ÉTUDE DES RÉSULTATS DE L'ACTION DE LA CHALEUR SUR DU LAIT CONTAMINÉ PAR DES MYCOBACTÉRIES PATHOGÈNES (1)

(Etude du résultat de la pasteurisation)

par

J. DESBORDES et B. NINARD

Position de la question

La stérilisation, qui seule pourrait donner une sécurité totale automatique, consiste en un chauffage du lait pendant 20 à 30 minutes à une température de 110 à 120° C (2) et conduit à un lait très différent du lait naturel ayant un goût de « cuit » peu apprécié. Ce procédé de chauffage ne pose pas de problèmes au point de vue bactériologique qui nous occupe. Il n'est donc pas étudié dans le présent rapport.

On sait que le procédé utilisé couramment qui s'appelle la pasteurisation, consiste à chauffer le lait, grâce à un appareillage particulier, à une température adéquate pendant un temps donné, le plus bref possible, afin de modifier au minimum les qualités organoleptiques du lait.

On distingue dans le commerce du lait, deux sortes de pasteurisation :

— L'une qui nécessite un chauffage à 63° pendant 30 minutes (pasteurisation basse) ;

— L'autre rapide, avec un chauffage entre 80 et 90° pendant quelques secondes (pasteurisation haute).

■ D'après les renseignements recueillis par nous et nos collaborateurs, on pratique dans l'industrie laitière française, la pasteurisation haute, mais ne dépassant pratiquement pas 85°. Les instructions *théoriques* sont très strictes, pendant toute la durée de l'opération, la température ne doit pas s'abaisser en *quelque point que ce soit de la masse du lait*, au-dessous du minimum requis

(1) Travail du Laboratoire National de la Santé publique, Section de microbiologie (25, boulevard Saint-Jacques, Paris), J. DESBORDES, directeur, et B. NINARD, chef de section, à la section de Microbiologie du laboratoire. *Rev. Hyg. et Méd. soc.*, 1965, t. 13, n° 6, 509.

(2) Des procédés plus récents comportent un chauffage de 145° C environ pendant 2 sec. 4 (N.H.T.).

par le procédé adopté pour la machine utilisée dans l'atelier considéré. Les appareils doivent être munis d'enregistreurs de température. Les industriels paraissent très soucieux d'évoluer entre deux risques : d'une part, il faut que la température retenue soit suffisante pour détruire tous les germes pathogènes, ce qui est évident ; d'autre part, il ne faut pas que les températures soient trop élevées afin d'éviter les altérations des protéines et des sucres qui modifieraient le goût ainsi que la teneur en vitamines. Cette question de goût paraît jouer un rôle dans la concurrence, ce qui entraîne beaucoup de subtilité dans la détermination de la température adéquate.

Pour terminer l'opération, le lait doit être rapidement refroidi en tous ses points, à une température inférieure à $+6^{\circ}$.

Le contrôle à *posteriori* de ces manipulations se pratique sur le lait pasteurisé. Il est basé sur le fait que certains enzymes du lait sont détruits à la chaleur de pasteurisation. Si on les retrouve après ces opérations, c'est que celle-ci n'a pas été menée à la température voulue et les germes pathogènes ne sont vraisemblablement pas détruits. Si les enzymes ont disparu, il est admis que la pasteurisation a été bien conduite (épreuves de la phosphatase et de la peroxydase).

Des études théoriques, *menées dans le monde entier* (principalement au Danemark, en Angleterre, aux U.S.A.) ont souligné le bien-fondé du procédé et la littérature est particulièrement abondante sur ce sujet. On en retire la conviction qu'aux seules conditions impératives suivantes, la pasteurisation est valable et conduit à un lait exempt des germes pathogènes courants (y compris le bacille de Koch), *à la sortie de l'atelier de traitement*.

Les conditions de réussite sont :

a) Les laits crus doivent être « propres » et de bonne qualité bactériologique ;

b) Les conditions de *température* et de *durée* imposées pour la machine doivent être *scrupuleusement* observées ;

c) La machine doit pouvoir être nettoyée facilement.

