MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

RÉFLEXIONS SUR LA PASTEURISATION

par CH. PORCHER.

La pasteurisation n'a cessé d'être à l'ordre du jour des préoccupations de ceux qui conduisent la science, l'industrie et la technologie laitières, depuis que son principe a commencé à être traduit en appareils divers, il y a un peu plus de quelque quarante années. Ce n'est donc pas une question bien neuve, et cependant elle est toujours d'actualité.

A lire, nous ne dirons pas tout ce qui a été écrit sur elle, parce qu'on n'y pourrait arriver, mais l'essentiel, les meilleurs travaux, ceux qui sont dégagés d'un esprit tendancieux ou mercantile, on se rend compte de la confusion qui règne dans les idées.

Cette confusion est due, pour une bonne part :

- a) A des définitions par trop variables dans leurs termes ;
- b) A l'incompréhension que l'on sent, dans beaucoup d'esprits qui ont la prétention d'être des meneurs de l'hygiène publique, de plusieurs des données des problèmes qu'évoque la pasteurisation ;
- c) Aux solutions incomplètes, parfois erronées, qu'on entend leur apporter.

Nous voudrions, dans cet article, « faire le point », comme on dit en navigation, c'est-à-dire nous employer à fixer aussi bien que possible la question dans ses termes, dans ses contingences, dans ses conséquences.

Il est des partisans décidés de la pasteurisation et, en face d'eux, des détracteurs non moins convaincus de la solidité de leurs arguments. Nous voudrions mettre d'accord les uns et les autres. Nous nous efforcerons de montrer toutes les exigences d'une pasteurisation bien entendue, — ce que ne comprennent pas toujours suffisamment certains de ses partisans, notamment ceux qui ne voient pas assez les conséquences de cette opération et ne veulent prendre d'elle que ses commodités à courte échéance.

Quant aux détracteurs de la pasteurisation, je crains bien que, trop souvent, ils ne pratiquent la théorie de l'autruche. Ils dénieient avec vigueur, mais peut-être aussi avec injustice, les réels mérites d'une pasteurisation rationnellement effectuée.

Sans doute, la nature ne fait pas de lait pasteurisé ; l'opération est purement industrielle. La mamelle ne sécrète que du lait cru, mais celui-ci est un liquide éminemment altérable. Vouloir condamner la pasteurisation en évoquant à l'envi ces réflexions par trop

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

simples, c'est mettre en pratique ces paroles bien connues : « Périssent les colonies plutôt qu'un principe. » Elles n'ont jamais abouti, là comme partout, qu'à la défaite, à la stérilisation de l'effort et à la mort des initiatives.

Nous examinerons successivement dans cette étude les points suivants :

- 1^o *La définition et les buts de la pasteurisation ;*
- 2^o *Les temps de cette opération ;*
- 3^o *L'examen critique des appareils employés pour la réaliser ;*
- 4^o *La vente en bouteilles ;*
- 5^o *La pasteurisation obligatoire.*

* * *

1^o DÉFINITION ET BUTS DE LA PASTEURISATION.

Dans cette définition, que nous donnerons avec son acception la plus large, nous ne nous lierons par aucun chiffre, nous réservant de recourir à ceux-ci lorsque nous apporterons quelque précision dans les données thermiques du temps essentiel de l'opération. Pour commencer, nous dirons, afin de débayer le terrain, que nous n'entendons parler ici que de la *pasteurisation thermique*, celle qui, très directement, emploie la chaleur. Nous laisserons de côté les pasteurisations dites *électriques*, et qui sont thermiques également, puisqu'elles ne trouvent leur efficacité que dans un dégagement de chaleur engendrée par le passage du courant dans des résistances appropriées.

Pasteuriser le lait, c'est détruire en lui, par l'emploi convenable de la chaleur, la presque totalité de sa flore banale, la totalité de sa flore pathogène quand elle existe, — ce qui est, malheureusement, trop souvent le cas, — tout en s'efforçant de ne toucher qu'au minimum à la structure physique du lait, à ce que nous avons appelé sa constitution, à ses équilibres chimiques, ainsi qu'à ses éléments biochimiques : les diastases et les vitamines.

Comme on le voit, nous sommes guidé dans la définition de la pasteurisation par un triple souci : le premier, d'ordre *hygiénique* ; le second, d'ordre *physique et chimique* ; le troisième, d'ordre *diététique*. Nous demandons ainsi beaucoup à la pasteurisation, mais si nos exigences se sont accrues, c'est parce que nous avons en main, aujourd'hui, des appareils construits sur un principe tout à fait nouveau et dont l'utilisation permet d'y satisfaire.

C'est parce qu'on a voulu demander de plus en plus à la pasteurisation, qu'on s'est trouvé dans la nécessité d'en élargir la définition ; c'est donc peu à peu, sous la pression des services nouveaux qu'on lui demandait, que cette définition s'est complétée.

* * *

Pour bien comprendre les diverses significations que l'on a successivement attribuées à la pasteurisation du lait, il faut se reporter à l'origine du mot. On a voulu appliquer au lait la technique que PASTEUR avait préconisée pour le traitement des maladies du vin et de la bière. Aujourd'hui, l'opération est courante dans la grande industrie de la vinification et dans la brasserie, mais le vin et la bière sont chauffés à des températures inférieures à celles auxquelles on a recours pour le lait. La pasteurisation de ces deux liquides alcooliques a rapidement montré son efficacité ; elle n'a point donné lieu, pour eux, à ces discussions interminables que l'on a enregistrées dans l'industrie laitière, pour plusieurs raisons d'ailleurs :

1^o La réaction du vin et de la bière, — notamment celle du vin, — est nettement acide et les espèces microbiennes que l'on entend combattre sont particulièrement sensibles à l'action de la chaleur. L'acidité est un adjuvant puissant de cette dernière.

2^o Vin et bière ne renferment pas de substances protéiques, ou, du moins, s'il en est, c'est en quantité négligeable.

Dans le lait, nous avons, au contraire, avec une grande quantité de matières protéiques, qui sont nécessairement à l'état colloïdal, une composition chimique extrêmement favorable au développement microbien. La réaction du lait, nettement moins acide que celle du vin, se rapproche de la neutralité, c'est-à-dire est telle qu'à côté des *ferments acidogènes*, qui trouveront dans le lait, grâce au sucre qu'il renferme : le lactose, un aliment propre à leur métabolisme particulier, il y a d'autres ferments, des *protéolytiques*, voisins parfois des microbes de la putréfaction, qui, en l'absence des ferments acidifiants, évolueront rapidement de leur côté ; ce sont là des espèces éminemment indésirables.

Il ne faut point oublier, en effet, qu'il y a dans le lait, normalement, doit-on dire, du fait des circonstances courantes dans lesquelles la traite est effectuée, à côté de germes acidifiants, bons ferments en général, des germes protéolytiques, peptonisants, putréfactifs, s'attaquant de préférence à la matière azotée. Le plus régulièrement, ce sont les germes acidifiants qui « partent » les premiers ; ils sont, peut-on dire, des agents de police qui, par la réaction acide plus accentuée qu'ils donnent au lait, par leur développement propre, empêchent les ferments protéolytiques, peptonisants, de cultiver. Vient-on à détruire complètement la flore acidifiante, on laisse le champ libre à la flore peptonisante et le lait, dans ces conditions, *sans perdre son aspect liquide*, s'altère profondément et va même jusqu'à se putréfier, au lieu de s'acidifier. La conservation de sa liquidité nous donne ainsi une fausse sécurité. Ce regrettable inconvénient, si souvent constaté, est surtout le fait des pasteurisations qui ont

recours à un emploi brutal de la chaleur, à une température élevée, affectant sans grandes précautions le lait fortement agité, comme cela se passe dans la *pasteurisation haute*. La flore putréfactive est une flore qui résiste bien à la chaleur, parce qu'elle est souvent sporogène. La flore acidifiante, au contraire, non sporogène, a une moindre résistance.

L'idéal d'un procédé de pasteurisation, sur la base de ces considérations, est d'assainir le lait sans détruire complètement sa flore lactique, se contentant de l'atténuer, de diminuer sa vitalité, et ainsi de laisser des ferments lactiques prêts à reprendre, avec l'aide du temps, leur fonction acidifiante. Il reste ainsi, des policiers de la flore peptonisante, en état de veille. C'est un des mérites de la stas-sanisation, de ne pas tuer entièrement la flore lactique, mais simplement de l'atténuer considérablement. Dans la pratique, cette atténuation très accentuée, qui ne va pas jusqu'à la mort, du moins pour une partie des germes acidifiants, n'est nullement suivie d'un réveil par trop précoce. Elle laisse au lait son aspect liquide, tout en empêchant cependant le développement de germes peptonisants, lesquels, d'ailleurs, dans la *pasteurisation en couche très mince*, sont aussi fortement touchés.

* * *

Ce n'est pas le point de vue hygiénique qui a poussé au développement de la pasteurisation, à ses débuts. La vérité nous impose le devoir de dire que les industriels n'en avaient cure. Ils trouvaient dans l'emploi de la chaleur un moyen facile de détruire la flore banale, la flore lactique acidifiante, dont le développement provoquait justement le caillage du lait, cause d'incidents répétés et étendus sur le lait destiné à être consommé en nature pendant la saison chaude.

On tuait la presque totalité de la flore lactique, quelquefois même toute cette flore, parce que, sans beaucoup de précautions, on chauffait très fort, à l'aide de moyens relativement simples, mais néanmoins critiquables par leur insuffisance. Heureusement que le lait, après le chauffage, — souvent pollué à nouveau, mais pas toujours, — se réenseménçait ainsi de ferments lactiques qui le protégeaient contre la flore putréfactive si la consommation venait à tarder.

Dans la définition, complète à dessein, que nous avons donnée de la pasteurisation, ce ne sont que les tout premiers termes qui l'ont caractérisée au début : *Détruire la presque totalité de la flore banale*. C'est à celle-ci, en effet, qu'on en voulait, parce qu'elle venait compromettre la qualité marchande de la matière première en y provoquant une fermentation acide avec formation d'un coagulum. Nous croyons pouvoir dire que c'est encore la préoccupation cons-

tante de l'industrie laitière, laquelle, ayant principalement en vue l'approvisionnement des villes en lait de consommation courante, veut *sauvegarder la matière première en lui assurant son aspect liquide jusqu'à l'arrivée chez le consommateur*. C'est beaucoup, évidemment, pour l'industrie du lait liquide ; mais cette préoccupation ne saurait être la seule. Il en existe bien d'autres, et que nous sentons tout aussi impérieuses. Enfin, il y a les desiderata des industries du beurre et des fromages. L'une et l'autre désirent jeter sur les marchés des produits fabriqués de la meilleure qualité et de la plus grande conservation. Or, ici, la qualité est directement impressionnée par la flore microbienne, si souvent indésirable, du lait, flore qu'on ne peut détruire que par l'emploi de la chaleur. *Si pour l'assainissement de la crème, ce dernier peut être aussi énergique et brutal qu'il l'est dans la pasteurisation haute, il faut recourir à une modalité thermique aussi douce que possible, tout en étant efficace, lorsqu'il s'agira de fromage*. Ici, il faut procéder avec mesure, ne toucher qu'au minimum à la structure, aux équilibres, à la « constitution » du lait, afin de permettre à l'emprésurage de s'effectuer dans des conditions favorables. N'est-il pas curieux de voir que ce sont des préoccupations industrielles qui nous ont engagé à compléter la première définition, par trop menue, de la pasteurisation, en la portant sur un terrain où la matière à traiter est beaucoup plus délicate.

* * *

Jusqu'ici, il n'a donc pas encore été vraiment question de préoccupations hygiéniques. Et, cependant, du moment que l'industrie se mettait à travailler le lait en grand pour l'approvisionnement des agglomérations, la parole devait être donnée aux hygiénistes et aux pouvoirs publics, lesquels ont la charge de défendre la santé de tous.

Dans ces conditions, il fallait obligatoirement que la pasteurisation répondît, par ses résultats, aux exigences des uns et des autres. Simples d'abord, elles n'ont visé que *la destruction de la flore pathogène du lait, — destruction totale*, cela va de soi, car ici, il n'y a pas de demi-mesure. On savait trop que la consommation du lait cru conduisait souvent aux infections tuberculeuses, typhiques, cholériques, etc., sans parler de celles qui assaillent la toute première enfance et dont la flore spécifique, mal connue, mal fixée, est largement distribuée dans le lait incriminé, mal recueilli, mal propre.

* * *

Nous voyons donc là, une fois encore, sous la pression des circonstances, la définition de la pasteurisation se parfaire par un texte additionnel. Mais ce n'est pas tout. *L'hygiène de l'alimentation n'est*

pas uniquement préoccupée de l'intervention microbienne. Aujourd'hui, avec les connaissances que nous avons des facteurs biochimiques, les vitamines surtout, qui interviennent dans les phénomènes intimes de la nutrition, dans divers métabolismes que leur présence conditionne, l'hygiéniste doit se préoccuper de laisser dans l'aliment qui doit être soumis à l'action de la chaleur, et cela autant que faire se peut, ces principes biochimiques indispensables au cours régulier de la nutrition.

Cette fois, maintenant, la définition de la pasteurisation est complète.

L'industrie a trouvé, tout d'abord, dans la pasteurisation, le moyen de se garder des acidifications désastreuses ; l'hygiéniste, de se défendre contre une flore pathogène. C'était déjà beaucoup, mais ce n'était pas tout. Voyant les avantages considérables que l'un et l'autre pouvaient en retirer, *ils ont pensé à lui demander davantage.* La technologie est venue à leur secours ; elle a modifié ses appareils et, par conséquent, les modalités d'emploi de la chaleur. *Elle a cherché à rendre cette chaleur plus douce dans son action, mais tout aussi efficace dans ses résultats.* Ce faisant, *la structure du lait, si profondément touchée dans les premières pasteurisations, a été davantage respectée,* et c'est de ce côté qu'on a fait les plus grands efforts. En satisfaisant ainsi aux enseignements de la colloïdité, de la chimie-physique et de la biochimie, on a répondu à la définition tout entière que nous avons donnée plus haut de la pasteurisation.

* * *

Puisqu'il est impossible, ou fort difficile, d'obtenir un lait cru qui puisse être consommé sans qu'il en résulte le moindre inconvénient, il faut, évidemment, se contenter de la matière première courante que la production laitière met à notre disposition. Or, elle est toujours polluée, plus ou moins ; il faut donc en détruire les germes.

Nous estimons que l'on a exagéré considérablement, et sans donner la preuve sérieuse de ce qu'on avançait, en faisant intervenir les produits résultant des cadavres microbiens pour expliquer certains troubles alimentaires. La preuve est administrée par le large emploi que l'on fait de la pasteurisation dans le monde entier, par la valeur et l'innocuité de l'opération, ainsi que par les *immenses services qu'elle rend à la santé publique.*

Comme beaucoup, lorsque nous avons commencé à étudier la question laitière, — il y a plus de 30 ans, — nous pensions que la solution se trouvait dans la production d'un bon lait cru, et à maintes reprises, en nous répétant toujours, nous avons appelé l'attention

de nos confrères, bien qualifiés pour en connaître, sur l'importance sociale de la question. Ils ont bien voulu nous suivre ; mais la solution est encore lointaine, parce qu'elle se heurte à l'ignorance et à l'indifférence de beaucoup trop de producteurs. Aussi sommes-nous condamnés, — et à notre avis, c'est une condamnation bien légère dans ses conséquences, — à user de la pasteurisation, parce que nous ignorons souvent, pour ne pas dire presque toujours, la véritable origine des laits qui doivent être travaillés (1).

Nous connaissons tous la formule : « *Notre devoir est de faire consommer du lait pur et sain* » ; mais bien des moyens s'offrent à nous pour y satisfaire. Par la méthode préventive, nous faisons tout pour nous assurer l'obtention d'un lait cru qui doit répondre à cette formule. Mais y répond-elle toujours ? Il ne faut pas fermer les yeux à l'évidence et vouloir ignorer *combien est difficile la production d'un lait dit hygiénique*. Quelque grands que soient les soins que l'on prenne, quelque attentif qu'on puisse être, il y a, quoi qu'on dise, des négligences inconscientes, des gestes malheureux, des mesures insuffisamment prises, et nous n'en voulons pour preuve que *l'importance de la flore microbienne et mycélienne de certains laits dits « hygiéniques »*. Nous croyons même pouvoir affirmer que certains producteurs qui se flattent d'obtenir des laits crus excellents, sont loin de prendre les précautions minutieuses et de chaque instant qui s'imposent en l'occurrence.

Assainir un lait qui n'est pas sain, ne manquera-t-on pas de dire, n'équivaut tout de même pas à produire un lait sain. Cela est vrai ; nous l'avons cru et nous le croyons encore.

