

# LA PASTEURISATION: EXPOSÉ GÉNÉRAL DES TECHNIQUES – MÉTHODES DE CONTRÔLE

H. D. KAY, C. B. E., F. R. S.\*

---

## Introduction

Il est probable qu'à sa sortie des acini, le lait produit par une vache saine est stérile, c'est-à-dire qu'il ne contient aucun micro-organisme susceptible de décomposer ses constituants et de rendre malade le consommateur. Mais il risque de se charger de plus en plus de micro-organismes nuisibles, d'abord en passant dans les sinus galactophores, dans la citerne du trayon, puis dans le canal du trayon, pour arriver dans le seau à lait ou dans la machine à traire. Même s'il est produit avec soin dans une ferme bien tenue, le lait prêt au ramassage contient certainement des bactéries en nombre suffisant pour causer son aigrissement en quelques heures, à moins qu'il ne soit maintenu à une température inférieure à celle où ces micro-organismes, dans un milieu nutritif comme le lait, commencent à proliférer. Sous un climat tropical, le lait souillé et non refroidi, peut se mettre à surir en moins de quatre heures.

L'article de Kaplan et al. (p. 11) montre clairement que le lait cru, surtout s'il est en vrac, provenant de plusieurs animaux, peut aussi contenir des micro-organismes pathogènes pour l'homme. A moins qu'on ne soit certain que les animaux producteurs sont parfaitement sains, l'hygiène moderne requiert que le lait cru, et notamment le lait cru en vrac, soit traité de façon à prévenir non seulement son altération rapide mais aussi tout risque de contamination du consommateur confiant. De nombreuses années d'expériences et d'essais ont montré que le traitement généralement le plus satisfaisant à ces deux fins, celui qui provoque le minimum de changement dans la composition, la saveur et l'acceptabilité du lait, est la pasteurisation. Du point de vue de l'hygiène, le traitement thermique peut être efficace sans nécessairement détruire tous les micro-organismes initialement présents, mais il doit inactiver la totalité des germes pathogènes, heureusement assez sensibles à la chaleur.

---

\* Director, Twyford Laboratories Ltd., Twyford Abbey Road, Londres, Angleterre.

La direction technique de toute installation de pasteurisation, grande ou petite, quelle que soit la méthode particulière de traitement thermique adoptée, doit donc prendre des dispositions pour :

- 1) obtenir un approvisionnement en lait cru aussi peu contaminé que possible;
- 2) détruire tous les germes pathogènes éventuellement présents dans ce lait et la plus grande quantité possible des germes saprophytes plus résistants à la chaleur sans modifier la saveur, ni la valeur nutritionnelle du produit;
- 3) éviter qu'après le traitement thermique, le lait ne soit recontaminé par des germes pathogènes ou saprophytes;
- 4) prévenir, après la pasteurisation et durant la distribution du lait aux consommateurs, la prolifération des quelques germes saprophytes qui peuvent avoir survécu au traitement thermique.

Le présent chapitre ne vise pas à donner, concernant le fonctionnement des installations de pasteurisation, des indications détaillées qui peuvent être trouvées ailleurs (voir le choix bibliographique). Il veut être par contre — surtout du point de vue de l'hygiène — un bref exposé des méthodes de pasteurisation, des diverses exigences d'un centre de pasteurisation, des difficultés qui peuvent surgir dans un pays ou un secteur qui adopte la pasteurisation pour la première fois, et des méthodes de contrôle de l'efficacité du procédé. La qualité finale du produit fourni par les divers types d'installations dépend de la qualité initiale du lait dont le contrôle est effectué à la livraison et de l'application des techniques modernes de détermination de son aptitude à la pasteurisation. Ce point important a été traité dans le chapitre rédigé par C. K. Johns (p. 225).

