BIBLIOGRAPHIE

- [1] H. CHIARI et E. LÖFFLER. *Centralbl. f. Bakt. Abt. I*, 1925, 96, 95.
- [2] S. GOLIKOVA. *Idem*, 1928, 108, 213.
- [3] F. D'HÉRELLE. Le bactériophage et son comportement, 1926.
- [4] A. KWASCHNINA. *Centralbl. f. Bakt. Abt. I*, 1931, 120, 227.
- [5] E. LAGRANGE. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, 107, 1263.
- [6] E. LAGRANGE. *Idem*, 1932, 109, 4 et 77.
- [7] E. LAGRANGE. *Idem*, 1932, 110, 335 et 419.
- [8] I. LIPSKA. *Le Lait*, 1934, 14, 673.
- [9] E. LÖFFLER. *Centralbl. f. Bakt. Abt. I*, 1925, 96, 598.
- [10] S. SIERAKOWSKI et F. ZABLUDOWSKA. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, 103, 422.

LA PASTEURISATION A TEMPÉRATURE ÉLEVÉE DE COURTE DURÉE AUX ÉTATS-UNIS

par

M. W. YALE

Section de Bactériologie de la Station d'Essais Agricoles
de l'Etat de New-York, Geneva (N.-Y.).

(Fin.)

Organismes de la tuberculose.

Les bacilles de la tuberculose ont été très employés comme organismes d'essai pour déterminer l'efficacité des pasteurisateurs industriels, parce que ce sont probablement les plus résistantes des bactéries pathogènes trouvées dans le lait. Ci-dessous les résultats des recherches scientifiques effectuées sur cette question :

Electropure. — La destruction des bacilles de la tuberculose a probablement été plus étudiée pour l'Electropure que pour tous les autres types de pasteurisateurs, soit rapides, soit lents (30 minutes). Dans tous les cas, on a utilisé des appareils industriels standard. Si la technique utilisée par les divers expérimentateurs a quelque peu varié, elle a été la même dans les grandes lignes, en ce sens que le lait a étéensemencé en doses massives avec un mélange de variétés humaine et bovine de bacilles de la tuberculose. Dans la plupart des expériences, plusieurs millions de bacilles de la tuberculose existaient par centimètre cube dans le laitensemencé, et leur nombre était bien plus élevé qu'il l'aurait été dans la pratique courante. Le laitensemencé a été traité à diverses températures, généralement à 150° F. (65°5 C.), 155° F. (68°3 C.) et 160° F. (71°1 C.). Le lait traité a ensuite été inoculé à des cobayes, lesquels ont été autopsiés à la fin de périodes déterminées et examinés pour voir s'ils avaient des lésions tuberculeuses.

Des résultats comparatifs de recherches sur les anciens modèles du pasteurisateur Electropure sont donnés dans le tableau ci-après. Alors que, dans ces recherches, la durée du chambrage ne fut pas soigneusement déterminée, des observations faites par les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie (1926 *a*) indiquent qu'elle n'était que de 4 à 5 secondes.

Le tableau donne le nombre de cobayes positifs et négatifs après inoculation avec lait non traité et avec lait traité. Le nombre de cobayes morts prématurément pour d'autres causes n'a pas été indiqué, car il n'a pas de signification spéciale.

Les chiffres du tableau montrent que 100 % des cobayes de contrôle inoculés avec le lait non traité et avec le lait préchauffé, c'est-à-dire, respectivement, 89 et 67 cobayes, furent atteints de tuberculose, par suite de cette inoculation avec du lait infecté.

Dans le cas du lait traité à 150° F. (65°5 C.), 44% des cobayes (29 sur 66) furent positifs. Des cobayes positifs ont été notés dans toutes les recherches, sauf dans celle des Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Michigan. Ces résultats ont montré nettement que les bacilles de la tuberculose survivaient au traitement à 150° F. (65°5 C.).

Dans le cas du lait traité à 155° F. (68°3 C.), 12% des cobayes (10 sur 80), et dans le cas du lait traité à 160° F. (71°1 C.), 13% (11 sur 85), furent positifs.

Tous les résultats positifs à 155° F. (68°3 C.) et à 160° F. (71°1 C.) ont été obtenus par les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie (1926 *a* et 1926 *b*), à l'exception d'un seul cobaye positif, noté par ROBISON (1923). ROBISON pensait que ce cobaye avait été infecté avant l'expérience, parce que le type d'infection était différent et qu'il n'y avait pas de lésions au point d'inoculation, comme dans tous les cas contrôlés.

Dans la première recherche des Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie (1926 *a*), en novembre 1925, des essais séparés ont été effectués par les Laboratoires d'Hygiène Publique de Pittsburg et de Philadelphie. La même technique fut employée par les deux laboratoires. Des échantillons de 100 cm³ furent divisés en parties égales et concentrés ensuite par centrifugation jusqu'à 100 cm³. Un centimètre cube du résidu fut inoculé sous la peau de l'aine de chaque animal. Les animaux furent autopsiés au bout de 8 à 10 semaines après l'inoculation.

