

LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux.		2 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes..... 121	
Pr ORLA-JENSEN. — La pasteurisation du lait.....	105	Bulletin Bibliographique...	145
Dr VIOLLE. — Les microbes et le lait.....	113	Brevets.....	147
Dr Otakar LAXA. — Sur la présence des pentoses dans le lait.....	118	Documents et Informations	149
Bibliographie analytique :		L. PEERS. — Quelques réflexions sur la crise du lait en Belgique	149
1 ^o Les Livres.....	121	E. BLÉRIOT. — Sur le calcul du rendement laitier d'une vache.	150

MÉMOIRES ORIGINAUX ⁽¹⁾

LA PASTEURISATION DU LAIT,

par le PROFESSEUR Dr ORLA-JENSEN.

(Ecole Polytechnique de Copenhague).

Dans cet article, nous n'aurons pas à nous occuper des méthodes de pasteurisation où l'on fait usage d'agents chimiques, des rayons ultra-violetts ou de courants alternatifs ; nous allons discuter exclusivement les méthodes de pasteurisation par chauffage, les seules qui aient pris une extension considérable dans l'industrie laitière.

Dans cette industrie, trois méthodes de pasteurisation sont d'un emploi courant :

1. La méthode continue danoise, qui consiste à chauffer le lait, pendant deux ou (au plus) trois minutes, à une température qui peut aller de 80 à 95 degrés ; dans ce qui suit, nous désignerons ce procédé par le nom de « *pasteurisation haute* ».

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

2. La « *biorisation* », méthode allemande également continue, caractérisée par un chauffage brusque vers 75 degrés, ainsi que par la réduction en « *poussière* » à laquelle le lait est soumis en entrant dans le récipient où le chauffage aura lieu.

3. La méthode discontinue américaine, d'après laquelle le lait est chauffé durant une demi-heure à 60-70°, procédé que nous appellerons « *pasteurisation basse* ».

Par chacune de ces trois méthodes, on peut parvenir à détruire jusqu'à 99 pour cent des bactéries du lait, pourvu qu'au cours du chauffage on ait soin d'éviter la formation d'écume et de peau et, d'autre part, que le lait n'ait pas auparavant éprouvé une altération telle que le chauffage l'amènerait à se coaguler. Il va de soi que, dans l'écume et les pellicules ainsi qu'à l'intérieur des flocons de caséine, les bactéries se trouveraient protégées contre l'action de la chaleur.

Les buts que poursuit l'industrie laitière quand elle met en œuvre la pasteurisation sont au nombre de trois :

1. Détruire les bactéries de la tuberculose et autres germes de maladie.

2. Augmenter la conservation du lait, qu'il s'agisse d'ailleurs soit de :

a. Lait écrémé à remettre par les laiteries aux fournisseurs ; soit de :

b. Lait de ville (y compris celui destiné aux enfants).

3. Améliorer les produits laitiers notamment :

a. Fromage ;

b. Beurre.

Le but principal que je me suis proposé dans cet article, c'est de rechercher quelle est, parmi les trois méthodes de pasteurisation énumérées ci-dessus, celle qui mérite la préférence pour les divers emplois que je viens d'indiquer. Pour ce qui est de la biorisation, je me bornerai toutefois à mentionner que, en vérité, elle offre les mêmes avantages que la pasteurisation basse, et que néanmoins je ne saurais la recommander aux industriels parce que les « rafraîchisseurs » jusqu'ici construits pour faire partie des appareils de biorisation sont trop susceptibles de s'obstruer. Ainsi donc, notre tâche se trouve réduite à examiner dans quels cas la pasteurisation haute est préférable et dans quel autre cas il vaudra mieux employer la pasteurisation basse.