#### **Définition de la pasteurisation: exposé des différentes techniques**

Les paragraphes ci-dessus indiquent les buts de la pasteurisation du lait. Etant donné toute l'importance de l'efficacité du procédé pour la santé, le mot «pasteurisation» a été officiellement défini dans certains pays: les températures et le temps de chauffe ont été rigoureusement fixés et le procédé ainsi nommé ne peut être appliqué que dans des installations homologuées et dans des locaux officiellement enregistrés. Mais il existe au moins six méthodes, dont chacune a été utilisée avec succès, pour traiter thermiquement le lait de telle façon qu'il satisfasse aux normes qu'exige la protection de la santé publique. C'est pourquoi certains pays ont décidé de ne pas définir légalement ces différentes techniques, la tâche étant trop ingrate, mais de contrôler le produit traité, uniquement par des examens périodiques et minutieux. On examinera plus loin des méthodes qui permettent de déterminer si un échantillon de lait censé pasteurisé a, en fait, été soumis à un traitement thermique suffisamment efficace pour que sa consommation ne présente aucun danger.

Les six principales méthodes de pasteurisation dont l'une ou l'autre peut avoir sur les autres un avantage spécial dans des cas particuliers, sont en fait des variantes d'un même processus: la destruction thermique des micro-organismes, avec un minimum de changements de la valeur du lait pour le consommateur; le temps d'exposition et la température de traitement sont les variables à considérer ensemble et à contrôler avec soin. Plus la température de traitement est faible, plus le temps d'exposition doit être long, et inversement. De nombreux essais ont montré que la relation entre le temps et la température — pour aboutir à une destruction complète des micro-organismes — n'est pas simplement linéaire, mais curviligne; à une augmentation de la température correspond une diminution beaucoup plus rapide du temps nécessaire. En portant en abscisses la température et en ordonnées le logarithme du temps, on obtient une courbe très voisine d'une droite. Ainsi, alors qu'à 57°C il faut environ 40 minutes pour tuer les pathogènes les plus thermorésistants, à 71°C il ne faut que 10 secondes et à 75°C moins de 2 secondes. Théoriquement, il existe presque une infinité d'associations possibles température-temps, toutes également efficaces, entre une heure à 56°C, et une fraction de seconde à 78°C. En pratique, les principales méthodes de pasteurisation exposées ci-après prévoient une marge de sécurité substantielle de temps, de température, ou des deux, par rapport aux valeurs minimales requises pour obtenir la destruction des germes nocifs.

Voici la liste de ces méthodes rangées par ordre chronologique de mise au point:

1) *Pasteurisation basse discontinue*. Le lait est chauffé dans une vaste chambre à double paroi chauffée par circulation de vapeur ou d'eau chaude. La température à laquelle le lait doit être porté, puis maintenu pendant au moins 30 minutes, varie de 60°C à 65,5°C suivant les pays (c'est-à-dire suivant la conception des marges de sécurité). Le lait est alors refroidi, toujours dans la même chambre, à 10°C ou moins. On vide la cuve et il faut compter un délai d'au moins une heure avant que le lot suivant ne soit prêt pour le remplissage des bouteilles ou cartons de distribution.

2) *Pasteurisation basse continue*. C'est une extension de la pasteurisation basse discontinue, dans laquelle le lait est chauffé (puis refroidi) par un échangeur thermique à plaques à l'extérieur des chambres, qui peuvent être au nombre de quatre ou plus et dont chacune peut atteindre une capacité de 500 litres. Le lait chauffé à 65°C, par exemple, est amené dans la première chambre où sa température est maintenue par une chemise d'eau chaude, ou par tout autre moyen. Lorsque la première chambre est pleine, c'est-à-dire au bout de 10-15 minutes, le remplissage de la seconde est automatiquement déclenché, et ainsi de suite. Au moment où le chambrage du premier lot atteint 30 minutes, la dernière chambre se remplit. On obtient ainsi un courant pratiquement continu de lait pasteurisé au point d'embouteillage. On peut donc traiter des volumes importants en l'espace de quelques heures. Les diffi-

cultés d'exploitation, en particulier de nettoyage, des installations sont considérables (on parvient très difficilement à éviter la croissance des bactéries thermophiles), aussi n'y a-t-il à l'heure actuelle que peu d'installations de ce type en usage. Cette méthode ne sera pas examinée plus avant.