Dans les premiers essais effectués par les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie, le Dr CARPENTER, de l'Université de Cornell, et le Dr HUDDLESON, de l'Ecole Supérieure de l'Etat du Michigan (CARPENTER et collaborateurs, 1925), prirent une série séparée d'échantillons qui étaient des doubles de ceux pris par les

COMMENT LES ANCIENS MODÈLES DE PASTEURISATEURS ELECTROPURE POUVAIENT
RENDRE LES ORGANISMES DE LA TUBERCULOSE NON INFECTIEUX POUR LES COBAYES

Date de l'étude	Etude effectuée par	Lait non traité ensemencé en doses massives par des bacilles de la tuberculose		Après préchauffage à 120-135° F. (48°8-57°2 C.)	Après traitement pendant 4-5 secondes à						
					150° F. (65°5 C.)		155° F. (68°3 C.)		160° F. (71°1 C.)		
		Nombre de cobayes			Nombre de cobayes		Nombre de cobayes		Nombre de cobayes		Nombre de cobayes
		Pos. Nég.		Pos. Nég.		Pos. Nég.		Pos. Nég.		Pos. Nég.	
Juillet 1921.....	ROBISON (1923).	10	0	Pas d'essais.		Pas d'essais.		0	6	1	5
Décembre 1922 ..	Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Michigan (1922)*.	6	0	Pas d'essais.		0	2	0	2	0	2
Juin 1924	OGDEN, CARPENTER et CURRAN (1924).	10	0	8	0	1	7	0	4	0	3
Novembre 1925 ..	Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie (1926 a).	34	0	31	0	10	10	5	15	7	16
Novembre 1925 ..	FETTERMAN et WALL-GREEN (1925).	4	0	2	0	2	1	0	3	0	4
Novembre 1925 ..	CARPENTER et HUD-DLESON (1925).	8	0	6	0	8	4	0	10	0	9
Mars 1926	Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie (1926 b).	10	0	16	0	1	9	5	18	3	23
Juin 1926	PRESCOTT et collaborateurs (1926).	7	0	4	0	7	4	0	12	0	12
	Total.....	89	0	67	0	29	37	10	70	11	74

*Le lait fut traité à 149° F. (65° C.), 158° F. (70° C.), 168°8 F. (76° C.), 172°4 F. (78° C.) et 176° F. (80° C.) avec des résultats négatifs.

Services d'Hygiène Publique. Ils ont injecté 3 cm³ de lait intra-péritonéalement. Ils n'ont pas trouvé de cobayes positifs pour le lait traité à 155° F. (68°3 C.) et à 160° F. (71°1 C.), tandis que les Laboratoires de l'Etat de Pensylvanie ont trouvé 5 cobayes positifs à 155° F. (68°3 C.) et 7 cobayes positifs à 160° F. (71°1 C.).

CARPENTER et HUDDLESON (1925) et FETTERMAN et WALLGREEN (1925), dans une seconde série d'essais sur le même modèle industriel, n'ont pas pu obtenir de cobayes positifs avec du lait traité à 155° F. (68°3 C.) et à 160° F. (71°1 C.). CARPENTER et HUDDLESON ont inoculé quelques-uns de leurs cobayes avec le dépôt et la crème centrifugés d'un échantillon de 15 cm³, tandis que les autres recevaient de 2 à 4 cm³ du lait traité. FETTERMAN et WALLGREEN (1925) ne décrivent pas leur technique.

Les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie (1926 b) ont exécuté de nouveau une série d'expériences en mars 1926, analogue à celles effectuées en novembre 1925, de façon à réfuter ou à vérifier leurs résultats antérieurs. Les chiffres du tableau précédent montrent que des cobayes positifs furent de nouveau trouvés dans le cas du lait traité à 155° F. (68°3 C.) et à 160° F. (71°1 C.). Ainsi donc, leurs résultats antérieurs étaient confirmés.

En juin 1926, des expériences importantes ont été effectuées avec le même matériel Electropure à l'Institut Technologique du Massachusetts (PRESCOTT et collaborateurs, 1926). Des Laboratoires de l'Institut Technologique du Massachusetts, de l'Université de Cornell et de l'Ecole Supérieure de l'Etat du Michigan étaient représentés. On préleva des échantillons en triple. Chaque groupe utilisait ses propres cobayes et échantillons. Le lait injecté contenait de 2.500.000 à 4.000.000 d'organismes de la tuberculose par centimètre cube. Trois centimètres cubes du lait traité furent inoculés intra-péritonéalement à chaque cobaye. On ne trouva pas de cobayes positifs dans le cas du lait traité à 155° F. (68°3 C.) ou à 160° F. (71°1 C.) (voir le tableau). On suppose que les différences entre les résultats obtenus par les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie et ceux obtenus par les autres expérimentateurs sont partiellement dues à l'utilisation par les premiers de matériel de nature plus facilement corrompible.

