêt des capitaux, primes de réfrigération, frais d'entretien... Un tableau mensuel permet de suivre les quantités de lait réfrigéré, les coûts totaux et par hectolitre.**

**• Rentabilité prévisionnelle**

**Avant de décider les investissements de réfrigération et de collecte, il convient d'apprécier la rentabilité prévisionnelle :**

$$\text{Rentabilité} = \frac{\text{Gains annuels de l'investissement}}{\text{Montant de l'investissement}}$$

**Il n'est jamais facile de l'estimer avec précision ; elle n'est réellement connue qu'après mise en place des équipements.**

**L'appréciation des gains prévisibles peut être effectuée selon le modèle ci-après :**

**1. - Gains sur les coûts de collecte et de réfrigération**

**soit C.A. = coût actuel de la collecte (en bidons) par hl**

**C.F. = coût futur de la collecte (en vrac) par hl**

**C.R. = coût prévisible de la réfrigération par hl**

**A = gain par hl**

$$\text{C.A.} - \text{C.F.} + \text{C.R.} = \text{A}$$

**Gain total = A.X. nombre d'hectolitres prévus**

## 2. - Gains sur la qualité

Ils sont estimés en tenant compte des pertes annuelles de lait altérés (B) et de l'amélioration de la qualité des produits fabriqués (C). L'amélioration des prix unitaires de ces produits par la quantité annuelle donne le gain

## 3. - Gains sur l'usine

- récupération de tout ou partie de l'ancien atelier de réception pour d'autres usages,
- amélioration de l'organisation du travail de l'entreprise entraînant une meilleure productivité,
- la valeur estimée des gains dûs au nouveau système de collecte.

La somme A + B + C + D donne l'estimation des gains annuels prévisibles. Certains avantages tels que l'intérêt social et humain que trouvent les producteurs dans la réfrigération en vrac et l'intérêt commercial obtenu par une satisfaction accrue de la clientèle ne peuvent être chiffrés mais peuvent intervenir au moment du choix du système de collecte.

- Bilan annuel de la réfrigération et de la collecte en vrac

La laiterie a intérêt à introduire parmi les documents de son tableau de bord une fiche du modèle de celui du tableau 25 qui lui permettra chaque année de comparer aisément les prévisions et les résultats réels :

**Tableau 25** - Réfrigération et collecte - Comparaison entre les prévisions et les résultats obtenus

OPERATIONS	PREVISIONS	RESULTATS
------------	------------	-----------

<b>Tanks en place</b> (par capacité)		
• nombre		
• valeurs		
<b>Camions-citernes en service</b> (par capacité)		
• nombre		
• valeurs		
<b>Contrats avec les producteurs</b>		
• nouveaux		
• rompus		
<b>Harmonisation des zones de collecte</b>		
• cas à régler		
• cas réglé		
• litrage concerné		
<b>Lait collecté dans l'année</b> (hl)		
• ré frigéré		
• non réfrigéré		
<b>Densité de collecte</b>		
• en citernes		
• en bidons		
• moyenne générale		
<b>Coût de la collecte</b>		
• en citernes		
• en bidons		
• moyenne générale		
<b>Coût de la réfrigération par hl</b>		

**Qualité du lait**

• en citernes

• en bidons

