LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

- C. CHRISTEN. — Pasteurisation du lait en circulation continue par le procédé de la couche mince (Stassanisation) 241
- Fred. RASMUSSEN. — L'industrie de la crème glacée (Ice cream) aux Etats-Unis (*Fin*) 256
- W. VAN DAM & B. J. HOLWERDA. — L'influence de la concentration des constituants albuminoïdes solubles de la crème acidifiée sur la teneur en matière grasse du babeurre et sur la durée du barattage 273
- P. ROSSI. — Le sérum de caséinerie et quelques sous-produits de l'industrie laitière, leurs propriétés et leur valeur (*Fin*) 278
- Ch. PORCHER. — Le lait au point de vue colloïdal. — Recherches sur le mécanisme de l'action de la présure (*Suite*) 291

Bibliographie analytique :

- 1^o Les Livres 324
- 2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 327
- 3^o Brevets 341

Bulletin bibliographique :

- 1^o Les Livres 343
- 2^o Brevets 344

Documents et informations :

- VAN DER BURG-A. KOPPEJAN & K. G. STAAL. — Suite de recherches concernant la préparation de fromage gras à la ferme 345
- Jean de GIBON. — Les laiteries coopératives au Danemark (*à suivre*) 352
- La glace sèche et son emploi comme réfrigérant dans l'industrie laitière 362
- Une heureuse innovation 363
- Concours sur des sujets relatifs à la conservation du bétail et à l'approvisionnement en lait, en Espagne 364
- Fabrication de la margarine au Danemark, en 1928 365
- L'exportation du beurre suédois, en 1928 365
- Importation et vente du beurre étranger en Suède 366
- L'Argentine prescrit une catégorisation officielle du beurre destiné à l'exportation 366
- Commerce international du beurre 367

MEMOIRES ORIGINAUX

LA PASTEURISATION DU LAIT EN CIRCULATION CONTINUE PAR LE PROCÉDÉ DE LA COUCHE MINCE (STASSANISATION)

par C. CHRISTEN

Ingénieur-Chimiste (1)

A l'origine de toutes les applications industrielles qui forment la gloire de notre époque, qui contribuent dans une large mesure à notre

(1) Au cours de ma mission d'étude en Europe, en qualité d'envoyé du Gouvernement de l'Etat de Santa-Fé (R. Argentine), j'ai pu suivre, pendant deux mois, dans la Laiterie centrale de Strasbourg, plusieurs séries d'essais comparatifs entre le procédé nouveau de la

bien-être matériel — depuis les ingénieuses, les innombrables machines-outils, les moteurs de toutes sortes, les générateurs de froid, jusqu'aux plus délicats appareils d'optique, d'acoustique, d'électricité, etc. — toujours l'on trouve une idée originale, ou une déduction, l'enseignement d'un principe de la science, pure, abstraite.

Rien de semblable dans l'outillage des laiteries, si ce n'est, en fait de progrès, du beau carrelage blanc dans les meilleures. Les appareils, les pasteurisateurs, que nous y rencontrons, rappellent, il est vrai, à s'y méprendre, les engins créés par THIEL ou par FJORD, il y a une soixantaine d'années, sous la poussée des mémorables travaux de PASTEUR. Mais, il faut bien le reconnaître, l'on n'a pas apporté depuis à ces pasteurisateurs aucune modification substantielle, capable de remédier à leur irrégularité, à leur insuffisance d'action sur les microbes du lait qu'il faudrait atteindre par leur entremise. Cette insuffisance, cette irrégularité furent remarquées et signalées, dès leur entrée dans leur pratique, par NÆGELI, et surtout par SOXHLET qui fut amené par là à fonder la méthode, encore en usage et qui porte son nom, du chauffage en bouteille au bain-marie du lait destiné à l'alimentation des enfants au biberon.

C'est plutôt par la manière d'employer les pasteurisateurs qu'on a cherché à remédier à ces deux grands défauts : irrégularité et insuffisance d'action, tenant évidemment à l'allure torrentueuse que le lait en voie de traitement suit entre leurs parois surchauffées comme dans un gouffre. Aussi, tantôt on y diminue la vitesse du courant : le lait sortira par conséquent de l'appareil plus chaud entre 85 ou 90°. C'est le procédé qu'on appelle de *pasteurisation haute ou rapide*, car le lait est refroidi aussitôt qu'il est parvenu à pareille température relativement élevée. De leur côté, les Anglais l'appellent *Flash pasteurisation*, attendu que la montée de la température du lait y est assez rapide, durant à peine une ou deux minutes. Tantôt, par contre, on augmente l'accès du lait dans le pasteurisateur de façon qu'à la sortie il n'a pu prendre qu'une température inférieure — la température de 65° —, température que l'on maintient avant de le refroidir, en gardant le lait pendant 25 minutes dans des bassins appropriés munis d'agitateurs mécaniques. La température moyenne de régime dans ces bassins, les *holdings*, en anglais, est de 62 à 63°. Ce deuxième procédé porte tout naturellement les deux noms *pasteurisation basse* ou de *pasteurisation discontinue*. Les Anglais et les Américains, à leur suite, l'appellent *Holding Process*, ou, plus sentencieusement, lui attribuent une valeur

Suite de la note p. 241.

couche mince et les deux procédés de pasteurisation du lait les plus répandus (la pasteurisation haute et la pasteurisation basse). Dans une série de notes, au bas des pages de cet aperçu d'ensemble, je consignerai les données précises qu'il m'a été possible de fixer pendant ces essais.

C. C.

qu'il n'a pas : *Positive Holder*. — Sur dix opérations successives, au moins 3 fois des bacilles *coli* bien vivants y échappent (STASSANO) en se moquant, on pourrait le penser, de leur *Positive Holder* ! S'il ne s'agissait que de cuire du lait dans une casserole, on appellerait tout bonnement, comme à la cuisine, ces deux procédés, qui en somme ne sont que des expédients : la cuisson rapide (à feu vif) et la cuisson lente (à petit feu).