Les études les plus récentes sur la destruction des bacilles de la tuberculose par le pasteurisateur Electropure ont été effectuées conjointement par les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de New-York, les Services d'Hygiène Publique de la Ville de New-York et les Services d'Hygiène Publique des Etats-Unis (1930), en juin 1927. Il a été étudié un dispositif plus moderne de pasteurisateur Electropure que celui qui le fut dans les précédentes recherches ;

c'est dans les grandes lignes le modèle utilisé actuellement. Le modèle industriel standard étudié contenait un appareil thermo-électrique automatique arrêtant la pompe à lait si la température descendait à un niveau fixé d'avance. La durée du chambrage entre la sortie du chauffeur et l'entrée du réfrigérant variait entre 11 s. 1 et 19 s. 7.

Après ensemencement avec plusieurs variétés de tuberculose bovine, le lait brut contenait au moins 10.000 doses infectieuses de bacilles de la tuberculose par centimètre cube, ce qui fut démontré par le fait que des cobayes inoculés avec 0 cm³ 0001 donnèrent des signes nets de tuberculose à l'autopsie.

Les échantillons de lait prélevés à la sortie du chauffeur et à l'entrée du réfrigérant furent inoculés aux cobayes ainsi qu'il suit : 2 cm³ et 0 cm³ 2 à 2 cobayes pour 8 opérations et à 8 cobayes pour 5 opérations.

« Pour l'exposé des résultats, les règles suivantes ont été observées :

(1) Si tous les cobayes étaient trouvés négatifs après avoir reçu les deux proportions d'injection, on admettait que l'échantillon contenait moins de 0,5 dose infectieuse par centimètre cube.

(2) Si tous les cobayes ayant reçu les injections à 0 cm³ 2 étaient trouvés négatifs, mais si un ou plusieurs cobayes ayant reçu les injections à 2 cm³ étaient trouvés positifs, on admettait que l'échantillon contenait moins de 5 doses infectieuses et plus de 0,5 dose infectieuse par centimètre cube.

(3) Si on trouvait un ou plusieurs cobayes positifs après les injections à 0 cm³ 2, le résultat était exprimé par +5 doses infectieuses par centimètre cube.

Il était ainsi possible de déterminer un pourcentage d'efficacité qui était au moins inférieur à l'efficacité réelle de l'appareil en ce qui concerne son aptitude à rendre la tuberculose bovine non infectieuse pour les cobayes. Ceci fut fait en calculant la réduction de pourcentage en contagiosité. Par exemple, si le lait brut contenait plus de 10.000 doses infectieuses par centimètre cube et le lait traité moins de 0,5 dose infectieuse, l'efficacité était égale à $\frac{10.000 - +5}{10.000}$, soit +99,995 %.

A ce sujet, il faut noter qu'il n'est jamais possible de conclure de ce genre d'étude que la contagiosité d'un lait déterminé a été entièrement détruite, et encore moins de conclure que les organismes de la tuberculose ont tous été réellement détruits. On peut admettre que tous les organismes ont été détruits ou rendus non infectieux, mais, jusqu'à présent, il n'y a pas de procédé satisfaisant pour démontrer ce fait. Nous pouvons, toutefois, dire que l'efficacité

est au moins supérieure à un certain chiffre, et admettre que si l'efficacité ainsi déterminée dépasse une certaine limite, l'appareil essayé sera considéré comme satisfaisant au point de vue bactériologique. Dans la présente étude, il est admis arbitrairement qu'une efficacité de +99,9 % est satisfaisante, tout au moins en ce qui concerne les résultats bactériologiques. »

Treize opérations d'essai ont été effectuées avec du lait infecté, à des températures moyennes de sortie du lait variant de 164°6 F. (73°6 C.) à 139°9 F. (59°9 C.). Deux de ces séries l'ont été pour représenter des circonstances anormales ou accidentelles, comme : manque de courant, baisse de voltage, alimentation forcée.

Le chauffage *sans chambrage* produisit une efficacité réduisant la contagiosité d'au moins 99,99 % pendant toutes les opérations normales effectuées à une température moyenne du lait à la sortie du chauffeur qui ne dépassait pas 158°1 F. (70° C.).

Le chauffage *avec chambrage* en produisit une la réduisant d'au moins 99,99 % durant toutes les opérations normales effectuées à une température moyenne du lait à la sortie du chauffeur ne dépassant pas 153°9 F. (67°7 C.). La durée de la période de *chambrage* à la température ci-dessus était de 12 s. 4.

Pendant les opérations anormales, aucune des circonstances anormales ou accidentelles étudiées ne produisit de diminution de l'efficacité du chauffage *et du chambrage* au-dessous de 99,99 %. Toutefois, l'alimentation forcée (ouverture subite du robinet d'entrée du lait d'un demi-tour) permit au lait infecté de dépasser la sortie du chauffeur, mais non l'entrée du réfrigérant.

La conclusion de ces opérations anormales fut que l'ouverture accidentelle ou subite d'un tour complet du robinet d'entrée du lait ne réduit d'une façon très importante que l'efficacité du chauffage et, par conséquent, que la période de *chambrage* entre le chauffeur et le réfrigérant est d'importance capitale et devrait être augmentée autant qu'il est possible, sans apporter de modifications dans le volume ou la saveur de la crème.

