ditions de préparation du yoghourt, ou peut-être dans les propriétés du lait utilisé, pour modifier les résultats obtenus.

Il n'en apparaît pas moins, d'après nos expériences, que le yoghourt demeure une source excellente de phosphore et de calcium, supérieure aux fromages du point de vue quantitatif, et probablement comparable à eux du point de vue qualificatif : nous rappelons en effet que, d'après nos recherches antérieures [4], l'utilisation physiologique du phosphore et du calcium de fromages tels que le Pont-l'Evêque et le Gruyère est moins élevée que celle du phosphore et du calcium du lait.

(Laboratoire de Physiologie de la Nutrition de l'Institut National de la Recherche Agronomique et Société scientifique d'Hygiène alimentaire.)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] H. S. R. DESIKACHAR. et V. SUBRAHMANYAN. *Indian Journal Dairy Science*, 1948, **1**, 123.
- [2] Ch. O. GUILLAUMIN. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1930, **12**, 1269 ; 1932, **14**, 105.
- [3] W. L. M. HOLMAN. *Biochem. Journal*, 1943, **37**, 256.
- [4] L. RANDOIN, C. JOURDAN et J. CAUSERET. *Comptes rendus Acad. Agric.* 1952, **38**, 161 ; 1952, **39**, 602.
- [5] M. E. SCHULTZ. *Compte rendu du XIII^e Congrès Int. Laiterie*, 1953, **3**, 455.
- [6] A. R. SUNDARARAJAN. *Indian Journal Med. Res.*, 1950, **38**, 1.

INFLUENCES RESPECTIVES DE LA PROPRIÉTÉ DES USTENSILES ET DU REFROIDISSEMENT APRÈS LA TRAITE SUR LA QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DU LAIT CRU

par

A. PORTMANN

Station Centrale de Microbiologie et Recherches Laitières
Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, producteurs et professionnels laitiers ont pris conscience de l'extrême importance que présente, en France, l'amélioration de la qualité bactériologique moyenne du lait cru.

Les chiffres du tableau I sont tirés d'une enquête effectuée pendant l'année 1951 et donnent un aperçu de l'état de la qualité bactériologique du lait dans la région parisienne à cette époque.

TABLEAU I
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DU LAIT
RECU DANS DIFFÉRENTES LAITIÈRES DE LA RÉGION PARISIENNE EN 1951

	Moyenne de la température atmosphérique	Nombre de laitières	Nombre d'échantillons de lait examinés	Pourcentage de laits réduisant le bleu de méthylène en		
				moins d'1 heure	entre 1 et 3 heures	plus de 3 heures
Mars	11°	1	423	32	15	53
Mai à septembre	16°3	5	541	40	32	28

On voit que 53% des laits récoltés en mars et 28% seulement des laits récoltés pendant les mois d'été réduisaient le bleu de méthylène en plus de trois heures, c'est-à-dire étaient d'une qualité bactériologique que l'on peut qualifier de satisfaisante.

De gros efforts sont faits actuellement par les laitières pour améliorer la qualité du lait qu'elles reçoivent (primes à la qualité, conseils donnés aux producteurs par les contrôleurs de laiterie), une qualité satisfaisante ne pouvant être obtenue qu'avec le consentement et la participation des producteurs. Ceux-ci disposent de deux moyens pour parvenir au but que l'on se propose, c'est-à-dire l'obtention d'un lait cru de bonne qualité bactériologique : l'un de ces moyens réside dans les soins pris pour la récolte du lait et visant à réduire au minimum la contamination initiale ; l'autre est représenté par le refroidissement rapide du lait afin de ralentir le développement des microorganismes.

Le rôle respectif de ces deux moyens n'est pas, en général, suffisamment apprécié par le producteur ni même souvent par l'industriel laitier, et les méthodes les plus efficaces et les plus économiques pour obtenir un lait de bonne qualité font encore l'objet de discussions.

C'est ainsi que l'on a souvent tendance à surestimer les avantages que présente l'utilisation du froid artificiel en oubliant que la qualité bactériologique du lait dépend avant tout des soins qui sont apportés au moment de sa récolte : le froid n'améliore pas la qualité bactériologique du lait, il ne fait que la conserver.

L'étude qui suit a pour but d'apporter quelques précisions sur les données de ce problème en comparant l'influence du nettoyage et de la stérilisation du matériel laitier à celle du refroidissement après la traite.