Telles sont les données du problème sur le plan théorique.

Sur le plan pratique, des discussions se sont élevées sur quelques points de la validité du procédé.

a) Il aurait été trouvé, en circulation commerciale, des laits dits « pasteurisés », contenant cependant des germes pathogènes ;

b) En ce qui concerne plus particulièrement le bacille tuberculeux, des expériences révèlent que les températures nécessaires pour tuer *certaines* mycobactéries pathogènes placées volontairement dans du lait, dépassent largement les températures retenues pour la pasteurisation.

Protocole expérimental

Il paraissait donc nécessaire de vérifier si les procédés de pasteurisation utilisés en France, étaient susceptibles de garantir ou non la destruction du bacille de Koch présent dans du lait.

En fait, de nombreux auteurs avaient déjà étudié ce problème avant nous et là encore, les résultats publiés sont extrêmement nombreux. Les conclusions sont unanimes. La pasteurisation *bien conduite* tue le bacille tuberculeux à tout coup.

Dans ces conditions, il nous a semblé intéressant d'étudier la question par des voies nouvelles et relativement peu explorées. C'est ainsi qu'à notre connaissance, les essais relatifs aux bacilles de Koch étaient le plus souvent menés avec du lait auquel on ajoutait des mycobactéries.

Nous avons donc pensé à reprendre ce problème en traitant non pas du lait artificiellement contaminé, mais du lait provenant d'une vache tuberculeuse.

Par ailleurs, d'après ce qui vient d'être exposé, deux points étaient à considérer :

— Rôle de la pasteurisation faite dans des appareils « type industriel » dans la destruction du bacille de Koch ;

— Rôle de la chaleur sur du lait avec bacille tuberculeux, traité en dehors desdits appareils.

Le présent rapport est uniquement relatif au premier problème, mais l'autre question reste inscrite à notre programme de recherches.

Matériels et méthodes utilisés

A) Appareil à pasteuriser.

Il a été utilisé pour cette expérimentation un appareil construit spécialement au laboratoire. Cet appareil reproduit aussi parfaitement que possible les conditions de pasteurisation utilisées dans les ateliers laitiers :

a) Il est réglé pour débiter 1 litre en 100 secondes, la *vérification étant effectuée chaque fois au début et à la fin de toute expérience* ;

b) Le lait traverse des conduits chauffés à l'extérieur, puis séjourne dans des chambreurs, dont le volume est adapté au temps de passage nécessaire pour porter le liquide circulant à une *température donnée pendant un temps donné* ;

c) On utilise pour notre appareil, divers chambreurs dont le volume correspond respectivement à 2 secondes, 5 secondes, 10 secondes, 20 secondes et 30 secondes. Le débit étant continu,

il était indispensable de faire les prélèvements lorsque la *température était stabilisée* dans le chambreur et que l'écart de température à l'entrée et à la sortie du chambreur était *minimum* (1). Nous avons utilisé pour cela des thermomètres particulièrement *sensibles* à indication pratiquement *instantanée* ;

d) L'appareil est muni très classiquement, d'un système de refroidissement à l'eau.

Entre chaque pasteurisation, l'appareil est rincé à l'eau à 90° pendant 30 minutes. Bien entendu, on arrête tout le système réfrigérant, y compris le courant d'eau. On poursuit le nettoyage avec une solution de carbonate de soude à 3 p. 1000 et de phosphate trisodique à 1 p. 1000. Finalement, on rince à l'eau distillée physiologique. Un lavage supplémentaire par mesure de sécurité, suivant la même technique est effectué avant chaque pasteurisation.

L'eau de rinçage au soluté physiologique est périodiquement l'objet d'inoculation de contrôle au cobaye.