Voilà tout ce qu'on a trouvé de substantiel depuis l'enseignement de PASTEUR pour assurer au lait une conservation d'une un peu plus longue durée que la naturelle et pour chercher à l'assainir vis-à-vis des quelques microbes pathogènes qu'il peut parfois renfermer. Par de purs et élémentaires tours de mains de cuisine, on a prétendu, de la sorte, engager la lutte contre les microbes et cela au sein d'un liquide si fragile aux atteintes du chauffage, d'un liquide naturel si précieux qui est la providence des enfants et des êtres débiles !

Aussi il n'y a pas lieu de s'étonner qu'un bactériologiste, le Prof. BEATTIE de l'Université de Liverpool, en résumant, pour la *Conférence nationale sur la pasteurisation* tenue à Londres en 1923, les résultats d'une très longue étude portant sur des milliers d'échantillons de lait pasteurisés par les différents procédés existants et recueillis depuis Newcastle jusqu'à Londres, ait été obligé d'affirmer que :

« La pasteurisation du lait, telle qu'elle est pratiquée commercialement en Angleterre, n'a aucune chance de détruire les germes des maladies communes. » (*Le Lait*, 1926, page 572.)

Que dire alors du bacille de la tuberculose qui, parmi ces germes, est le plus résistant au chauffage !

Le destin, qui n'est pas toujours aveugle, a voulu que le vrai principe des pasteurisateurs, le *principe de la couche mince*, ait germé, se soit développé, ait été élaboré à l'égard de toutes ces multiples applications beaucoup plus tard, dans la maison même de Pasteur, à l'Institut Pasteur de Paris (1).

D'après ce principe, l'action du chauffage cesse d'être une opération de cuisine. Le chauffage ne porte plus indifféremment sur la masse tout entière du lait, en lui épargnant ainsi autant que possible l'atteinte. L'action de la température porte, au contraire, selon ce procédé, d'une façon directe, uniforme, on peut même ajouter : élective, sur les microbes qu'il renferme.

(1) Henri STASSANO : *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXXVIII, mai, décembre 1924. C. R. de l'Académie des Sciences, 6 mars 1911, 21 juin 1915, 2 juillet 1917, 5 novembre 1923, tome CLXXXIX, page 438 ; tome CLXXXIX, page 297. — C. R. de la Société de Biologie, tome XCIII, pages 708, 711, 714, 716 et 718, pages 1385 et 1387. — *Le Lait* : Mémoire préliminaire sur la pasteurisation du lait, tome V, pages 473 à 479. — *Le Lait* : De la conservation et de l'assainissement du lait 1926. — C. R. VIII^e Congrès de Chimie appliquée, 28-30 juillet 1928.

Il s'ensuit, dans la limite de la durée maxima de chauffage et dans la limite du degré le plus élevé de la température auxquelles on peut soumettre le lait sans lui causer de trop profondes modifications capables de le rendre inutilisable pour la consommation, que le facteur *durée du chauffage* autant que le facteur *élévation de la température* n'ont pas une réelle valeur. C'est *uniquement* la manière de pratiquer le chauffage et d'utiliser la température qui compte. Aussi du lait cru, porté simplement à 63° en 8 à 10 secondes par le procédé de la couche mince, accuse une bien plus forte action de la pasteurisation sur les microbes qu'il renferme que du lait provenant d'un même mélange de laits crus, soumis soit à la même température de 63° pendant 25 à 30 minutes, selon le procédé de la *pasteurisation basse*, soit à une température beaucoup plus élevée, jusqu'à 85, 90 ou même 95°, selon le procédé de la *pasteurisation haute* : la soi-disante *Flash*, instantanée, pasteurisation où, pour rapide que soit le chauffage, il dure toujours une à deux minutes, par conséquent dix à vingt fois plus que dans le procédé de la couche mince, dans lequel il ne dure que 8 à 10 secondes.

Cette expérience parfaitement comparative peut être réalisée très facilement dans une laiterie où, comme à la Laiterie Centrale de Strasbourg, l'on dispose des trois systèmes ci-dessus d'appareils et de beaucoup de lait, sans compter l'esprit accueillant, ouvert au progrès, de la Direction. C'est, du reste, dans cette laiterie que le nouveau procédé de la couche mince a reçu le baptême industriel et a été appelé pour la première fois *stassanisation*, du nom de son inventeur, le Professeur Henri STASSANO. Ce nom, où l'on trouve le latin « Sanus est », se prête en effet admirablement pour servir à la désignation d'un procédé dont la principale vertu est l'assainissement sûr, complet du lait envers les quelques microbes, le bacille de la tuberculose notamment, qui peuvent en rendre dangereuse la consommation à l'état cru : *assainissement qu'aucun des procédés usuels de pasteurisation n'a assuré jusqu'ici*.

Au premier abord, ce résultat apparaît bien extraordinaire. On pourrait le taxer de paradoxal. Il est pourtant très compréhensible pour qui est pénétré du principe dont il relève. Il est la même preuve éclatante de la haute valeur pratique de ce principe.

L'explication qui vient la première à la pensée est assez simple. La singulière efficacité de la couche mince pour la transmission de la chaleur aux microbes rentrerait dans la loi commune. On sait qu'un liquide se réchauffe très rapidement lorsqu'il se trouve répandu sous cette forme en nappe, en couche mince, entre deux surfaces chauffantes. Il resterait seulement à expliquer comment, à pareille action si forte sur les microbes du traitement du lait en couche mince, correspondrait, par contre, la plus légère modification qu'on ait enregistrée jusqu'ici dans les laits pasteurisés. Cela tiendrait encore du paradoxe.