Nous l'avons cru surtout à un moment où nous ne trouvions pas dans les divers procédés de la pasteurisation la réponse à la définition complète que nous avons donnée de ce processus thermique. Aujourd'hui, avec le *procédé de la couche réellement mince*, dû à la sagace ténacité de H. STASSANO, procédé qui apporte, pensons-nous, une véritable révolution dans le traitement du lait par la chaleur, nous sommes peut-être moins convaincu de l'importance des défauts dont on charge le lait qui provient de l'assainissement d'une matière première polluée.

Nous irons-même plus loin, et nous dirons que *les progrès dans la production laitière, considérés du côté de la propreté, n'empêcheront jamais de recourir à la pasteurisation pour le lait destiné à être consommé en nature*. C'est ce que, par la suite, nous nous sommes toujours employé à faire comprendre à notre auditoire dans les multiples conférences que nous avons faites, ici et là.

Mais l'hygiène de la production du lait ne vise pas seulement le lait destiné à être consommé en nature ; elle intéresse toutes les

(1) Voir, dans ce numéro, l'article : « Réhabilitons le lait cru », p. 237.

branches de l'industrie laitière, et ce sont celles-ci qui, au total, consomment la plus grande partie du lait produit par le cheptel national.

L'amélioration du beurre, des fromages, de tous les produits dérivés du lait, marchera de pair avec les soins plus grands dans la sélection des animaux, dans leur examen, au bout duquel nous voyons poindre la formule du carnet sanitaire, et dans la récolte du lait.

* * *

Nous voyons bien, maintenant, au travers de toutes ces digressions, quels sont les buts de la pasteurisation. Ils sont multiples. Nous n'en saisissons que quelques-uns lorsque nous n'avions en vue que le lait liquide, de consommation courante ; nous les comprenons tous, maintenant, et si nous le pouvons, c'est parce que la technologie a su mettre à notre disposition de nouveaux appareils qui permettent de satisfaire aux multiples exigences de la définition complète de la pasteurisation, que nous avons donnée en commençant.

Dès l'instant que le lait ne sera guère touché que dans sa flore, il ressemblera donc étrangement à un lait cru, provenant de bêtes saines. Il en aura en effet la flore réduite, sans en perdre, ou du moins si peu, la finesse de structure et les éléments biochimiques.

Il était compréhensible de dire, naguère : « La pasteurisation est un mal nécessaire », alors qu'on n'avait pas encore à sa disposition un procédé vraiment efficace, échappant aux critiques, parfois sévères, qu'on pouvait à bon droit adresser à ceux qui étaient alors en usage. Aujourd'hui, on peut et on doit s'exprimer différemment. Aussi, éviterons-nous les mots parfois excessifs dont on s'est servi vis-à-vis du lait pasteurisé. Le travail de M. NÉVOT (1), dont l'insertion dans *Le Lait* a été retardée jusqu'à la publication de ce numéro spécial, traite la question qu'il soulève avec beaucoup de bon sens. Il nous montre, devant l'extrême difficulté que l'on éprouve à se procurer du lait cru impeccable, la nécessité de recourir à la pasteurisation, et la sagesse nous met dans l'obligation de nous ranger à ses vues.

Nous sommes amené tout naturellement, comme conséquence des considérations que nous venons de faire valoir, non seulement à préconiser la pasteurisation pour le lait destiné à être consommé en nature, mais à la rendre *obligatoire*, au commencement du moins, pour les grandes agglomérations susceptibles d'offrir un marché suffisant à ceux qui prendraient la charge de l'entreprise. Nous reviendrons sur ce point à la fin de cet article.

* * *

(1) Ce numéro, p. 111.

2^e LES TEMPS DE LA PASTEURISATION.

C'est dans l'action bactéricide de la chaleur sur le lait que réside l'essentiel de la définition que nous avons donnée plus haut de la pasteurisation. Mais chauffer le lait, dans des conditions dont nous précisons les termes plus loin, n'est pas tout, et si la pasteurisation devait se limiter à l'action de la chaleur, ses résultats risqueraient d'être pitoyables. Disons même tout de suite que si la pasteurisation a rencontré à ses débuts tant de détracteurs qui ont voulu en montrer l'inutilité, l'absence de résultats et mieux, les dangers, surtout au point de vue hygiénique, c'est parce qu'ils avaient en vue du lait qui n'avait été que chauffé et pour lequel l'action de la chaleur n'avait été ni précédée ni suivie de toutes les précautions nécessaires qui doivent entrer, au même titre que l'action de la chaleur, dans une définition complète de la pasteurisation au point de vue technique.

La pasteurisation est un ensemble ; elle ne doit pas se limiter au simple chauffage du lait. *Elle doit être précédée et suivie de soins qui, absents ou insuffisants, lui enlèvent sa signification et sa valeur.*

La pasteurisation, c'est toute une suite d'opérations ayant chacune leurs temps dont l'exécution n'est pas fixée au hasard, et qui réclament une surveillance étroite. La qualité de certains appareillages réduit cette surveillance au minimum, mais ne saurait jamais la supprimer.

Pasteuriser rationnellement, comme l'hygiène et l'industrie sont en droit de le demander, c'est :

A — *Choisir son lait et, cela fait, le rassembler dans de grands bacs, de façon à rendre uniforme, pour une quantité importante travaillée, la qualité du produit résultant ;*

B — *Filtrer ce lait, pour le débarrasser des malpropretés visibles, voire invisibles, qu'il contient toujours, puisque les circonstances de sa récolte sont loin de ce que l'on pourrait souhaiter, et ceci pour tous les pays ;*

C — *Chauffer ce lait à une température et pendant un temps déterminés ;*

D — *Le refroidir immédiatement à une température nettement plus basse ;*

E — *Le conserver à cette température jusqu'au moment du conditionnement, qu'il s'agisse de le mettre en bidons ou préférablement en bouteilles ;*

F — *En effectuer le transport, quand ce dernier doit être envisagé, à une basse température.*

Comme on le voit, l'opération essentielle de la pasteurisation : *le chauffage du lait*, doit être précédée et suivie d'autres opérations dont l'exécution — nous l'avons déjà dit, — réclame les plus grands

soins. La moindre négligence, surtout après le chauffage, peut en compromettre les bons résultats.

Les soins à prendre avant le chauffage du lait se rapportent à sa traite, à son ramassage, à sa filtration, à sa sélection.

A. LE PREMIER TEMPS : CHOISIR SON LAIT.

Les soins de la traite et du ramassage constituent, en somme, le premier temps des opérations dont l'ensemble forme la pasteurisation.

Nous avons vu dans les pages qui précèdent que l'idéal serait de pasteuriser un lait dont la production eût été entourée de soins particuliers, tant du côté du choix de l'animal que du côté de sa santé générale et locale, — celle de sa mamelle, — de son logement, de son alimentation, de sa traite.

La campagne qui se fait dans tous les pays en vue de l'obtention d'un lait propre et sain, doit être poursuivie avec constance. On se rend parfaitement compte aujourd'hui qu'elle ne s'oppose nullement à la diffusion de la pasteurisation. Nous redirons donc que si nous pouvions concevoir demain que tous les laits en provenance de bêtes saines, bien logées, bien nourries, fussent proprement récoltés, cela ne supprimerait pas la pasteurisation, telle que nous pouvons la réaliser maintenant, mais rendrait plus efficace cette opération, et plus certains encore ses résultats. La pollution du lait est vraiment trop facile pour qu'elle disparaisse tout à fait, alors même que les conditions que nous venons de définir auraient satisfaction.

La pasteurisation est une opération de la grande industrie laitière. Elle est donc appelée à travailler sur des laits de ramassage, laits de grands mélanges, au milieu desquels ont pu se glisser — et se glissent souvent — des laits anormaux ou malades. A la laiterie, il importe donc que les laits soient examinés fournisseur par fournisseur. *La sélection des laits est un des temps de la pasteurisation.* Nous n'avons pas à dire ici comment elle doit être effectuée, pas plus que nous n'avons insisté sur les conditions du ramassage. Disons cependant que ne faire qu'un ramassage est une erreur industrielle ; le double ramassage s'impose si l'on veut éviter de trop graves mécomptes.

B. LE SECOND TEMPS : LA FILTRATION DU LAIT.

Une fois le lait choisi et collecté dans de grands bacs, d'où il sera soutiré ultérieurement, il faut le filtrer. Une filtration efficace, c'est un temps important de la pasteurisation.

La nécessité d'une filtration sérieuse s'impose, devant la carence de la propreté à l'origine. Cette filtration s'effectue soit avec des *filtres centrifuges*, soit avec des *filtres sur toile de coton*. Dans un récent

numéro de cette revue (1), M. G. GÉNIN a rappelé en détails l'étude faite par D. H. JACOBSEN et T. M. OLSON sur la question, étude poursuivie avec le plus grand soin et riche de suggestions. Les deux procédés de filtration sont examinés dans leurs conséquences sur la flore microbienne, sur l'arrêt des matières étrangères, ainsi que sur la quantité des leucocytes du lait, sur la composition chimique et la graisse du lait.

Mais il est un point dont il n'est point fait mention dans cette intéressante étude ; c'est celui qui est relatif à la mousse. *La filtration par centrifugation amène une production considérable de mousse ; le lait est fortement battu ;* il perd ses gaz naturels, constitués en majeure partie de CO_2 , pour s'enrichir en air. L'oxygène se substitue en forte proportion à l'anhydride carbonique. Aussi, ne devons-nous pas être surpris de voir la filtration sur toile de coton reprendre la place qu'elle avait plus ou moins perdue. *Cette filtration se fait sans battage du lait.* Le filtre centrifuge retient peut-être un peu plus de matières étrangères que ne le fait le filtre sur toile, mais, au total, la différence ne doit pas empêcher le choix de celle-ci dans la pasteurisation. Le filtre sur toile est d'un nettoyage plus facile et d'un débit plus rapide que le filtre centrifuge. C'est celui auquel ont recours maintenant les grandes laiteries qui ont la charge de pasteuriser les laits par les procédés les plus modernes.

Nous examinerons plus loin le troisième temps de la pasteurisation, le temps essentiel, celui qui se traduit par l'action bactéricide de la chaleur sur le lait.

Nous reporterons également après l'étude des différents appareils utilisés dans la pasteurisation, les temps qui suivent le chauffage proprement dit du lait. Nous n'en retiendrons que quelques points particuliers.

* * *

Avant d'étudier les diverses modalités de l'action de la chaleur sur le lait, dans la pasteurisation, nous tenons à faire remarquer que dans toutes les opérations qui suivent le chauffage bactéricide du lait, nous devons toujours craindre les réensemencements et tout faire pour les éviter.

Parmi les griefs que beaucoup ont adressés à la pasteurisation en général, celui qui, au point de vue hygiénique, est incontestablement le plus important, est que cette opération n'a pas empêché de livrer à la consommation des laits extrêmement microbiens, alors qu'on répète à l'envi qu'elle a la prétention de purger le lait de sa flore originelle. Ce grief est valable ; il l'était autrefois plus qu'aujourd'hui ; mais il l'est cependant resté pour certains modes de pasteurisation encore

(1) « Doit-on centrifuger ou filtrer le lait ? ». *Le Lait*, 1932, 12, 839.

utilisés. Le compte rendu de la Conférence de Londres en porte la trace (1) ; de son côté, le travail de Th. VASSILEFF (2) montre la présence en quantité vraiment exagérée du colibacille dans certains laits vendus comme pasteurisés.

Il n'est ignoré de personne que les laits pasteurisés, du moins par les procédés jusqu'ici les plus communément employés, ne sont généralement pas absolument débarrassés de colibacilles. La recherche de ceux-ci est une épreuve excellente, un test, comme on dit, témoignant, s'il est négatif, de l'excellence du procédé, s'il est positif, de défectuosité, tenant au procédé même de chauffage ou des pollutions qui en suivent l'emploi.

Les causes de la pollution qui suit — ou paraît suivre — le chauffage bactéricide du lait sont nombreuses. Nous disons « paraît suivre », parce qu'il est évident que lorsque nous sommes amené à incriminer vraiment une mauvaise pasteurisation, c'est qu'il s'agit en l'espèce d'une opération qui n'a pas su détruire toute la flore originelle du lait. Pourquoi et comment n'y est-elle pas parvenue ? Les causes se ramènent essentiellement à deux : *action défectueuse de la chaleur et réensemencement* ; elles s'ajoutent le plus souvent, mais elles peuvent jouer séparément.

Le chauffage irrégulier du lait : cause de mauvaise pasteurisation. — *Le mauvais chauffage est beaucoup plus fréquent qu'on ne le pense.* Avec certains procédés, tel celui de la pasteurisation haute, duquel nous parlerons un peu plus loin, on procède parfois « à la diable » pour chauffer le lait. Le premier lait qui passe dans le pasteurisateur est très souvent porté à une température insuffisante ; de plus, la marche de l'appareil n'est pas toujours surveillée comme elle devrait l'être. Il y a des sautes de température assez élevées ; tantôt des abaissements, tantôt des coups de chauffe. Dans le pasteurisateur danois, si les laits ne sont pas d'une grande fraîcheur, des dépôts importants se forment sur la paroi intérieure qui nuisent considérablement à la transmission de la chaleur. Ils obligent, par conséquent, à des réintroductions de vapeur vive dans l'enceinte extérieure à double paroi, dans le but, pense-t-on, d'assurer les conditions thermiques exigées, alors qu'on ne fait qu'exagérer les inconvénients pour lesquels on intervient.

La mousse, protectrice des germes à détruire. — *Nous dirons également qu'il y a mauvaise pasteurisation toutes les fois qu'il y a de la mousse, que celle-ci résulte de la filtration centrifuge,*

(1) Conférence nationale sur la Pasteurisation du Lait, à Londres. *Le Lait*, 1926, 6, 474, 567, 679 et 913.

(2) Th. VASSILEFF. Recherche et numération du colibacille dans le lait par la méthode du rouge neutre. *Le Lait*, 1932, 12, 181 et 318.

— dont elle est un inconvénient qui n'est point négligeable, il s'en faut, — *ou du processus même du chauffage.*

La mousse sert de bouclier aux éléments microbiens et les protège, dans une certaine mesure, contre l'action de la chaleur.

Les réensemencements. — *Les réensemencements, qui sont courants avec certaines modalités de la pasteurisation et au cours des opérations qui suivent le chauffage bactéricide, méritent de retenir vivement l'attention.*

AYERS a bien soin de nous dire que « *la protection contre la réinfection est d'une importance au moins égale à la valeur du chauffage, au point de vue de l'efficacité de la pasteurisation* ». Le chauffage serait-il efficacement réalisé, qu'un réensemencement ultérieur, toujours possible avec certains modes de traitement du lait, peut en annihiler les bons résultats.

Les causes des réensemencements sont multiples ; elles sont le fait :

- a) de l'industriel ;
- b) du marchand ;
- c) du consommateur.

a) **Les fautes de l'industriel** se trouvent dans les mauvaises conditions du travail et dans l'insuffisante propreté du matériel, notamment des pots.

Les mauvaises conditions du travail sont fréquentes dans les centres de ramassage de France et de l'Etranger. *On travaille en plein air.* Le pasteurisateur, les bacs, les réfrigérants, sont ouverts à tous vents, dans une atmosphère qu'on peut vraiment dire lactique, parce qu'elle est infectée des ferments lactiques et d'autres germes également. Les appareils sont les uns sur les autres ; près d'eux, on lave les pots ; la vapeur gicle partout ; des condensations fatales s'en suivent qui sont toujours dangereuses, et nous ne parlons pas des poussières qui voltigent abondamment à la moindre brise. *Le travail de la pasteurisation doit se faire dans une enceinte close ; le lait doit circuler à l'abri de l'air, à partir du moment où il a quitté le bac de réception.*

L'insuffisante propreté du matériel est un fait sur lequel on n'insistera jamais assez. C'est peut-être la cause principale du réensemencement du lait. *Le bon lavage de la poterie est un des facteurs de réussite les plus importants de toutes les opérations de la laiterie*, et nous dirons même de la pasteurisation en général, qu'il s'agisse de pasteurisation haute, de pasteurisation basse ou de stassanisation. Dans cette Revue, nous n'avons jamais manqué d'appeler l'attention des industriels sur l'importance, pour eux, d'avoir recours aux appareils perfectionnés que nous avons vu d'un usage constant dans les laiteries

américaines pour le lavage des bidons ; l'emploi de ces appareils tend heureusement à se développer dans l'industrie laitière française.

On s'est souvent contenté de laver le bidon, en oubliant de laver le couvercle, lequel mérite pourtant autant de soins que le récipient proprement dit. Les pots doivent sortir propres, inodores et *secs*. Même dans ces conditions, étant donnée la grandeur du récipient, la large ouverture qu'il présente aux moindres condensations de l'atmosphère environnante, un lait proprement pasteurisé placé dans de pareils récipients risque de s'y polluer à nouveau.