3) *Pasteurisation en bouteilles*. Le lait est chauffé à la température de pasteurisation basse, puis mis en bouteilles spéciales que l'on scelle ensuite hermétiquement. Les bouteilles pleines sont maintenues à la température de chambrage pendant au moins 30 minutes, puis refroidies assez lentement par immersion partielle ou totale dans de l'eau (ou dans un courant d'air froid).

4) *Procédé «flash»*. Le lait est chauffé aussi vite que possible à 75°-80°C, ou même plus, puis refroidi rapidement.

5) *Pasteurisation rapide à haute température, dite HTST*. C'est un procédé continu dans lequel le lait est rapidement porté à 71°-72°C et maintenu à cette température pendant au moins 15 secondes; il est ensuite refroidi rapidement à 10°C ou moins. Cette association de température et de temps assure une bonne marge de sécurité; diverses variantes sont néanmoins adoptées dans certains pays où la durée et la température du procédé HTST sont définies légalement. Le chauffage est habituellement obtenu par circulation d'eau chaude et l'échange thermique rapide a lieu à travers des plaques d'acier inoxydable ou, dans un autre type d'appareil, par passage du lait dans un espace annulaire entre des tubes concentriques chauffés par de l'eau qui circule. On utilise aussi parfois, lorsqu'on dispose d'énergie électrique à peu de frais, des méthodes de chauffage électrique.

6) *Pasteurisation continue à très haute température, dite UHT*. Le lait est rapidement chauffé, habituellement en deux étapes, dont la seconde sous pression, à une température comprise entre 135° et 150°C, pendant quelques secondes seulement; il est ensuite, soit refroidi rapidement et mis en bouteilles dans les meilleures conditions d'asepsie possibles, soit mis en bouteilles à chaud (75-80°C).

Chacune des six techniques indiquées ci-dessus, rangées dans l'ordre approximatif de leur mise au point au cours des cinquante dernières années a été utilisée à différentes époques et dans différents pays. Pour chaque technique existent des équipements de différentes marques et de légères variations de technique. Les temps et températures légalement fixés dans les divers pays peuvent également varier, mais leur association doit, dans chaque cas, assurer avec une bonne marge de sécurité la destruction du bacille tuberculeux *Mycobacterium tuberculosis*, qui semble être le plus thermorésistant de tous les germes pathogènes éventuellement présents dans le lait cru. Le germe de la fièvre Q qui se trouve occasionnellement dans le lait cru présente une thermorésistance du même ordre, mais il passe pour sensible aux associations température-temps de la pasteurisation HTST comme de la pasteurisation basse discontinuée (63°C pendant 30 minutes).

Le spécialiste des procédés utilisés en laiterie pourrait dire que, des six catégories de traitement thermique décrites ci-dessus, seules les techniques 1, 2, 3, et 5 sont de véritables pasteurisations et que les procédés 4 et 6 devraient être dénommés autrement. La sixième est en fait une méthode de stérilisation plutôt que de pasteurisation et ne sera pas examinée davantage dans le présent chapitre. Il convient néanmoins de mentionner qu'après un stade expérimental assez long, deux variantes au moins de cette méthode prennent une importance industrielle croissante et finiront probablement par être largement utilisées, quand on disposera d'un personnel technique bien formé. (Voir l'article de Galesloot, p. 273.)

### Conception d'un centre de pasteurisation

Il ne suffit pas de disposer d'un approvisionnement assez volumineux en lait cru, encore faut-il que ce lait soit pasteurisable. Dans un pays techniquement sous-développé, où l'on projette d'installer un nouveau centre de pasteurisation, cette condition peut être difficile à réaliser, surtout dans un climat chaud et où l'hygiène de la production fait défaut. Mais, même dans ce cas, s'il est ramassé peu après la traite et rapidement refroidi à 6°C dans un petit centre desservant un groupe de producteurs ruraux, le lait peut ensuite être transporté en vrac, ou en bidons entourés de glace pilée, sur des distances assez longues, sans s'acidifier au point de devenir impasteurisable (ce qui l'empêcherait de parvenir dans un état d'hygiène satisfaisant jusqu'au consommateur).