D'ailleurs, tout au début de ses travaux sur le sujet, le savant ita-

lien (1), à qui nous devons le principe en question, par la couche extrêmement mince de 1/100 de millimètre — dix hauteurs environ de microbes — ne visait que d'atteindre le plus directement et régulièrement possible les microbes, soit par les rayons ultraviolets, soit par les rayons thermiques. L'uniformité de l'action, second postulat de son principe, il la réalisait en faisant circuler les liquides, au sein desquels se trouvaient les bactéries à stériliser sous la poussée constante, réglable, d'un gaz inerte, l'azote ; dans le premier cas, au-dessous d'une lame de quartz ; dans le second cas, entre deux surfaces métalliques absolument planes, équidistantes, chauffées au bain-marie, à la température convenable.

Rien donc qu'une action aussi directe, aussi uniforme que possible sur les microbes à atteindre, a inspiré à ses débuts le principe de la couche mince et le procédé thermique — la stassanisation — qui en est dérivé.

Cependant, en multipliant les expériences, en faisant varier notamment la teneur en bactéries des suspensions ou émulsions microbiennes, M. STASSANO ne tarda pas à s'apercevoir que bien d'autres facteurs concouraient à accroître l'efficacité de la chaleur sur les microbes qu'il avait cru acquise jusque-là, dans ses dispositifs opératoires, grâce simplement au très grand rapprochement des parois chauffantes et au très régulier écoulement, entre elles, du liquide chargé des microbes à atteindre.

Il reconnut tout d'abord, à ce tournant de ses recherches, que les parois métalliques, en vertu de la propriété physique bien connue de l'adhésion ou attraction capillaire, attirent à elles les microbes. La couche mince naturellement facilite cette attraction en amenant sans cesse les microbes le long du parcours qu'ils suivent entre elles, à portée de leur sphère d'action. Il s'en suit tout naturellement cet effet électif de la chaleur sur les microbes qu'il serait impossible d'expliquer autrement. On peut s'en rendre compte encore mieux si l'on se rappelle que les microbes en suspension dans un liquide opposent une certaine résistance à l'atteinte des courants de convection de la chaleur, grâce au

(1) Sa vie, entièrement dédiée à la recherche scientifique, s'est déroulée en très grande partie en France, où il se sentit attiré dès sa prime jeunesse, au berceau cultural de la triade immortelle Claude BERNARD, PASTEUR, BERTHELOT. Aussi, plus de dix ans avant son arrivée définitive à Paris, ses travaux figurent déjà, en 1883, aux Comptes rendus de l'Académie des Sciences et de la Société de Biologie, de même que de l'Académie de Médecine, en 1884, dans un mémoire de l'illustre MAREY à propos de la grande épidémie de choléra de la Spezzia et de Gênes de cette même année.

M. STASSANO a reçu en France la plus large et cordiale hospitalité dans plusieurs laboratoires de la Sorbonne, notamment dans celui de Physiologie où il fut un des plus assidus collaborateurs de l'éminent et regretté professeur DASTRE. Enfin, l'Institut Pasteur a mis pendant plusieurs années à sa disposition un laboratoire avec cette largesse de moyens matériels et cette libéralité spirituelle, coutumières de la maison et que l'on ne retrouve peut-être nulle part ailleurs, selon les propres paroles de M. Stassano.

mouvement brownien dont ils sont constamment animés tant qu'ils flottent. Sous l'objectif du microscope, on les voit en effet se déplacer, par un bond en arrière, à l'approche d'un de ces courants de chaleur. Ce recul ne leur est plus permis lorsqu'ils viennent des milliers fois au contact de l'une ou de l'autre paroi chauffante entre de lesquelles ils sont entraînés. Leur mouvement brownien s'arrête alors instantanément. L'atteinte de chaleur devient à ce moment immédiate, leur saisissement est instantané, sinon de l'ordre minime de durée du mouvement brownien et des déplacements des bactéries elles-mêmes qui en sont agitées.

Nous avons là les deux premiers facteurs adjuvants du principe de la couche mince, à savoir : 1° *l'attraction ou adhésion capillaire des surfaces chauffantes* et 2° *l'effet propre de la paroi*.

En poussant plus loin l'analyse de la nature intime des avantages apportés par le principe de la couche mince (où il fallait plutôt se laisser éclairer par les connaissances de la cinétique moléculaire qu'entraver par l'application stricte des formules concernant la conductibilité thermique des métaux), M. STASSANO a fourni la démonstration expérimentale de la nécessité d'employer un métal, tel le cuivre, doué d'une très faible capacité calorifique (1) et sous l'épaisseur d'un millimètre au plus, afin que *l'effet de la paroi* sur les microbes, c'est-à-dire la transmission efficace, immédiate de la chaleur aux microbes, se produise, se manifeste dans toute sa force : soudaineté et intensité d'action.

Au surplus — en conséquence de la manière même par laquelle le principe de la couche mince est réalisé : de longs et minces cheminements de forme annulaire, chaque cheminement étant constitué par l'enchâssement de deux tubes, l'un dans l'autre, concentriquement, formant dans l'ensemble un circuit absolument fermé de plus de 40 mètres, dans lequel le lait est d'abord tiédi par le passage voisin du lait déjà réchauffé, porté ensuite à la température convenable de pasteurisation sous l'épaisseur d'un millimètre sur un parcours de 12 mètres et refroidi finalement — le principe en question de la couche mince, indépendamment des deux facteurs de sa grande, de sa singulière efficacité ci-dessus signalés, par le seul fait d'être un mode de chauffage en vase clos, en circuit fermé, jouit de cet autre avantage reconnu dès 1902 par RUSSELL et HASTINGS les premiers (2), d'agir plus énergiquement sur les microbes. Ces auteurs, en effet, ont les premiers pu tuer dans ces conditions certains microbes avec une température de 5 à 6 degrés de moins que celle nécessaire pour arriver au même résultat en vase ouvert, qui est, en somme, le mode d'opérer selon les procédés usuels de pasteurisation.