Il nous a été donné de visiter certaine usine de stassanisation dont le lait, excellent, sans le moindre colibacille à la sortie du stassaniseur, était recueilli dans des bidons insuffisamment aseptisés. Il y avait là une erreur que l'industriel comprenait tout le premier et qu'il entendait corriger, dès qu'il en aurait les moyens financiers, *par la mise en bouteilles de son lait à la sortie des appareils*.

b) **Les fautes du marchand**, du débitant de lait, pour être plus exact, résident dans ce que celui-ci livre une marchandise le plus souvent exposée à l'air, versée dans des jattes parfois mal lavées, entourées de fruits, de légumes, de fromage ; les mouches se promènent à leur aise sur tous ces produits. *Ces simples remarques nous portent à penser que la pollution du lait dans de telles conditions ne saurait avoir lieu si la vente se faisait en bouteilles.*

c) **Les fautes du consommateur** ne sont pas moindres. Celui-ci ignore comment on doit traiter le lait ; on ne le lui a pas dit, ou, du moins, on le lui a dit si mal, qu'il n'en a rien retenu, et ce sont ses gestes maladroits, — pour ne pas dire malpropres, — qui compromettent l'excellente qualité du lait qu'il peut recevoir.

* * *

3° L'EXAMEN CRITIQUE DES MÉTHODES ET DES APPAREILS EMPLOYÉS DANS LA PASTEURISATION.

Nous ferons d'abord l'étude théorique des principales méthodes de pasteurisation, puis nous dirons quelques mots des appareils qu'elles utilisent.

* * *

Dans la définition moderne, complète quant à ses buts, que nous avons donnée plus haut de la pasteurisation, nous nous sommes abstenu de citer des chiffres. Nous en avons dit la raison, reportant à plus loin l'exposé des données numériques du problème. La définition se suffisait d'ailleurs à elle-même pour les développements

dans lesquels nous voulions entrer immédiatement. Maintenant, il est devenu indispensable de préciser :

- 1° *Le degré de température à laquelle le lait sera porté ;*
- 2° *La durée du temps de chauffe.*

Ce sont là deux facteurs à la vérité bien différents, et on a longtemps cru, en restant toutefois dans certaines limites, limites qu'il ne fallait dépasser ni par en haut ni par en bas, qu'en les multipliant en quelque sorte l'un par l'autre, on obtiendrait sensiblement le même résultat. En d'autres termes, on estimait qu'en chauffant un peu plus haut et moins longtemps, on obtenait le même résultat qu'en chauffant un peu plus bas et plus longtemps.

A prendre le droit de s'exprimer ainsi, on montrait qu'on ne pensait guère à toutes les données du problème, ou du moins qu'on ne visait qu'un résultat : la destruction microbienne, alors qu'il en est d'autres à atteindre dont l'importance hygiénique et économique n'est pas moindre : *la conservation des principes biochimiques, et la non-altération de la structure du lait.*

Aujourd'hui, nous savons, par les recherches de H. STASSANO, qu'il ne faut plus raisonner comme on en a trop eu l'habitude. Ces recherches, poursuivies avec méthode et patience, nous ont montré que *des deux facteurs thermiques qui interviennent dans la pasteurisation, la température et la durée de chauffe, c'est le premier qui de beaucoup a le plus d'importance*, à deux conditions toutefois : la première : de *réduire considérablement la durée*, c'est-à-dire dans des proportions auxquelles on n'aurait jamais songé naguère ; la seconde : de *donner à l'action de la chaleur la possibilité de jouer au maximum dans le très court espace de temps qui lui est accordé pour s'exercer.*

On peut porter le lait à une *température élevée*, assurer ainsi son assainissement dans les conditions les meilleures, tout en ne touchant cependant qu'au minimum à ses principes biochimiques et à sa structure, si l'on prend soin de ne faire agir cette température que *quelques secondes.*

Pour la grande industrie, la traduction pratique de semblables données n'a pu être obtenue que par des dispositifs mécaniques ingénieux, tout à fait nouveaux et qui ont, — nous n'hésitons pas à le redire, — amené comme une révolution dans la technique de la pasteurisation. Nous aurons l'occasion d'y revenir plus loin.

Mais avant qu'on ne connût la stassanisation, — c'est à elle que nous venons de faire allusion, — le principe, assez élastique dans ses termes, dont nous parlions un peu plus haut, et qui prétendait qu'on arrivait au même résultat en chauffant plus haut pendant moins longtemps ou plus bas pendant plus longtemps, est celui qui a guidé, on peut le dire, toute la pasteurisation pendant ces quarante dernières années.

A. LA PASTEURISATION HAUTE.

Le premier mode d'emploi de la chaleur pour la pasteurisation du lait, qui ait largement pénétré sur le terrain de la pratique industrielle, utilisait l'appareil qu'on appelle le *pasteurisateur danois*. On faisait alors de la pasteurisation dite *haute*, parce que le lait, en effet, était porté à une haute température sans être chauffé très longtemps. Il était devenu courant, dans les livres, dans les travaux portant sur la question, de parler par exemple de *chauffage* à 80-85° pendant une minute ou deux.

Nous en appelons à tous ceux qui ont manié cet appareil, pour leur demander si vraiment ils pourraient nous assurer de tels chiffres. Sans doute, le thermomètre placé sur l'orifice de sortie du lait chaud du pasteurisateur nous indique la température ; mais pour savoir avec précision si le temps du passage du lait dans les appareils est de 1 ou 2 minutes, nous ne pouvons obtenir sur ce point aucune réponse ferme, aucune certitude. On parlait même, mais ce n'était que pure théorie, d'une couche relativement mince de lait, plaquée contre la paroi chauffante, sous l'action de la force centrifuge engendrée par un cadre mobile, vertical, tournant à 200 tours par minute.

Ceux qui ont tenu à regarder très attentivement comment fonctionne le pasteurisateur danois, nous diront qu'il s'agit en réalité d'une sorte de marmite entourée d'une enceinte de vapeur vive dans laquelle les variations de température sont trop souvent plus grandes qu'il ne le faudrait ; le lait de cette marmite est soumis à l'action centrifuge de la palette mobile dont nous avons parlé, ce qui contribue à donner à la surface de la masse liquide une forme parabolique ; mais quant à parler de couche mince et même relativement mince, il y a loin. Cette couche est même fortement épaisse au fond de l'appareil, par où se fait l'entrée du lait.

Le *battage du lait* par la rapide rotation du cadre mobile, se fait à une température élevée, ce qui est éminemment favorable à la formation de la mousse.

Nous dirons aussi qu'il n'y a pas de répartition régulière de la température dans la masse du lait. Nous notions tout à l'heure, et ceci importe dans l'étude théorique de la pasteurisation haute, des sautes de température assez marquées, tenant à l'emploi toujours difficile de la vapeur vive comme agent calorifique toutes les fois qu'on veut réaliser la constance d'une température. Aussi, il est nécessaire d'exercer une surveillance constante sur le pasteurisateur, son alimentation, la sortie du lait, si l'on veut que le travail soit correctement effectué.

Pensons également que le *chauffage du lait* se fait par un seul côté et que la paroi chauffante appartient à une caisse dans laquelle

circule la vapeur vive, caisse où s'effectue une importante condensation, ce qui est une des causes de l'irrégularité du chauffage.

Le pasteurisateur danois a rendu de très grands services, mais ce n'était point l'idéal, ce qui fut reconnu d'ailleurs très rapidement. Il n'avait pour lui que sa commodité, moins la commodité dans la marche que la commodité dans l'installation. Beaucoup de petits centres de ramassage où l'on pasteurise le lait, utilisent encore le pasteurisateur danois ; mais il est à penser que le traitement du lait dans ces centres se modifiera. Ceux-ci seront moins nombreux, mais mieux outillés et plus rationnellement organisés, parce qu'ils auront à travailler sur des quantités de lait beaucoup plus grandes que les moyens modernes de transport permettront de leur apporter rapidement.

Le pasteurisateur danois a été longtemps l'outil des petites installations. Aujourd'hui, on peut penser à lui substituer des appareils travaillant avec beaucoup plus de sécurité et donnant de bien meilleurs résultats.

Ce qui a beaucoup contribué au développement et au succès d'antan du pasteurisateur danois, c'est qu'on pouvait, avec lui, se permettre de chauffer à des températures très variables ; on a, en effet, abaissé la température jusqu'à 70° d'un côté, pour l'élever à 90° et même 95° de l'autre. Dès que la température de l'atmosphère s'élève, que les laits sont plus fragiles, plus pollués, on les chauffe davantage, pour qu'ils « tiennent » mieux, l'assainissement de la matière première ayant alors plus d'exigences.

On devine tout de suite qu'un lait pasteurisé dans de semblables conditions ne peut avoir qu'une seule destination : la consommation en nature. Les diastases sont tuées ; les vitamines, plus que fortement atteintes, parfois détruites. Quant à la structure du lait, elle est singulièrement touchée, et c'est ce qu'on désire obtenir dans l'industrie du lait concentré non sucré en portant le lait lors du « préchauffage » à 90°, voire 95°, selon la saison, afin d'obvier au grave inconvénient d'une gélification inopportune lors de la stérilisation du lait en boîtes.

Arrive-t-on, avec la *pasteurisation haute*, à un assainissement du lait tel qu'on pourrait l'attendre d'une action aussi sévère, apparemment, de la chaleur. Non, parce qu'il se forme beaucoup de mousse, et qu'on ne peut pas dire que toutes les particules de la masse du lait soient chauffées dans les mêmes conditions.

Si les travaux relatifs à l'action de la chaleur sur la flore pathogène du lait, notamment sur le bacille tuberculeux, présentent des contradictions, c'est sans doute parce que, le plus souvent, ils ont été effectués sur des laits ayant subi la *pasteurisation haute*. *La mousse s'est montrée comme le réceptacle par excellence des bactéries*

pathogènes les plus résistantes. Enfin, pour ceux qui connaissent le travail de la pasteurisation haute, nous savons que les pollutions, après l'action de la chaleur, sont facilement possibles.

Il n'est point de lait travaillé par la pasteurisation haute qui ne renferme des colibacilles, souvent en proportion assez considérable. Ces colibacilles proviennent :

a) De particules de lait qui ont été mal chauffées, en raison des irrégularités du courant liquide dans l'appareil, ou qui ont été protégées par la mousse, laquelle se refroidit plus rapidement que la masse même du lait traité ;

b) Des recontaminations ou réensemencements par les canalisations, le réfrigérant et la poterie mal lavée, etc.

L'industrie laitière, qui a charge d'approvisionner les grandes villes en lait, s'était depuis longtemps rendu compte de l'insuffisance de la pasteurisation haute limitée au seul emploi du pasteurisateur danois. Avant de faire passer le lait sur le réfrigérant, elle prenait soin de le rassembler à la sortie du pasteurisateur dans un bac appelé *bac d'attente* ou *bac intermédiaire*, dans lequel l'ensemble du lait uniformisait sa température. En d'autres termes, l'action bactéricide qui s'était manifestée dans le pasteurisateur danois par une destruction rapide de la plus grande partie de la flore microbienne, se complétait dans le bac d'attente où le lait restait plusieurs minutes. *Par le recours à ce « bac d'attente », nous verrons que la pasteurisation haute tend à se rapprocher de la pasteurisation basse ; nous lui ferons cependant le reproche d'y apporter moins de méthode que cette dernière.*

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte par un rapide rappel des conditions qui président au travail dans la *pasteurisation haute*, celle-ci est, en somme, *une opération brutale*. Elle a encore le grave inconvénient de *nuire à la montée de la crème*, ce qui traduit l'altération profonde de la structure originelle du lait. La couche de crème qui monte est mince, riche sans doute au point de vue butyreux, mais il reste encore dans le lait écrémé une proportion de matière grasse assez élevée, tenant à la *partielle homogénéisation* que la *pasteurisation haute*, par l'action combinée du battage et de la haute température, a su réaliser.

Le désir d'éviter cette défectueuse montée de la crème, tout en réalisant l'essentiel de la pasteurisation du côté hygiénique : la destruction de la flore, tout en souhaitant en même temps de toucher le moins possible à la structure du lait naturel, a été le déterminant de la *pasteurisation basse*, dite *prolongée* ou *lente*.

L'idée d'un abaissement de la température (80° à 85°) utilisée le plus souvent dans la pasteurisation haute, n'est pas nouvelle ; elle date déjà du moment même où la pasteurisation basse débuta.

On abaissa progressivement la température à 75°, 70°, voire à 68°. Mais on ne pouvait aller plus loin dans cette voie, sans songer en même temps à prolonger le temps de chauffe, ce qui ne pouvait être obtenu avec le pasteurisateur danois. Il fallait évidemment étudier le problème avec méthode, en s'appuyant sur le laboratoire. C'est aux Etats-Unis, — il faut le reconnaître, — que les recherches les plus suivies ont été réalisées, en vue de donner à la pasteurisation basse un cadre thermique, — température et durée de chauffe, — précisé aussi bien que possible.

Il est très intéressant de suivre les variations successives de l'opinion américaine sur la pasteurisation. L'opération fut très décriée au début pour des raisons, nous allions dire de sentiment, parce que l'on comprenait mal qu'on chauffât du lait que la nature donnait cru, et aussi parce que, dans ce pays où l'argent est largement dépensé, on se lança d'abord, et en grand, dans la production du lait cru impeccable : le *lait certifié* (certified milk). Mais on ne tarda pas à s'apercevoir que ce n'était pas là une solution d'ensemble capable de satisfaire aux exigences de l'approvisionnement, notamment, des grandes villes. Les Américains en revinrent « à ce qu'ils avaient brûlé », et puisqu'ils étaient obligés de recourir à l'emploi de la chaleur pour assainir un lait qui n'était pas recueilli dans des conditions aussi rigoureuses que le lait certifié, ils s'ingénierent, pour lui permettre de se bien conserver, à préciser avec beaucoup d'exactitude les conditions dans lesquelles on devait le pasteuriser, *d'une façon moins brutale qu'avec la pasteurisation haute. L'obtention d'une bonne ligne de crème* (cream line), séparant nettement le lait écrémé de la crème qui le surmonte, a été en quelque sorte l'objectif principal, pouvons-nous dire, que les Américains visaient dans la pasteurisation. Ils n'oubliaient certes point qu'ils devaient tuer la flore, — la flore pathogène en son entier et la presque totalité de la flore banale, en touchant le moins possible à la structure du lait, — mais c'était la ligne de crème dont ils cherchaient avant tout à obtenir la netteté. Cela s'opposait donc tout à fait à ce que donne, dans le même ordre d'idées, la pasteurisation haute.

B. LA PASTEURISATION BASSE.

Par pasteurisation basse, on entend le chauffage du lait aux environs immédiats de 145° F., soit 62°8 C., pendant 30 minutes, ce temps étant compté du moment où la susdite température est atteinte.

A l'inverse de la pasteurisation haute, la pasteurisation basse est un *procédé lent*, puisqu'il exige 30 minutes, au lieu des 1 à 2 minutes de la pasteurisation haute. Ce procédé de traitement thermique du lait a pris un très grand développement aux Etats-Unis, ainsi qu'au Canada ; peu à peu, il s'est étendu à toutes les contrées du monde.

Dans la pasteurisation basse, les dispositifs mécaniques réalisés pour répondre aux termes de sa définition, sont nombreux. Comme nous le verrons plus loin, le lait peut être *chauffé en masse, au repos ou faiblement agité sur place*, ou bien *circuler lentement dans des canalisations plus ou moins larges*. Dans un cas comme dans l'autre, le constructeur s'est toujours préoccupé de répondre aux conditions thermiques de la pasteurisation basse : chauffer le lait pendant 30 minutes à 62°8 C. (145° F.), en évitant, — car cela rentre aussi dans la définition, — que le lait ne soit battu, toute agitation intempestive ayant pour but de provoquer une formation de mousse, d'entraîner une relative homogénéisation de la matière grasse et, par suite, une montée moins complète de la crème. La température de 145° F. paraît être celle pour laquelle cette montée est maxima ; du moins, ne doit-on pas s'en écarter, surtout au delà.

Avant d'examiner les différentes réalisations mécaniques de la pasteurisation basse, nous devons faire remarquer que dans la définition, en somme rigide, de cette pasteurisation : chauffage de 30 minutes à 62°8 C., le *facteur température* est celui qui peut toujours être réalisé exactement ; les appareils de contrôle par enregistrement automatique nous donnent ici toutes assurances. L'autre facteur, par contre : *la durée* du chauffage, manque de précision. Quel que soit l'appareillage auquel on ait recours, lorsqu'il s'agit de grandes cuves dans lesquelles le lait sera chauffé à l'abri de l'air, il faut du temps pour remplir les cuves et pour les vider, et les 30 minutes ne peuvent être exactement réalisées : elles sont toujours dépassées, d'autant plus que les cuves sont d'une plus grande capacité.