La capacité calorifique du lait est élevée et il faut un apport de calories étonnamment grand pour porter du lait froid en bidons ou citernes à une température telle que les germes d'acidification commencent à proliférer. Dans les petits récipients qui servent habituellement à la distribution, le lait froid se réchauffe beaucoup plus rapidement. Il est donc souhaitable que la laiterie de pasteurisation soit située plutôt à proximité des zones de consommation que des zones de production.

Quand on projette la création d'un centre de pasteurisation, il faut tenir compte des distances de transport, des approvisionnements et de l'intervalle de variation des températures atmosphériques locales pour savoir s'il convient de prévoir des centres de réfrigération dans les zones de production. Il est bon aussi de ne pas négliger les difficultés saisonnières de transport.

Quant aux services nécessaires, ils sont plus faciles à obtenir à proximité d'une zone peuplée que dans un secteur éloigné. Ils comprennent: *a*) un approvisionnement constant en eau saine; *b*) un approvisionnement suffisant en combustible pour la production de vapeur. (L'installation de pasteurisation qui doit, outre le traitement thermique du lait, assurer le nettoyage des bidons et des bouteilles, exige des quantités considérables de vapeur.); *c*) une alimentation suffisante en énergie électrique; *d*) un réseau satisfaisant de routes et de chemins carrossables en tout temps dans la zone de distribution.

L'hygiène du lait est la première victime des insuffisances de l'un quelconque de ces services. Dès le début, il s'impose parfois que la laiterie subvienne elle-même à ses besoins en eau ou en électricité, sinon aux uns comme aux autres. Il faut alors, de toute évidence, des immobilisations en capital supplémentaires et un complément de personnel.

Le terrain choisi doit être suffisamment vaste pour permettre, outre l'implantation des bâtiments de laiterie proprement dits, l'aménagement d'une bonne aire de stockage ordinaire et sous réfrigération, d'une chaudière satisfaisante et d'un parc de stationnement; il faut prévoir aussi des possibilités d'extension future et, notamment, un terrain contigu pour la construction d'un bâtiment destiné à abriter — s'il y a lieu — une fabrique de produits laitiers. En ce qui concerne les bâtiments de la laiterie, le même principe est valable: il faut prévoir plus de place qu'il ne semble nécessaire a priori. Le manque de largeur de vues, trop de parcimonie dans la conception des bâtiments, se traduisent finalement par une diminution de la qualité du lait, surtout du point de vue hygiénique, ou par des difficultés de personnel. Le projet doit allouer un espace suffisant, non seulement pour le matériel de pasteurisation et son utilisation, mais aussi pour le stockage du lait cru, sa clarification ou sa filtration, le remplissage des bouteilles et leur obturation, la mise en caisses des récipients définitifs, le stockage du lait pasteurisé en vrac, les laveuses automatiques de bouteilles et de bidons (avec de vastes dégagements d'accès), pour les bureaux et enfin, pour un laboratoire convenablement équipé, indispensable si l'on veut maintenir l'efficacité de l'exploitation et assurer la livraison d'un lait sain.

De plus, il s'impose dans tous les pays, quel que soit leur état de développement technologique, de disposer d'un personnel convenablement formé.

#### **Choix d'une technique de pasteurisation**

Parmi les différentes techniques de pasteurisation qui viennent d'être brièvement exposées, il faut en choisir une et décider du conditionnement final: bouteilles, cartons, ou peut-être récipients plus volumineux (si, comme c'est le cas dans certains pays chauds, il est plus commode de procéder, dans de petits centres de distribution, au transvasement direct du lait des bidons ou des citernes dans les récipients propres, apportés par les consommateurs).

