LA PASTEURISATION À BASSE TEMPÉRATURE

Ses avantages et ses applications dans l'approvisionnement des agglomérations en lait de grande consommation, dans la beurrerie et la fromagerie,

par M. E. VAILLANT,

Ingénieur agronome, Conseiller technique de laiterie.

I. — LE PROBLÈME DU LAIT.

L'approvisionnement des grandes villes en lait sain et propre est actuellement une question à l'ordre du jour. Ce grave problème fait l'objet de nombreuses études de la part des hygiénistes du monde entier, et *Le Lait*, dans ses deux numéros de juillet-septembre et d'octobre-novembre 1923, a donné, sous une forme parfaitement concrétisée, un aperçu éloquent de cette question. Toutes les thèses y ont été impartialement reproduites et il devient aisé, après une lecture approfondie des articles nombreux et documentés qui s'y trouvent, de tirer quelques conclusions pratiques pour notre pays.

En un mot, disons que la France est franchement en arrière des autres nations laitières en ce qui concerne le ravitaillement des grandes villes en lait sain et propre. Des hommes de bon sens n'ont pas hésité, dans ces dernières années, à mettre en lumière cette grave question, d'exposer ce qui se fait et d'essayer d'envisager ce qui devrait se faire.

Dans l'industrie laitière, il en est de même; le retard de l'industrie française sur celle des nations voisines est flagrant, une grande partie de nos usines ne peuvent se décider à moderniser leur matériel; les efforts de quelques-uns ne parviennent pas à déclancher cette émulation salubre qui fait la force d'une industrie et cependant, lorsqu'on envisage froidement le pas qu'il y aurait à franchir, on est stupéfait de constater qu'il est petit et qu'il en coûterait peu pour que nos produits gagnent en qualité et surtout supportent, sans fléchir, la concurrence étrangère.

• Mais dans tout cela, qu'il s'agisse de livrer au consommateur le lait en nature ou les produits extraits du lait, n'y a-t-il pas une faute commise, bien involontairement certes, par tous ceux qui veulent mieux faire et qui se laissent entraîner par un idéal trop élevé sans mettre d'accord leurs vues avec les possibilités pratiques.

N'y a-t-il pas également une erreur de leur part de chercher à considérer le lait comme un produit qui ne doit être livré au consommateur que dans un état de pureté *parfaite*, sans penser que cette perfection élèverait son prix au point de le rendre prohibitif et surtout sans songer que tous les autres aliments que nous absorbons, petits et grands, sont loin d'atteindre cette perfection de propreté et cependant sont acceptés sans récrimination.

Loin de moi la pensée de contester un seul instant aux savants hygiénistes, docteurs ou vétérinaires, qui se sont émus des progrès de la mortalité infantile, l'honneur et le devoir de chercher à protéger avec énergie la santé de nos tout-petits, l'espoir et l'avenir de notre pays. Que cette belle œuvre soit poursuivie sans relâche, certes, mais qu'elle reste dans son vrai cadre.

Le problème du lait pour les nouveaux-nés est grave, mais il est soluble, si les chercheurs veulent bien ne pas l'englober dans celui du lait de grande consommation.

La thèse du lait sain, vivant, aseptique, recueilli avec tous les soins hygiéniques nécessaires dans des vacheries modèles peuplés d'animaux étroitement surveillés, constitue la seule pratique vraie, idéale même, mais elle se heurte à une difficulté, bien terre à terre. Je l'avoue, qui a cependant sa portée, c'est celle du prix de revient de ce lait, inévitablement élevé ; et alors, j'entends aussitôt une réponse qui vient aux lèvres des pauvres gens : « et nous, qui ne pouvons payer ce prix, quel lait donnerons-nous à nos enfants, sinon celui de grande consommation », et voilà les deux problèmes liés à nouveau.

II. — LA RÉALITÉ SUR L'APPROVISIONNEMENT DES GRANDES VILLES.

Un autre point dont la portée me paraît avoir trop échappé à tous ceux qui traitent de la question de l'approvisionnement en lait des grands centres, c'est l'origine même de ce lait, c'est la nature et le caractère du producteur.

Il faut bien se mettre en face de la production française, il faut bien l'examiner, vivre si possible sa vie, la comprendre dans son intimité et alors seulement ceux qui croyaient n'avoir qu'à dire : « il faut faire ceci ou cela pour avoir un lait propre », seront atterrés en constatant combien difficile sera la mise en pratique de leurs sages conseils.