Dans la pasteurisation basse, *que le lait soit collecté dans les cuves isolées, où il restera en grande masse à sa température d'entrée pendant 30 minutes*, — ce temps étant compté entre la fin du remplissage et le début de la vidange, — ou *qu'il circule pendant 30 minutes dans des appareils disposés à cet effet*, il est toujours chauffé, au préalable, exactement à 62°8 C. (145° F.). Il y a donc un temps nouveau, que nous n'avions point dans la pasteurisation haute : c'est le *préchauffage du lait*, c'est-à-dire l'opération qui a pour but de porter le lait, souvent conservé au froid en vue du traitement ultérieur, jusqu'à 62°8 C. Ce préchauffage peut-être réalisé par des échangeurs de température, lesquels ont en effet pris une grande extension dans l'industrie laitière, par l'économie de calories et de frigories qu'ils permettent de réaliser. Ces échangeurs de température sont donc des réchauffeurs pour le lait froid qui va être pasteurisé, le lait chaud qui vient d'être pasteurisé lui cédant des calories ; mais simultanément, ils commenceront à assurer la réfrigération du lait chaud, et c'est dans un autre appareil ou dans une

autre portion de l'échangeur, que la réfrigération complète de ce dernier s'effectuera, par échange des calories du lait déjà refroidi, mais encore chaud, avec les frigories d'une eau froide ou d'une saumure réfrigérée.

Il est bien évident que les conditions dans lesquelles fonctionnent les échangeurs de température, où le lait froid passe en contre-courant près du lait chaud, ne permettent jamais de porter le lait à pasteuriser à la même température que celle du lait qui vient d'être pasteurisé. Il y a des pertes et, de toute nécessité, il faut chauffer le lait à pasteuriser après son passage dans le premier échangeur, en le faisant circuler dans un autre échangeur où, cette fois, il va se trouver au voisinage d'une eau chauffée à une température convenable.

Ce qu'il faut demander à un échangeur de température, c'est, évidemment, d'être efficace thermiquement parlant ; c'est aussi *de soustraire le lait à tout contact avec l'atmosphère environnante*. Les systèmes à plaques et les systèmes tubulaires répondent à ce dernier desideratum ; on s'explique ainsi leur faveur dans l'industrie laitière.

Dans maintes laiteries, nous avons pu voir que les échangeurs de température n'étaient pas utilisés. Sans doute, avait-on des calories à perdre !

Le préchauffage du lait peut être réalisé avec le pasteurisateur danois. Il ne s'agit que de porter le lait aux environs de 60° à 63° ; si le battage, toujours nuisible, parce qu'il fait de la mousse et fragmente la matière grasse, ne peut être évité, il est cependant moins grave à ce point de vue, du fait d'une moindre température, que dans la pasteurisation haute. Toutefois, tout autre mode de préchauffage est préférable.

Nous avons vu également utiliser comme réchauffeurs les appareils de réfrigération à l'air libre, les réfrigérateurs dits capillaires, système Lawrence. Il suffisait d'y faire circuler de l'eau chaude à une température convenable.

* * *

Avant de parler de la méthode de chauffage du lait en couche plus ou moins mince, nous tenons à dire quelques mots de la *biorisation*.

C. LA BIORISATION.

Sous le nom de biorisation, on désigne un procédé qui consiste à chauffer brusquement, vers 75°, du lait réduit en brouillard, sans qu'il puisse en résulter une évaporation sensible. D'ailleurs, tout s'opère en enceinte close, et les pertes d'eau ne sont pas à craindre. Après chauffage du brouillard, ce dernier est rafraîchi, ce qui

en provoque la condensation, et le lait reprend alors son état de masse liquide. Ce procédé, préconisé par LOBECK, serait extrêmement rapide ; il n'exigerait que quelques secondes. Le chauffage est brusque et suivi immédiatement d'une réfrigération.

Théoriquement, ce procédé est très séduisant, et on peut dire qu'il se ramène, en somme, au chauffage du lait *réduit en une couche extrêmement mince*, dont l'épaisseur est celle du diamètre des gouttelettes fort petites qui constituent le brouillard. Mais au lieu d'avoir une *couche continue*, c'est une *couche discontinue* que l'on réalise par pulvérisation à l'extrême. C'est à l'extrême finesse du brouillard que l'on doit tendre pour obtenir une meilleure action de la chaleur.

La biorisation ne semble pas avoir pris dans la pratique un grand développement, bien que son principe date déjà d'une vingtaine d'années. Ce procédé ne touche pas, vu la rapidité de son action, aux équilibres originels, à la structure du lait ; les propriétés biochimiques de ce dernier sont conservées. Il marque évidemment une étape dans les efforts faits pour détruire thermiquement la flore du lait sans atteindre l'intimité de la constitution de ce dernier.

D. LA STASSANISATION

Nous arrivons maintenant à la *stassanisation*. Ce remarquable procédé de pasteurisation est dû aux travaux de H. STASSANO, biologiste italien qui a travaillé en France pendant plus de quarante années. Nos lecteurs ont pu suivre dans cette Revue les diverses publications de ce savant méthodique et opiniâtre qui est arrivé à mettre sur pied une méthode de traitement du lait par la chaleur, méthode qui est une réelle nouveauté dont on peut prévoir sans exagération l'essor considérable.

L'origine de la stassanisation doit être trouvée dans les recherches que son auteur a faites, il y a longtemps, en vue d'obtenir des vaccins par chauffage des cultures. Le problème était de tuer le microbe sans porter une atteinte sensible aux principes vaccinaux qu'il avait déversés dans le milieu, au cours de son développement. En un mot, il s'agissait de faire jouer à la chaleur une action bactéricide complète, sans la faire toucher aux principes biochimiques particulièrement délicats engendrés par la vie du germe.

STASSANO fait passer la culture virulente entre deux plaques chauffées entre 125° et 135° C. et distantes l'une de l'autre de 1/100 de millimètre environ. La séparation de ces deux plaques était réalisée par un cadre découpé dans une feuille de papier de soie. Le passage dans la chambre particulièrement étroite ainsi créée est extrêmement rapide et ne demande pas plus de 1 seconde, 2 tout au plus.

COUPE DE LA TÊTE

On notera la fa-
de l'agent thermi

(PLANCHE DUE A LA COURTOISIE DE LA SOCIÉTÉ

UN ÉLÉMENT STASSANISATEUR DANS LE SENS LONGITUDINAL
ET COUPE TRANSVERSALE AU MILIEU.

minceur de la couche annulaire de lait à côté de la grande masse
eau chauffée à 76° à l'intérieur et à l'extérieur de cette couche.

ARD ET NAVEAU.)

Dans la description succincte que nous venons de faire, du premier dispositif réalisé par STASSANO, nous trouvons toutes les données du problème que ce savant, par son application constante, a fixées pour le traitement du lait.

Le lait est un liquide pollué de germes banals et pathogènes, dont il faut le débarrasser, en entier pour la flore pathogène, presque en entier pour la flore banale, sans toucher à son essence même, qu'on le considère aussi bien au point de vue biochimique, par ses diastases et ses vitamines, qu'au point de vue physico-chimique.

Ce qui avait somme toute réussi à STASSANO pour les vaccins chauffés, il fallait l'obtenir pour le lait, et, — nous pouvons le dire en passant, — pour le vin et la bière, car la stassanisation a de ce côté un avenir tout aussi considérable qu'avec le lait. Il est de toute importance de faire remarquer que *la couche extrêmement mince de culture virulente était chauffée des deux côtés et nullement par contre-courant, sur une seule de ses faces.*

Dans le stassaniseur industriel actuel, nous retrouvons la couche mince, — elle a cette fois 1 millimètre, — et le chauffage des deux côtés de cette couche, chose qui au point de vue mécanique, semblait assez difficile à réaliser.

La couche mince de 1/100 de millimètre prévue par STASSANO dans ses premières recherches sur le chauffage des cultures virulentes pour les transformer en vaccins, ne pouvait rien donner industriellement avec le lait : elle était par trop faible. Il fallait en augmenter l'épaisseur, tout en satisfaisant aux buts à atteindre.

STASSANO s'est donc préoccupé de savoir quel était le maximum d'épaisseur auquel il fallait s'arrêter pour rendre efficace l'action de la chaleur sur le lait. De tâtonnement en tâtonnement, d'essai en essai, il en est arrivé à préconiser une épaisseur de 1 millimètre, et les stassaniseurs actuellement en service, sont tous construits sur ce principe :

Il s'agit donc d'une couche vraiment mince, laquelle nous surprend, force notre attention, nous porte à féliciter les industriels qui, mécaniquement, ont pu réaliser ainsi, en vue de la grande industrie laitière, les desiderata de STASSANO.

Dans le stassaniseur, la couche de lait de 1 millimètre est évidemment 100 fois plus épaisse que dans les premiers appareils construits par l'auteur lui-même en vue de l'obtention des vaccins chauffés ; mais la durée de passage du lait dans le stassaniseur est aussi considérablement augmentée. De 1 à 2 secondes, — c'est le temps, rappelons-le, qu'il fallait à la culture pour traverser la chambre si étroite que STASSANO avait réalisée au début de ses recherches, — nous passons à 15 secondes, temps que le lait met à parcourir les 4 segments de l'élément-type du stassaniseur industriel.

Des essais faits par l'auteur, il résulte que ce serait une erreur de dépasser l'épaisseur de 1 millimètre (1), même aux dépens d'un chauffage plus élevé, parce que les résultats seraient moins bons, tant au point de vue microbien qu'au point de vue de la structure du lait. La flore serait moins touchée, mais la constitution intime du lait le serait, par contre, davantage. La vérité ou, disons mieux, l'équité, nous met dans l'obligation de dire qu'il n'est pas, à notre connaissance, un procédé de pasteurisation qui ait fait l'objet d'études aussi minutieuses, aussi patientes, aussi prolongées que la stassanisation. Nous avons suivi son auteur depuis le début, alors qu'il pensait à transporter sur le terrain de l'industrie laitière le principe qui lui avait donné de bons résultats dans l'obtention des vaccins chauffés. H. STASSANO avait pensé d'abord à la stérilisation, qu'il avait d'ailleurs réalisée pour les dits vaccins. Nous nous employâmes à lui montrer que là n'était pas le succès de sa méthode, que c'était à la pasteurisation qu'il fallait penser, et, plus tard, quand nous en vîmes les excellents résultats, nous nous efforçâmes de lui montrer aussi que derrière la pasteurisation en vue de la consommation du lait en nature, il y avait pour la stassanisation, un grand avenir dans le traitement du lait pour l'industrie fromagère.

Déjà, la pasteurisation basse, par la faible atteinte qu'elle porte à la structure du lait, se développe de plus en plus, sinon en France, du moins à l'Etranger, pour le traitement du lait en fromagerie. Nul doute que la stassanisation, qui donne des résultats meilleurs, qui purge complètement le lait de sa flore *coli-aerogenes*, si peu désirable dans la fabrication de certains fromages, qui n'altère la constitution du lait que dans des proportions vraiment très faibles, qui ne gêne en rien l'emprésurage, ne trouve un large débouché dans l'industrie fromagère, toutes les fois que celle-ci pourra travailler sur des laits qui ne seront pas d'une acidité exagérée.

Certains procédés actuellement en usage estiment qu'ils sont également en couche mince. En bonne justice, cela n'est pas tout à fait exact, car le lait y est chauffé sous une épaisseur de plusieurs millimètres. Evidemment, c'est beaucoup moins que dans le pasteurisateur danois, mais ce n'est toujours pas la couche vraiment mince réalisée dans le stassaniseur. De plus, le lait n'est chauffé que d'un seul côté, par l'action d'un courant contraire d'eau chaude ou de vapeur. Il ne faut pas oublier que si le principe de STASSANO appliqué à la laiterie a déjà donné des résultats remarquables, c'est sans aucun doute à cause de la réelle minceur de la couche de lait chauffé, mais c'est également parce que cette couche subit l'action de la chaleur sur ses deux faces. C'est cela qui fait l'originalité et, avant tout, la grande efficacité de la méthode; c'est cela aussi qui permet de recourir à des températures relati-

(1) On peut aller au maximum à 1 millimètre $\frac{1}{2}$.

vement peu élevées, tout en assurant à l'opération des résultats excellents.

Pour une pasteurisation à 75°, température recommandée par STASSANO, l'agent thermique est de l'eau qui n'est chauffée qu'à 76°, c'est-à-dire 1° de plus, seulement. L'action de la chaleur se fait sentir sans brutalité, avec une extrême douceur, au travers d'une paroi métallique dont la nature du métal a été fort bien étudiée, car il fallait que ce métal ait la plus faible chaleur spécifique possible. Là encore, on voit le souci de STASSANO de ne rien omettre dans l'étude de toutes les conditions qui doivent présider à l'exécution de son procédé.

En laiterie, trop d'appareils ont été construits empiriquement, peut-on dire, pour qu'on ne refuse pas au stassaniseur le mérite d'avoir été étudié dans ses moindres détails. Il fallait exécuter un programme difficile, des conditions duquel son auteur n'a jamais voulu se départir. Aujourd'hui, on peut dire que le problème est mécaniquement résolu. Il ne serait pas juste d'assimiler au stassaniseur des appareils où le lait n'est pas chauffé en *couche vraiment mince*, comme il l'est dans celui-là, et où *il n'est chauffé que d'un seul côté à la fois*.

Une idée nouvelle avait également guidé STASSANO dans ses recherches ; c'est *celle de ne pas enlever au lait son acide carbonique*. Elle a conduit l'auteur à laisser de côté la filtration centrifuge, filtration qui fait perdre au lait la plus grande partie de cet acide et qui produit de la mousse, et à recourir à la simple filtration sur toile de coton, à laquelle tend à revenir l'industrie laitière.

Une seule pompe également, au départ, pour prendre le lait qui vient d'être filtré et le lancer dans l'appareil ; pompe spécialement étudiée pour éviter les pertes d'acide carbonique, et qui engendre un débit régulier, en même temps qu'elle permet, par la pression qu'elle détermine (2 à 3 kg. et plus), de lancer le lait avec régularité dans la chambre annulaire de 1 millimètre d'épaisseur où la résistance au passage est plutôt forte. (Voir p. 49.)

* * *

On a voulu rapprocher de l'appareil de STASSANO ceux de NIELSEN et de TÖDT, dont nous avons à parler maintenant.

Appareil de Nielsen. — Le lait circule dans un grand nombre de petits tubes contenus eux-mêmes dans une chambre de vapeur. Comme STASSANO avait voulu le faire au début, NIELSEN avait visé la stérilisation du lait qu'il portait dans son appareil à 130°-135° C. Les expériences de ORLA-JENSEN avec du lait infecté de bactéries résistantes, ont démontré en effet que cette température soutenue pendant 50 secondes, est nécessaire pour obtenir la stérilisation.

Mais les tubes de NIELSEN ne sont point du tout l'analogue de la couche mince, car le chauffage n'a lieu que par la paroi de ces tubes. L'avantage du procédé Nielsen, c'est d'opérer en enceinte close, le chauffage du lait se faisant complètement à l'abri de l'air ; mais nous reviendrons sur ce point, car nous le trouvons réalisé dans plusieurs autres types d'appareils, assez divers.

Appareil de Tödt. — Le procédé de TÖDT est également ingénieux. C'est celui qui se rapproche le plus de l'appareil de STASSANO, *parce que la couche de lait est chauffée sur ses deux faces*. Le lait circule entre deux enveloppes tronconiques, en une couche réglable de 6 à 10 millimètres. L'enveloppe extérieure fait partie d'une enceinte cylindrique et elle est entourée d'un serpentin ou circule de la vapeur. L'enveloppe intérieure est animée d'un mouvement de rotation et est chauffée intérieurement par de la vapeur. Le lait, aspiré par une pompe, arrive par le bas de l'appareil et prend un mouvement en spirale, lequel rend inutile l'emploi d'un agitateur. Il est chauffé au-dessus de 80° pendant 10 à 12 secondes.

TÖDT a imaginé son appareil en vue de la stérilisation, tout comme STASSANO et NIELSEN avaient pensé à le faire eux-mêmes au début. Mais qui peut le plus peut le moins, et le même dispositif mécanique peut être utilisé pour pasteuriser. Il suffit pour cela de diminuer la température primitivement envisagée. Dans l'appareil de TÖDT, *on ne peut pas non plus parler de couche réellement mince*, puisque l'épaisseur du lait varie entre 6 et 10 millimètres. Il y a bien, avons-nous dit, chauffage des deux côtés de cette couche relativement épaisse, mais il est réalisé par des moyens qui n'ont nullement la douceur de ceux auxquels recourt le stassaniseur, puisqu'on utilise de la vapeur, moins bien maniable que l'eau chaude.