Une baisse relativement légère de la température du lait brut produisit une baisse nette de la température du lait chauffé et eut pour conséquence une diminution du fonctionnement du coupe-circuit de la pompe à lait. Ceci peut être, et l'a été, évité par une modification convenable du mécanisme de contrôle de la vitesse de la pompe.

Pasteurisateur Precision. — Des essais sur la destruction du bacille de la tuberculose ont été effectués sur le pasteurisateur Precision par les Services d'Hygiène Publique des Etats-Unis (1930), en novembre 1928.

Dix opérations d'essai, de 8 à 18 minutes chacune, ont été effectuées avec du lait infecté avec les organismes de la tuberculose bovine. Deux de ces opérations étaient destinées à l'essai de l'effet de circonstances anormales ou accidentelles pouvant éventuellement se présenter dans la pratique.

Le lait brut infecté contenait, par centimètre cube, au moins 5.000 doses de bacilles de la tuberculose infectieuses pour le cobaye.

Le chauffage *sans chambrage* produisit une efficacité réduisant la contagiosité d'au moins 99,99% pour des températures moyennes ne dépassant pas 149°9 F. (65°5 C.) et une vitesse de chauffage de 0°38 F. (0°21 C.) par seconde dans le chauffeur final, les échantillons et les températures ayant été pris au point médian du chauffeur.

L'efficacité réduisant la contagiosité pour les parties situées entre le point médian du chauffeur final et l'entrée du réfrigérant était certainement plus élevée que 99,99%, mais l'organisation de l'expérience ne permettait pas d'enregistrer des efficacités au-delà de 99,99%.

Pasteurisateur Isotherm. — Il n'a pas encore été effectué d'essais sur des bactéries pathogènes avec le pasteurisateur Isotherm.

Des essais mécaniques effectués par les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de New-York sont résumés dans le rapport-exposé d'HOLMQUIST et de ses collaborateurs (1931), qui indique que l'appareil a été trouvé convenable. Le rapport concluait en disant qu'on pourrait l'utiliser, dans des conditions satisfaisantes, dans une laiterie industrielle moyenne.

Pasteurisateur à plaques type York. — Les Services d'Hygiène Publique de l'Etat de Pensylvanie (1931 *b*) ont étudié l'aptitude du pasteurisateur à plaques York à rendre le lait,ensemencé en doses massives avec, à la fois, des bacilles de la tuberculose humaine et de la tuberculose bovine, non infectieux pour les cobayes, avec les résultats suivants :

Point où fut effectuée la prise d'échantillon	Nombre de cobayes positifs	Nombre de cobayes négatifs
Sortie du régénérateur	29	0
Entrée du chambreur	0	42
Sortie du chambreur	0	41
Sortie du réfrigérant	0	69

Les chiffres ci-dessus montrent qu'aucun résultat positif n'a été obtenu avec les cobayes inoculés avec des échantillons de lait recueillis après passage du lait à travers le chauffeur.

Les températures notées pour les essais du lait étaient les suivantes :

Température du lait à l'entrée dans le chambreur		Nombre de secondes dans la plaque chambrée pour essai colorimétrique
(en degrés Fahrenheit)	(en degrés centigrades)	
160	71,1	15
157	69,4	15
154	67,7	15
160	71,1	12
160	71,1	9
160	71,1	6

Pasteurisateur avec chambrage de 30 minutes. — La documentation scientifique existant sur la destruction des bacilles de la tuberculose dans la pasteurisation du lait est trop volumineuse pour nous permettre de l'examiner dans le présent travail. ROSENAU (1928) dit : « D'un avis général, la destruction des bacilles de la tuberculose dans le lait est devenue le critérium avec lequel est jugée l'efficacité d'un procédé au point de vue de la santé publique. C'est pourquoi l'attention a été appelée spécialement sur la température et le temps nécessaires à la destruction de ce microorganisme. »

Depuis le premier travail de GALTIER, datant de 1879, 89 études différentes ayant trait à des recherches effectuées par des bactériologistes de toutes les parties du monde sur la température mortelle du bacille de la tuberculose ont été publiées. NORTH et PARK (1927) ont admirablement résumé et critiqué, d'une façon détaillée, tous les travaux ayant paru sur cette importante question. A leur étude est jointe une bibliographie complète et à jour. Ils disent : « On n'a pas étudié d'autre température que celle de 60° C. (140° F.). La quantité des renseignements est si grande, et les résultats des essais, convenablement conduits, si uniformes, qu'il semble qu'il convient de considérer la question comme réglée, c'est-à-dire, que le bacille de la tuberculose est détruit à cette température en 20 minutes ou moins. »

Cependant, un facteur de sécurité est nécessaire dans la pratique industrielle. Des désaccords en ce qui concerne la marge de sécurité nécessaire ont conduit *beaucoup de villes et d'Etats* à prendre *diverses mesures légales*.