Dans cette étude, le refroidissement du lait à la ferme était obtenu par l'utilisation de tourniquets hydrauliques. Ces appareils

que l'on place directement sur les bidons ne nécessitent pas le transvasement du lait et par conséquent, la suppression de cette manipulation diminue les risques de contamination. Ils sont d'un emploi simple, peu coûteux et paraissent les plus susceptibles, actuellement, d'être diffusés dans la pratique [1].

MÉTHODES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DU LAIT

Numération des germes totaux.

Des dilutions convenables du lait à examiner étaient ensemencées en boîtes de Pétri, dans la gélose au lait digéré à la papaïne, les boîtes étaient ensuite incubées à 30° pendant trois jours.

Réduction du bleu de méthylène.

Parmi les différentes techniques proposées, nous avons adopté la suivante :

A 20 cm³ du lait à examiner, mesurés aseptiquement dans un tube stérile de 18 × 180 mm. on ajoute 0 cm³ 5 d'une solution stérile de bleu de méthylène (20 mgr. pour 100 cm³ d'eau). Le tube, bouché avec un bouchon de caoutchouc stérile est porté au bain-marie à 37°, retourné toutes les heures et observé toutes les 5 minutes entre 0 et 15 minutes, puis toutes les 15 minutes entre 15 minutes et 3 heures, puis toutes les heures entre 3 heures et 7 heures pour noter le temps de réduction.

Mesure de la conservation du lait.

Un volume convenable de lait à examiner (habituellement 25 cm³) était mis à incuber dans un bain-marie à 23°. Cette température de 23° a été choisie pour la conservation des échantillons parce que c'est celle qui se rapproche le plus de la moyenne des maxima observés pendant les mois chauds de l'été. Par exemple, pour l'année 1951, dans la région où nous avons effectué nos essais, les températures moyennes atmosphériques sont données dans le tableau II.

TABLEAU II
TEMPÉRATURES ATMOSPHÉRIQUES MOYENNES DURANT L'ÉTÉ 1951

Mois	Températures moyennes	Moyennes des températures maxima
Juin	16°02	19°25
Juillet.....	18°61	25°10
Août	17°79	23°15
Septembre	16°79	22°80

A 23° le lait se trouve donc placé dans des conditions voisines de celles que l'on rencontre dans la pratique. De ce fait, la flore qui se développe est celle qui a également le plus de chances de se développer chez le consommateur, dans la cuisine ou dans l'office où le pot de lait est conservé.

Le point final de la conservation était observé par deux tests : la coagulation à l'ébullition et la précipitation par l'alcool à 68%. Les techniques utilisées pour ces deux épreuves étaient celles indiquées par ROWLANDS et al. [2].

a) Coagulation à l'ébullition.

2 cm³ du lait à examiner étaient versés dans un tube propre (16 × 160 mm.) et portés pendant cinq minutes dans un bain-marie bouillant. On observait la présence ou l'absence de flocons indiquant la coagulation.

b) Coagulation par l'alcool neutre à 68%.

La coagulation du lait était observée après l'addition à 2 cm³ de lait de 2 cm³ d'alcool à 68% additionné de pourpre de bromocrésol. Ce colorant permet de s'assurer d'abord de la neutralité de l'alcool et d'observer ensuite la teinte que prend le lait après mélange avec le réactif.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

I. Etude du refroidissement à l'eau courante par tourniquets hydrauliques

Quatre modèles d'appareils provenant de quatre constructeurs différents ont été étudiés. Ils peuvent en fait se ramener à deux types.

Le *type A* utilise deux circuits de refroidissement : d'une part ruissellement d'eau sur la paroi externe du bidon et d'autre part circulation d'eau dans trois tubes métalliques verticaux plongeant dans le lait contenu dans le bidon, l'eau arrivant par le tube central et sortant par les deux autres tubes. La pression obtenue à la sortie de l'eau est utilisée pour animer ces tubes d'un mouvement de rotation et permet, de ce fait, d'agiter le lait pendant tout le temps du refroidissement.

Le *type B* n'utilise que le refroidissement par ruissellement d'eau sur la surface externe du bidon et agitation du lait par une hélice située à l'extrémité d'une tige placée au centre d'un cylindre mù par l'eau sous pression.

a) Vitesse de refroidissement du lait.

Le tableau III donne les températures du lait obtenues après différents temps de fonctionnement pour les deux types d'appareils.