B) *L'origine du lait tuberculeux.*

Grâce au concours des services du ministère de l'Agriculture, particulièrement à ceux de *M. Gasse*, chef du Service vétérinaire au ministère, de *M. le docteur Camy*, adjoint au directeur du Service vétérinaire départemental de Seine-et-Oise, de *M. le professeur Thieulin*, directeur du Service vétérinaire du département de la Seine et du *docteur Lucas*, chef du Laboratoire de Recherches vétérinaires à Alfort, nous avons pu nous procurer une vache tuberculeuse qui a fourni du lait contaminé de août 1961 à décembre 1962.

Il s'agissait d'une vache examinée en août 1961, en parfait état apparent : 9 ans, pesant 580 kg, originaire de Bonnelle en Seine-et-Oise « Féconde II 182 », atteinte d'une mammite mixte tuberculeuse et streptococcique dont le lait présentait des bacilles acido-alcloolo-résistants pathogènes à raison de 3 à 4 par champ. On trouvera en annexe au présent rapport, les documents biologiques du diagnostic. Cet animal fut hébergé au Laboratoire central de Recherche vétérinaire à Alfort (service du *docteur Lucas*). La traite fut assurée sur place deux fois par jour. Au début, elle donnait 8 à 10 litres environ par jour, mais le débit se tarit peu à peu et du reste de plus en plus rapidement. Chaque traite fut vérifiée bactériologiquement et l'on nota tout le temps de l'expérimentation des bacilles A.A.R. à l'examen direct.

Chaque jour, le lait était transporté rapidement en bidon, du laboratoire d'Alfort au laboratoire national de la Santé publique.

(1) En fait, la température est constante (pas d'écart).

C) *Le lait.*

1) Le lait utilisé au laboratoire était incontestablement contaminé. On y décelait des germes A.A.R. libres, des cellules bourrées de bacilles de Koch et des agglomérations cellulaires (épithéliaux notamment) constituant des grumeaux englobant des germes identiques. Ce lait injecté au cobaye entraînait chaque fois une tuberculisation de l'animal. De plus, il était vraisemblablement très riche en protéines coagulables par la chaleur (1).

2) Des expériences ont été faites avec du lait non filtré et avec du lait filtré. Toutefois, vu les inconvénients de l'usage du lait brut non filtré (coagulation (2) dans les tubulures de l'appareil entraînant l'obligation d'un démontage et d'un nettoyage complet), les essais avec ce type de lait ont été limités à la zone de température critique, c'est-à-dire celle où nous avons constaté la limite d'action de la pasteurisation.

3) Lorsqu'on utilisait la filtration, c'est-à-dire le cas général, le lait était soigneusement filtré avant l'emploi de façon à ne pas contenir de grumeaux. Nous avons utilisé quatre épaisseurs de gaze et une couche de papier Chardin (3).

Techniques mises en œuvre.

a) **Pasteurisation :** 1) Nous avons travaillé en *pasteurisation* 30 minutes, dite *basse*, en utilisant une méthode très simple. Le lait *filtré*, comme il est dit ci-dessus, a été réparti en flacons de lait du commerce en verre épais stérilisé au préalable. Ces flacons ont été portés au bain-marie à 63° et maintenus 30 minutes (température du lait vérifiée 63° pendant 30 minutes) ;

2) *En pasteurisation continue, rapide* dite *haute*, nous avons travaillé avec l'appareil décrit plus haut, dans les conditions suivantes : temps à toutes températures : 2 secondes, 5, 10, 20 et 30 secondes, soit 5 durées différentes.

Température : 60°, 62°, 63°, 64°, 65°, 66°, 67°, 68°, 70°, 72°, 74° et 76°.

(1) Nous n'avons pas procédé aux analyses chimiques de ce lait. Cependant, on trouve dans la littérature des résultats d'analyses de lait provenant de vaches atteintes de mammite tuberculeuse qui corroborent cette hypothèse.

(2) Cette coagulation est, sans nul doute, due à la composition chimique du lait de mammite tuberculeuse et non à une altération banale de lait « tourné ». D'après les constatations analytiques de M. Lucas, le pH à l'émission était de 6,5 à 7 entre le 5 juin 1961 et le 13 avril 1962 ; dans nos essais, la température du lait au moment de l'expérience était de + 15°.