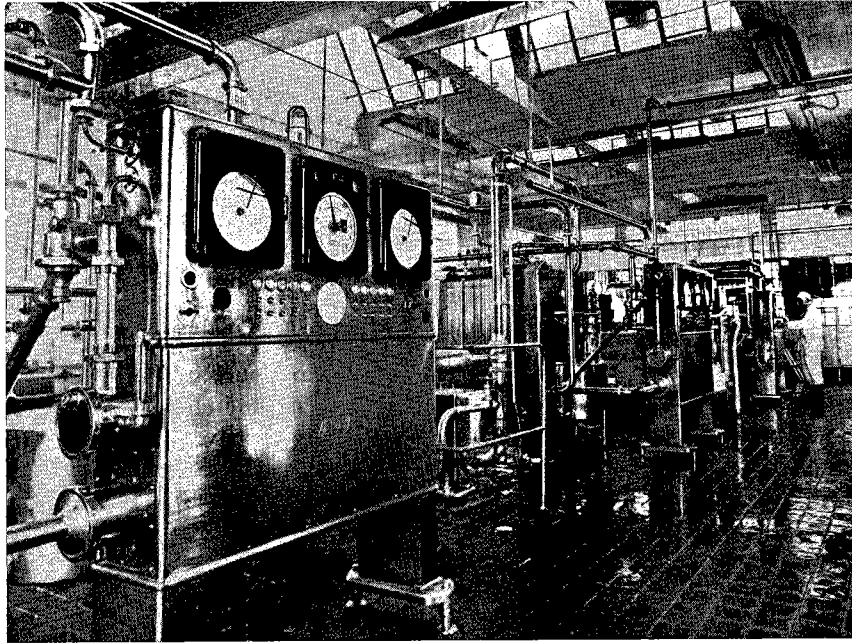
Lorsqu'on doit décider du type d'installation, il faut prendre en considération le volume des approvisionnements actuels et futurs; mais on peut d'emblée déclarer qu'une forme de pasteurisation rapide à haute température (HTST) est actuellement la principale technique de traitement adoptée dans la majorité des laiteries modernes, aussi bien dans la plupart des régions techniquement avancées que dans de nombreux pays moins évolués. Néanmoins, la pasteurisation basse discontinue est encore en usage dans certains centres où l'on ne doit traiter que des quantités relativement faibles (de l'ordre de 500 litres par jour au plus); la pasteurisation basse continue n'a

pas non plus totalement disparu. La pasteurisation en bouteilles, en dépit de son aptitude à fournir un produit presque, sinon parfaitement, protégé du risque de contamination après pasteurisation, n'a jamais été très populaire, à cause surtout de son coût initial, du poids et de l'encombrement des installations et des frais d'exploitation; néanmoins, un petit nombre (décroissant) d'installations de ce type sont encore en activité.

La technique HTST présente, par rapport au chambrage et à la pasteurisation en bouteilles, les avantages suivants: *a)* pour une même production journalière de lait pasteurisé, le coût initial de l'équipement HTST est moindre et les frais quotidiens d'exploitation sont inférieurs; *b)* l'espace superficiel occupé par le matériel HTST est beaucoup moins grand et la capacité du centre est plus facilement adaptable aux besoins; *c)* le lait commence à sortir pasteurisé, prêt à l'embouteillage 2-3 minutes après le début de l'opération, alors que la pasteurisation basse discontinue et la pasteurisation en bouteilles prennent environ une heure; *d)* l'entretien, dans un bon état d'hygiène, des installations HTST, qui sont relativement petites et peuvent être nettoyées par les méthodes modernes de circulation de détergents, demande moins de main-d'œuvre; *e)* la technique HTST, dans une laiterie de taille raisonnable, permet de pasteuriser des quantités de lait bien plus grandes (jusqu'à 20 000 litres/heure et même plus).