TABLEAU III
VITESSE DE REFROIDISSEMENT DU LAIT
A L'AIDE DE TOURNIQUETS HYDRAULIQUES

	Type A			Type B
	1 ^{er} essai	2 ^e essai	3 ^e essai	
Température de l'eau à la sortie du robinet	14°	13°	13°5	14°
Température du lait avant re- froidissement	32°5	34°	35°	29°5
Température du lait après 10 minutes de fonctionnement ..	15°5	15°5		19°
Température du lait après 15 minutes de fonctionnement ..	14°5	14°	14°5	17
Température du lait après 20 minutes de fonctionnement ..				16°

Avec les appareils utilisés, le type A permet d'obtenir, après une même durée de fonctionnement, un refroidissement plus accentué que le type B.

b) Consommation d'eau.

Elle a été mesurée avec un appareil du type A. Un bidon contenant 20 litres de lait à 33° était placé sur un support au-dessus d'une bassine de 100 litres destinée à recueillir et mesurer la quantité d'eau traversant l'appareil.

Au cours de cet essai, on a étudié l'influence du débit d'eau, sur la vitesse de refroidissement du lait et la consommation d'eau (tableau IV).

On voit sur la figure 1 que les courbes de consommation d'eau en fonction de la température atteinte pour des débits de 5 et de 7 l. 5 par minute sont très rapprochées. Dans les deux cas, la quantité d'eau nécessaire pour atteindre 15° est d'environ 100 litres. La température finale dépend donc surtout de la quantité d'eau utilisée.

La figure 2 (température atteinte en fonction du temps) montre que la vitesse de refroidissement est liée au débit : pour obtenir la température de 16° dans le lait il faut vingt minutes avec le débit de 5 litres par minute, alors qu'il faut seulement douze minutes environ avec un débit de 7 l. 5 par minute. Toutefois, le débit ne peut varier que dans des limites étroites : en effet, si le débit est

TABEAU IV
VITESSE DE REFROIDISSEMENT ET CONSOMMATION D'EAU

Durée d'utilisation de l'appareil	<i>Expérience I</i> Débit de 5 litres d'eau par minute		<i>Expérience II</i> Débit de 7 l. 5 d'eau par minute	
	Température du lait du bidon	Quantité d'eau utilisée par l'appareil (en litres)	Température du lait du bidon	Quantité d'eau utilisée par l'appareil (en litres)
Début de l'expérience	33°	0	33°	0
5 minutes	24°	25	20°5	37,5
10 minutes	20°	50	17°	75
15 minutes	17°5	75	15°	112,5
20 minutes	16°	100		

La température de l'eau à son entrée dans l'appareil était de 14°.

Fig. 1

Fig. 2

Refroidissement du lait par des appareils utilisant l'eau courante.

trop faible, la pression d'eau n'est pas suffisante pour faire tourner l'hélice, et si le débit est trop fort, l'eau est mal utilisée en raison de sa mauvaise répartition sur la paroi externe du bidon au cours du ruissellement.

II. Influence du refroidissement sur la qualité bactériologique du lait

A. Refroidissement à 14° et maintien ultérieur à la température atmosphérique.

Dans une première série d'essais, la qualité bactériologique du lait refroidi après la traite a été comparée à celle du lait non refroidi.

Pour cela le lait était récolté dans les conditions habituelles de traite, puis le contenu des bidons était mélangé dans une bassine stérile et enfin redistribué dans des bidons stériles. Aussitôt après la répartition en bidons, le lait était refroidi à 14°, à 15° ou à 16°, sauf celui d'un bidon conservé comme témoin. Le bidon de lait témoin et les bidons de lait refroidi aux diverses températures étaient abandonnés ensuite à la température atmosphérique jusqu'au lendemain (tableau V).

Le lait de la traite du soir, non refroidi et ramassé le lendemain après 17 heures de conservation à la température atmosphérique, coagulait à l'ébullition et était impropre à la pasteurisation; sa qualité bactériologique était très mauvaise (de 35 à plus de 100 millions de germes par centimètre cube).

Le même lait, de qualité bactériologique initiale semblable, refroidi à 14 ou 15° immédiatement après la traite, et conservé dans les mêmes conditions, ne coagulait à l'ébullition qu'après des temps s'échelonnant, pour les différents essais, entre 5 et 16 heures d'incubation à 23°. Le nombre de germes par centimètre cube était de 2 à 3 millions dans le deuxième essai et de 250.000 à 800.000 dans le troisième essai. La différence observée entre le lait refroidi et non refroidi est donc très significative.

B. Refroidissement à 15°, 17° et 20° et maintien à cette température jusqu'au lendemain.

Si le refroidissement à 15° permet d'augmenter la durée de conservation du lait il n'est pas toujours possible d'atteindre cette température avec les tourniquets hydrauliques, l'eau utilisée à la ferme étant parfois à une température trop élevée pour cela.