L'incertitude des standards de temps et de température pour la pasteurisation industrielle du lait et la question de l'efficacité des appareils industriels à pasteuriser ont conduit aux recherches d'Endicott (New-York) relatées dans le Bulletin n° 147 des Services d'Hygiène Publique des Etats-Unis. Ces recherches sont probablement les plus détaillées qui aient probablement jamais été exécutées

sur la question. Un total de 718 échantillons ont été essayés sur 1.436 cobayes, par MOORE, PARK, ROSENAU, WADSWORTH, ARMSTRONG, NORTH et d'autres expérimentateurs.

Pour ces essais, on a installé une laiterie industrielle à Endicott avec des pasteurisateurs lents (30 minutes) des types à poche, à courant et à cuve.

Dans la première série d'essais, en raison d'infections aiguës, la majorité des cobayes inoculés pour les essais avec les bacilles de la tuberculose sont morts trop tôt pour prouver une réaction quelconque.

Dans la seconde série d'essais, des défauts ont été découverts par les ingénieurs dans les trois types de machines. Le type à poche avait des robinets qui fuyaient et des tuyaux à extrémités bouchées ; le type à courant avait des durées de chambrage irrégulières ; le type à cuve donnait un excès de mousse et d'éclaboussures. Les résultats bactériologiques ont confirmé ces défauts en donnant quelques échantillons positifs après pasteurisation à 145° F. (62°7 C.) pendant 30 minutes. Quelques-uns des résultats négatifs, toutefois, indiquaient un effet destructif sur les bacilles de la tuberculose à des températures notablement inférieures à celles communément acceptées.

Les défauts remarqués par les ingénieurs sur les appareils ont été corrigés et une quatrième série d'essais, effectuée avec le bacille de la tuberculose comme organisme d'essai. Tous les résultats ont été négatifs à 138° F. (58°8 C.) pendant 30 minutes, ce qui fut dû, pense-t-on, à une amélioration du type d'appareil pasteurisateur et des méthodes de travail.

La conclusion des études d'Endicott fut que les bacilles de la tuberculose sont détruits à 138° F. (58°8 C.) en 30 minutes, et qu'une température de 142° F. (61°1 C.) pendant 30 minutes donne une forte marge de sécurité et constitue un standard légal convenable pour la pasteurisation.

Cette conclusion a été attaquée sous le prétexte que les résultats expérimentaux indiqués dans le rapport étaient insuffisants. NORTH et PARK (1927) ont exécuté d'autres travaux pour répondre à cette critique. ROSENAU (1928) écrit : « Ils ont exécuté un total de 15 essais séparés à 12 températures différentes, comprises entre 170° F. (76°6 C.) et 130° F. (54°4 C.), et trouvé que les bacilles de la tuberculose étaient détruits à 136° F. (57°7 C.) en 30 minutes. Ceci constitue la série d'essais la plus étendue qui ait jamais été exécutée pour déterminer ce point, et ce travail, soigneusement effectué, apporte une certitude. »

Comme suite aux résultats des études d'Endicott, les Services d'Hygiène de Chicago ont mis en train un programme d'études

mécaniques en vue de corriger les défauts du matériel de pasteurisation. En même temps, les Services d'Hygiène Publique des Etats-Unis ont créé leur Station d'Essais de Matériel de Pasteurisation à Chicago, sous la Direction de Leslie C. FRANK. Des essais ont été exécutés sur tous les types d'appareils de pasteurisation existants et les défauts trouvés ont été corrigés dans la plupart des nouveaux appareils vendus.

FRANK, MOSS et LE FEVRE (1931) ont étudié la façon dont se comportaient sous l'influence de la température toutes les formes importantes de pasteurisateurs du type lent de 30 minutes et proposé des règles générales à appliquer pour obtenir l'approbation des autorités sanitaires.

PUTNAM (1928) groupe ainsi qu'il suit les défauts trouvés dans le matériel industriel et qui empêchent la pasteurisation convenable de tous les laits : (1) extrémités bouchées, (2) fuite par les robinets, (3) écume et éclaboussures, (4) unités à courant continu défectueuses, (5) thermomètres insuffisants.

STANDARDS DE PASTEURISATION COMPARABLE

NORTH et PARK (1927) ont déterminé la courbe des températures mortelles du bacille de la tuberculose en notant les températures mortelles aux températures comprises entre 130° F. (54°4 C.) et 212° F. (100° C.) sur un diagramme dans lequel les intervalles de température et de durée étaient espacés régulièrement. Quand les points étaient reliés, la ligne formait une courbe remarquablement régulière.

DAHLBERG (1932) a repris les résultats de NORTH et PARK et a établi des standards de pasteurisation comparables de 140° F. (60° C.) à 160° F. (71°1 C.), en même temps que les marges de sécurité exigées pour l'hygiène publique et pour une bonne montée de la crème. Il a montré qu'un rapport net existe entre les périodes de temps et les diverses températures nécessaires pour détruire le bacille de la tuberculose dans le lait.