Je vis dans un centre laitier important, la Thiérache, qui s'étend sur le Nord du département de l'Aisne, l'Est du département du Nord et l'Ouest du département des Ardennes. Cette région qui

englobe trois arrondissements, possède près d'une centaine de laiteries et plusieurs centres de ramassage pour Paris, St-Quentin et les villes du Nord; je suis en contact permanent avec les herbagers dont beaucoup sont mes fournisseurs, eh bien ! je puis affirmer, avec la certitude de n'être pas contredit, que les mesures les plus élémentaires qui pourraient être indiquées à ces cultivateurs pour les amener à fournir un lait plus soigné, plus propre, ne seraient pas suivies. Notre région, et disons-le tout de suite, toutes les régions herbagères de France sont caractérisées par la petite propriété. Rares sont les exploitations possédant plus de 30 vaches à lait, nombreuses, très nombreuses sont, au contraire, celles qui en ont moins de 10. Dans ces contrées, la bonne partie de ces petits fermiers sont d'anciens ouvriers qui ont amassé, sou par sou, de quoi acheter une vache, puis deux, puis du matériel, qui ont loué à leurs anciens patrons une petite maison et quelques jalois de paturages, et il faut bien penser que ce sont tous ces gens, d'instruction fort restreinte, qui font ce que leurs arrières grands-parents faisaient, sans en changer un iota et qui se trouveraient totalement désemparés si on leur imposait la moindre modification dans le travail qu'ils font machinalement.

Nous sommes loin ici des conseils de propreté, des raffinements, des minuties dans la récolte du lait, nous ne voyons pas très bien le moyen d'inculquer, dans ces cerveaux simples et butés, les idées d'asepsie, de stérilisation, etc.

Et voilà le lait qui arrive à nos grands centres. *Ce lait qui constitue un mélange d'une multitude de productions aussi variées dans leur importance que dans leur qualité et leur état de propreté*, ce lait, indispensable, qu'il faut bien prendre parce qu'il en faut à tout prix, ce lait qu'il faut aller chercher à plusieurs centaines de kilomètres parfois, chez des milliers de petits producteurs.

La réalité est là, dans toute sa force, dans toute sa brutalité et tous les hygiénistes qui veulent atteindre à un idéal trop élevé se heurtent à elle comme à un roc.

En présence de l'inévitable et devant l'absolue nécessité de trouver la quantité de lait nécessaire à la population, il faut faire au mieux pour que cette population trouve dans le produit qu'on lui livre, le maximum de sécurité.

III. — PURIFICATION, PASTEURISATION ET STÉRILISATION.

Peut-on encore parler maintenant du lait frais ? Non, c'est impossible ; seule la purification mécanique, suivie d'une pasteurisation réelle et conduite avec soin, peut résoudre le problème.

De la purification mécanique, nous dirons seulement un mot. Tout le monde sait que ni les filtres les plus fins, ni les épurateurs centrifuges ne peuvent arrêter les bactéries du lait ; mais cependant ces instruments doivent être utilisés, le tamis filtrant au départ, l'épurateur centrifuge à l'arrivée. L'épuration ainsi pratiquée enlèvera la presque totalité des matières inertes en suspension dans le lait et aura l'avantage de permettre la livraison d'un lait appétissant ne laissant pas déposer au fond des récipients cette boue noirâtre si répugnante. Notons, en passant, qu'à l'Étranger toutes les laiteries qui fournissent le lait des grandes villes, possèdent des épurateurs mécaniques; en France, il n'y en a pas 6 qui en sont pourvues ! Nous nous étendrons plus longuement sur la pasteurisation parce que c'est une question capitale en laiterie et aussi parce qu'elle mérite une mise au point nette et précise. Trop souvent, en effet, la pasteurisation n'est qu'un mot, faisant bien sur des étiquettes, mais n'est pas du tout une réalité.

Je sais, et le blâme hautement, que la pasteurisation du lait livré à Paris, mérite cette sévère remarque. On ne se rend pas assez compte de l'importance de cette opération et bien peu savent pasteuriser le lait. C'est un fait généralement observé que bon nombre de laitiers, *couverts en cela par le manque absolu de contrôle* et par la difficulté même de ce contrôle, s'il existait, n'hésitent pas à faire le simulacre de la pasteurisation, si toutefois ils poussent encore le scrupule jusqu'à tenter même le simulacre. J'en sais qui, pour hâter l'expédition du lait, pasteurisent vivement une faible partie et la mélange à du lait non pasteurisé ! J'en sais d'autres qui font traverser les appareils par le lait sans veiller ni au débit ni à la température. . . dans le fond, *ils se savent à l'avance impunis*. Pourquoi feraient-ils autrement ?