Dans les essais suivants on a étudié l'influence du refroidissement à une température égale ou supérieure à 15°, le lait étant ensuite maintenu à la température atteinte au moment de l'opération de refroidissement jusqu'au lendemain à 13 h. 30.

Lors des deux essais suivants, le lait de la traite du soir était mélangé dans une bassine stérile de 100 litres, puis réparti dans des bidons stériles.

Essais n° 1 : Le lait réparti dans trois bidons était refroidi à 15° dans le premier bidon, à 17° dans le deuxième et à 20° dans le

TABLEAU V

QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DU LAIT REFROIDI ET NON REFROIDI

	Température du lait				Qualité bactériologique du lait, 16 à 17 heures après la traite			
	Aussitôt après la traite	Aussitôt après refroi- dissement	2 heures après la traite	16 heures après la traite	Nombre de germes par cm ³ (milliers)	Temps de réduc- tion du bleu de méthylène	Durée de conservation à 23° avant coagulation	
							par l'alcool	par l'ébullition
Essai n° 1	32°5	32°5	32°5	22°		0		0
	33°5	14°	14°	18°		4		16 h.
	34°5	15°	15°	17°		4 h.		16 h.
Essai n° 2	34°5	34°5		17°	> 100.000	0	0	0
	34°	14°		15°5	2.080	1 h.	8 h.	9 h.
	34°	15°		16°	3.030	1 h.	7 h.	9 h.
Essai n° 3	32°	32°	28°	19°	35.000	0 h. 05	0	0
	32°	14°	17°	17°5	800	1 h.	5 h.	> 5 h.
	25°	16°	17°	17°5	300	0 h. 45	5 h.	> 5 h.
	29°5	16°	17°	17°5	250	0 h. 45	5 h.	> 5 h.

troisième, puis maintenu à ces températures jusqu'au lendemain.

Essais n° 2 : Le lait était réparti dans deux bidons. Dans le premier, il était refroidi à 15°, puis conservé à cette température jusqu'au lendemain. Le deuxième bidon était mis dans une salle dont la température était de 6° pendant 16 h. 30, puis dans une salle à 20°5 pendant 2 h. 30, la température du lait était enregistrée pendant toute la durée du refroidissement (tableau VI).

Dans le tableau VI, on voit que pour le lait de l'essai n° 1, dont la contamination initiale était très importante (3,5 millions de germes par centimètre cube), le refroidissement immédiat à 15° et la conservation à cette température pendant 19 h. 30 étaient tout juste suffisants pour que le lait puisse supporter sans coaguler le chauffage nécessaire à la pasteurisation. Le refroidissement à 17° et 20° et la conservation à cette température s'avéraient par contre nettement insuffisants (105 à 300 millions de germes par centimètre cube).

Le lait de l'essai n° 2 avait une contamination initiale moins importante (200.000 germes au centimètre cube) ; le refroidissement à 15° et la conservation à la même température pendant 20 heures permettaient d'obtenir du lait ayant une qualité bactériologique meilleure que dans le premier cas (4 millions de germes par centimètre cube). La partie du lait du deuxième essai qui, après la traite, était mise dans une salle dont la température était maintenue à 6° pendant 16 h. 30 et 20°5 pendant 2 h. 30 était, après cette conservation, d'une qualité bactériologique ne lui permettant pas de supporter la température de pasteurisation sans coaguler (50 millions de germes par centimètre cube et 21° Dornic).

En observant la courbe de refroidissement en fonction du temps pour le lait maintenu dans ces dernières conditions (fig. 3), on note qu'il a fallu 7 heures pour que la température s'abaisse de 33°5 à 16° et qu'après 5 h. 30, la température du lait était encore de 20°.

C. *Refroidissement immédiat et différé.*

A la traite du soir (16 h. 30), 80 litres de lait étaient traités en 20 minutes, immédiatement mélangés dans une bassine stérile et répartis dans quatre bidons stériles. Le lait d'un premier bidon était refroidi immédiatement, le second bidon était refroidi 1 heure après la traite, les troisième et quatrième bidons respectivement 2 heures et 3 heures après la traite. Le refroidissement terminé, les bidons étaient abandonnés à la température du laboratoire (23°) jusqu'au lendemain à 11 h. 30, au moment où était effectué le prélèvement des échantillons destinés à l'analyse (tableau VII).