(3) Ce lait filtré était toujours bacillifère comme l'a prouvé chaque fois la tuberculisation des cobayes.

Ces limites ont été retenues après avoir observé qu'au-dessous, les germes n'étaient jamais détruits et qu'au-dessus, ils étaient toujours tués, tout au moins dans nos conditions expérimentales.

Le lait passe dans l'appareil à une vitesse constante et réglée uniformément (1 litre/100 secondes) dans les différents chambreurs selon le degré de pasteurisation désiré.

On utilise à chaque essai 100 ml de lait. Les expériences ont été répétées un nombre de fois compatible avec le peu de lait dont nous disposons, en faisant observer que le lait allait en se raréfiant de plus en plus, au fur et à mesure de l'évolution de la mammites de notre vache.

b) Prélèvement et examen après pasteurisation : Après pasteurisation les 100 ml de lait sont recueillis et centrifugés à 6 000 t/m pendant 30 minutes.

On prélève le culot et la partie de la crème située à l'interface crème-lait. On mélange *soigneusement* ces deux parties et on injecte 2 ml à des cobayes.

Des témoins sont constitués à chaque série d'expériences par du lait servant aux essais du jour, traité entièrement comme il est dit plus haut, mais ne subissant pas la pasteurisation.

Chaque série d'expérience est menée avec six températures différentes. On procède donc à six prélèvements d'échantillons en commençant par l'essai ayant subi la *température la plus élevée*.

c) Les cobayes et les inoculations : Les animaux utilisés sont, autant que faire se peut, tous de même poids. Il a été vérifié qu'avant les inoculations, ils étaient tous tuberculino-négatifs (tuberculine brute diluée au 1/10 - I.D.R. avec 1/10 de ml).

Pour nos essais, on inocule 2 ml de la préparation culot-crème à six cobayes. Deux cobayes témoins sont inoculés parallèlement avec chaque lot de lait utilisé, mais non traité comme il est dit plus haut.

Les cobayes inoculés sont pesés, identifiés et isolés en cage particulière bien séparée. Tous les quinze jours, les animaux sont examinés (pesée, aspect, examen clinique). Tous les mois, on pratique une I.D.R. à la tuberculine (dilution 1/10 et injection de 1/10 de ml).

Les animaux morts sont autopsiés. Les lésions trouvées sont l'objet, comme les principaux organes, d'un examen au microscope, afin de vérifier l'origine du décès (tuberculose ou autre). Les animaux survivants au bout de huit mois avec I.D.R. négative à la tuberculine, sont sacrifiés et subissent un examen identique.

Résultats

1° Tous les cobayes inoculés avec le lait avant toute pasteurisation ont été tuberculisés à 100 p. 100 ;

2° Tous les cobayes inoculés avec du lait pasteurisé à 70°, *mais non filtré* quel que soit le temps (2 à 20 secondes), ont été tuberculisés à 100 p. 100 (1) ;

3° *Contrôle des lavages des chambreurs.* Aucun cobaye inoculé avec l'eau du lavage final des chambreurs (solution physiologique) n'a été tuberculisé ;

4° *Pasteurisation basse* (avec du lait filtré). Aucun cobaye inoculé avec le lait pasteurisé 30 minutes à 63° n'a été tuberculisé ;

5° *Pasteurisation haute* (avec lait filtré). Les résultats entre 60° et 76° peuvent être divisés en trois parties :

a) Au-dessus de 70° (70° à 76° et au-delà), pas de tuberculisation des cobayes quelle que soit la durée du chauffage ;

b) Au-dessous de 66° (65° à 60° et au-dessous), les cobayes sont tuberculeux ;

c) Entre 66° et 70° s'étend une zone critique où le résultat dépend du temps consacré à la pasteurisation.

— Pour 30 secondes, pas de tuberculisation à toutes températures ;

— Pour 20 secondes, pas de tuberculisation à 68° et 70°, mais résultats positifs à 65, 66 et 67° ;

— Pour 10 secondes, pas de tuberculisation à 67° et 70°, mais tuberculisation à 65 et 66° ;

— Pour 5 et 2 secondes, une seule température sans tuberculisation, 70°, toutes les autres conduisent, avec des nuances, à une tuberculisation.