Bien d'autres avantages, et non des moindres, du procédé en ques-

(1) C. R. Soc. de Biologie, 10 juillet 1925.

(2) Centralblatt für Bakt., Paras. & Infectkr. VIII Band, 10 Avril 1902.

tion, découlent pareillement de son mode de réalisation constituant un circuit fermé d'un bout à l'autre, dès l'entrée du lait cru, jusqu'au dispositif par lequel il est distribué, après le traitement thermique qu'il a subi et après son refroidissement.

Le premier de ces autres avantages est la conservation intégrale de l'acide carbonique que le lait possède encore au moment de son arrivée à la laiterie. A cette conservation intégrale correspond celle du volume même du lait, ce qui a encore son appréciable utilité, au prix élevé du lait. Quant à la perte plus ou moins grande en acide carbonique que le lait subit à la suite des procédés usuels de pasteurisation, sa fâcheuse portée est considérable pour l'alimentation, car on le sait ou tout le monde devrait le savoir, l'acide carbonique est le principal facteur de la solubilité et par conséquent de l'assimilabilité des sels de chaux et des phosphates dont l'action est décisive dans la croissance. Il l'est également des protéines du lait éléments non moins utiles de sa valeur alimentaire. Le départ de l'acide carbonique, d'ailleurs, doit entraîner forcément un trouble très profond également dans tous les autres précieux constituants du lait. On en a la preuve dans ces deux faits bien caractéristiques qui sont tout à l'avantage du procédé de la couche mince : 1^o l'acidité du lait chauffé par les procédés usuels tombe tout de suite d'environ 1 degré Soxhlet ; par contre, le lait chauffé en couche mince, même s'il est porté à plus de 75 ou 80°, conserve à peu près son degré initial d'acidité (1) ;

2^o la chute de l'acidité dans le lait chauffé aussi bien à la casserole que dans les pasteurisateurs ordinaires, n'est pas due simplement à la perte en acide carbonique qu'il y subit, étant chauffé en vase ouvert, comme on pourrait le penser. En effet, si l'on extrait par le vide tout l'acide carbonique d'un échantillon de lait cru, la chute de l'acidité n'est pas si accentuée et peut non seulement manquer, mais même parfois, à certains moments de l'année, être remplacée par une montée qui atteint ou dépasse même un degré Soxhlet. Or, parmi tous les laits pasteurisés, seul le lait traité par le procédé de la couche mince, partage, quoique à un degré moindre, avec le lait cru, cette même faculté et façon de réagir à certains moments de l'année, au départ par le vide de l'acide carbonique, c'est-à-dire par une hausse de l'acidité au lieu d'une chute : démonstration évidente du parfait état de conservation dans ce lait de tous les éléments chimiques du lait cru, y compris ceux à qui seront dévolues les fonctions les plus délicates telles, par exemple, le pouvoir du lait cru immunisant à l'égard des maladies intestinales.

(1) Voici quelques-unes de mes observations sur ce sujet :

1^o Lait cru 7, 8 S. — Lait stassanisé 7, 7.

2^o Lait cru 7, 6, — 8, 2 — 7, 4 S. — Lait PB 7 3 — 7, 2, Lait PH, 6, 8.

3^o Lait cru 7, 5. — Lait P. B, 6, 8. — Lait stassanisé : à 65°, 7, 4 ; à 75° 7, 4 ; à 85°, 7, 4.

C. C.

M. STASSANO a pu en fournir déjà quelques preuves expérimentales.

Le deuxième de ces avantages dérivant du mode de réalisation de la couche mince en circuit fermé, est la rapidité avec laquelle le lait traverse les longs cheminements annulaires entre les deux surfaces chauffantes que constitue le Stassaniseur, ainsi que nous l'appelons d'après le nom de l'inventeur.

Cet avantage est d'autant plus efficace que dans cet appareil la température des surfaces chauffantes ne dépasse guère que d'un à deux degrés au plus la température que le lait prend au cours du traitement, alors que dans tous les autres procédés, celui encore où l'on emploie des réchauffeurs à eau chaude au lieu de vapeur sous pression, le cas général, cet écart est beaucoup plus grand.

Il s'ensuit que, dans le lait stassanisé, on ne retrouve pas la moindre parcelle de lait surchauffé, modifié par le chauffage. De pareilles parcelles abondent, au contraire, plus ou moins dans tous les laits pasteurisés par les procédés usuels et représentent l'un des principaux défauts de ces derniers (1).

La vitesse d'écoulement du lait, dans les stassaniseurs, est d'un peu plus d'un mètre par seconde, ce qui fait que le lait ne reste à la température, utile pour l'action à exercer sur les microbes, mais à laquelle pourrait souffrir sa constitution, pas plus de 8 à 10 secondes. A cette vitesse, pendant une exposition si courte au chauffage, le lait n'en ressent pas sensiblement l'atteinte en vertu précisément de ce principe, établi également par M. STASSANO au début de ses travaux sur la couche mince, à savoir : « La durée de chauffage est le facteur principal des altérations provoquées par la chaleur dans les êtres vivants et leur milieu organique de nature albuminoïde. Au contraire, le degré de la température, dans certaines limites, bien entendu, n'y joue qu'un rôle secondaire. »

Aussi la vitesse de l'écoulement du lait dans le Stassaniseur conditionne, assure la bonne conservation des éléments et des caractères de toutes sortes du lait. Cependant, cette vitesse, même sur un long parcours entre les surfaces chauffantes, ne doit dépasser le mètre et demi par seconde sans risquer de compromettre l'assainissement du lait, laissant

(1) Voici mes données sur l'albumine soluble titrée dans le lait pasteurisé par les trois procédés dont il s'agit dans cet exposé et provenant dans chaque essai d'un même mélange de laits crus : 1^o Lait cru témoin 0,194 gr. albumine % de lait ; Lait stassanisé 0,180 gr. albumine % de lait. Dans cet essai par la Stassanisation, on a eu par conséquent 0,14 g. d'albumine coagulée, soit 7,2 %.