TABEAU VI
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DU LAIT REFROIDI AUSSITOT APRÈS LA TRAITE
A UNE TEMPÉRATURE ÉGALE OU SUPÉRIEURE A 15°

	Lait	Temps de réduction du bleu de méthylène	Durée de conservation à 23° avant de coaguler par		Nombre de germes par cm ³ (milliers)	Acidité (degrés Dornic)
			l'alcool	l'ébullition		
Essai n° 1	Prélevé dans la bassin de mélange .	2 h. 45	7 h.	10 h. 30	3.500	
	Refroidi à 15° .	entre 0 h. 15 et 0 h. 30	0 h. 30	2 h. 45	10.000	19,5
	puis maintenu à 17° .	entre 0 h. 10 et 0 h. 15	0 h.	0 h. 45	105.000	23
	pendant 19 h. 30 à 20° .	0 h.	0 h.	0 h.	300.000	35
Essai n° 2	Prélevé dans la bassin de mélange ..	3 h.	10 h. 30	13 h. 30	200	17
	Refroidi à 15° pendant 20 h.	0 h. 15	1 h.	3 h. 30	4.000	18,5
	Conservé dans une salle à 6° pendant 16 h. 30 puis à 2°5 pendant 2 h. 30 ..	entre 0 h. 10 et 0 h. 15	0	2 h. 30	50.000	21

Fig. 3

Evolution de la température du lait contenu dans un bidon placé dans une salle à 6°.

Les refroidissements effectués immédiatement ou 1 heure après la traite permettent d'obtenir une qualité bactériologique sensiblement identique après 19 heures de conservation (27,5 et 33 millions de germes par centimètre cube). Par contre, les délais de 2 heures et de 3 heures séparant le moment de la traite du refroidissement ont pour conséquence une augmentation notable du nombre de germes (60 et 95 millions par centimètre cube).

Ces résultats, qui montrent la nécessité de refroidir le lait le plus tôt possible après la traite, indiquent également que si le lait est fortementensemencé dès sa récolte (300.000 germes par centimètre cube dans l'expérience) le refroidissement à 15° est tout juste suffisant pour obtenir une durée de conservation acceptable.

III. Influence de la propreté de la vaisselle laitière

Les résultats précédents indiquent déjà que le problème de l'obtention d'un lait peu contaminé dès la traite, reste de la plus grande importance. Or, on sait que la source principale de conta-

TABEAU VII
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DU LAIT REFROIDI IMMÉDIATEMENT
ET 1 HEURE, 2 HEURES ET 3 HEURES APRÈS LA TRAITE

Echantillon du lait		Nombre de germes par cm ³ (milliers)	Durée de conservation à 23° avant coagulation par		Acidité (degrés Dornic)
			l'alcool	l'ébullition	
Prélevé dans la bassine de mélange		300	12 h.	15 h. 30	
Refroidi à 15° puis conservé à la température du laboratoire à partir du refroi- dissement jus- qu'au lendemain	Refroidi immédiatement après la traite	27.500	0	3	21
	Refroidi 1 heure après la traite	33.000	0	2	22,5
	Refroidi 2 heures après la traite	60.000	0	1 h. 30	24
	Refroidi 3 heures après la traite	95.000	0	0	26,5

mination provient d'un nettoyage insuffisant de la vaisselle laitière.

Les expériences précédentes ont été effectuées avec le lait obtenu dans les récipients de l'exploitation agricole où avaient lieu nos essais, et sans précautions spéciales pour le nettoyage. Dans la partie qui suit, nous avons comparé l'efficacité du refroidissement sur du lait trait dans du matériel nettoyé avec soin d'une part, et, d'autre part, sur du lait trait dans du matériel nettoyé de façon sommaire, suivant la méthode habituellement utilisée à la ferme où avaient lieu les essais.

Cette ferme située dans le département de l'Yonne représentait assez bien la moyenne des exploitations de la région. La traite était effectuée par le vacher attaché à l'exploitation.

Pour nos essais, nous avons procédé de la façon suivante. Une partie du lait était reçue dans des seaux à traire, filtres et bidons nettoyés à la brosse et à l'eau chaude contenant des cristaux de soude puis, avant la traite, rincé avec de l'eau légèrement javellisée. Une deuxième partie était traite dans des seaux, filtres et bidons nettoyés par le personnel de l'exploitation comme cela se faisait d'habitude, par rinçage à l'eau froide et égouttage.