Le tableau (page suivante) résume nos résultats.

Le pourcentage de tuberculisation est de 100 p. 100 au-dessous de 64° et nul au-dessus de 70°.

Discussion

Dans nos conditions expérimentales *très sévères* puisqu'il s'agissait d'un lait provenant d'une vache tuberculeuse contenant des mycobactéries pathogènes en *inclusions*, nos résultats montrent :

(1) Au-delà de ce temps, l'opération n'a pu être pratiquée, l'appareil étant bouché par coagulation. Il aurait peut-être été intéressant de faire des essais avec du lait de notre vache dilué au 1/2 ou au 1/4 avec du lait normal pour obvier peut-être à ces coagulations. Ne voulant pas travailler avec un autre matériel que notre lait de mammité tuberculeuse pur, nous n'avons pas, dans cette série d'expérience, pratiqué de tels coupages.

Tempé- rature en degrés C	Durée de la pasteurisation en secondes. Lait filtré						Nbre d'essai	% brut de tuber- culisa- tion
	2	5	10	20	30	1 800 soit 30 mn		
63						0	2	0
60				× 100%			6	100
62				× 100%			6	100
63				× 100%			6	100
64		× 100%	× 66%	× 100%	× 100%		24	91
65	× 66%	× 100%	× 50%	× 80%	× 50%		30	68
66	× 100%	× 66%	× 100%	× 25%	0		30	58
67	× 75%	× 100%	× 80%	× 40%	0		30	58
68	× 100%	× 66%	× 66,6%	0	0		30	45
70	0	0	0	0	0		30	0
72	0	0	0	0	0		30	0
74	0	0	0	0	0		30	0
76	0	0	0	0	0		30	0

Durée de la pasteurisation en secondes. Lait non filtré

68	× 100%	× 100%	× 100%	× 100%			5	100
70	× 100%	× 100%	× 100%	× 100%	tubes		5	100
71	× 100%	× 100%	× 100%	× 100%	bouchés par coagu- lation		2	100

Légendes

Durée de la pasteurisation en secondes (lait filtré) :

Les % indiquent le pourcentage de cobayes tuberculisés.

Les × indiquent les essais ayant conduit à une tuberculisation des cobayes.

Les 0 indiquent l'absence de tuberculisation.

1° La pasteurisation avec du lait *non filtré* exige des limites supérieures à celles atteintes avec du lait filtré, sinon elle devient aléatoire ;

2° La pasteurisation avec du lait *filtré* donne des résultats satisfaisants si l'on utilise la méthode dite de pasteurisation basse ;

3° La pasteurisation « haute » (1) avec du lait *filtré* ne donne de bons résultats qu'à partir de 70° entre 2 et 30 secondes. On peut

(1) La pasteurisation « haute » dont il s'agit ici est appliquée à des températures inférieures à la pasteurisation « haute » industrielle (80 à 90°).

toujours dans *nos conditions expérimentales*, descendre à 68° à condition de rester 20 à 30 secondes et à 67° en restant au moins 30 secondes.

Conclusions générales

Nos expériences révèlent que la pasteurisation reste, malgré tout, une opération délicate dont le résultat repose en premier lieu sur la qualité du lait cru, et en second lieu sur le respect impérieux des conditions requises pour le bon fonctionnement de l'appareil utilisé (température et temps).

En matière de destruction du bacille tuberculeux, nos résultats ne sont évidemment valables que pour la souche étudiée : souche de bacille bovin provenant d'une vache atteinte de mammites. Ils révèlent que sa destruction n'a lieu qu'en mettant en œuvre une technique comportant une épuration élémentaire, mais indispensable, préalable du lait, une température dépassant 67° s'exerçant pendant un temps d'au moins 20 secondes, la *sécurité ne paraissant atteinte qu'à partir de 70° et, mettons entre 10 et 20 secondes*. Pour conserver une marge de sécurité, on peut proposer 71° à 73° pendant 15 secondes, à partir, bien entendu, de lait *propre*.