* * *

En faisant une récapitulation des divers systèmes de pasteurisation que nous venons d'envisager, nous voyons que les modalités d'action de la chaleur sont nombreuses.

1° Avec la *pasteurisation haute*, il s'agit, selon les auteurs, d'une opération de 1 à 2 minutes, même de 3 minutes, au plus, entre 80° et 95°, pour les uns ; de 2 à 3 minutes entre 70° et 80°, pour les autres, etc. Déjà, pour la pasteurisation haute, il y a de nombreuses variantes ; c'est ce qui a fait dire à plusieurs que la signification du mot pasteurisation est vague, puisqu'on ne peut en fixer la définition, numériquement du moins pour l'instant, entre des limites peu éloignées les unes des autres. Cela est vrai, sans doute, de la pasteurisation haute, mais cela n'est pas moins vrai aussi des autres modes de traitement. Si l'on se reporte à la définition de la pas

teurisation que nous avons donnée tout au début, — définition pour laquelle, comme nous l'avons déjà dit, nous nous étions volontairement abstenu de donner des chiffres, — l'imprécision qu'on lui reproche disparaît ; car l'important, après tout, c'est d'atteindre au résultat, et nous savons que *nous pouvons y parvenir par des associations thermiques différentes.*

2° Avec la *pasteurisation basse*, nous avons déjà beaucoup moins de fluctuations dans les données numériques : degré de température et durée du chauffage, qui définissent *thermiquement* le processus. Pour ORLA-JENSEN, la pasteurisation basse se ramène à chauffer le lait une demi-heure entre 60° et 70°. Les règlements américains sont plus sévères en ce qui concerne la température, puisque, dans leur ensemble, ils demandent que le chauffage du lait se fasse aux environs immédiats de 145° F., c'est-à-dire de 63° C., pendant 30 minutes. La lecture des comptes rendus de la première « National Milk Conference » de Londres, comptes rendus dont *Le Lait* a donné la traduction complète (1), montre la *grande importance qu'on attache à la régularité du chauffage*. Aux environs de 145° F., la sensibilité du lait s'exagère ; il suffit d'une faible variation par en haut dans le degré de température, pour enregistrer, notamment du côté de la couche de crème, des différences notables. Il est peut-être exact de dire que 63° C. est une température critique pour le lait, à la condition, toutefois, d'associer à cette température le temps du chauffage, lequel est ici important, puisqu'il atteint 30 minutes.

3° Avec la *stassanisation*, la définition est plus serrée encore dans ses termes. A l'heure actuelle, la température est précisée : il s'agit de 75° ; quant au temps, la traversée de l'appareil n'exige que 14 à 15 secondes, au maximum. H. STASSANO nous dit bien qu'on peut élever la température et la porter au-dessus de 100°, mais c'est pour des usages différents de ceux auxquels doit recourir la pasteurisation du lait de consommation courante. Ce qu'il faut retenir de son observation, c'est la grande souplesse de sa méthode et de son appareil à supporter d'importantes variations de température.

Si nous ne considérons que le degré de température, nous dirions que la stassanisation n'est qu'une pasteurisation haute, puisque le lait est porté à 75°. La stassanisation est également rapide, comme la pasteurisation haute, exécutée techniquement par le pasteurisateur danois ; elle est même beaucoup plus rapide, puisqu'aux 2 ou 3 minutes de la pasteurisation haute, c'est-à-dire aux 120 ou 180 secondes, nous venons opposer les 15 secondes qu'elle peut exiger.

(1) *Le Lait*, 1926, 6, 424, 567, 679 et 913.

E. LA PASTEURISATION PAR CHAUFFAGE DE COURTE DURÉE À TEMPÉRATURE ÉLEVÉE.

Les observations qui précèdent nous portent à discuter la valeur d'une expression qui tend à se fixer dans l'esprit des techniciens de la laiterie. Le livre publié par les Professeurs de l'Institut de Laiterie de Kiel que nous analysons dans ce numéro même (1), parle d'essais à faire sur le *chauffage momentané à haute température* : *Hoch- und Momenterhitzern*. L'article, publié également dans ce numéro (2), « Que penser de la *pasteurisation à température élevée et de courte durée* ? Est-elle destinée à remplacer notre méthode de longue durée actuelle ? », se sert d'une expression analogue à l'expression allemande, puisqu'il appelle cette pasteurisation *high temperature short time pasteurization*. Nous craignons qu'une confusion se fasse dans les esprits, à la faveur de cette définition de la pasteurisation, définition d'une modalité qu'on peut croire bien fixée, et qui en réalité ne l'est pas et ne peut pas l'être, puisqu'on y confond, quand on s'éloigne des données thermiques, des procédés très différents par ailleurs.

Limiter, comme le font ces deux définitions identiques : l'allemande et l'américaine, la définition thermique de la pasteurisation à ces deux données : la température à laquelle le lait est porté et le temps pendant lequel on désire qu'il s'y maintienne, nous paraît maintenant insuffisant. Tous les développements dans lesquels nous sommes entré dans la première partie de cette étude, nous montrent nettement qu'il faut tenir compte de la manière, c'est-à-dire qu'aux deux données thermiques ci-dessus doit s'ajouter le principe auquel on a recours pour qu'elles jouent au maximum. Au cours de ces 10 à 15 dernières années, plusieurs appareils ont été *mécaniquement réalisés* ; tous ont pour but de *porter le lait à une température plus élevée que celle de la pasteurisation basse, en réduisant toutefois le temps pendant lequel cette température exerce son action*. Nous semblons revenir, en somme, aux données numériques de la pasteurisation haute, laquelle se proposait, elle aussi, — et c'était les débuts de la pasteurisation en général, — de chauffer le lait rapidement, à une température élevée. Devant les mécomptes enregistrés par son usage, on en est venu à la pasteurisation basse, mais celle-ci, à son tour, tend à être supplantée par des appareils dans lesquels le lait, porté à une *température élevée et uniformément soutenue, n'est chauffé que pendant un temps très court, toujours au-dessous de 1 minute*. Il va de soi que si l'on reprend, en quelque sorte, les données thermiques de la pasteurisation haute en ayant la prétention de faire mieux que la pasteurisation basse, il faut évidem-

(1) Voir p. 136.

(2) Voir p. 221.

ment changer les principes qui, jusqu'ici, ont guidé la recherche scientifique et le constructeur.

En réalité, il n'a jamais été bien difficile d'imaginer et de réaliser des dispositifs permettant de travailler le lait de telle ou telle façon, car la diversité de ceux que la mécanique laitière a mis à la disposition des industriels est, en effet, considérable. Mais s'est-on toujours demandé si tel appareillage adopté apportait vraiment dans le travail du lait une amélioration, s'il tenait compte de la délicatesse de ce liquide et s'il avait le souci de la conserver ?

Si l'on ouvre le livre des Professeurs de Kiel, on voit que leurs recherches ont porté sur des appareils qui, tous, chauffent le lait entre 75° et 85°, donc à une température élevée, et pendant un temps court, allant de 2 secondes (pour le biorisateur) jusqu'à 30 secondes environ. Mais, le biorisateur mis à part, ce sont pour ainsi dire tous des dispositifs dans lesquels le lait passe en *couche soit plate, soit annulaire*, dont *l'épaisseur atteint toujours plusieurs millimètres*. C'est le cas des appareils à plaques « Diskus », de l'appareil Montana et de l'appareil Tödt, pour ne citer que les principaux. Mais à l'exception de l'appareil Tödt et du « Diskus », dans tous les dispositifs étudiés la couche de lait n'est chauffée que d'un côté.

Le stassaniseur mérite d'être placé à part, puisque la couche de lait a une épaisseur très réduite : 1 millimètre, à laquelle n'atteignent aucun des appareils qui lui sont comparés, et que cette couche est chauffée des deux côtés, ce qui n'est réalisé nulle part ailleurs, sauf dans l'appareil Tödt et le « Diskus ». C'est pourquoi nous ne pensons pas que l'expression *chauffage élevé et rapide*, qui est la traduction française de l'expression allemande et américaine, doive être acceptée sans examen. Nous trouvons fort plausible de dissocier le groupe des appareils étudiés à Kiel sous le qualificatif ci-dessus, en mettant nettement à part le stassaniseur, lequel répond à une technique que ne réalise aucun des appareils avec lesquels on le fait voisiner.

Par cette rapide discussion, nous voyons que s'il est indispensable d'introduire des données numériques relatives au degré de température et à la durée du chauffage dans la comparaison des diverses méthodes de la pasteurisation et des procédés qui s'y rattachent, nous ne saurions, toutefois, résoudre ainsi le problème. Comme nous l'avons relevé tout à l'heure, *ce sont les conditions d'application de ces données qui priment toutes les considérations que l'on peut développer sur la valeur de tel ou tel procédé de pasteurisation*.

Chauffer à une température bien fixée pendant un temps déterminé, temps qui, lui, est moins facile cependant à préciser, cela importe. Mais savoir : 1° comment l'on chauffera ; 2° quelle forme sera donnée au lait qui devra subir l'action de la chaleur :

CLASSIFICATION DES DIVERSES

	Température	Durée
A. <i>Pasteurisation haute</i> , appelée encore <i>rapide</i> par opposition à la pasteurisation basse.	allant de 70° à 95°	1 à 2 minutes, 3 au maximum
B. <i>Pasteurisation basse</i> , ou <i>lente</i> :		
I. La mise en bouteilles a lieu après la pasteurisation.	63°	30 minutes
II. Le lait est pasteurisé en bouteilles, dans lesquelles il est introduit à l'état cru.	63°	30 minutes
C. <i>Chauffage très rapide à température élevée.</i>	<i>Biorisation</i>	75° 2 à 3 secondes
	<i>Nielsenisation</i>	80°-85° 15 à 20 secondes
	<i>Stassanisation</i>	75° 14 à 15 secondes
	Appareil Tødt	80° au moins 10 à 12 secondes
	Appareils à plaques Diskus	autour de 75° à 80° pas très précisée
	Appareil Montana Appareil Corblin	variable, pouvant aller de 75° à 85° et plus assez mal fixée

(1) Nous devons faire remarquer que les données thermiques ne sont réellement bien fixées que pour celle-ci connaît des variations qui ne sont pas toujours négligeables, — les auteurs omettent parfois de que sous réserves. (Ch. P.)

MODALITÉS DE LA PASTEURISATION (1)

Forme qu'affecte le lait	Observations		
<i>Forme parabolique</i> ; de l'épaisseur au fond de la cuve ; couche allant en diminuant vers le haut, sans être précisément mince.	Irrégularité du chauffage. Formation abondante de mousse. Evaporation et aération importantes.		
<i>Pasteur. discontinue</i> : chauffage du lait en masse dans des bacs.	Pour la durée, ajouter le temps du remplissage et de la vidange du bac. — Aération. Mousse.		
<i>Pasteur. continue</i> : chauffage du lait circulant dans des systèmes tubulaires en gros filets cylindriques de plusieurs centimètres de diamètre.	Irrégularité du chauffage. Formation de veines liquides, à circulation soit accélérée, soit ralentie. Formation de poches d'air.		
<i>Masse</i> de lait de 1 litre, de 1/2 litre ou de 1/4 de litre.			
<i>Globules sphériques</i> , d'un brouillard très fin, dont le diamètre est une petite fraction de millimètre.	Chauffage du globule sur toute sa périphérie.		
<i>Filets cylindriques d'un faible diamètre.</i>	Chauffage par la périphérie des canaux cylindriques étroits parcourus par le lait.		
<i>Couche annulaire</i> de 1 à 1 1/2 mm. d'épaisseur (diamètre intérieur : 10 cm. environ).	Chauffage sur les 2 faces. L'agent thermique est de l'eau chaude à 76° seulement	<i>Couche réellement mince.</i>	<i>Chauffage sur les 2 faces de la couche.</i>
<i>Large couche annulaire, tronconique</i> , de 6 à 10 millimètres d'épaisseur.	Chauffage sur les 2 faces. La vapeur est l'agent thermique.	<i>Couche moins mince.</i>	
<i>Couche canaliculaire, spiralée</i> , de plusieurs millimètres d'épaisseur.	Chauffage sur les 2 faces. L'agent thermique est de l'eau chaude à plusieurs degrés au-dessus de la température de pasteurisation.		
<i>Couche annulaire</i> de plusieurs millimètres d'épaisseur.	Chauffage sur 1 seule face : l'extérieure. L'agent thermique est de la vapeur vive ou de l'eau portée à 10 ou 15° au-dessus de la température de pasteurisation, selon le degré de celle-ci.	<i>Couche moins mince.</i>	<i>Chauffage sur 1 seule face de la couche.</i>

l'appareil de STASSANO. En ce qui concerne les autres, la pasteurisation basse mise à part, — et encore, donner des précisions qui seraient cependant nécessaires. Aussi, quelques chiffres ne sont-ils donnés ici

masse, couche plane ou couche annulaire, et de quelle épaisseur ; 3° quel sera l'agent thermique auquel on aura recours : eau chaude ou vapeur ; ce sont là des points que l'on doit connaître pour apprécier la valeur d'un procédé de pasteurisation.

LES APPAREILS EMPLOYÉS POUR LA PASTEURISATION DU LAIT.

Dans les pages qui précèdent, nous avons parlé des principes qui guident l'exécution de la pasteurisation considérée dans ses diverses modalités. Si, chemin faisant, nous avons défini, très succinctement d'ailleurs, les caractéristiques des appareils auxquels on peut avoir recours, nous avons omis quelques détails dans lesquels nous pouvons entrer à l'occasion.

A différentes reprises, *Le Lait*, sous la rubrique : *Les belles installations en laiterie*, a donné la description de quelques usines fort bien agencées. Nous y renvoyons nos lecteurs.

Nous nous contenterons ici de rappeler les principaux types des appareils employés par les différents modes de pasteurisation, en en retirant l'essentiel.

a) **La pasteurisation haute.** — Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous en avons pu dire précédemment.

b) **La pasteurisation basse.** — Dans cette modalité thermique de traitement du lait en vue de l'assainir, nous devons considérer trois étapes :

A. Le *préchauffage*, lequel est destiné à porter le lait à 63° C. (145° F.) ;

B. Le *maintien* de la susdite température pendant un temps variant entre 25 et 35 minutes ;

C. La *réfrigération* du lait, suivant immédiatement l'action du second temps.

Nous avons emprunté au livre de KILBOURNE (1) pour certains des détails que nous donnons ici.

A. **Le préchauffage.** — Il s'agit de porter le lait à la température de 63° C., température qu'il devra conserver pendant le second temps, 25 à 35 minutes. Notons en passant que le lait est le plus souvent filtré à l'aide de la centrifuge, laquelle exige qu'il ait été porté au préalable aux environs de 35° par son passage dans un premier réchauffeur, très souvent du type danois, au débit thermique faible.

Autant que possible, *le préchauffage du lait doit être rapide.*

(1) Ch. KILBOURNE. *Pasteurization of milk from the practical viewpoint* ; New-York, 1916.

Parmi les appareils auxquels on peut recourir, nous pouvons distinguer 5 types différents :

a) *Premier type : le pasteurisateur danois.* — Nous n'avons pas à revenir sur les critiques que nous lui avons déjà adressées. Nous devons toutefois reconnaître que les inconvénients de son emploi sont ici de moindre importance, cet appareil n'ayant pour but que de porter le lait à la température de 63° seulement. S'il y a des irrégularités dans le chauffage du lait, elles s'amortissent lors du maintien du lait à 63° pendant une demi-heure. Toutefois, si l'on veut conserver à l'épaisseur de la couche de crème son maximum, il sera indiqué de substituer au pasteurisateur danois un autre appareil comme préchauffeur.

b) *Deuxième type : les appareils échangeurs de température à plaques rectangulaires ou circulaires, disposées horizontalement ou verticalement.* — D'un côté de ces plaques passe le lait ; de l'autre, et en sens inverse, l'agent de chauffage, lequel agent est de l'eau dont la température est de 10 à 15° au-dessus de celle à laquelle on porte le lait. Ici, la surface chauffante en contact avec ce liquide est nettement plus grande que celle existant dans le type danois, compte tenu de la masse de lait qui doit être portée à 63° .

Fig. 1.