En ce qui concerne la destruction des germes pathogènes du lait, ce problème a acquis en Danemark un regain d'actualité et d'intérêt à la suite de la loi du 26 mars 1898 relative aux mesures à prendre dans le but de combattre la tuberculose chez les bêtes à cornes. Cette loi, en effet, interdit aux laiteries de ramassage de retourner aux fournisseurs du lait écrémé ou du lait de beurre à moins que ces laits n'aient été soumis à l'action d'une température de 80° au moins. La loi prescrit donc purement et simplement la pasteurisation haute, ce qui comporte cet avantage que, grâce à une épreuve très simple, la réaction de STORCH, on est à même de vérifier si la loi a été observée. Etant donné en outre que la pasteurisation haute est d'une exécution plus rapide de beaucoup, il en résulte qu'elle constitue le procédé le plus pratique.

La seule question qu'il y ait lieu de discuter de plus près ici est celle de savoir si les laiteries doivent retourner le lait écrémé à l'état encore chaud ou à l'état refroidi. En Danemark, on a généralement l'habitude de chauffer le lait écrémé jusqu'au 90-95° pour le faire passer ensuite encore chaud dans les seaux de transport. Le reste du lait qui se trouvait dans ces derniers, est par là chauffé au-dessus de 80°, en sorte que les laiteries peuvent se dispenser de nettoyer les seaux et que les fournisseurs recevront du lait chaud pour leurs veaux et petits cochons, ce dont ils sont naturellement satisfaits surtout dans la saison froide.

Or, il est un fait bien connu depuis longtemps : c'est que bouilli ou chauffé à une température voisine du point d'ébullition, puis abandonné en repos, le lait — et il en est de même pour le chocolat et autres aliments préparés avec du lait — au lieu de tourner à l'aigre, est sujet à entrer en putréfaction et peut même devenir toxique. La raison en est que, par suite du chauffage assez fort dont il s'agit, toutes les cellules végétatives des bactéries — et parmi elles toutes les bonnes bactéries lactiques — sont tuées, alors que les spores des bactéries de la putréfaction n'en sont guère gênées, à moins que le chauffage ne soit prolongé outre mesure ou poussé au-delà de 115-120°.

Dans le cas du lait écrémé, les transformations du lait auxquelles je viens de faire allusion étaient moins redoutées autrefois, parce que dans les grands récipients de transport il se maintenait ordinairement des heures durant à une température de 50° et plus ; on admettait même qu'une pasteurisation supplémentaire y avait lieu, grâce à laquelle il acquérait une stabilité toute particulière. A la vérité, il prenait trop souvent un mauvais goût ; mais, comme les récipients étaient vite détruits par le lait chaud, on avait lieu de penser qu'il ne s'agissait que d'un goût métallique.

Prof. Dr. Orla-Jensen
Copenhague

On ne tenait cependant pas assez compte des *bactéries thermophiles*. Les recherches de THOLSTRUP PEDERSEN (1) ont montré que c'est précisément à des températures comprises entre 70° et 60° que le lait pasteurisé à température élevée subit les altérations les plus rapides. A cette température on y peut, en effet, déjà au bout de 3 heures, observer des bâtonnets immobiles (aérobies); après 3 heures, le lait se trouve altéré au point de ne plus supporter la cuisson, et après 6 à 8 heures on le verra se cailler par l'effet de l'acide et de la présure produits par les bactéries. Entre 60 et 50°, les bâtonnets sus-mentionnés n'y prospèrent plus guère; mais en revanche, il se produit un abondant développement de plectridies anaérobies. Ce n'est qu'au-dessous de 50° qu'apparaissent les bacilles ordinaires du foin et de la pomme de terre, ainsi que les véritables bacilles butyriques.

Les faits que nous venons de signaler démontrent sans conteste que les laiteries devront être mises dans l'obligation de retourner à l'état soigneusement refroidi le lait écrémé pasteurisé. Par conséquent, elles ne pourront plus s'exempter de nettoyer les récipients de transport et d'en achever le nettoyage en les soumettant à l'action de la vapeur; cependant, vu que d'un côté il n'est pas nécessaire de chauffer le lait à une température plus élevée que celle prescrite par la loi relative à la pasteurisation, et que, d'autre part, on peut se servir d'appareils échangeurs de température, on aura l'avantage de récupérer par une économie de chauffage les frais que comporte le nettoyage des récipients (2).