Pour répondre aux préoccupations concernant la destruction du bacille de Kock par la pasteurisation, nous pensons qu'il convient surtout de porter la surveillance sur la qualité du lait cru et sur le contrôle très poussé, sur place, des ateliers de pasteurisation avec étude précise des conditions préalables (filtration, épuration centrifuge, etc.) et des appareils *contrôlant la température et la durée de cette action à température constante*.

Peut-on tirer de notre travail des directives concernant la surveillance des résultats de ce procédé en ce qui concerne la santé publique ? Nous pensons personnellement que oui. Il nous semble qu'une notion, pourtant fondamentale, soit aujourd'hui, rentrée dans l'ombre : la pasteurisation est une manipulation qui n'est pas limitée au seul moment du chauffage, mais qui comprend impérieusement un ensemble de procédés indissociables : épuration sévère préalable du lait (centrifugation, filtration, etc.) chauffage dans des conditions particulières de température et de durée, protection du lait pasteurisé entre sa sortie de l'appareil et le consommateur.

Il nous apparaît, en conséquence, qu'à la lumière de nos essais, les autorités responsables devraient :

1° Attirer l'attention des *utilisateurs* de machines à pasteuriser, sur les *zones de températures critiques du procédé* utilisé, de façon que l'opération ait lieu nettement en dehors de ces limites ;

2° Interdire même que la pasteurisation ait lieu à ces températures dangereuses pour la validité des résultats ;

3° Obliger les fabricants d'appareils à pasteuriser à préciser leurs normes pour chacune des machines et indiquer les détails techniques de la marche à suivre ;

4° Imposer sur les circuits de chauffe des appareils, un système de retour automatique du lait dans les chambreurs (valves de retour) chaque fois que la température de chauffe tombe au-dessous de la température efficace ;

5° Faire procéder par les agents de l'Etat au contrôle *sur place* dans les ateliers, des opérations d'épuration (centrifugation, filtration, etc.), avec vérification du matériel telle qu'état des filtres, vitesse des centrifugeuses, etc., tout comme on procède au contrôle des températures et durée de la pasteurisation.

Le présent mémoire est complété par deux annexes relatives, l'une à l'observation vétérinaire de la vache à mammite, l'autre aux caractéristiques mécaniques et thermiques du pasteurisateur que nous avons monté au Laboratoire national de la Santé publique (section de microbiologie) (1).

BIBLIOGRAPHIE RESTREINTE

- M. GERVOIS. — *Le Bacille de type bovin dans la tuberculose humaine*. 1 vol. (Imprimerie Dauei, édit.), Lille, 1937.
- H. R. KELLS et S. A. LEAR. — *Appl. microbiol.*, 1960, 8, 234.
- P. MANZARI et F. BONETTI. — *Nuovi Ann. Ig.*, 1957, VIII, 123.
- G. MOCQUOT. — Etude des conditions de température et de durée de la pasteurisation. (*Communication personnelle*.)
- M. MOUREAU, J. BRETEY et D. ROY (M^{me}). — *Presse méd.*, 1960, 68, 261, et discussion. (A. NEVOT et J. BRETEY, *idem*, p. 849-850.)
- M. MOUREAU, J. BRETEY et D. ROY (M^{me}). — *Ann. Inst. Pasteur*, 1960, 99, 421 et 586.
- A. NEVOT, Ph. LAFONT et J. LAFONT. — De la destruction des bactéries par la chaleur. Etude de l'efficacité de la pasteurisation du lait. *Monographie de l'Institut National d'Hygiène*, n° 18, 1, vol., Paris, 1958.
- O.M.S. *La Pasteurisation du Lait*. (Etudes agricoles de la F.A.O., n° 23), 1 vol. Genève, 1954.
- O.M.S. *Série des Rapports techniques*, n° 197.
- J. PIEN. — *Le Lait*, 1960, 11, 481.
- U.S. Department of Health. *Milk ordinance and code*. 1 brochure Public Health Service, 1953. Recommendations of the Public H. Service. Third Printing.