Les résultats indiqués dans le tableau VIII montrent que dans tous les cas où le lait a été trait dans du matériel soigneusement nettoyé et stérilisé, la qualité bactériologique était suffisamment

TABLEAU VIII

ACTION COMPARÉE DU REFROIDISSEMENT ET DE LA PROPRIÉTÉ DU LAIT SUR LA QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

	Nombre de germes initial	Qualité bactériologique du lait, 16 à 18 heures après la traite				
		Nombre de germes par cm ³	Temps de réduction du bleu de méthylène	Durée de conservation à 23° avant de coaguler par		Acidité (degrés Dornic)
				l'alcool	l'ébullition ,	
<i>Lait propre</i> (a)	1.200					
Refroidi à 15° . . . (c)		3.000	entre 4 h. et 4 h. 30	24 h.	24 h.	18
Non refroidi (e)		4.200.000	0 h. 10	1 h. 30	3 h.	21,5
<i>Lait sale</i> (b)	55.000					
Refroidi à 15° .. (c)		680.000	0 h. 15	2 h.	3 h.	21,5
Non refroidi (e)		13.000.000	0	0	0	62
<i>Lait propre</i> (a)	800					
Refroidi à 15° (c)		6.000	entre 5 h. et 5 h. 30	plus de 24 h.	plus de 24 h.	18
Non refroidi (e)		9.000.000	0 h. 10	5 h.	9 h .30	18,5

<i>Lait sale</i> (b)	80.000					
Refroidi à 15° . . . (c)		1.200.000	0 h. 45	3 h.	entre 5 h. et 9 h. 30	19
Non refroidi (e)		29.000.000	0	0	0	59
<hr/>						
<i>Lait propre</i> (a)	3.000					
Refroidi à 17° . . . (c)		7.500		20 h. 30	22 h.	
Refroidi à 17° . . . (d)		2.700		28 h. 30	31 h. 30	
<hr/>						
<i>Lait sale</i> (b)	600.000					
Refroidi à 17° . . . (c)		40.000.000		1 h. 45	3 h. 30	
Refroidi à 17° . . . (d)		3.000.000		4 h. 30	7 h. 30	

a) Lait propre : lait reçu dans des ustensiles de laiterie soigneusement nettoyés et stérilisés.

b) Lait sale : lait reçu dans des ustensiles ayant été nettoyés suivant l'habitude de l'exploitation.

c) Lait refroidi à 15° ou 17° immédiatement après la traite et conservé à la température atmosphérique pendant 16 à 18 heures

d) Lait refroidi à 17° immédiatement après la traite et maintenu à 15° pendant 18 heures.

e) Lait non refroidi et conservé à la température atmosphérique pendant 16 à 18 heures.

améliorée pour que le lait soit susceptible d'être pasteurisé le lendemain, sans même avoir été refroidi après la traite : ce lait après avoir été maintenu 16 à 18 heures à la température atmosphérique possédait encore une durée de conservation de 1 h. 20 à 5 heures. Le refroidissement à 15° du lait trait dans des ustensiles nettoyés sommairement, permettait de parvenir à un résultat sensiblement identique, mais ce même refroidissement prolongeait jusqu'à 24 heures la durée de conservation du lait trait dans du matériel soigneusement nettoyé.

Le lait trait dans des ustensiles nettoyés sommairement et non refroidi était, le lendemain, caillé dans le bidon.

IV. Refroidissement faisant appel au froid artificiel

Plus la température du lait est abaissée et plus longtemps il se conserve. Toutefois, afin de ne pas descendre à une température inutilement basse, ce qui nécessiterait une dépense d'énergie excessive, il faut pouvoir déterminer la température maxima compatible avec une bonne conservation et étudier les différents procédés qui permettent d'y parvenir. L'essai suivant a eu pour but d'étudier ce problème (1).

Huit méthodes de refroidissement faisant appel au froid artificiel et quatre méthodes utilisant l'eau courante à température de 13-15° ont été expérimentées ; 300 litres de lait traits entre 17 et 19 heures ont été mélangés dans un bac stérilisé et répartis dans treize bidons préalablement stérilisés.

Le lait utilisé provenait de quatre fermes différentes choisies de façon à représenter la moyenne des exploitations de la région.

Les caractéristiques de la journée au point de vue météorologique étaient les suivantes :

Température atmosphérique moyenne	17°6
Température maxima	24°9

La qualité bactériologique, qui correspondait à celle que l'on observe souvent pendant les jours chauds, était très mauvaise : 1 million de germes au centimètre cube, 2 heures environ après la traite, au moment où le lait était rassemblé à la laiterie.