En outre, l'équipement HTST moderne est doté d'un certain nombre de commandes automatiques et de mécanismes de sécurité qui permettent d'éviter presque toutes les fausses manœuvres s'ils sont entretenus par des techniciens compétents. Grâce au processus de récupération selon lequel les arrivages de lait froid sont utilisés pour refroidir le lait qui vient d'être thermo-traité, et sont ainsi préchauffés, grâce à un échange thermique rapide à travers des plaques minces d'acier inoxydable, la technique n'exige que des quantités de vapeur modérées. Le lait, ainsi préchauffé, est ensuite porté à la véritable température de pasteurisation par une circulation d'eau à peine plus chaude que le lait (quelques degrés). Il est maintenu à cette température pendant au moins 15 secondes par passage dans une conduite de longueur suffisante. Une valve à dérivation instantanée, commandée par thermostat, située à l'extrémité de la conduite de maintien de la température, empêche le lait qui n'aurait pas atteint la température de pasteurisation d'être acheminé jusqu'à l'embouteilleuse. Le lait correctement chauffé, après avoir traversé cette valve, est rapidement refroidi, d'abord par le lait qui arrive, comme il a été dit, puis par de la saumure ou de l'eau glacée, jusqu'à environ 3-5°C. Il peut alors être envoyé directement vers les embouteilleuses ou conditionneuses [l'usage des emballages perdus (cartons) se généralise dans certains pays] ou stocké dans de vastes citernes à 3-5°C jusqu'au moment de la distribution. Le lait correctement pasteurisé par le procédé HTST et mis en cartons ou en bouteilles, peut se conserver au moins 24 heures à 18°C. La figure ci-jointe représente un pasteurisateur HTST dont on voit le tableau de commande au premier plan.

## PASTEURISATEUR HTST

*Pourquoi ne pas faire bouillir le lait?*

La pasteurisation est un procédé qui nécessite un appareillage assez compliqué et des marges de sécurité qui peuvent sembler inutilement faibles. D'où la question: Pourquoi faut-il pasteuriser le lait plutôt que de le porter simplement à la température ou au voisinage de la température d'ébullition à la ferme, procédé qui détruit avec une bonne marge de sécurité tous les micro-organismes non sporulés. En gros, on peut répondre que l'ébullition provoque des altérations de saveur qui déplaisent à beaucoup de consommateurs, des modifications physiques marquées et une diminution de la valeur nutritive, qu'elle fait disparaître la ligne de crème, qu'elle est techniquement difficile à réaliser à grande échelle et que c'est une méthode anti-économique.

*Ligne de crème*

De nombreux consommateurs attachent une grande importance à la ligne de crème que forment les matières grasses remontées en surface et qui indique visiblement la richesse du lait. Il n'est pas rare que la maîtresse de maison mette de côté le dessus du lait pour le servir avec des fruits ou des céréales. (Il n'y a pas de relation entre la ligne de crème et la qualité hygiénique du lait.) Dans tout lait entier correctement pasteurisé par le procédé

discontinu en cuves ou par la méthode HTST (mais non par le procédé «flash»), il doit se former une belle ligne de crème. Mais si les températures normales de pasteurisation ont été dépassées, le produit traité peut ne pas former cette ligne, ou ne la former qu'après une longue période de repos à une température assez basse. Le procédé HTST correctement appliqué nuit peut-être un peu plus à la ligne de crème que la pasteurisation basse discontinue, mais, de toute façon, la position de cette ligne et la rapidité de sa formation ne sont pas des critères bien sûrs de la qualité du lait. D'ailleurs, en diluant peu à peu du lait avec de l'eau jusqu'à 50%, n'obtient-on pas une ligne de crème de plus en plus nette?

Les installations de pasteurisation «flash» portent généralement le lait à une température bien supérieure à celle du procédé HTST; il y a disparition totale de la ligne de crème. Aussi ce procédé est-il plus populaire dans les pays où l'on n'attache pas d'importance à cette ligne de crème et où le consommateur n'objecte pas au goût de «cuit». La diminution de la valeur nutritive qu'entraîne le traitement «flash» est heureusement faible.

Le lait peut aussi être «homogénéisé» par un procédé qui fractionne les globules graisseux en particules trop ténues pour qu'elles puissent monter en surface et y former une couche crémeuse. Le lait pasteurisé homogénéisé est dans plusieurs pays un produit commercial. Frais, il est plus savoureux que le lait pasteurisé ordinaire, mais l'accroissement de la surface de contact entre les M.G. et le liquide augmente les risques d'altération après pasteurisation. Du point de vue de l'hygiène, on peut le considérer comme équivalent au lait pasteurisé ordinaire.

#### *Pasteurisation double*

Si des considérations d'hygiène ou de conservation accrue l'exigent, il n'y a aucune raison pour que le lait ne soit pas pasteurisé deux fois.