(1) Les auteurs remercient, pour leur aide apportée au cours de ce travail, à des titres divers : M. Gasse, chef du Service vétérinaire au ministère de l'Agriculture ; M. Mocquot, directeur du Centre national de Recherche zootechnique de Jouy-en-Josas ; M. le docteur Camy, adjoint au directeur du Service vétérinaire départemental de Seine-et-Oise ; M. le docteur Lucas, directeur des Services de Recherche vétérinaire à Alfort, et M. le professeur Thieulin, directeur du Service Vétérinaire sanitaire de Paris et du département de la Seine. Ces recherches ont été menées à bien grâce à la collaboration technique de Mlle Carra et MM. Zink et Malzac, du Laboratoire national de la Santé publique.

Annexe I

Extrait de l'observation prise de la vache (Docteur Camy).

Vache frisonne, pie-noire, âgée de 9 ans environ, « Féconde II ».

Animal atteint de mammite mixte tuberculo-streptococcique, décelée au cours du deuxième trimestre 1961 et dont le lait a été prélevé entre le 7 juin 1961 et le 13 avril 1962, pour les besoins de l'expérimentation.

Le lait de cet animal avait fait l'objet d'un examen le 24 mai 1961.

Résultats: Présence de bacilles acido-alcoolo-résistants isolés ou groupés. Le nombre de ces bacilles variant de 3 à 6 par champ microscopique.

L'épreuve d'héماغglutination indirecte Middlebrook et Dubos effectuée sur le lacto-sérum donna une agglutination totale + + + + au 1/32 et partielle + + + au 1/64.

Le 17 mai, un examen sérologique à partir de prélèvement de sang avait aussi été pratiqué avec les résultats suivants :

1° Formol leuco-gélification positive + + + + en une demi-heure ;

2° Héماغglutination au Middlebrook et Dubos : agglutination totale au 1/256 + + + +.

Cette vache d'expérience, a été abattue le 17 avril 1962 à Fougères. *Poids de viande nette 320 kg.*

Elle a été saisie en totalité pour les motifs suivants : « Tuberculose miliaire des plèvres et du péritoine ainsi que des viscères des deux grandes cavités splanchniques, tuberculose caséuse de la mamelle. »

Annexe II

Pasteurisateur de laboratoire monté au Laboratoire national de la Santé publique.

1) *Circuit de chauffage* :

Constitué par des tubes d'aluminium de 6 mm de diamètre intérieur, d'une longueur totale de 5,675 m plongés dans un circuit d'eau chaude à température constante.

Le volume intérieur total de cette canalisation de lait est de, 160 ml.

Le débit de l'appareil est réglé une fois pour toutes à 10 ml par seconde ou 1 l en 100 secondes ou 36 l à l'heure, grâce à une alimentation à niveau constant.

Il en résulte que le temps mis par le lait pour franchir la distance qui sépare l'entrée de l'appareil de celle du chambreur (5,675 m) est toujours égale à 16 secondes.

La vitesse linéaire du flux de lait dans l'appareil est égale à 35,4 cm à la seconde.

Les chambreurs, en verre Pyrex, ont été calculés de la manière suivante : le débit de l'appareil étant de 10 ml/seconde pour obtenir un chambrage de n secondes, il a fallu donner aux divers chambreurs un volume utile égal à $10 n$ millilitres. Exemple : pour un chambrage de 10 secondes, le chambreur a un volume utile de 100 ml.

2) Evolution de la température du lait dans l'appareil.

Le chauffage est réalisé par un circuit d'eau chaude, en circuit fermé maintenu à température constante à 3° C au-dessus de la température finale à obtenir dans le chambreur.

Les chambreurs ne sont pas chauffés par ce circuit d'eau chaude, mais la température y est constante. Le chauffage n'intervient donc que dans la partie du circuit du lait comprise entre son entrée dans l'appareil et son entrée dans le chambreur.