Nous entrons maintenant dans le domaine de la deuxième application de la pasteurisation, celle qui vise à augmenter la stabilité du lait. Le problème qui nous occupe prend cependant un aspect quelque peu différent lorsqu'il s'agit du lait de ville, sans parler du lait destiné aux enfants. Qu'il soit dit tout d'abord, afin d'éviter tout malentendu, que je n'estime nullement nécessaire de pasteuriser les laits bons et frais obtenus sous un contrôle vétérinaire suffisant. Mais à mesure que les villes grandissent, il devient de plus en plus difficile de procurer assez de lait offrant toutes les garanties d'une qualité irréprochable, et toutes les fois qu'il laisse à désirer ou qu'il est d'origine douteuse, il sera bon de le pasteuriser, et ce, non seulement afin de lui assurer une bonne conservation, mais encore et surtout pour

(1) *Mælkeritidende*, 1915, page 817, et 1916, page 35.

(2) L'addition d'une faible portion de lait de beurre au lait écrémé, pasteurisé puis refroidi, permet de se prémunir contre les altérations nuisibles dont il est susceptible. Par contre, il n'y a pas lieu d'aciduler le lait dans les laiteries, d'autant moins qu'il n'est guère recommandable de ne donner que du lait acide aux petits cochons et aux veaux nouveaux-nés.

des raisons hygiéniques. Ici cependant, la pasteurisation haute n'est plus recommandable, à cause des modifications auxquelles elle donne lieu au point de vue de la composition chimique et, en raison des transformations néfastes dont le lait ainsi traité est susceptible de devenir le siège lorsqu'il aura été abandonné à lui-même pendant quelque temps.

Ainsi que je l'ai démontré le premier (1), l'action exercée par la pasteurisation basse sur les matières protéiques du lait est bien moins radicale ; aussi cette forme de pasteurisation mérite-t-elle d'être recommandée là où, comme c'est le cas pour le lait destiné aux enfants ou à la fabrication du fromage, il s'agit de conserver les propriétés naturelles du lait. Le tableau ci-contre fait voir qu'à des températures au-dessus de 70°, il se produit assez vite des précipitations d'albumine et un affaiblissement de sa faculté de cailler par addition de présure (2).

TABLEAU I.

TEMPS DE CHAUFFAGE en minutes	POUR 100 d'albumine coagulée				TEMPS DE COAGULATION en minutes avec de la présure d'après Schaffer				
	70°	75°	80°	90°	pas chauffé	70°	75°	80°	90°
Momentané		15	39	71	13		14	17	26
5	13	49	88	100	15	16	19	28	28
15	18	62	91	100	15	17	22	60	60
30	30	83	100	100	15	19	32	57	57
60	37	93	100	100	14	20	34	46	46

(1) *Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz*, 1905.

(2) Il est à remarquer que la diminution de la faculté de se cailler est très variable d'un lait à l'autre (les résultats donnés dans le tableau se rapportent à quatre laits différents, un pour chaque durée de chauffe) ; cette diminution atteint vite un certain maximum, qui ne sera dépassé qu'au moment où le lait aura été chauffé au point de brunir.