La plupart de ces réchauffeurs sont basés sur le principe de la régénération, c'est-à-dire qu'ils permettent des échanges réciproques de calories et de frigories entre le lait qui sort chaud du mainteneur et le lait froid, lequel demande à être porté à 63° C. avant d'être introduit dans ce dernier.

c) *Troisième type : les systèmes tubulaires.* — Ces systèmes affectent différentes formes. Dans toutes, cependant, le lait coule à travers des tubes, lesquels sont eux-mêmes noyés dans un milieu dont la température est maintenue relativement constante.

Dans un premier système (fig. 1), le tube dans lequel coule le lait est placé concentriquement à l'intérieur d'un autre tube dans lequel circule en sens inverse de l'eau chaude. La construction de ces systèmes tubulaires doit veiller à l'excellence des joints, afin d'éviter les fuites qui amèneraient le mélange de l'eau avec le lait.

Dans plusieurs autres systèmes, les tubes ne sont pas isolés les uns des autres ; ils sont réunis dans une même caisse, laquelle

Fig. 2.

donne à l'appareil plus de robustesse (fig. 2 et fig. 3). A l'intérieur de cette caisse circule, bien entendu, dans une direction convenable, l'agent thermique : de l'eau chaude, sur le trajet de laquelle on peut lui injecter, quand besoin est, de la vapeur vive, afin de récupérer les calories qu'elle perd dans les échanges de chaleur qu'elle fait avec le lait froid qui doit être réchauffé.

L'écoulement de l'eau chaude se fait toujours dans un sens inverse de celui du lait, si bien que l'eau la plus chaude se trouve à côté du lait le plus chaud ; le lait est ainsi chauffé graduellement.

Les systèmes tubulaires donnent de bons résultats ; ils sont constitués d'éléments que l'on peut ajouter les uns aux autres si l'affaire se développe, sans que l'on ait à apporter dans l'organisation de l'installation des modifications profondes. L'avantage des

Fig. 3.

tubes concentriques est de présenter une grande surface de chauffe, très favorable au but poursuivi. On pouvait penser naguère, que, par contre, il y aurait là un inconvénient assez grave : celui de rendre les nettoyages peut-être plus difficiles, notamment aux coudes et aux joints, lesquels doivent être toujours facilement accessibles. Aujourd'hui, on se rend compte que cet inconvénient a été considérablement exagéré. Nous nous rappelons l'étonnement de beaucoup d'industriels français lorsque nous leur parlions du développement considérable aux Etats-Unis des systèmes tubulaires, aussi bien comme préchauffeurs que comme pasteurisateurs proprement dits et réfrigérants. Ils s'inquiétaient tout de suite de la difficulté du nettoyage, du temps nécessité par celui-ci, et mettaient en doute son efficacité.

d) *Quatrième type* : les bacs horizontaux à enveloppe isolante pleine ou à double enveloppe dans laquelle circule de l'eau chaude sous l'action d'une pompe. — Ces bacs sont traversés dans leur grand axe par un agitateur consistant le plus souvent en une spirale tubulaire creuse (fig. 4) à l'intérieur de laquelle circule l'eau chaude. ce qui exige bien entendu des presses-étoupe particulière-

Fig. 4

ment bien compris aux deux extrémités du bac, afin d'éviter des mélanges d'eau avec le lait ; tantôt, au contraire, le système tubulaire réchauffeur se ramène à des palettes creuses ou à un système de tubes oscillants n'exigeant point de presse-étoupe (fig. 5 et 6) ; quelquefois même ces derniers sont amovibles.

Fig. 5.

La circulation de l'eau dans ces différents dispositifs est assurée au moyen d'une pompe et la température de l'eau est maintenue constante par des admissions de vapeur sur le trajet qu'elle parcourt.

Le lait est ici chauffé en grande masse par des dispositifs qui ne sont efficaces qu'en raison, justement, de

leur mobilité, parce que la surface offerte aux échanges de température est relativement faible. On comprend qu'il faille un certain temps, quelquefois de 15 à 25 minutes, pour atteindre la température de 63° C

Ces bacs non compartimentés, peuvent servir tout à la fois de réchauffeurs et de mainteneurs ou, comme nous disons encore, de chambreurs. En effet, quand la température de 63° C. est atteinte, on arrête l'arrivée de l'eau chaude ou, tout au moins, on la réduit suffisamment pour que la température ci-dessus ne s'élève pas, tout en se maintenant pendant les 30 minutes exigées. Au bout de ce temps, on vide le bac et l'on fait couler le lait sur le réfrigérant. Si l'usine est importante, avec trois bacs disposés comme il vient d'être dit, on peut faire beaucoup de travail. Pendant que le premier bac sert de réchauffeur, le second fonctionne comme pasteurisateur proprement dit, c'est-à-dire comme mainteneur ou chambreur, et du troisième bac, le lait

Fig. 6.

pasteurisé s'écoule sur le réfrigérant. Les bacs dont nous parlons sont très employés dans les petites exploitations et, aux Etats-Unis, il nous a été donné de voir l'une de celles-ci où un seul bac servait successivement : a) de bac d'attente, b) de pré-chauffeur, c) de chambreur, d) de réfrigérant. Pour cela, il suffisait de substituer, selon le temps de l'opération, de l'eau chaude à l'eau froide, ou réciproquement. De cette manière, bien des manipulations sont évitées, tout en assurant aux opérations une régularité dans le rythme favorable à l'excellence des résultats (1).

e) *Cinquième type : les réchauffeurs capillaires.* — Nous connaissons depuis longtemps les réfrigérants dits *capillaires*, destinés à refroidir le lait dans les grandes laiteries et dont les tubes sont traversés dans les parties supérieures par de l'eau froide et dans les parties inférieures par de la saumure ; ici, une grande surface est donnée au lait pour se refroidir. Si, au lieu de faire passer eau froide et saumure, nous faisons passer de l'eau chaude, nous comprenons aisément qu'on puisse réchauffer le lait préalablement à l'entrée de celui-ci dans le chambreur (2). Le chauffage peut paraître ici irrégulier, étant donné les conditions dans lesquelles il se réalise, mais s'il y a quelques oscillations dans la température du lait lorsqu'il passe sur ces réchauffeurs capillaires, celle-ci va s'uniformiser très vite lorsque le lait se trouvera dans le chambreur.

B. Le maintien de la température de 63° pendant 30 minutes. — Lorsque le lait est chauffé en masse dans des bacs, dénommés spécialement *holders*, selon l'expression américaine, *mainteneurs* ou *chambreurs*, en français, il n'est pas possible de répondre exactement, *du moins en ce qui concerne le temps*, à la définition ci-dessus, puisqu'au chambrage de 30 minutes nous devons ajouter, pour la plus grande partie du lait, le temps nécessaire au remplissage du bac et à sa vidange. Dans le but de remédier à cet inconvénient, on a cherché à faire circuler le lait sans vive agitation dans des dispositifs variés réalisant un voyage du liquide qui soit exactement de 30 minutes ; mais on n'y est pas parvenu d'une façon rigoureuse, et l'objection a été soulevée par Chr. BARTHEL et d'autres auteurs, de l'irrégularité de la dite circulation. Certaines couches de lait peuvent être animées d'une vitesse plus grande que d'autres, si bien que le temps de leur passage dans l'appareil se trouve ainsi réduit ; pour d'autres, au contraire, qui circulent moins vite, ce temps se trouve augmenté.

Selon que le lait circule ou ne circule pas, qu'il est rassemblé dans les chambreurs en masses parfois importantes ou qu'il s'écoule

(1) *Le Lait*, 1926, 6, 420 (fig. 12).

(2) *Le Lait*, 1926, 6, 416 et 417 (fig. 4, 5 et 6).

dans des systèmes tubulaires disposés pour que son voyage dure 30 minutes, nous aurons affaire à des appareillages du *type continu* ou du *type discontinu*.

Le type discontinu ou des chambreurs.— Au type discontinu répond le système des *bacs*, dans lequel nous devons reconnaître plusieurs dispositifs différents :

a) Le *bac à spirale de cuivre*, identique à celui que nous avons examiné un peu plus haut (fig. 4) comme préchauffeur, ce qui nous dispense d'insister davantage.

b) Les *bacs compartimentés*, à quatre compartiments en général, dans lesquels l'automatisme du remplissage et de la vidange est assuré par un système qui permet aux robinets de s'ouvrir et de se fermer à intervalles réguliers bien définis. Pour éviter une ascension de la crème dans les bacs compartimentés, le lait est agité doucement par des palettes pleines, véritables éventails qui réalisent l'homogénéité du liquide.

L'inconvénient que l'on peut reprocher à ces deux sortes de bacs, c'est d'engendrer le plus souvent une grande quantité de mousse.

Remarquons que *si, théoriquement, le type de ces appareils est discontinu, en fait il n'empêche pas que le travail de la laiterie puisse avoir une réelle continuité, continuité due au roulement ininterrompu dans les remplissages, les chambrages et les vidanges successifs des divers compartiments.*

VAILLANT a (1) bien montré que pour doubler le rendement de ces appareils, il est inutile d'en doubler le nombre : « Si 4 compartiments de 1.500 litres, dit-il, donnent un débit de 6.000 litres à l'heure, il suffira de 2 compartiments supplémentaires pour avoir un débit de 12.000 litres. »

Nous avons pu voir à New-York, dans une usine, un système très ingénieux de six *bacs rotatifs* (fig. 7), isolés

Fig. 7.

les uns des autres, bien calorifugés, placés sur la circonférence d'une grande roue dont le mouvement est assuré avec régularité par un dispositif mécanique

(1) *Le Lait*, 1924, 4, 89 et 200.

approprié. Les bacs, en tournant, se présentent à un moment donné devant une valve par laquelle ils seront remplis l'un après l'autre avec le lait venant du préchauffeur. A ce moment, l'appareil s'arrête et pendant qu'un bac se remplit, le bac antérieur voisin se vide par une autre valve disposée convenablement ; les autres bacs qui se trouvent entre celui-ci et celui-là fonctionnent comme chambreurs. La vitesse de rotation est calculée pour que le chambrage dure 30 minutes.

Le type continu. — Dans le type continu, le lait, au lieu d'être plus ou moins au repos, en masse dans un bac de chambrage, s'écoule doucement dans les appareils, à une vitesse telle qu'il doit théoriquement y rester à la température de 63° C. pendant une demi-heure.

A ce type répondent également différents dispositifs :

a) Le *système des vases communiquants* (1), système qui résulte de l'association de 2 éléments cylindriques légèrement décalés l'un par rapport à l'autre, l'un en rapport avec le préchauffeur, l'autre, avec le réfrigérant. Chacun de ces éléments est composé d'un cylindre à l'intérieur duquel s'en trouve un autre d'un diamètre un peu plus petit. Le lait arrive par en haut, passe entre les deux cylindres, puis pénètre dans le cylindre intérieur par sa partie inférieure. Un col de cygne renversé attaché au tuyau de décharge fait que le lait ne peut pas s'écouler dans le second élément tant que le premier n'est pas rempli. En théorie, le dernier lait qui rentre devrait être le dernier à sortir. En pratique, cela ne serait pas tout à fait exact, en raison des courants assez irréguliers qui se font dans la masse.

b) Le *bac à courant continu* (fig. 8) est compartimenté d'une façon spéciale. En effet, chaque compartiment est séparé du voisin

Fig. 8.

par une double paroi possédant deux orifices, l'un à la partie inférieure, donnant sur le compartiment à vider, l'autre placé en haut, donnant sur le compartiment à remplir. Théoriquement, il faut une demi-heure au lait pour traverser suc-

cessivement les différents compartiments des bacs, mais en fait, les courants parasites qui peuvent se former, — et il y en a, — doivent ajouter aux 30 minutes pour certaines particules du lait.

c) Le *type tubulaire* est également très employé pour les mainte-

(1) *Le Lait*, 1926, 6. 421 (fig. 14).

neurs. Les tubes, généralement noyés dans une caisse, plongent au sein d'une masse liquide fonctionnant comme volant de chaleur et assurant ainsi la persistance du degré recherché de la température. Les tubes cylindriques, larges, réunis deux par deux dans une gaine elliptique (fig. 9), communiquent les uns avec les autres par une encoche convenable faite dans la paroi verticale de la caisse, encoche permettant une circulation continue dans le sens latéral et de haut en bas dans les divers tubes de

Fig. 9.

l'appareil. Ces derniers ont une légère pente et la durée de la circulation est calculée pour être d'une demi-heure. Mais en fait, il n'en serait pas toujours ainsi ; il y a lieu de craindre des poches d'air, qui ne peuvent que nuire à la bonne circulation du liquide (1).

C. La réfrigération. — *a)* Le type courant des réfrigérants qui était jusque dans ces 20 dernières années, en France du moins, le plus communément employé, est le *réfrigérant dit capillaire*, lequel aboutit *rapidement* au refroidissement du lait. On le connaît trop pour que nous ayons à insister à son sujet. Ce réfrigérant est en général à « deux eaux », c'est-à-dire traversé en sa partie supérieure par de l'eau froide, en sa partie inférieure par de la saumure.

Il y a lieu de garantir le réfrigérant des poussières et de toutes condensations possibles à l'aide de volets venant le recouvrir sur ses deux faces, volets très mobiles, faciles à manier (2). Ces volets se meuvent parallèlement à la surface du réfrigérant, ou bien encore, ils sont à charnières et se déploient comme certaines devantures de magasins. Dans quelques usines américaines, même de moyenne importance, où l'on n'utilisait pas de volets, nous avons pu voir les réfrigérants isolés des autres appareils dans une salle spéciale où personne ne pénétrait pendant le travail. Aujourd'hui, les réfrigérants capillaires tendent à céder la place à tous autres appareils de réfrigération qui évitent au lait le contact de l'air. Cependant, nous devons faire remarquer que l'usage des réfri-

(1) *Le Lait*, 1926, 6, 422 (fig. 15).

(2) *Le Lait*, 1926, 6, 416 (fig. 5).

gérants capillaires est absolument indiqué avec la pasteurisation haute. Du fait de la température élevée à laquelle est porté le lait dans le pasteurisateur danois, la caséine et surtout l'albumine sont altérées, avec formation de produits soufrés volatils, fétides, tels l'hydrogène sulfuré et des mercaptans, produits dont on doit débarrasser le lait pour lui faire perdre le goût de cuit dont la cause essentielle est la présence dans le lait des composés ci-dessus. Ces vapeurs fétides sont nettement perceptibles lors de la condensation qui s'effectue à la partie supérieure des réfrigérants capillaires.

Avec la pasteurisation basse, en raison de la température à laquelle le lait est porté, la décomposition des protéines n'est pas à craindre ; le soufre labile de ces dernières ne peut s'en détacher sous la forme que nous venons de rappeler. Il n'est donc pas obligatoire d'utiliser ici les réfrigérants capillaires et on peut recourir aux divers systèmes tubulaires analogues à ceux que nous avons vus dans l'examen des appareils préchauffeurs.

b) La réfrigération s'adresse encore à des *systèmes tubulaires* ou à des *appareils à plaques*. Nous en avons déjà dit quelques mots lorsque nous avons parlé du préchauffage du lait.

Avec les réfrigérants tubulaires ou à plaques, le lait est tout à fait soustrait à l'action de l'air ; ce en quoi il n'y a que des avantages.

* * *

Le lait doit être soustrait au contact de l'air libre pendant la pasteurisation. — Voici une formule que personne aujourd'hui ne saurait contester, parce qu'elle a fini par s'imposer ; malheureusement, elle n'est pas toujours suivie comme elle devrait l'être. Alors que nous savons aujourd'hui combien est nocive vis-à-vis des principes les plus délicats du lait : les vitamines, l'action de la lumière et de l'oxygène de l'air, surtout quand elle est aidée de la chaleur, on peut s'étonner de voir tant de laiteries exposer encore largement à l'air le lait qu'elles travaillent. Sans doute, l'infection par l'atmosphère est-elle réduite, mais il y a toujours à craindre dans les établissements mal agencés, — qui sont encore si nombreux, — des condensations beaucoup plus pernicieuses, car elles sont cause de larges réinfections.