Le débit du lait étant uniforme, le temps mis par le lait pour passer de sa température d'entrée (15° C) à sa température de chambrage est toujours le même et égal à 16 secondes.

Les températures du lait relevées en divers points du circuit ont été, par exemple, les suivantes :

	A l'entrée	Après 6,25 secondes	Après 9,50 secondes	Après 12,75 secondes	Après 16 s entrée chambreur
Eau de chauffage à 83° C	15	63	74	78,2	80
Eau de chauffage à 79° C	15	60	70	74	76
Eau de chauffage à 75° C	15	55	65,8	70,7	72

3) Circuit de refroidissement.

Il est exactement semblable au circuit de chauffage, l'eau chaude étant ici remplacée par l'eau de la ville.

Le refroidissement du lait est extrêmement rapide : 2 secondes après la sortie du chambreur, le lait est déjà descendu en-dessous de 45° ; 2 secondes plus tard, il est à 32°, etc.

A la sortie (16 secondes après la fin du chambrage), le lait est à 18° C.

Note. — Il est joint un schéma à titre d'exemple, représentant la courbe exacte des variations de température en fonction du temps, dans le cas d'un chauffage à 80° avec chambrage de 20 secondes. Des courbes semblables ont été établies pour toutes les autres températures et durée de chambrage. Elles ont toutes la même allure générale.

Résumé

Les auteurs reprennent la question de la valeur du procédé de pasteurisation du lait contaminé par des mycobactéries pathogènes, en étudiant les résultats obtenus avec du lait provenant d'une vache atteinte de mammite mixte tuberculeuse et streptococcique.

Ce lait contenait des germes A.A.R. libres (trois à quatre par champ) des cellules bourrées de bacilles de Koch et des agglomérats cellulaires (épithéliaux notamment) constituant des grumeaux englobant des germes identiques.

Dans ces conditions expérimentales, qui étaient donc très sévères, *MM. Desbordes et Ninard* ont obtenu les résultats suivants:

1° La pasteurisation avec du lait *non filtré* exige des limites supérieures à celles atteintes avec du lait filtré, sinon elle devient aléatoire ;

2° La pasteurisation avec du lait *filtré* donne des résultats satisfaisants si l'on utilise la méthode dite de pasteurisation basse ;

3° La pasteurisation « haute » avec du lait *filtré* ne donne de bons résultats qu'à partir de 70° entre 2 et 30 secondes. On peut, toujours dans les conditions expérimentales des auteurs, descendre à 68° à condition de rester 20 à 30 secondes et à 67° en restant au moins 30 secondes.

Ces résultats révèlent que la pasteurisation reste, malgré tout, une opération délicate dont le résultat repose en premier lieu sur la qualité du lait cru, et en second lieu sur le respect impérieux des conditions requises pour le bon fonctionnement de l'appareil utilisé (température et temps).

Summary

The authors reconsider the question of the value of the method of pasturizing milk contaminated by pathogenic mycobacteria by studying the results obtained with milk from a cow suffering from mixed T.B. and streptococcic mammitis.

This milk contained free alcohol-acid-fast germs (3 or 4 by field), cells filled with Koch's bacilli and cellular agglomerates (notably epithelial) constituting lumps surrounding identical germs.

In such experimental conditions which were very severe, *Mr. Desbordes* and *Mr. Ninard* obtained the following results :

1) Pasteurization with non-filtered milk requires higher limits to those reached with filtered milk, otherwise it becomes aleatory ;

2) Pasteurization of filtered milk gives satisfactory results if the method called « low » pasteurization is used ;

3) « High » pasteurization with *filtered* milk only gives good results over 70 at between 2 and 30 seconds. In the experimental conditions used by the authors it is possible to descend to 68° if one stays there for 20 to 30 seconds, and to 67° for at least 30 seconds.

These results show that pasteurization remains, after all, a delicate operation of which the results depend firstly on the quality of the fresh milk and secondly on the strict respect of the conditions required for the good working of the apparatus used (temperature and time).