2^o Lait cru témoin 0,248 gr. d'albumine % de lait.

Lait stassanisé 0,198 » » » »

Lait past. basse 0,156 » » » »

Lait past. haute 0,048. »

La proportion de l'albumine coagulée par les différents procédés ci-dessus est donc : dans la stassanisation de 20 % ; dans la past. basse de 37 % ; dans la past. haute de 80 %.

passer en parfait état de vie les microbes pathogènes à partir du bacille *coli*, qui est pourtant un point de repère très significatif et facile.

L'absence d'aération que l'on constate dans le lait pasteurisé au Stassaniseur, et qui va de pair avec la conservation de l'acide carbonique, dont nous venons de signaler les avantages, ne peut qu'avoir une influence très favorable sur la conservation des vitamines du lait. Par les procédés usuels de chauffage, y compris le procédé de pasteurisation basse, la conservation de ces précieuses substances animatrices de vie doit être, par contre, fortement compromise, attendu que ces substances sont encore plus sensibles au chauffage lorsque celui-ci s'accompagne d'aération, d'oxydation. D'ailleurs, les expériences directes qui viennent d'être pratiquées à cet égard sur le lait pasteurisé au stassaniseur par les Professeurs FREDERICA et BANG de Copenhague, confirment pleinement cette remarque en faveur de la stassanisation.

Enfin la conservation volumétrique intégrale de l'acide carbonique avec la bonne conservation, dans le même état où ils se trouvent naturellement dans le lait frais, de tous ses autres constituants, les albuminoïdes notamment, ont une très heureuse répercussion sur la pratique elle-même du procédé. Une aussi bonne et complexe conservation des différents éléments du lait par ce procédé, contribue, en effet, puissamment, à faciliter le nettoyage des appareils après le traitement qu'on y fait subir au lait en couche mince. Point de ces épais et durs dépôts de caséine mêlée à du phosphate tricalcique, cette redoutable *pierre de lait* que l'on doit détacher au ciseau (1) du fond des pasteurisateurs usuels ou creuser au trépan dans les collecteurs des chambreurs ou « holding » de la pasteurisation basse. Rien que de légers dépôts, assez faciles à enlever à la simple brosse, sinon au rinçage par de l'eau chaude sous pression. Ces dépôts, d'ailleurs, ne peuvent pas être évités, parce qu'ils sont dus à la perte que le lait a faite en acide carbonique avant son entrée à la laiterie. En effet, d'après les déterminations de VAN SLYKE et de ses élèves, le lait renfermerait à la sortie de la mamelle 10 % en volume d'acide carbonique ; or, d'après les déterminations de MM. STASSANO et ROLLET, par une méthode encore plus exacte que celle de VAN SLYKE, le lait qui est apporté à la laiterie, quelques heures à peine après la traite, ne renferme plus au maximum que de 3 à 4 % d'acide carbonique. Pareillement, c'est-à-dire sans que le procédé en soit la cause, le dépôt que l'on trouve dans le stassaniseur est considérablement augmenté, bien qu'encore facile à enlever, lorsqu'on y traite, à la place de lait cru, du lait déjà chauffé dans un pasteurisateur usuel.

D'ailleurs, la rapidité du passage du lait dans le stassaniseur permet de traiter par ce nouveau procédé des laits tellement acides qu'ils précipiteraient, si on essayait de les chauffer au pasteurisateur : c'est

(1) Dans mon stage à l'Ecole nationale de Laiterie de Surgères, j'en ai fait l'expérience personnelle, en prenant part, pour mon instruction technique, à cette opération.

encore un avantage de la stassanisation à retenir, quoique d'ordre secondaire.

Cependant, le trait saillant, essentiel, des caractéristiques, des avantages du procédé de la couche mince — parce qu'il les résume tous — est de donner *un lait pasteurisé où l'on trouve parfaitement, harmonieusement réalisés, les deux buts les plus opposés que l'on pouvait essayer d'atteindre par le chauffage*. On serait tout naturellement porté, en effet, à envisager comme irrémissiblement antinomiques ces deux buts qui sont : parvenir au maximum d'action sur les microbes avec le minimum de modifications du lait lui-même.

Ces deux buts sont effectivement atteints par le procédé de la couche mince, par la stassanisation. Seul, parmi tous les procédés de pasteurisation anciens, modernes ou simplement modernisés, il agit d'une manière aussi intense qu'uniforme sur tous les microbes du lait (1) et peut arriver à donner la certitude de l'assainissement, aussi bien envers les microbes pathogènes, les plus fragiles au chauffage (aphte, diphtérie, bacille de Bang de l'avortement, fièvre typhoïde), qu'envers les plus résistants qui peuvent se trouver dans le lait, tel le redoutable bacille tuberculeux (les expériences toutes récentes du Prof. BANG de Copenhague en fournissent la preuve la plus certaine).

En outre, le procédé de la couche mince est indiscutablement le traitement thermique qui épargne le plus au lait l'effet nuisible de la chaleur. Que ce soit à l'examen immédiat, à la portée de tout le monde, à l'examen le plus profond : aptitude à la séparation spontanée de la crème, aptitude au caillage par la présure viscosité, pH , réaction de la peroxydase, de la réductase, effets tampons vis-à-vis des ferments

(1) D'après l'un de mes essais comparatifs, voici les chiffres obtenus dans le dénombrement des colonies engendrées à la suite de l'ensemencement de chacun des différents laits pasteurisés suivants : dénombrement des colonies écloses en 3 jours et demi, culture en gélatine, boîte de Pétri, température ordinaire : Pasteurisation haute, 1,000,000 colonies par c. c. de lait ; pasteurisation basse : 25,000 colonies par c. c. de lait ; couche mince (ancien appareil) : 11,000 colonies par c. c. de lait ; couche mince (nouvel appareil) : 9,000 colonies par c. c. de lait.