L'industrie moderne de la laiterie, en général, et celle de la pasteurisation, en particulier, traitent aujourd'hui le lait d'une façon opposée à celle qui était la plus couramment employée il y a une trentaine d'années, et l'on s'efforce de soustraire complètement le lait à l'action de l'air. Nulle souillure n'est possible, nulle influence de l'oxygène et de la lumière n'est à craindre. Ce sont là des dispo-

sitions qu'on ne saurait trop louer. C'est la pasteurisation basse qui a provoqué surtout un mouvement dans ce sens, et elle a été suivie par les nouveaux modes de pasteurisation dans lesquels le lait est pasteurisé en *couche très mince*, comme dans la stassanisation, ou en couche moins mince comme dans l'appareil de TÖDT, le « Diskus » dans l'appareil MONTANA, l'appareil CORBLIN, etc. *La soustraction du lait à l'atmosphère ambiante dès l'instant qu'il a quitté le filtre pour passer dans le préchauffeur, le pasteurisateur proprement dit et le réfrigérant, est aujourd'hui un des critères indiqués d'une pasteurisation rationnelle.* On ne doit plus voir le lait dans une laiterie ou du moins que le strict minimum, au début, lors de la vidange des pots, à la fin, lors du remplissage des bouteilles.

c). Les procédés de chauffage du lait à température élevée pendant un temps très court. — Dans les pages qui précèdent, nous avons vu ce qu'il fallait penser de l'expression qui caractérise ce mode de chauffage et que nous avons traduite en français par *chauffage rapide à température élevée*. Celui-ci est obtenu, avons-nous vu, par l'action de la chaleur sur une couche de lait aussi mince que possible. La plus faible épaisseur du lait est bien celle qui est réalisée dans le biorisateur, puisqu'elle se traduit par les dimensions du diamètre des sphères extrêmement fines de lait, sphères qui constituent le brouillard sur lequel la chaleur va exercer son action. Mais comme nous l'avons dit, ce système ne paraît pas avoir pris l'extension qui, *a priori*, paraissait possible. On en vient donc à ne considérer ici que les appareils qui traitent le lait en couche plus ou moins mince, et c'est *parce qu'il faut préciser la minceur* que nous avons tenu à relever la démarcation nette qui doit être faite entre le stassaniseur et les appareils des autres types, tels que l'appareil de TÖDT, l'appareil MONTANA, l'appareil CORBLIN. Ici, la pasteurisation, considérée comme processus complet, comporte également 3 étapes : *a)* le préchauffage ; *b)* la pasteurisation proprement dite, à laquelle répond l'action bactéricide de la chaleur ; *c)* la réfrigération.

Nous n'avons rien à dire en ce qui concerne le préchauffage qui peut être réalisé avec les mêmes appareils tubulaires ou à plaques que nous avons rappelés plus haut. Il est bien évident qu'il en va de même pour le troisième temps : la réfrigération, laquelle sera assurée par des appareils semblables à ceux qui précèdent.

Il nous resterait à parler de certains dispositifs mécaniques essentiels des appareils qui assurent l'action bactéricide de la chaleur, mais nous pensons en avoir assez dit sur leur principe dans les pages précédentes. En ce qui concerne quelques détails de leur construction, on les trouvera déjà dans *Le Lait*, tant pour

l'appareil MONTANA (1) que pour l'appareil CORBLIN (2), et nous nous permettons de les rappeler dans ce numéro, à la page 219.

Quant à l'appareil STASSANO, on rencontrera également dans *Le Lait* (3) plusieurs études faites à son sujet, études ayant porté toutefois plutôt sur le principe et la méthode qui y répondent. On trouvera dans la planche hors-texte le détail de la disposition égnérale d'une laiterie qui aurait à utiliser le stassaniseur, et dans

Fig. 10.

les photographies I et II (p. 50-51), des vues d'une petite laiterie qui fonctionne actuellement avec cet appareil. Dans la légende des unes et des autres, le détail nécessaire et suffisant est indiqué.

Nous tenons à ajouter quelques mots au sujet de l'appareil de Tödt, appareil dont nous donnons une coupe (fig. 10). Le lait y est chauffé en une couche mince de plusieurs millimètres.

Cette couche circule entre un tambour tronconique, dans lequel entre de la vapeur, animé d'un mouvement rotatif et une caisse qui lui est parallèle, caisse dont la paroi en contact avec le lait est chauffée par un serpentín dans lequel circule également de la

(1) *Le Lait*, 1930, 10, 1178.

(2) *Le Lait*, 1931, 11, 21.

(3) *Le Lait*, 1925, 5, 473; 1926, 6, 330, 533, 608 et 861; 1931, 11, 124 et 244.

vapeur. Le lait arrive par en bas, comme dans le pasteurisateur danois, et tend à s'élever sous l'action du mouvement rotatif du tambour intérieur, en glissant dans l'interstice qui sépare celui-ci de la caisse extérieure. *Le chauffage est assuré ici des deux côtés*, mais dans des conditions qui ne semblent ni aussi régulières ni aussi rigoureuses que dans le stassaniseur.

L'appareil « Diskus » (1), dont nous donnons quelques clichés, Fig. 11, 12 et 13, sert de réchauffeur pour le lait entier qui doit être écrémé et de pasteurisateur pour le lait écrémé. On se sert du lait écrémé pasteurisé pour réchauffer le lait entier et d'eau chaude pour pasteuriser le lait écrémé. Dans le « Diskus », le lait passe à grande vitesse pendant quelques secondes (4 ou 5) dans des canaux étroits et l'échange de température se fait des deux côtés de ces

Fig. 11. Appareil « Diskus », fermé, prêt au travail.

Fig. 12. Plaque du « Diskus ».

ne se contente pas d'être un échangeur de température, mais qui vise à la pasteurisation.

canaux par contre-courant. Les surfaces de chauffe sont grandes et, par suite, le débit est important. L'eau chaude est à quelques degrés au-dessus de la température que doit atteindre le lait. Par leurs deux dimensions : largeur et hauteur, les canaux ne sauraient cependant être comparés à la couche annulaire de 1 millimètre d'épaisseur du stassaniseur. L'appareil « Diskus »

est le type d'un appareil à plaques qui

(1) Fabriqué par la maison Ahlborn.

LES APPAREILS ENREGISTREURS.

Une chose qui frappe quand on visite des usines de pasteurisation basse parfaitement agencées, c'est d'y voir de nombreux *appareils enregistreurs*. Ceux-ci appartiennent généralement à l'industriel, le premier intéressé à savoir comment fonctionnent ses appareils. Mais au Canada, nous dit M. HASTINGS, ils peuvent appartenir aux autorités chargées de contrôler les usines ; ils sont placés sous scellés, inviolables par conséquent, et le contrôleur est ainsi toujours à même d'être fixé sur la marche des opérations.

A côté des *appareils enregistreurs*, nous devons ranger les *appareils dits redresseurs*, dont le rôle est d'assurer la régularité de l'action thermique.

La température vient-elle, pour une raison non apparente, à s'abaisser dans le chambreur, immédiatement un dispositif, en connexion étroite avec l'enregistreur, est actionné électriquement pour permettre de revenir à la température désirée.

Dans la pasteurisation basse, en effet, il importe que la température soit vraiment constante. Quand on dit que le lait doit être chauffé à 63°, ce n'est pas une oscillation entre 58° et 68° que l'on désire, mais bien au contraire une réelle fixité de la température de 63°.

Fig. 12. — Schéma d'un appareil « Diskus » à pasteuriser le lait écrémé avec de l'eau chaude qui circule de part et d'autre de la couche de lait.

Comme malgré tout, il y a quelques fluctuations, on cherche à les réduire le plus possible, de façon que les écarts extrêmes ne soient pas éloignés de plus de 1 à 2 degrés au maximum. Les courbes d'enregistrement de la pasteurisation nous donnent exactement la valeur de ces écarts, et si ceux-ci dépassent ceux qui viennent

d'être fixés, il appartient à l'industriel de remédier à cet inconvénient par la recherche du point faible de son appareillage.

En raison de l'allure de la pasteurisation haute, on ne prévoit point d'automatisme pour cette modalité thermique de traitement du lait.

Il en est de même pour les procédés de pasteurisation qui portent le lait à une température élevée pendant un temps très court. Beaucoup d'entre eux utilisent de la vapeur comme agent thermique, et nous avons assez insisté dans cet article sur les difficultés que l'on éprouve à manier la vapeur vive pour que l'on comprenne qu'il ne soit pas toujours facile de régler la bonne marche d'un appareil qui l'utilise.

Dans la stassanisation, cependant, l'agent thermique étant de l'eau chaude, il paraît plus aisé d'assurer la constance de sa température, ce qui est d'importance, puisque celle-ci ne dépasse que de un degré celle de la pasteurisation (75°). L'expérience a d'ailleurs montré que les oscillations de la température de l'eau chaude du calorisateur ne sont guère à craindre. Pour les éviter tout à fait, on pourrait peut-être penser à adjoindre un thermostat au calorisateur, afin d'assurer automatiquement à l'eau une température absolument uniforme.

LA DISPOSITION DES USINES : EN CASCADE OU SUR UN MÊME PLAN.

Tout est lié dans une usine de laiterie ayant principalement en vue la fourniture du lait de consommation et la *disposition des locaux est conditionnée par les appareillages employés.*

C'est avec la pasteurisation basse que l'on a vu se développer ces bâtiments fort élevés, comprenant une suite d'étages ou de demi-étages occupés chacun par un genre d'appareils en liaison directe avec ceux de l'étage immédiatement supérieur et avec ceux de l'étage immédiatement inférieur.

Si l'on a eu recours à cette disposition étagée, ce fut pour éviter l'emploi des pompes et utiliser la pesanteur, pour engendrer le mouvement du lait dans tous les appareils. Dans un article de la Revue (1), nous avons joint à l'étude de la disposition en cascade et de ses variantes, de nombreux dessins et photographies auxquels nous renvoyons le lecteur.

La disposition en cascade est évidemment élégante et son principe se comprend fort bien au rappel des quelques indications que nous venons de donner ; mais elle a pour elle d'être onéreuse, en raison des frais de premier établissement qu'entraîne la cons-

(1) *Le Lait*, 1926, 6, 412.

POMPE A LAIT DE LA STASSANISATION

On emploie pour le pompage du lait, dans la méthode du Dr. STASSANO, une pompe verticale à piston tout à fait spéciale. Les organes en sont très robustes, car la pression normale du lait en cours de stassanisation peut aller de 3 à 6 atmosphères. Elle donne un débit continu grâce à l'action alternative d'un piston ordinaire à clapet et d'un piston supérieur plein. L'emploi de deux pistons étagés en combinaison avec un dispositif original de la tuyauterie d'aspiration rend absolument impossible toute perte d'acide carbonique pendant le pompage.

truction des bâtiments nécessaires pour le fonctionnement de l'usine.

Il est évident que le travail du lait, quand il se fait sur le même plan, nécessite des constructions plus simples. On peut combiner, il est vrai, les deux types : la cascade et le plan unique ; mais parfois, cela peut entraîner un inconvénient grave : celui de *recourir à une pompe, alors que le lait est déjà pasteurisé*. L'emploi d'une pompe dans de telles conditions est condamnable, car on sait que là est la cause de réensemencements parfois copieux (1).

Dans la pasteurisation basse, on peut cependant travailler sur le même plan ; mais il faut nécessairement employer une pompe, dont le but, par la pression qu'elle détermine à l'origine, est de provoquer le mouvement du lait dans l'ensemble des appareils que celui-ci doit traverser : réchauffeur, échangeur de température, pasteurisateur tubulaire, réfrigérant. La disposition sur le même plan de la pasteurisation basse n'est vraiment bien réalisable qu'avec des systèmes tubulaires. Les inconvénients de la pompe, dont nous parlions il y a un instant, ne sont plus à craindre ici. Il ne s'agit point, en effet, de faire jouer la pompe sur du lait chaud ou déjà pasteurisé, mais bien au contraire sur le lait cru, tout au début de son voyage, en vue de lui donner un mouvement suffisant pour lui permettre de traverser à une vitesse convenable l'ensemble des systèmes tubulaires.

Avec la pasteurisation haute, la disposition en cascade n'est nullement nécessaire et c'est sur le même plan que toutes les opérations sont faites. Nous avons vu que le lait a, au sortir du pasteurisateur danois, une force ascensionnelle qui lui permet de s'élever à 2 ou 3 mètres au-dessus, pour arriver dans le bac de repos ou bac d'attente, d'où il s'écoulera sur le réfrigérant.

Avec le stassaniseur, il n'est point nécessaire de recourir à la disposition en cascade ; toutes les opérations peuvent se faire sur le même plan (voir fotogr. I, II). Nous retrouvons ici l'unique pompe de départ que nous venons d'indiquer dans le mode de pasteurisation basse qui a recours aux systèmes tubulaires. Dans la stassanisation, cette pompe, en raison des grandes résistances qu'elle doit vaincre pour assurer au lait son voyage au travers des plaques du réchauffeur-échangeur, du stassaniseur proprement dit et du réfrigérant-échangeur, exige une construction spéciale ; elle doit engendrer initialement une pression d'au moins 2 à 3 kg., pression qui peut même monter jusqu'à 5 et 6 kg., son importance

(1) *Le Lait*, 1926. 6, 418 (fig. 8), 419 (fig. 10).

étant proportionnée au nombre des éléments du stassaniseur.
 Au sortir du réfrigérant-échangeur, la pression du lait est encore

PHOTOGRAPHIE I.

INSTALLATION TYPE D'UNE STASSANISATION A UN SEUL ÉLÉMENT (1.000 litres-heures).

A. Bac de lait en charge ; B. Filtre ; C. Pompe ; D. Echangeur récupérateur à plaques ; E. Élément stassaniseur ; F. Calorisateur.

telle que celui-ci peut être élevé dans un bac à 2 ou 3 mètres de hauteur, bac qui servira à l'alimentation des machines à remplir les bouteilles.

Les systèmes qui tendent à se rapprocher du procédé de STASSANO et qui utilisent une couche moins mince chauffée d'un seul

MÊME INSTALLATION QU'EN I; VUE DIFFÉRENTE.

Ces deux photographies ont été prises dans la laiterie appartenant à M. DUHEN, à Douai, que *Le Lait* remercie de sa grande obligeance.

côté, travaillent également sur le même plan et font appel à une pompe qui donne au lait une vitesse suffisante pour parcourir l'appareillage complet.

4° LA VENTE DU LAIT PASTEURISÉ EN BOUTEILLES

On doit poser en principe que si la pasteurisation était toujours effectuée d'une façon méthodique, selon les règles qui, — nous le pensons, — ressortent de l'ensemble des considérations que nous avons fait valoir dans les pages qui précèdent, le lait devrait toujours être mis en bouteilles au sortir du réfrigérant, puisqu'on a pris toutes précautions dans les divers temps de la pasteurisation considérée comme un ensemble, pour le soustraire à l'influence de

INCONVÉNIENTS DE LA VENTE LIBRE DU LAIT BRUT

l'air et de la lumière, c'est-à-dire, en dernière analyse, aux contaminations provenant de l'air extérieur. *Il serait véritablement absurde de mettre du lait assaini dans les meilleures conditions, dans des récipients où infailliblement il risquerait de se polluer.*

Ce sont donc des considérations éminemment hygiéniques qui sont à la base de la vente du lait pasteurisé en bouteilles.

Pour celui qui a voyagé hors de France et dont l'attention a été attirée par l'examen détaillé des conditions dans lesquelles le problème de l'approvisionnement des villes en lait est résolu, c'est un sujet d'étonnement que de voir partout, la vente du lait pas-

teurisé en bouteilles prendre une extension considérable. En France, on discute cette question en oubliant de la placer sur le terrain hygiénique, en la cantonnant presque uniquement sur le terrain économique. Cette façon de voir dérive sans doute de l'état d'esprit qui s'est créé pendant et après la guerre, alors que l'on discutait avec tant d'âpreté sur le prix du lait.

Aujourd'hui, les positions n'ont guère varié. Les uns, les pouvoirs publics, si souvent mal renseignés et par suite, mauvais juges, exigent du lait bon marché, sans se demander si c'est facilement réalisable ; les autres, moins nombreux, hésitants, réclament au nom de l'hygiène la production d'un lait impeccable, lait qui, évidemment, doit revenir plus cher. Chercher à combiner ces deux tendances, c'est l'œuvre des hommes de bonne volonté et des audacieux qui

IL EST ÉVIDENT QU'UN LAIT DE QUALITÉ MÉRITE LE SUCCÈS

sauront mettre à profit les acquisitions de la technique moderne et qui montreront une fois de plus que l'on prouve le mouvement en marchant. Pendant que d'aucuns se perdront dans des discussions byzantines, où l'on sait se garder de mettre en avant les véritables raisons qui inspirent une conduite, on verra se créer, ici et là, sous l'action d'initiatives personnelles louables, la vente en bouteilles du lait pasteurisé dans les meilleures conditions qui soient. Il appartiendra, en conscience, aux pouvoirs publics, — très renseignés cette fois —, aux autorités hygiéniques, d'aider de telles initiatives, ou du moins, de ne point les entraver. Evidemment, pour qu'aucune difficulté ne puisse être soulevée, il faut que la vente du lait en bouteilles satisfasse sans la moindre réserve les services chargés de la défense de la santé publique. Il ne faut pas que la bouteille cache des manœuvres que nous pourrions dire peu hygiéniques ;

trop souvent, on a pu observer qu'un lait quelconque, très microbien, avait été livré dans des bouteilles plus ou moins propres et plutôt mal que bien obturées. Ce n'est pas sous cet angle que nous entendons envisager la question et *quand nous parlons de vente de lait en bouteilles, nous considérons cette opération par son caractère technique et non par son côté commercial, comme un des temps d'une pasteurisation méthodiquement réalisée.*

On peut comprendre de deux façons différentes la livraison du lait pasteurisé en bouteilles.