Les méthodes de refroidissement utilisées étaient les suivantes :

a) Aspersión continue d'eau glacée alimentant un tourniquet hydraulique ;

(1) Cet essai a été effectué sous la direction de *M. Mocquot* et avec la collaboration de *M. Lesseur*, Directeur de la Laiterie Coopérative de La Roche-Brienon et de *M. Lablanchy*, de la Laiterie Coopérative d'Auxerre. Les courbes de refroidissement ont déjà fait l'objet d'une publication par *M. Lablanchy* [3].

b) Bidon plongeant dans de l'eau glacée brassée par un agitateur ;

c) Courant d'air froid ; le bidon était placé dans un petit tunnel installé dans une chambre frigorifique, un ventilateur soufflait de l'air réfrigéré à une extrémité du tunnel, le lait lui-même était agité, à l'intérieur du bidon, au moyen de l'hélice d'un tourniquet hydraulique entraîné par un petit moteur hydraulique ;

d) Courant d'air froid, même principe que ci-dessus, mais sans agitation du lait ;

e) Bidon plongeant dans de l'eau glacée sans agitation ;

f) Tourniquet hydraulique, aspersion d'eau à 14° jusqu'à abaissement de la température du lait à 16°, bidon placé ensuite dans un local à 0° ;

g) Tourniquet hydraulique, aspersion d'eau à 14° jusqu'à abaissement de la température du lait à 15°4, bidon placé ensuite dans un local à 12° ;

h) Bidon placé dans un local à 0° ;

i) Tourniquet hydraulique, aspersion d'eau glacée jusqu'à abaissement de la température du lait à 1°4, bidon placé ensuite dans un local à 25° ;

j) Tourniquet hydraulique, aspersion d'eau à 14° jusqu'à abaissement de la température du lait à 16°4, bidon placé ensuite dans une bassine contenant de l'eau à 14-15° ;

k) Tourniquet hydraulique, aspersion d'eau à 14° jusqu'au moment du prélèvement des échantillons ;

l) Tourniquet hydraulique, aspersion d'eau à 14° jusqu'à abaissement de la température du lait à 15°4, bidon placé ensuite dans un local à 25° ;

m) Bidon témoin non refroidi et porté dans un local à 25° dès le début de l'essai.

L'examen du tableau IX montre que six méthodes (*a* à *f*), nécessitant toutes un apport de froid artificiel, ont donné des résultats qui, compte tenu de la mauvaise qualité bactériologique initiale du lait, peuvent être considérés comme satisfaisants.

Les six autres méthodes (*g* à *m*) bien que nécessitant l'une un local à 0° (*h*) et l'autre de l'eau glacée (*i*) sont insuffisantes.

Cette classification des méthodes n'a qu'une valeur de comparaison : si au lieu d'un lait contenant 1 million de germes par centimètre cube nous avions eu à notre disposition un lait moins contaminé certains des procédés reconnus comme insuffisants seraient devenus acceptables.

TABLEAU IX
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE D'UN LAIT REFROIDI PAR DIFFÉRENTES MÉTHODES

	Durée de conservation à 23° avant coagulation à l'ébullition	Nombre de germes par cm ³	Acidité (degrés Dornic)
Lait du bac avant la répartition en bidons	9 h. 00	1.000.000	
Lait soumis à différentes méthodes de refroidissement	(Echantillons prélevés 13 h. 30 après la répartition en bidons)		(Echantillons prélevés 17 h. 30 après la répartition en bidons)
a) Aspersión continue d'eau glacée	8 h. 30	1.000.000	19
b) Bidon plongé dans l'eau glacée agitée	8 h. 30	1.200.000	18,5
c) Courant d'air froid, lait agité	7 h. 00	1.100.000	19
d) Courant d'air froid, lait non agité ...	6 h. 30	1.200.000	19
e) Bidon plongé dans l'eau glacée non agitée	6 h. 30	1.000.000	18,5
f) Aspersión d'eau à 14° puis local à 0° .	5 h. 00	1.000.000	18,5
g) Aspersión d'eau à 14° puis local à 12°	2 h. 30	1.300.000	21,5
h) Local à 0°	2 h. 30	5.400.000	22
i) Aspersión d'eau glacée puis local à 25°	1 h. 30	5.800.000	27
j) Aspersión d'eau à 14° puis immersion dans l'eau à 14-15°	1 h. 00	17.000.000	28
k) Aspersión continue d'eau à 14°	1 h. 00		26,5
l) Aspersión d'eau à 14° puis local à 25°	0 h. 00	21.000.000	40
m) Témoin à 25°	coagulé au moment du prélèvement des échantillons		76

CONCLUSION

On sait qu'en abaissant la température du lait aux environs de 0°, on prolonge sa durée de conservation. Toutefois, l'action du froid se borne à arrêter le développement microbien, mais ne modifie pas la qualité bactériologique initiale du lait.

On obtient le maximum d'efficacité avec le minimum de frais en refroidissant le lait à une température moyennement basse, à laquelle le développement bactérien n'est que ralenti, à condition d'avoir soin d'éviter au maximum les contaminations au moment de la traite.