La disparition de la «ligne de crème» peut être plus accentuée et la saveur légèrement plus altérée, mais l'effet sur la valeur nutritive du lait est pratiquement négligeable. Quelle que soit la méthode de pasteurisation, les variations de la teneur du lait en vitamines sont faibles (voir l'article de Galesloot, p. 273).

#### **Contrôle de la pasteurisation**

L'efficacité de la pasteurisation étant extrêmement importante du point de vue de la santé publique, les procédés de contrôle méritent une attention particulière.

Ce contrôle doit être assuré: *a)* par la laiterie elle-même où des dispositions sont prises normalement pour éprouver régulièrement les arrivages et les sorties ainsi que l'efficacité de chacun des stades de la pasteurisation; *b)* par les services de santé publique ou d'hygiène dont l'une des principales fonctions est de protéger le consommateur contre tout risque d'infection.

En ce qui concerne le *contrôle par la laiterie*, il est évident qu'il ne peut être mené à bien que dans un laboratoire convenablement équipé et par un personnel formé aux techniques chimiques et bactériologiques nécessaires, appuyé par un chef de gestion averti du rôle du laboratoire dans une laiterie moderne.

Outre le contrôle des arrivages de lait du point de vue de la qualité bactériologique et de la composition, la laiterie doit assurer la vérification de l'état de propreté des installations mêmes de pasteurisation (et en particulier celle des appareils de remplissage et d'obturation des bouteilles), des bidons et citernes avant le retour aux producteurs et aux dépôts de ramassage, ainsi que des bouteilles et autres récipients avant remplissage. Ces derniers contrôles entraînent une surveillance de l'efficacité des appareils de lavage des bidons et bouteilles et un contrôle de la qualité des détergents utilisés, de la concentration et de l'efficacité des agents de stérilisation et des propriétés bactéricides de l'eau de rinçage. La qualité et la composition des approvisionnements en eau sont des points importants qu'il appartient au laboratoire de la laiterie d'examiner. A l'autre extrémité de la chaîne, ce laboratoire doit surveiller l'efficacité et l'innocuité des procédés de rejet des effluents du centre. Enfin, il lui appartient de vérifier, à intervalles réguliers, les appareils de contrôle automatique.

Le premier devoir du laboratoire, dont les autres tâches déjà citées sont des compléments importants, est de contrôler le lait sortant. L'exécution régulière des tests suivants est indispensable :

- a) épreuves journalières ou bi-quotidiennes de la phosphatase comme contrôle de la pasteurisation,
- b) épreuve au bleu de méthylène, ou essai analogue, pour évaluer la conservabilité,
- c) dénombrement des coliformes pour déceler les possibilités de post-contamination.

Dans les laboratoires les mieux équipés, l'examen bactériologique détaillé, périodique, du lait pasteurisé sortant de la laiterie, donne habituellement des renseignements précieux sur les sources possibles d'altération. Il est inutile d'exposer ici en détail les différentes épreuves utilisées (voir le choix bibliographique à la fin du chapitre), mais il convient de mentionner que l'épreuve de la phosphatase est fondée sur le fait qu'une pasteurisation efficace suffit tout juste à détruire cet enzyme facilement reconnaissable. Si le lait censé pasteurisé n'a pas été convenablement chauffé, ou si de petites quantités de lait cru ont été introduites dans le produit final (par exemple, par une fuite au niveau d'une plaque dans le pasteurisateur), on trouvera dans ce produit une quantité décelable de l'enzyme.

La conservabilité probable du lait pasteurisé sera clairement indiquée par l'une des deux épreuves suivantes correctement exécutée : épreuve au bleu de méthylène (ou colorant similaire), épreuve de coagulation par ébul-

lition. Le dénombrement des coliformes est précieux car un traitement bien exécuté détruit ce groupe de germes facilement reconnaissables. Si, par exemple, on ne trouve pas de bactéries coliformes dans le lait provenant directement du pasteurisateur, mais qu'on en rencontre dans le lait mis en bouteilles, c'est qu'il y a postcontamination, ce qui peut être dangereux, surtout dans certains pays. Il faut remonter à la cause et remédier au mal.