Ce rapport pouvait être représenté par une ligne droite sur un graphique semi-logarithmique, et le même rapport existait pour la température maximum à laquelle le lait pouvait être exposé pendant des périodes de durée variable sans modifier la montée de la crème.

Ces standards de pasteurisation, qui sont comparables, indiquent que les températures de 145° F. (62°7 C.) pendant 13 minutes, de 155° F. (68°3 C.) pendant 1 minute et de 160° F. (71°1 C.) pendant 16 secondes, doivent donner des résultats comparables à ceux que donnerait la température de 142° F. (61°1 C.) pendant 30 minutes.

A 142° F. (61°1 C.) pendant 30 minutes, la durée du chambrage peut être réduite d'un maximum de 20 minutes et détruire encore

le bacille de la tuberculose, ou bien, elle peut être augmentée d'un maximum de 20 minutes sans nuire à une bonne montée de la crème. Dans la pasteurisation à haute température, la marge de sécurité paraît être sérieusement réduite. A 160° F. (71°1 C.) pendant 16 secondes, la variation dans la durée du chambrage est limitée à 5 secondes. En conséquence, un chambrage inférieur à 11 secondes peut produire du lait infecté, tandis qu'un chambrage supérieur à 21 secondes peut altérer la montée de la crème. En outre, la température doit être constante à 1 degré près quand la durée du chambrage est réellement de 16 secondes.

**LE COMITÉ D'AMÉLIORATION EXPOSE LA QUESTION
DE LA PASTEURISATION A TEMPÉRATURE ÉLEVÉE, DE COURTE DURÉE**

Le Comité de Fourniture du Lait de la Section de Mécanique et d'Hygiène Publique de l'Association Américaine d'Hygiène Publique et le Comité d'Application des Lois Sanitaires du Lait de la Conférence des Ingénieurs Sanitaires d'Etat ont étudié la construction et le fonctionnement des pasteurisateurs rapides à température élevée Electropure, Precision, Isotherm et York. Après une soigneuse étude des résultats des essais mécaniques et bactériologiques, auxquels les membres du Comité ont participé, et après des observations répétées sur des installations qui avaient fonctionné de 1 à 5 ans, le Comité d'Amélioration rédigea les conclusions suivantes (HOLMQUIST et collaborateurs, 1931) :

1. Le fonctionnement de ces pasteurisateurs n'est pas difficile entre les mains d'ouvriers intelligents, car ils sont de construction relativement simple et sont faciles à nettoyer et à stériliser.

2. Ils sont dignes de confiance et construits pour des périodes de chambrage minima déterminées, qu'il serait difficile de changer sans intention de fraude.

3. Le contrôle d'arrêt de la pompe à lait agit réellement pour arrêter cette pompe et l'arrivée de lait dans le cas d'une baisse de température au-dessous d'un point déterminé à l'avance.

SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

1. Les connaissances actuelles sur la question de la qualité du lait pasteurisé par la méthode de chambrage rapide à haute température ont été étudiées et comparées avec celles sur la question de la méthode de pasteurisation lente avec chambrage de 30 minutes.

2. Bien que les résultats scientifiques obtenus sur les aptitudes comparées de montée du lait pasteurisé rapidement à température élevée et lentement pendant 30 minutes, ne soient pas tout à fait concordants, ces résultats indiquent qu'il n'y a probablement pas de réduction appréciable du volume de la couche de crème obtenue par une des deux méthodes quand les pasteurisateurs fonctionnent

convenablement, et quand on ne dépasse pas 20 secondes à 160° F. (71°1 C.) dans une des méthodes, et 30 minutes à 144° F. (62°2 C.) dans l'autre. Dans le procédé rapide à température élevée, le temps pendant lequel le lait est maintenu au-dessus de 145° F. (62°7 C.) est un facteur important.

3. Bien que les renseignements obtenus sur les saveurs comparatives des laits pasteurisés par les deux méthodes soient insuffisants, la saveur « de chauffé » n'est probablement pas perceptible dans le lait convenablement pasteurisé à 160° F. (71°1 C.) pendant 20 secondes et à 143°-144° F. (61°6-62°2 C.) pendant 30 minutes. Il y a une plus grande marge dans certains types de pasteurisateurs que dans d'autres.

4. La majorité des expérimentateurs ont noté une réduction bactérienne satisfaisante par la pasteurisation à haute température. La pasteurisation de quantités séparées du même lait par pasteurisation lente d'une durée de 30 minutes et par le pasteurisateur Precision dans une des recherches, et par le pasteurisateur Isotherm dans une autre, indique que la pasteurisation lente d'une durée de 30 minutes fournit les numérations bactériennes les moins élevées immédiatement après la pasteurisation, bien que les différences soient trop faibles pour avoir une grande importance.

5. Il semble qu'il n'y ait pas de différence entre les deux méthodes en ce qui concerne la survie des membres du groupe de bactéries *Escherichia-Aerobacter*.