Il est difficile de préconiser une température de refroidissement optima : celle-ci devra varier en fonction de la qualité bactériologique initiale du lait et en fonction de la qualité bactériologique « finale » que l'on se propose d'obtenir au moment où le lait arrive à la laiterie : moins le lait sera pollué au moment de la récolte, moins il sera nécessaire d'abaisser sa température au-dessous de 15°.

Si l'effort se porte sur le nettoyage de la vaisselle laitière — et bien entendu sur la propreté de l'étable — la qualité bactériologique du lait sera suffisamment améliorée pour que l'utilisation d'un refroidissement modéré (environ 15°), effectué aussitôt après la traite, permette de maintenir cette qualité dans des limites acceptables, surtout si les bidons de lait sont ensuite entreposés dans une pièce fraîche ou le long d'un mur situé au nord, à l'abri du soleil jusqu'au passage du ramasseur.

En effet, comme le montre le tableau VIII, le lait traité dans du matériel soigneusement nettoyé contient dès la traite, 50 à 200 fois moins de germes que le lait traité sans précautions spéciales de propreté. Le refroidissement, suivi d'une conservation pendant 15 à 18 heures à la température atmosphérique, accentue encore cette différence entre les deux sortes de laits : le lait récolté proprement renfermant 200 à 5.000 fois moins de germes que l'autre.

Le refroidissement modéré du lait peut être obtenu par l'emploi du tourniquet hydraulique qui, suivant les possibilités apportées par l'installation d'eau à la ferme, abaisse la température du lait de 33 à 15° en 15 à 20 minutes, la consommation d'eau restant sensiblement la même quel que soit le débit. Cette eau peut ultérieurement être utilisée pour abreuver les animaux, si l'on a pris soin de la recueillir dans un réservoir convenablement placé.

Tant que le lait produit à la ferme ne sera pas, aussitôt après la récolte, de bonne qualité bactériologique, les procédés de refroidissement à utiliser en vue d'obtenir pour ce lait une durée de conservation acceptable devront faire appel au froid artificiel : aspersion continue d'eau glacée en circuit fermé ou bidons placés

dans de l'eau glacée agitée, ces opérations devant s'effectuer dès que possible après la traite ; l'utilisation d'armoires frigorifiques à 2 ou 3° dans lesquelles les bidons sont entreposés est insuffisante si la température du lait n'a pas été préalablement abaissée à 15° dans les deux heures qui suivent la traite.

Ces procédés peuvent se concevoir dans l'installation de centres groupant le lait de tous les producteurs d'une commune mais leur application est plus difficile dans les fermes peu importantes.

Le producteur ignore très souvent que le lait qu'il récolte, sauf lorsque celui-ci coagule dans les bidons, ne présente pas une qualité bactériologique suffisante. Il ne sait pas non plus que les soins apportés au nettoyage de la vaisselle laitière ont une aussi grande importance.

Il apparaît nécessaire, d'une part de le renseigner à ce sujet — et ceci peut être fait très efficacement par des moniteurs envoyés par les laiteries — d'autre part d'attribuer une prime aux producteurs livrant du lait de très bonne qualité bactériologique, ce qui se traduit par un effet certain d'encouragement. Plusieurs usines se sont déjà engagées dans cette voie avec succès.

A la suite de trois concours de propreté du lait, effectués dans l'Yonne, en 1950-1951-1952 [4], il a été démontré que la classification des producteurs suivant la qualité bactériologique du lait livré était facile et pouvait se faire, par exemple, en utilisant des tests simples traduisant fidèlement la contamination initiale, tel que celui de la coagulation par l'alcool après incubation du lait à 23°.

On peut espérer que dans les régions où l'on réussira à établir entre les producteurs et les usines de transformation cette coopération efficace une amélioration sensible de la qualité bactériologique du lait sera obtenue.

(Nous exprimons notre profonde reconnaissance à M. Mocquot qui, en dirigeant notre travail, nous a permis de le mener à bien.)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] F. Dané. *Bull. Techn. Inform. Min. Agr.* 1951, **64**, p. 587.
- [2] A. Rowlands, H. Barkworth, Z. Hosking et O. Kempthorne. *Journal Dairy Res.*, 1950, **17**, p. 159.
- [3] A. Lablanchy. *Rev. prat. Froid*, avril 1954.
- [4] G. Mocquot, J. Michet, R. Bigorre et A. Portmann. *Bull. Techn. Inform. Min. Agr.* 1953, **77**, p. 201.