Remarque : Les premières colonies apparaissent sur les plaques ensemencées avec du lait de pasteurisation haute, lesquelles sont presque aussi précoces, à une demi-journée près, que celles engendrées par le lait cru. L'apparition des colonies correspondantes à l'ensemencement du lait de pasteurisation basse ne tarde pas ; c'est à la fin, vers le 3^e à 4^e jour, que l'on voit éclore les colonies dues au lait de pasteurisation en couche mince.

Sur les boîtes de Boëz, en gélose lactosée, culture à la température de l'étuve, l'éclosion des colonies provenant des échantillons de lait de pasteurisation haute est encore plus précoce, quoique suivie très peu de temps après par l'éclosion des colonies provenant des autres laits pasteurisés. La précocité de l'éclosion des colonies dues au lait de pasteurisation haute est bien certaine, car à cette précocité correspond parfois celle de la digestion de la gélose au niveau de ces colonies entre les 24 à 28 heures. Sur les boîtes de Boëz, il est permis également de reconnaître dans les colonies provenant des laits crus, ainsi que du lait de pasteurisation haute, un bien plus large développement.

lactiques et des bacilles coli, etc., etc., le lait stassanisé est toujours le lait pasteurisé qui se rapproche le plus du lait cru.

Pour résumer, nous dressons la liste suivante des propriétés qui caractérisent les stassaniseurs, ainsi que des principaux avantages que ces appareils procurent dans leur application au traitement particulier du lait.

Les alinéas entre « » et *en italique* sont empruntés aux conclusions du rapport officiel (1) des Professeurs FREDERICA et BANG, de l'Université de Copenhague, lesquels, avec la collaboration de Mr. HENSEN, directeur de la Station danoise d'essais en laiterie de Hillerød, viennent d'accomplir une très longue et minutieuse étude sur la stassanisation du lait d'après les résultats qu'ils ont constatés avec l'appareil STASSANO en fonction journalière depuis deux ans dans ladite station de Hillerød :

1° « *Les résultats du chauffage du lait à 75° avec l'appareil Stassano sont meilleurs au point de vue bactériologique (2) que les résultats de la pas-*

(1) 8° Berotning fra Statens Forsøgemejeri Varmebehandling af mælk (Stassanisering) København. La traduction française *in extenso* de ce rapport sera donnée dans un prochain numéro. (R.)

(2) Remarque : Dans le lait, qu'il soit cru ou qu'il soit pasteurisé, l'augmentation de l'acidité se produit parallèlement à la multiplication des ferments lactiques qui constituent essentiellement la grande majorité des microbes qui s'y trouvent — autrement dit l'augmentation de l'acidité dans un lait placé en condition convenable de température est fonction de la richesse et de l'état d'activité de ses ferments lactiques Aussi M. Stassano préfère ce mode de mesure, à savoir, la détermination de l'accroissement de l'acidité d'un échantillon de lait à l'étuve, aux dénombrements par ensemencements ou par l'examen direct (méthode Skar).

Dans le graphique ci-contre, sont exprimés les accroissements de l'acidité, dans des échantillons différents de lait, exposés simultanément à la température du laboratoire. L'un de ces échantillons est le lait cru témoin, c'est-à-dire un échantillon du mélange de laits crus avec lequel ont été pratiqués en même temps les 4 types différents de pasteurisation : pasteurisation haute, pasteurisation basse, pasteurisation en couche mince de 1 1/2 millimètre (12 mètres de parcours), pasteurisation en couche mince de 1 mm. (9 mètres de parcours).

Les valeurs numériques correspondantes à ce graphique sont consignées dans le tableau suivant et dans le graphique I.

L'acidité est exprimée en degrés Soxhlet.

teurisation basse et de la pasteurisation haute. Dans des pots à lait bien nettoyés, le lait stassanisé se comporte très bien pendant 48 heures. »

2° « Dans le lait stassanisé, 99,2 à 99,6 % des microbes sont tués. Les microbes qui survivent au traitement sont très affaiblis. Le bacille coli est absent, ainsi que les bacilles produisant l'avortement. Le bacille de la tuberculose est également détruit, ainsi qu'il résulte de quatre séries de nombreuses expériences portant directement sur du lait naturellement infecté et traité par le Stassaniseur industriel de Hillerod. Les animaux témoins injectés avec ce lait avant d'être stassanisé sont tous morts de tuberculose ; les animaux au même nombre qui avaient reçu l'injection du même lait injecté après la stassanisation ont tous, par contre, échappé parfaitement à la contamination.

Dans le mémoire de Mr. STASSANO : « De la conservation et de l'assainissement du lait » sont consignés les résultats de ses nombreuses et minutieuses recherches sur cette question. La confirmation globale des importantes constatations de M. STASSANO se trouve dans le paragraphe suivant d'une lettre à lui adressée par le Prof. BURRI, directeur de l'Institut Fédéral Suisse de Laiterie et Bactériologie de Liebefeld-Berne. Lorsque M. Burri écrivit cette lettre, il venait de recueillir lui-même les échantillons du lait stassanisé et du lait de pasteurisation basse à 63° à la Laiterie Centrale de Strasbourg, dans la visite qu'il y fit en mai 1928 en compagnie du Prof. ROADHOUSE de l'Université de Chicago. Voici les propres paroles de M. BURRI : « Conditions bactériologiques : Elles sont assez conformes à vos indications, c'est-à-dire les échantillons pasteurisés à 63° fournissaient de fortes colonies de ferments lactiques après peu de temps, tandis que les échantillons traités selon votre procédé montraient des ferments lactiques qui semblaient fortement affaiblis de sorte que les colonies ne se formaient que beaucoup plus tard. La teneur en germes de l'échantillon stérilisé à 63° était considérablement plus grande que celle de l'échantillon traité selon votre procédé. »

3° « Le lait stassanisé n'a pas le goût de cuit et donne la sensation du lait cru. »

4° « La crème monte beaucoup plus vite que la crème du lait de pas-

Tableau de la note (2) de la page 251.