Pour ce qui regarde la coagulation lente et mauvaise, elle ne tient pas uniquement — comme on l'admettait autrefois — à une précipitation de certains sels de chaux nécessaires à la coagulation, mais d'après mes recherches il s'opère une véritable dénaturation de la caséine, réaction qui sans doute dénote qu'elle est devenue moins facilement digestible ; car la précipitation de cette substance par la présure est simplement, on le sait, le signe que la première phase de la digestion a été achevée. Par l'effet de la pasteurisation haute, le lait prend en outre un goût plus ou moins marqué de cuit, et les enzymes, antitoxines et substances bactéricides qui entrent dans sa composition naturelle ne tardent pas à subir la destruction. Nous reviendrons plus loin sur l'examen un peu plus approfondi du rôle joué par ces dernières substances dans la pasteurisation. Pour le moment, je me bornerai à mentionner que mon attention n'y a été attirée qu'au cours de quelques expériences de biorisation, qui m'avait permis de constater que non-seulement le lait biorisé à 70°, mais aussi ceux biorisés à 80°, 85° et 90°, se conservaient moins bien que celui biorisé à 75° : alors que le premier s'aigrissait rapidement, les seconds s'altéraient en peu de temps sous l'action de bacilles du foin et des bacilles de la pomme de terre. Un chauffage un peu plus lent que la biorisation a fait reconnaître à THOLSTRUP PEDERSEN qu'une température légèrement plus faible (70°) est celle qui assure le mieux la conservation du lait. Quant à la cause qui fait que les bacilles du foin et autres bactéries résistantes à la chaleur se développent plus vite dans le lait soumis à des températures relativement élevées, il faut probablement la chercher dans cette circonstance que les substances bactéricides du lait ont été rendues inactives par le chauffage à 70° ou au-dessus. Il s'ensuit cependant que le nombre de germes contenus dans le lait immédiatement après la pasteurisation ne donne point la mesure absolue de la stabilité du liquide, car celle-ci dépend (en outre des espèces bactériennes) aussi de la force bactéricide du lait. Quand on conserve du lait à 40° ou au-dessous, cette force tend à se manifester de façon encore plus nette dans le lait faiblement pasteurisé (où les germes survivants se trouvent en partie affaiblis grâce au chauffage) que dans le lait cru et, conséquemment, il s'opère dans celui-là, pendant les premières vingt-quatre heures, une réduction sensible de sa teneur en bactéries.

Parmi les propriétés du lait, celle qui éprouve les modifications les plus rapides par suite du chauffage, c'est sa faculté de faire crème, fait qui n'est pas sans importance pratique parce que dans l'économie domestique on a l'habitude d'apprécier la teneur en graisse d'après l'épaisseur de la couche de crème formée dans un certain espace de temps. Lorsque le lait a subi depuis quelque temps un chauffage

au-dessus de 63°, la formation de la crème commence déjà à s'opérer plus lentement (1), et, étant donné que précisément 1/2 heure de chauffe à 63° seulement est déjà critique pour la plupart des bactéries du lait, et plus particulièrement pour les bactéries du genre *Coli* (2), il paraît que c'est à ce mode de chauffage qu'il faut accorder la préférence ; d'autant plus que, grâce à son emploi, on peut être aussi sûr que par une chauffe plus rapide, de 80 à 85°, de tuer même les bactéries qui provoquent la fièvre aphteuse, la diphtérie, le choléra, la dysenterie, la fièvre typhoïde et autres maladies intestinales. Pour ce qui concerne les bactéries de la tuberculose, on a professé des opinions divergentes ; cependant, d'après les expériences de BARTHEL et STENSTRÖM (3), il ne peut plus guère y avoir de doute que dans des conditions normales même ces microbes ne soient tués dans le lait à 60° déjà après 10 à 20 minutes de chauffe.