6. Les pasteurisateurs lents d'une durée de 30 minutes opèrent dans des conditions convenant mieux au développement des bactéries thermophiles que les pasteurisateurs rapides à température élevée. Ceci est principalement dû au fait que le lait est soumis, dans les pasteurisateurs lents de 30 minutes, à une température voisine de l'optimum convenant à la croissance des thermophiles. Toutefois, leur développement dans les pasteurisateurs lents de 30 minutes peut être empêché par l'utilisation de méthodes industrielles convenables.

7. D'études effectuées sur d'anciens modèles de pasteurisateurs rapides à température élevée et sur d'anciens modèles de pasteurisateurs lents de 30 minutes, il ressort que les deux modèles laissaient quelquefois passer des organismes pathogènes quand du lait fortementensemencé était traité.

8. Des études complètes effectuées aux Etats-Unis par des expérimentateurs compétents sur des modèles modernes améliorés de pasteurisateurs rapides à température élevée et de pasteurisateurs lents de 30 minutes, indiquent que les deux méthodes sont efficaces pour la fourniture de lait sain.

9. Un résumé général des connaissances actuelles sur la question

indique que toute méthode de pasteurisation produit du lait pasteurisé en bouteilles aussi bon que celui fourni par une autre quand de bonnes méthodes sont utilisées, toutes les autres conditions étant comparables.

BIBLIOGRAPHIE

Arthur K. ANDERSON et Rubin FINKELSTEIN :

- 1919 A study of the Electropure process of treating milk. *Jour. Dairy Sci.*, **2**, 374-406.

J. M. BEATTIE :

- 1916 The electrical treatment of milk for infant feeding. *Jour. State Med.* (Londres), **24**, 97-113.

J. M. BEATTIE et F. C. LEWIS :

- 1913 Utilization of electricity in the continuous sterilization of milk. *Jour. of Path. and Bact.*, **18**, 120.
 1916 Electrical treatment of milk for infant feeding and the destruction of *Bacillus tuberculosis*. *Jour. State Med.* (Londres), **24**, 174-177.
 1920 On the destruction of bacteria in milk by electricity. *Great Britain Nat. Health Ins. Med. Res. Com., Spec. Rpt. Ser.* 49. Résumé in *Exp. Sta. Rec.*, **43**, 778.
 1925 *J. Hygiene*, **24**, 123-137.

Robert S. BREED :

- 1932 Thermophilic bacteria in milk pasteurized by the holder process. *New York State Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.*, n° 191.

Charles M. CARPENTER et I. Forest HUDDLESON :

- 1925 A report of three experiments on the effectiveness of the Electropure process in destroying tubercle bacilli and *Brucella melitensis* artificially introduced in milk. Manuscrit (non publié).

C. H. CHILSON :

- 1921 Comparison of the efficiency of four different types of pasteurizing machines. *Inter. Assoc. Dairy and Milk Inspectors*, 10th Ann. Rpt., p. 308-312.

A. C. DAHLBERG et J. C. MARQUARDT :

- 1929 The creaming of raw and pasteurized milk. *New York State Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.*, n° 157.

A. C. DAHLBERG :

- 1932 The margin of safety between the thermal death point of the tubercle bacillus and the thermal cream layer volume impairment in pasteurizing milk at various temperatures. *New York State Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.*, n° 203.

F. W. FABIAN et H. T. GRAHAM :

- 1933 The influence of high frequency alternating current on bacteria. Résumé in *Jour. of Bact.*, **25**, 34-35.

John C. FETTERMAN et A. B. WALLGREEN :

- 1925 Results obtained in a test designed to determine the efficiency

of the electrical conductivity method in destroying tubercle bacilli in milk. Manuscrit (non publié).

Leslie E. FRANK, Frederic J. MOSS et Peter E. LE FEVRE :

- 1931 The temperature behavior of milk pasteurizers of the thirty minute holding type. *20th Ann. Rep. Int. Dairy and Milk Inspectors Assoc.*, p. 103.

A. J. GELPI, Junior, et E. D. DEVEREUX :

- 1930 Effect of the Electropure Process and of the holding method of treating milk upon bacterial endospores. *Jour. Dairy Sci.*, **13**, 368-371.
- 1932 The effect of the Electropure Process of treating milk upon bacterial endospores. *Science*, **76** (1974), 390-392.

H. A. HARDING :

- 1927 Various Articles on electric flash pasteurization. *Bull. Dairy. Res. Div. of Mathews Ind., Inc.*, vol. 6, n^{os} 17, 23 et 28 à 32, y compris.

H. A. HARDING et A. R. WARD :

- 1930 Observations on effects of thermophilic bacteria in pasteurized milk. *Intern. Assoc. Dairy and Milk Inspectors*, *19th Ann. Rpt.*, p. 135-143.

C. A. HOLMQUIST :

- 1931 Progress report of Committee on Milk Supply of the Engineering Section of the American Public Health Association and Committee on Milk Sanitation of the Conference of State Sanitary Engineers. *Amer. Public Health Assoc. Year Book*, 1931-32, p. 112-125.