Temps	0	6 heures	24 heures	48 heures	72 heures
Lait témoin cru	9,5	17.—	33.—	38.—	42.—
Pasteurisation haute	6,5	7.—	30.—	37,5	40.—
Pasteurisation basse	6,8	7,5	9.—	24,5	35.—
Couche mince 1 1/2 mm.	7,5	7,6	8.—	32,5	38.—
Couche mince 1 mm.	8.—	8,3	8,5	22,5	32.—

teurisation haute. L'écémage du lait stassanisé donne de très bons résultats » (1).

La séparation de la crème est encore beaucoup plus hâtive que dans le lait de pasteurisation basse, à condition que dans le récupérateur le lait stassanisé ne soit pas retenu quelques secondes de trop à plus de 50°. Dans le lait stassanisé, selon la règle exacte du procédé, la crème s'y sépare même un peu plus précocement que dans le lait cru, et sa ligne est aussi nette sinon davantage.

5° « *La valeur nutritive du lait.*

Les sels du lait, les protéines et les albumines ne subissent aucune modification, le lait stassanisé a par conséquent une valeur nutritive égale à celle du lait cru. »

6° Le lait stassanisé conserve intégralement l'acide carbonique qu'il renferme à l'état cru, les sels de chaux, les phosphates et les globulines y demeurent ainsi en parfait état de solubilité et par conséquent d'assimilabilité.

7° « *Le lait stassanisé se comporte très bien vis-à-vis de la présure et caille aussi bien que du lait cru, sans addition de chlorure de calcium. Il peut être employé par conséquent très avantageusement pour la fabrication de toutes les espèces et qualités de fromages* » (2).

8° « Les vitamines A et B sont parfaitement respectées par la stassanisation ; on les y retrouve intactes dans le lait stassanisé. »

9° « Le lait ne subit pas la moindre perte en volume par la stassanisation. »

10° « *Pour traiter 1.000 kgs. de lait dans un appareil Stassano, on n'a besoin que de 45 kgs. de vapeur. Dans la pasteurisation haute cette consommation monte à 134 kgs. Dans la pasteurisation basse, à 100 kgs*

(1) Voici les résultats de l'un de mes essais concernant la montée de la crème (les numéros indiquent les lignes du crémomètre) :

Temps	1 heure et demie	5 heures	24 heures
Lait témoin cru.....	6 1/2	9	10 1/2
Lait past. basse.....	6	7 1/2	8
Lait stassanisé	8 1/2	9	9 1/2

(2) Voici quelques-uns de mes essais sur le degré de coagulabilité des laits pasteurisés par la présure :

I Témoin cru caille en 10 minutes.

Lait pasteurisation basse caille en 18 minutes.

Lait stassanisé caille en 12 minutes et demie.

II. Le lait témoin caille en 19 minutes.

Le lait pasteurisation basse caille en 24 minutes.

Le lait stassanisé :

à 65°, caille en 21 minutes.

à 75°, caille en 19 minutes.

à 85°, caille en 21 minutes.

seulement et dans un pasteurisateur en combinaison avec un récupérateur cette consommation est réduite à 94 kgs. Les avantages de la stassanisation sont donc respectivement de 70 %, 60 % et 57,6 %.

11° « Le nettoyage de l'appareil est des plus faciles. Les surfaces chauffantes du stassaniseur seulement se couvrent d'un léger dépôt qu'on enlève facilement à la brosse. » Aussitôt après le passage du lait, on fait circuler de l'eau, tout en continuant à chauffer ; la réfrigération seulement est suspendue. Il en résulte une circulation d'eau chaude sous pression à environ 80°, par laquelle on rince tous les cheminements en couche mince — pasteurisateur, récupérateur et réfrigérant. On fait passer la même eau chaude par toutes les tuyauteries, d'arrivée et de distribution du lait stassanisé. Avec elle, on rince également les différents bacs, filtres, bref, toute la laiterie après chaque opération. Dans les pays chauds et, pendant les fortes chaleurs, dans les pays tempérés, on parachève ce nettoyage en faisant passer de la vapeur sous pression par tous les cheminements de couche mince et par toutes les canalisations. On peut juger par là de la facilité et de la perfection de ce mode de nettoyage. Quant aux surfaces chauffantes, c'est-à-dire, pour préciser, les éléments du stassaniseur, ceux-ci sont démontés très facilement par un dispositif approprié et nettoyé à la brosse une fois par jour, après l'une des deux opérations quotidiennes ; cela ne demande qu'une demi-heure, trois quarts d'heure au plus.

Malgré un si complet et parfait nettoyage, on n'aborde le lendemain la pasteurisation du lait qu'à la suite immédiate d'un rinçage à l'eau de la canalisation. Les 25 à 30 litres de lait mélangé à de l'eau sont facilement utilisés dans une laiterie, pour l'écémage particulièrement.

Aussi, il peut être affirmé, sans crainte d'exagérer, que le nettoyage d'une installation de stassanisation est beaucoup plus facile et plus complet que le nettoyage de tout autre système de pasteurisation. Il revient encore moins cher à cause de la main-d'œuvre d'aujourd'hui assez chère et parce qu'il n'exige pas de pasteurisateur de réserve, grâce à la facilité du nettoyage qui ne provoque pas au matériel, ainsi que les autres procédés, de profondes usures.

12° La stassanisation offre enfin le double avantage d'occuper beaucoup moins de place que les installations des procédés usuels de pasteurisation et de supprimer ces absurdes autant que dangereuses (pour la qualité du lait) montées du lait, si impressionnantes dans les luxueuses laiteries américaines à cascades. Une seule pompe suffit : elle est placée en contrebas du stassaniseur dans un caniveau approprié. Cette pompe aspire le lait cru, après sa filtration, et le repousse dans les longs cheminements des différents éléments de stassanisation. Point de pompe d'élévation du lait, et point de longues tuyauteries.