En ce qui concerne le contrôle par les services de santé publique ou d'hygiène, les essais seront effectués ordinairement sur des échantillons prélevés par l'inspecteur, à un stade quelconque entre le centre de pasteurisation et le consommateur. Les épreuves sont généralement analogues à celles qu'exécute la laiterie; moins fréquentes, elles ne doivent pas être moins attentives. Certains services de santé publique recherchent encore dans le lait pasteurisé le bacille tuberculeux vivant, par inoculation au cobaye. Mais des essais répétés ont montré que si l'épreuve de la phosphatase est négative, le test sur le cobaye n'est jamais positif; aussi ce dernier contrôle est-il beaucoup moins fréquent qu'autrefois, d'autant plus qu'il nécessite une grande expérience si l'on veut que les résultats présentent une certaine valeur.

Nombre de services d'hygiène ne se contentent pas de ces contrôles du produit, ils organisent régulièrement des visites surprises au centre de pasteurisation. Ils vérifient les thermographes, leur situation et leur exactitude, les mécanismes de sécurité, les robinets de prélèvement d'échantillons aux différents stades du cycle de pasteurisation. Ils surveillent aussi l'état de propreté des lieux, des bâtiments et des alentours – ce dernier point étant de première importance dans les pays chauds où les poussières et les mouches sont souvent abondantes. Il est à peine besoin de dire que cette inspection doit être faite scrupuleusement par un agent compétent des services d'hygiène et qu'en cas de détection d'un défaut, il s'impose d'agir sans délai. (Le contrôle sanitaire du personnel du centre de pasteurisation est examiné dans l'article de Cockburn et dans celui de Vladimirov, p. 539 et p. 545.)

### Conclusion

La pasteurisation a été définie comme étant un procédé qui consiste à soumettre le lait à une association température-temps suffisante pour détruire les micro-organismes pathogènes qu'il peut contenir, en altérant aussi peu que possible la composition, la saveur et la valeur nutritive du produit.

Il serait bon de compléter ainsi cette définition: et pour accroître sa conservabilité, de telle sorte que des quantités satisfaisantes de lait entier puissent être livrées aux nombreuses populations des agglomérations qui, autrement, seraient privées de cet aliment.

Le fait que, du point de vue de la santé publique, ces deux aspects de la question sont d'importance comparable n'est pas toujours apprécié à sa juste valeur.

## CHOIX BIBLIOGRAPHIQUE

- Comité mixte FAO/OMS d'experts de l'Hygiène du Lait (1957) *Premier rapport (Etudes agricoles de la FAO, N° 40; Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn., 124)*, Rome, Genève
- Comité mixte FAO/OMS d'experts de l'Hygiène du Lait (1960) *Deuxième rapport (Etudes agricoles de la FAO, N° 52; Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn., 197)*, Rome, Genève
- Davis, J. G. (1956) *Laboratory control of dairy plant*, Londres, Dairy Industries Ltd.
- Davis, J. G. (1959) *Milk testing*, 2nd ed., Londres, Dairy Industries Ltd.
- Kay, H. D., Cuttell, J. R., Hall, H. S., Mattick, A. T. R. & Rowlands, A. (1953) *La pasteurisation du lait: organisation, installations, exploitation et contrôle*, Genève (*Organisation mondiale de la Santé: Série de Monographies, N° 14*) et Rome (*Etudes agricoles de la FAO, N° 23*)
- Kon, S. K. (1959) *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine*, Rome (*Etudes de nutrition de la FAO, N° 17*)
- Lethem, W. A. (1956) *Principes de législation et de contrôle laitiers*, Rome (Collection FAO: Progrès et mise en valeur N° 59)
- Proc. XV Int. Dairy Congr.*, 1959, 4, 2025-2107 (Section 4 (b) *Milk processing*)
- United States Public Health Service, Division of Sanitation (1953) *Milk ordinance and code: 1953 recommendations of the Public Health Service* (Public Health Service Publication N° 229), Washington

Dans les *Dairy Science Abstracts*, publication mensuelle du Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks., Angleterre, le lecteur trouvera des résumés et comptes rendus des derniers travaux concernant la pasteurisation et le contrôle du lait.

---