Ralph E. IRWIN :

- 1928 Electropure Process of Milk Treatment. *Treasury Dept. U.S. Public Health Bull.*, n^o 183.
- 1933a High short holding and low long holding. *Milk Plant Monthly*, **22** (3), 26.
- 1933b High-temperature, short-time pasteurizers. *Milk Plant Monthly*, **22** (6), 26.

J. C. MARQUARDT et A. C. DAHLBERG :

- 1931 The creaming of milk pasteurized at high temperature. *New York State Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.*, n^o 180.

SERVICES D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE L'ÉTAT DE MICHIGAN :

- 1922 Report on studies of the Electropure process. Manuscrit (non publié).

M. H. McCRADY et E. LANGEVIN :

- 1932 The coli-aerogenes determination in pasteurization control. *Jour. Dairy Sci.*, **15**, 321.

Chas. MURRAY, S. H. McNUTT et Paul PURWIN :

- 1932 The effect of pasteurization upon *Brucella melitensis* var. suis. *Jour. Dairy Sci.*, **15**, 6-13.

SERVICES D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE L'ÉTAT DE NEW-YORK :

- 1928 Report on the tests of the Electropure method of milk pasteurization. Manuscrit (non publié).

NORTH et collaborateurs :

- 1925 Commercial pasteurization. *Public Health Bull. No. 147 Treasury Dept. U.S. Public Health Service.*

Charles E. NORTH et Wm. H. PARK :

- 1927 Standards for milk pasteurization. *Amer. Jour. of Hygiene*, **7**, 147.

H. N. OGDEN, Charles M. CARPENTER et H. R. CURRAN :

- 1924 *New York State Public Health Council*. A report of studies made on the Electropure Process for the pasteurization of milk as carried on at the Dairy Department, Cornell University in 1924. Manuscrit (non publié).

W. H. PARK :

- 1927 Thermal death point of pathogenic bacteria in milk. *Amer. Jour. of Public Health*, **17**, 36-47.

SERVICES D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE L'ÉTAT DE PENNSYLVANIE :

- 1926a Report of the Committee appointed by the Secretary of Health to study the Electropure Process of milk treatment. Rapport polycopié (non publié).
 1926b Final report of the Committee appointed by the Secretary of Health to study the Electropure Process of milk treatment. Rapport polycopié (non publié).
 1931b Brief report of observations concerning the construction and operation of the York Plate Type Pasteurizer (Rapport final). Rapport polycopié (non publié).

Samuel C. PRESCOTT et collaborateurs :

- 1926 The treatment of milk by an electrical method. Rapport polycopié (non publié).

Samuel C. PRESCOTT :

- 1927 The treatment of milk by an electrical method. *Journal Amer. Pub. Health Assoc.*, **17**, 221-223.

George W. PUTNAM :

- 1928 The Newer Knowledge of Bacteriology and Immunology. *Univ. of Chicago Press, Chapter XXXIII. Mechanical and Engineering Aspects of Pasteurization.*

J. D. QUINN et L. H. BURGWARD :

- 1933 High short holding and low long holding. *Milk Plant Monthly*, février, p. 26.

Floyd W. ROBISON :

- 1923 Studies on the "Electropure" Process of Treating Milk. *Jour. Ind. Eng. Chem.*, **15**, 514-518.

- 1927 Pasteurization by electric conductivity. *Dairy Products Merchandising*, 9 (3-4).
- MILTON J. ROSENAU :
- 1928 The Newer Knowledge of Bacteriology and Immunology. *Univ. of Chicago Press, Chapter XXII. The Bacterial and Health Aspects of Pasteurization*.
- JAMES M. SHERMAN :
- 1927 The status of milk pasteurization with special reference to the process of electrical flash pasteurization. *Dairy Products Merchandising*, 9 (3-4).
- J. SMITH :
- 1932 *Brucella abortus* in Milk. *Jour. of Hygiene* (anglais), 32, 354-365.
- SALLY HAMILTON STABLER :
- 1931 The electrical process of milk pasteurization. *Amer. Jour. Hyg.*, 14, 433-452.
- C. N. STARK :
- 1930 Some observations in the bacterial control of pasteurized milk. *4th Ann. Rept. New York State Assoc. Dairy and Milk Inspectors*, p. 58-67.
- RALPH L. TRACY :
- 1932 Lethal effect of alternating current on yeast cells. *Jour. Bact.*, 24, 423-438.
- SERVICES D'HYGIÈNE PUBLIQUE DES ETATS-UNIS :
- 1930 Studies of electric and steam flash pasteurization. *Office of Milk Investigations, U.S. Public Health Service, Washington, D.C.*
- M. W. YALE et collaborateurs :
- 1933 Bacteriological studies of a high-temperature short-time pasteurizer. *New York State Agric. Exp. Sta. Tech. Bull.*, n° 207.
- M. W. YALE et C. D. KELLY :
- 1933 Thermophilic bacteria in milk pasteurized by the high-temperature, short-time process. *New York State Agric. Exp. Sta. Bull.*, n° 630.
-