La pompe cependant doit être d'un type spécial : à engrenage, à dents hélicoïdales, afin d'éviter l'aération et la perte en acide carbonique

que le lait subit par tous les autres systèmes de pompe. Pour les mêmes raisons, c'est-à-dire pour éviter au lait de l'aération et de la perte en acide carbonique, M. STASSANO renonce à l'emploi des séparateurs centrifuges pour le nettoyage du lait. Il se sert à la place de filtres appropriés.

13° Cet autre avantage se rattache au précédent. Il apporte également une simplification dans l'installation et contribue pareillement à la rendre à la fois plus rationnelle et plus sûre.

Le lait sort des appareils de stassanisation sous pression. Il peut être, par conséquent, assez facilement conduit dans les bassins d'attente ou distribué avec la plus grande garantie d'asepsie, soit dans des tanks, soit dans les pots usuels, convenablement traités par la vapeur. On les remplit ensuite avec les mêmes précautions voulues d'asepsie. Ces précautions, d'ailleurs, sont assez simples lorsqu'elles sont comprises. Donc, avec la stassanisation, plus de cascades de lait, de pompes à ne plus en finir du lait, de ces interminables canalisations et de ces laiteries occupant des surfaces énormes.

14° La stassanisation épargne, par sa profonde autant qu'uniforme action sur les microbes, l'emploi coûteux de la saumure pour la réfrigération. *Cet avantage a été également reconnu par la Station Danoise d'Essais de Hillerod.* On continuera néanmoins à se servir de la saumure dans les pays où l'eau est très rare ou chaude. La stassanisation demande, cependant, pour la bonne conservation du lait pasteurisé qui doit attendre un jour ou plus pour être expédié aux dépôts de la ville, l'aménagement de remises fraîches, à la température moyenne de 15°, en été comme en hiver, ce qui est assez facile et non très coûteux à réaliser.

15° Les frais de première installation de ce procédé peuvent paraître, tout d'abord, plus coûteux que ceux des procédés usuels, d'autant plus que dans l'achat du stassaniseur sont compris les prix des appareils auxiliaires, pompe, filtre, qui doivent être appropriés au procédé. Mais, en regard des immenses avantages de toutes sortes — et dont les péculaires ne sont pas les derniers — de la stassanisation, la plus-value des premières dépenses d'installation n'entre plus en ligne de compte. Rien qu'en épargnant 1 % (estimation assez modérée) sur le volume du lait, une laiterie qui travaille de 50 à 60.000 litres de lait économisera plus de 300.000 fr. par an, de quoi, en somme, payer la transformation de son outillage usuel dans l'appareillage du procédé de la couche mince, tout en parvenant à assurer à la clientèle la distribution d'un bon lait qui, non seulement, peut satisfaire pleinement ses besoins, ses goûts, mais qui peut la mettre entièrement à l'abri de tout sorte de contagion, depuis la fièvre typhoïde jusqu'à la tuberculose.

Du reste, une fois démontré, reconnu par les autorités compétentes, *que seule la stassanisation peut assurer, garantir l'assainissement com-*

plet, parfait du lait, sans lui faire perdre sensiblement aucun de ses caractères, aucune de ses propriétés naturelles, la transformation à laquelle nous venons de faire allusion ne sera pas laissée au libre choix des laitiers, elle leur sera imposée tout naturellement partout où la pasteurisation du lait est rendue obligatoire.

L'INDUSTRIE DE LA CRÈME GLACÉE (ICE CREAM) AUX ÉTATS-UNIS

par Fred RASMUSSEN

(Fin)

Secrétaire général de l'Association International des fabricants
de crème glacée, Harrisburg, Pa. (États-Unis).

Réfrigération et emballage

Un réfrigérant moderne de crème glacée est tout simplement un ancien réfrigérant de ménage, très agrandi, et abattu sur le côté. Les anciennes palettes tournantes sont toujours là, et il y a, en outre, tout autour, une enveloppe dans laquelle circule la saumure, ou, dans le cas d'un réfrigérant à expansion directe, un produit réfrigérant, généralement de l'ammoniac gazeux. Le mélange de crème glacée est versé dans le réfrigérant et amené à une température d'entre 26 et 27° F. (— 3° 3 à — 2° 7 C.). Juste avant le moment où le réfrigérant va être vidé, les pâtes de fruits frais ou de noix sont ajoutées spécialement sur le sommet du réfrigérant. La charge complète industrielle d'un réfrigérant est de 40 à 180 quarts (37 litres 85 à 170 litres 35).

Le chemin que va suivre le mélange demi-congelé à partir du réfrigérant dépend de la forme sous laquelle il ira chez le consommateur : en vrac ou sous forme de brique. Pour vider les réfrigérants, le système à trémie, quoique relativement nouveau, est employé dans un assez grand nombre de fabriques. Le réfrigérant rempli s'écoule dans une trémie, et la crème glacée, partiellement congelée mais non dure, coule par l'effet de la pesanteur par des gouttières dans la chambre d'emballage, où, si elle est vendue en vrac, elle est versée dans des pots stérilisés. La méthode est la même pour les briques de crème glacée, excepté que le mélange coule dans une chambre d'emballage où les quarts (0 litre 95), pintes et paquetages plus petits sont remplis automatiquement.

Les pots contenant la crème glacée en vrac, ainsi que les emballages scellés sont immédiatement transportés dans une chambre de durcissement où la congélation est terminée. Ces chambres sont de très grands locaux de la fabrique qui sont protégés contre les changements de température, maintenus à une température variant entre zéro et 10° F. (— 17° 78 C. à — 23° 34 C.). Ces températures sont obtenues par réfrigération mécanique à expansion directe.