S'il est vrai que la pasteurisation haute tend à modifier la proportion relative des bactéries bonnes et mauvaises en faveur de ces dernières, il est certain aussi que la pasteurisation basse a parfois pour effet de produire le résultat contraire. C'est ainsi que AYERS et JOHNSON (4), ayant reconnu à la plupart des bactéries lactiques une plus grande force de résistance contre la chaleur que celle admise jusque-là, ont trouvé dans du lait chauffé pendant 1/2 heure à 63° une quantité relativement plus forte de ces bactéries que dans le lait de contrôle cru. Ce résultat semble militer encore en faveur de la pasteurisation basse. Cependant, il convient de remarquer à ce sujet que les bactéries lactiques qui survivent à cette opération ne produisent à la température ordinaire qu'une acidification lente, et que par conséquent le lait traité de cette manière est néanmoins sujet à éprouver des modifications défavorables avant de devenir acide. Ceci revient à dire que, si le lait duquel on part est particulièrement bon, en d'autres termes pauvre en bactéries lactiques, il sera susceptible, à la suite d'une pasteurisation basse, de devenir aussi nuisible qu'un lait pasteurisé à température élevée. Avec un lait ordinaire, on ne parvient à parfaitement supprimer les vraies bactéries lactiques qu'après 1/2 heure de chauffage à 77-82°. D'accord avec ce résultat, THOLSTRUP PEDERSEN, ayant soumis des laits à une pasteurisation de courte durée, y trouvait encore à la température de 80° une assez

(1) WEIGMANN. *Mitt. des Deutschen Milchwirtschaftlichen Vereins* 1914. Bd. 31. BURRI. *Schweizerische Milchzeitung* 1915, N° 42 et 43.

(2) AYERS et JOHNSON. *Journal of Agricultural Research*. 1915. Vol. III, N° 5.

(3) Meddelande N° 117 et 118 fran Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet 1915.

(4) U. S. Department of Agriculture. Bureau of Animal Industry. Bulletin 161, 1913 et *Journal of Agricultural Research* 1914. Vol. II, N° 4.

forte proportion de ces bactéries, alors qu'à 85° ils s'en montreront dépourvus. — Dans mon travail « *The Lactic Acid Bacteria* » (1), il est donné une description assez détaillée des diverses espèces de bactéries lactiques relativement résistantes à la chaleur.

Dans la pasteurisation basse, la destruction quasi complète des bactéries se réalise, d'après les expériences de WEIGMANN (2), déjà pendant les dix premières minutes, laissant subsister 1 à 1/2 pour cent seulement, qui sera réduit de moitié dans les dix minutes suivantes. Pendant les dix dernières minutes, au contraire, il ne se passe rien, pratiquement parlant. Ce délai supplémentaire n'en est pas moins nécessaire lorsque le lait est pasteurisé en bouteilles, parce que le lait y reste pendant un temps assez long considérablement plus froid au fond que dans les couches moyennes et supérieures. AYERS et JOHNSON ont continué le chauffage même pendant 6 heures sans pouvoir démontrer une diminution ultérieure du nombre de germes. Il se trouve ainsi constaté que le petit nombre de bactéries qui ne sont pas tuées dans les 10 à 20 premières minutes de chauffage à 63° ne peuvent pas être supprimées sans élévation de la température, et dès lors il n'y a pas lieu de prolonger la pasteurisation basse au-delà de la demi-heure prescrite. D'après mes recherches, l'effet favorable de ce procédé de pasteurisation s'en trouverait même contrarié ; car un chauffage très prolongé (soit de 5 heures) aura toujours, même à une température aussi peu élevée que celle de 60°, pour conséquence d'amener des modifications défavorables dans la composition chimique du lait, et, qui pis est, en le maintenant aussi longtemps entre 60° et 70°, on court le risque de favoriser le développement des bactéries thermophiles de putréfaction.

(A suivre).

(1) D. Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, naturvidenskab. og. matematisk Afd. 1919, 8 R. V. 2

(2) Cet auteur, ainsi que WULFF, TRENSCH et STEFFEN, tout en confirmant les résultats d'AYERS et JOHNSON, ont montré en outre que, après la pasteurisation basse, la proportion relative des ferments lactiques et des autres bactéries est plus favorable dans le lait d'étable que dans le lait d'été, celui-là étant généralement plus riche en bactéries lactiques. — Centralblatt f. Bakteriologie, II. Abt. 1916, Bd. 45, S. 63.