Dans le premier cas, le lait filtré et cru est mis en bouteilles, lesquelles sont bouchées, puis on pasteurise. La pasteurisation en bouteilles proprement dite se ramène donc ici à faire subir au conte-

EMPLOI CONVENABLE DES RÉCIPIENTS DE TRANSPORT

Pour 100 litres de lait, le chemin de fer calcule d'après le poids de l'envoi

nant, en même temps qu'au contenu, l'action de la chaleur dans des conditions déterminées. Le verre, — car c'est toujours de récipients en verre dont il s'agit ici, — est, dira-t-on, pasteurisé en même temps que le lait ; disons plus exactement qu'il est assaini. Il va de soi que les bouteilles dans lesquelles on va introduire le lait cru filtré doivent être au préalable lavées et nettoyées avec le même soin que s'il s'agissait d'y introduire du lait ayant été préalablement pasteurisé. Tout l'avenir de la livraison du lait pasteurisé en bouteilles, qu'il s'agisse d'effectuer la pasteurisation dans les récipients mêmes ou avant leur remplissage, est dans le lavage particulièrement soigné des bouteilles.

Il est des façons différentes de pasteuriser le lait dans les bouteilles mêmes. Tantôt, les bouteilles scellées sont portées dans une chambre où elles vont être chauffées sous l'influence d'une plume

d'eau chaude, voire sous celle d'une vapeur détendue de façon que la température ne dépasse pas les 63° conventionnels, ce dont on s'assure par un appareil enregistreur dont la partie sensible plonge dans une bouteille de lait servant de témoin. Quand les 30 minutes de chauffage sont atteintes, on substitue une pluie d'eau froide à la pluie d'eau chaude ou à la vapeur détendue dont l'action est terminée.

Dans d'autres cas, on peut voir fonctionner l'appareil Bary-Wihmüller, utilisé d'une façon courante dans l'Amérique du Nord par les brasseurs, et des appareils analogues. Ce genre

STANDARDISATION DES FLACONS DE LAIT AVEC FERMETURE AU MOYEN DE CAPSULE EN CARTON

d'appareils donne d'excellents résultats, mais il est surtout fait pour les très grandes exploitations. Une fois remplies et scellées, les bouteilles sont placées dans des casiers qui les portent, grâce à une chaîne sans fin, successivement dans des bacs d'eau un peu chaude, puis dans des bacs d'eau de plus en plus chaude, les y maintiennent pendant le temps voulu à la température voulue et de là, les entraînent dans des bacs d'eau froide. La pasteurisation en bouteilles est une pasteurisation en masse, d'une petite masse, soit, mais il faut néanmoins un certain temps pour que la chaleur ou le froid pénètrent jusqu'au centre du liquide : la chaleur, quand il s'agit de pasteuriser, le froid, quand il s'agit de réfrigérer.

La pasteurisation dans les bouteilles mêmes ne semble pas s'être

développée aux Etats-Unis. D'une façon très générale, dans ce pays et dans tous ceux qui utilisent la pasteurisation basse, le lait est pasteurisé au préalable par l'un des systèmes dont nous avons fait rapidement mention plus haut, puis porté dans des bacs qui vont servir à alimenter les appareils à remplir et à capsuler les bouteilles, les deux opérations : remplissage et capsulage, se faisant automatiquement.

La livraison en bouteilles du lait pasteurisé exige la possession par l'usine d'un matériel de nettoyage des bouteilles facile à conduire, d'un rendement horaire important et qui assure en même temps la parfaite sécurité du lavage. S'il y eut longtemps obstacle au développement de la vente du lait pasteurisé en bouteilles, c'est que les appareils propres à laver les bouteilles destinées à contenir de la bière ou du vin ne donnaient pas des résultats très satisfaisants lorsqu'on les utilisait, après quelques modifications, pour le lavage des bouteilles ayant contenu du lait, lavage toujours difficile en raison des dépôts qui se font sur la paroi intérieure du flacon. Le consommateur, toujours négligent, n'a pas encore compris, — et nous craignons qu'il le comprenne difficilement, — qu'il serait très facile une fois la bouteille vidée, de la rincer simplement à l'eau. L'industriel laitier ne doit donc pas compter sur la collaboration du consommateur dans cette voie et force lui est par conséquent de recourir à des appareils coûteux, mais qui lui permettent de réaliser un bon nettoyage de ses flacons, ceux-ci lui seraient-ils rendus dans les plus fâcheuses conditions. Ces appareils effectuent des rinçages successifs avec de la soude chaude diluée, de la soude chaude plus concentrée, de l'eau chaude, de l'eau froide, etc.

Il n'est pas douteux que l'on en vient peu à peu à la vente du lait pasteurisé en bouteilles. Ce ne serait vraiment pas la peine, avons-nous dit, de recourir aux appareillages les plus modernes et les plus efficaces de pasteurisation du lait, assurant un assainissement vraiment excellent, pour placer ensuite le lait sortant du circuit qu'il vient de parcourir, dans des bouteilles plus ou moins bien lavées. L'Etranger nous a montré la voie ; nous nous devons de la suivre, puisque nous donnons des garanties de premier ordre à l'hygiène. Chemin faisant, nous luttons en même temps contre la fraude, laquelle n'existe plus avec la livraison bien organisée du lait pasteurisé en bouteilles.

Nous appelons l'attention sur *l'importance qu'il y a pour les bouteilles d'être construites toutes sur le même type*. En Allemagne, une campagne a été conduite pour obtenir ce résultat et l'on y est facilement parvenu, parce que c'est l'intérêt de tous, à commencer par celui de l'industriel. Que la bouteille soit d'un litre, d'un demi-litre ou d'un quart de litre, son ouverture doit être la même dans les trois cas et par conséquent son bouchage pourra être effectué,

quelle que soit l'importance de son contenu, par les mêmes machines.

La vente du lait pasteurisé en bouteilles de petites dimensions, comme les quart-de-litre, est susceptible de développement dans les restaurants et les cafés, à condition, bien entendu, que le lait soit conservé frais et servi tel quel au consommateur.

Nous donnons ici quelques dessins que nous avons empruntés à la collection de l'Institut de laiterie de Kiel en les traduisant pour nos lecteurs. Ils n'ont point besoin de légende, car ils plaident nettement et fort judicieusement pour la vente en bouteilles. Le seul inconvénient de celle-ci est dans l'augmentation du poids à transporter.

5° LA PASTEURISATION OBLIGATOIRE.

Il n'est peut-être point de question qui soit plus à l'ordre du jour. Discutée âprement par les uns, défendue avec vigueur par les autres, elle ne peut laisser personne indifférent. Les pouvoirs publics et leurs conseils se doivent de l'examiner avec le plus grand soin, de choisir entre les arguments favorables ou défavorables pour se faire une opinion qui devra être traduite en textes et en gestes utiles à l'hygiène publique. La seule question qui se pose en fait est celle-ci : *la pasteurisation, dans le but de fournir aux villes pour la consommation en nature un lait de bonne qualité hygiénique, a-t-elle fait ses preuves ?* Si la réponse est positive, nous avons là l'argument majeur susceptible d'entraîner l'opinion des milieux compétents vers l'obligation de la pasteurisation.

Une telle obligation eût rencontré il y a quelque 20 ou 25 ans, — pour notre pays, il n'y a peut-être pas 10 ans, — des oppositions justifiées, parce que la technologie laitière n'avait pas encore mis à la disposition de l'industriel des appareillages qui permettaient de lever toute objection. Déjà, par la discipline que ses règles lui imposaient, la pasteurisation basse avait donné de si bons résultats qu'elle avait pris un développement considérable dans les grandes villes et, dans certaines d'entre elles, elle était devenue obligatoire. Aujourd'hui, nous avons mieux encore, semble-t-il, que la pasteurisation basse ; les raisons qui militent en faveur de l'obligation n'en prennent que plus de force.

Dans nombre d'états, de provinces ou de villes de l'étranger : Etats-Unis de l'Amérique du Nord, Canada, Allemagne, Italie, et, pour la France, Strasbourg, partout où la pasteurisation a été bien comprise, c'est-à-dire considérée non plus comme un chauffage plus ou moins quelconque du lait, mais comme une suite d'opérations liées étroitement les unes aux autres : sélection des laits, filtrage, préchauffage, pasteurisation proprement dite, réfrigération, trans-

port au froid, etc., on a pu constater une amélioration indéniable de l'hygiène générale, une diminution de la morbidité et de la mortalité infantiles. La rendre obligatoire, comme l'ont déjà fait plusieurs villes, c'est satisfaire aux exigences de l'hygiène la mieux comprise.

Si nous considérons la question très objectivement, si nous nous plaçons en face des difficultés qu'elle évoque, si nous ne prenons pas des ceillères, soit pour en masquer quelques-unes, soit tout au contraire pour ne voir que les plus grandes, nous sommes bien obligé d'admettre qu'il n'y a, en réalité, que deux sortes de laits : le lait « tout venant », comme nous disons en France, lait de ramassage, lait anonyme, dont nous ignorons tout des conditions de la production et des manipulations qu'il a pu subir, et, enfin, le lait recueilli dans des conditions exceptionnelles, sous la surveillance constante du vétérinaire en ce qui concerne les animaux, du médecin en ce qui concerne les hommes employés dans l'exploitation. Comme il ne nous est pas possible, dans les conditions actuelles, pour des raisons multiples, raisons que l'ignorance, la routine, l'amour du moindre effort nous aident à définir, de faire du lait cru, impeccable, pur et sain, la solution générale, nous sommes dans l'obligation de nous rabattre sur le lait « tout venant ». La disproportion entre l'un et l'autre est considérable, au point qu'il nous est possible de dire qu'en France la production du *lait officiellement contrôlé* en application de la circulaire interministérielle bien connue, est presque négligeable. Il y a lieu de le regretter, mais il en est ainsi, et ce nous est une raison pour ne pas nous arrêter à certaines objections, objections qui, théoriquement valables, nous mènent tout simplement dans la pratique à la stagnation. Il faut donc sortir de cette situation, car, aujourd'hui, les pouvoirs publics, sollicités, manœuvrés, ne doivent plus ignorer l'importance de la pasteurisation. S'ils ont fait jusqu'ici la sourde oreille, c'est qu'après tout, on n'avait à leur offrir que des solutions incomplètes. Sans doute, arrivait-on à pasteuriser le lait assez convenablement, mais c'était pour le remettre ensuite dans des pots plutôt mal que bien lavés. Si des travaux sur la flore du lait pasteurisé, aux différentes étapes de la route suivie depuis le lieu de production jusqu'au lieu de consommation, manquent pour ainsi dire tout à fait en France, c'est parce qu'on n'aurait eu que des chiffres déplorables à offrir. Quelques-uns ont cependant été donnés, mais ils sont restés dans des publications à caractère scientifique. Tenons pour certain que lorsque le problème de la pasteurisation obligatoire sera porté devant le grand public, ces chiffres sauront être évoqués pour servir de base à des polémiques, polémiques que par avance on peut estimer regrettables, parce qu'elles seront tendancieuses. On apportera la confusion dans les termes et les définitions, on embrouillera tout, et si l'on finit par

céder devant l'excellence de certaines argumentations, ce sera pour se ranger à des demi-solutions, auxquelles, par fatigue, tout le monde souscrira.

Il faut éviter cela. Nous pouvons aujourd'hui donner au problème de la pasteurisation obligatoire une solution tout à fait satisfaisante. Nous avons tout ce qu'il faut pour qu'elle soit conforme aux desiderata de l'hygiène la plus exigeante et le lait pasteurisé deviendra une boisson, un aliment pouvant être consommé tel quel.

Si l'on devait conserver, en effet, l'habitude de faire bouillir un lait cependant bien pasteurisé, ce serait vraiment arriver à un résultat pitoyable ; on se serait donné beaucoup de peine pour rien. Nous avons entendu dire par des industriels fort avisés que le lait pasteurisé devait être produit dans des conditions telles qu'il devrait être consommé sans être bouilli à nouveau. Ils sont dans la vérité actuelle. Une excellente pasteurisation, comme l'appareillage moderne est à même de nous l'offrir, nous donnera régulièrement ce que le lait cru le mieux récolté ne peut pas nous apporter : une constante sécurité.

Il va de soi que pour atteindre de si heureux résultats, le lait pasteurisé doit être vendu en bouteilles. *Si l'on devait décréter demain l'obligation de la pasteurisation en négligeant d'imposer la vente en bouteilles, on n'aurait pas résolu le problème.* Trop d'aléas sont à craindre avec la vente en bidons. Elle nous éloigne de la véritable solution, parce que devant des réensemencements inévitables, le consommateur, pour se mettre tout à fait à l'abri, sera dans l'obligation de faire bouillir son lait. Or, c'est ce qu'il nous faut éviter.

En raisonnant comme nous le faisons, nous ne dissociions plus l'intérêt de l'industriel de celui du consommateur et nous donnons satisfaction à l'hygiène. L'industriel a pensé et pense trop encore que la pasteurisation est faite surtout pour lui, parce qu'elle assure au lait une parfaite liquidité jusque chez le consommateur. Nous venons lui dire qu'il faut que la pasteurisation soit également faite pour le consommateur, et qu'il ne peut y parvenir qu'en répondant à la définition que nous avons donnée de la pasteurisation au début de cet article et en livrant le lait pasteurisé en bouteilles.

La pasteurisation est une application au lait de ce qu'on peut appeler la méthode curative. Puisque la marchandise qu'elle doit travailler est d'une origine le plus souvent inconnue, que, pour cette raison, elle est toujours suspecte, théoriquement du moins, il est indiqué, par la pasteurisation, d'écarter tous les éléments indésirables qu'elle peut recéler. La méthode préventive, au contraire, qui a pour but de faire appel aux précautions les plus minutieuses en vue de produire un lait échappant à toute critique, entraîne des dépenses considérables et, malheureusement, n'empêche point des infections

graves de se glisser au travers des gestes que son application réclame. Nous avons devant les yeux trop d'exemples d'infections massives et graves dues à des laits qu'on disait cependant récoltés dans d'excellentes conditions, pour accorder à cette méthode tout le crédit qu'elle mérite apparemment. Nous en revenons donc toujours à la pasteurisation, mais, — est-il besoin de le répéter, — *celle-ci ne doit pas être quelconque*. Il n'est pas douteux, en y réfléchissant bien, que l'obligation de la pasteurisation entraîne la prise de mesures officielles d'ordre hygiénique. Dès l'instant qu'une ville, par exemple, exige que tout le lait consommé sur son territoire soit pasteurisé, cette ville prend des responsabilités qu'elle doit partager avec l'industriel. Celui-ci doit se soumettre à une surveillance constante. Ce ne sont pas des appareils de pasteurisation encore une fois quelconques qu'il lui sera loisible d'utiliser; les services d'hygiène municipaux auront à intervenir dans leur choix et dans le contrôle de leur marche.

LES BACTÉRIES THERMOPHILES DU LAIT PASTEURISÉ PAR LA PASTEURISATION BASSE (1)

par

ROBERT S. BREED

Station expérimentale d'Agriculture de l'Etat de New-York, Geneva, N.Y. (2).

La pasteurisation basse du lait (chauffage à 60°-62°8 C. pendant 30 minutes) a été utilisée sur une très grande échelle pendant les vingt dernières années, aux Etats-Unis. Lorsque ce procédé devint d'un emploi général et que les examens habituels de laboratoire devinrent plus fréquents, les investigateurs notèrent la présence occasionnelle d'un nombre excessif de colonies très petites sur les plaques d'agar préparées avec du lait pasteurisé. Les recherches effectuées pendant ces dix dernières années ont montré que ces petites colonies sont quelquefois produites par la croissance dans les appareils de pasteurisation d'un grand nombre de bactéries facultativement thermophiles qui développent généralement ces petites colonies sur les plaques trop peuplées, ou qui ne trouvent pas la température d'incubation (37° C.), la réaction ou les aliments dans l'agar (peptone et extrait de viande) suffisamment favorables pour permettre le développement de colonies de dimension normale. On a aussi trouvé, à l'occasion, du lait pasteurisé contenant de grandes quantités de bactéries obligatoirement thermophiles. Ces dernières ne forment pas de colonies sur

(1) Article paru dans le *Volume Jubilaire* du professeur Ch. Porcher.

(2) J'adresse mes très vifs remerciements à M. C. WOLF pour l'excellence de la traduction. (R. B.)