Mais il ne faut pas accuser la pasteurisation en elle-même. C'est une des plus belles découvertes de notre grand savant national, elle est incontestable en fait, la renier serait une hérésie et une insulte à la mémoire du grand homme.

La pasteurisation, comme l'on sait, consiste à porter le lait à une certaine température, inférieure à 100° C, pendant un temps déterminé, dans le but de détruire la plus grande partie des bactéries dangereuses qu'il contient.

On a cru, trop souvent et à tort, que la pasteurisation était un procédé de conservation du lait. Cette idée s'est accréditée dans le public et on peut même dire dans le public instruit. C'est une erreur. La stérilisation *seule* peut donner ce résultat, parce que ce traitement est spécialement destiné à rendre le lait totalement exempt de germes de quelque nature que ce soit et aussi parce qu'il ne s'applique qu'à

des liquides enfermés définitivement dans les récipients dans lesquels ils seront transportés, ces récipients étant eux-mêmes munis de fermetures spéciales destinées à préserver le contenu de toute contamination possible.

Il n'en est pas de même de la pasteurisation qui s'opère à l'air et à une température insuffisante pour détruire la totalité des microorganismes du lait; enfin le lait pasteurisé subit des transvasements avant sa livraison à la consommation.

Ce point étant bien acquis, *nous ne demanderons plus à la pasteurisation autre chose que ce qu'on est en droit d'en attendre.*

La température et la durée de pasteurisation sont variables et en principe inverses l'une de l'autre.

Plus on opère à température élevée, moins le séjour du lait dans les appareils de chauffage doit être prolongé. Il résulte de ce simple fait qu'il y a deux sortes de pasteurisation.

La « pasteurisation à haute température » dite aussi « pasteurisation continue », qui consiste à faire passer le lait dans des récipients chauffés d'une façon telle qu'il s'élève rapidement à la température de 80 à 95° C et que son écoulement soit réglé pour qu'il se maintienne de 2 à 3 minutes à cette température.

Cette méthode est presque uniquement appliquée en France, aussi nous ne nous étendrons pas sur le détail des appareils et de leur fonctionnement.

Je passerai également sous silence la méthode allemande dite de « Biorisation » qui consiste, comme précédemment, à élever très rapidement le lait à une température voisine de 75-78° C; cette rapidité d'élévation de température étant obtenue par la fine pulvérisation du lait dans le pasteurisateur.

La « pasteurisation à basse température », dite « pasteurisation discontinue » diffère totalement des précédentes parce qu'elle comprend deux stades. Le terme de discontinu n'est pas tout à fait exact parce que le 1^{er} stade est continu, tandis que le 2^e seul est intermittent. Le principe de cette méthode est le suivant :

1^{er} Stade : élévation rapide du lait à la température de 63-65° dans un pasteurisateur semblable en tous points à celui qui est utilisé dans la pasteurisation à haute température (seule la température de chauffage diffère). L'écoulement est donc continu.

2^e Stade séjour : du lait chaud dans des « chambreurs » (1) spéciaux où il est maintenu à 63-65° pendant 30 minutes. Une série de cham-

(1) Le terme de « chambreur » n'est pas exact et ne donne pas, comme les mots correspondants anglais, américains ou danois, d'ailleurs intraduisibles, la signification réelle qu'on devrait en attendre, nous l'emploierons cependant faute de mieux.

breurs est installée pour permettre, par un dispositif spécial, d'assurer la continuité dans le débit du pasteurisateur.

Dans tous les cas, le lait pasteurisé est ensuite refroidi à 3 ou 4° sur des réfrigérants traversés par de l'eau fraîche ou de la saumure d'un appareil frigorifique.

IV. — PARALLÈLE ENTRE LA PASTEURISATION HAUTE ET LA PASTEURISATION BASSE.

α — *Au point de vue mécanique.*

a) *La répartition de la température.* — Tout d'abord, et pour dissiper toute possibilité de malentendu, j'insiste tout particulièrement sur le fait que la pasteurisation à basse température, que nous appellerons, pour plus de rapidité « pasteurisation basse », débute tout à fait comme la pasteurisation haute et utilise le même matériel, elle finit également comme celle-ci par le refroidissement du lait ; seul est interposé entre ces deux périodes, entre ces deux traitements, le séjour dans des chambreurs spéciaux. Nous les étudierons dans quelques instants.

Que se passe-t-il tout d'abord dans le pasteurisateur et quels sont les caractéristiques qui déjà font différer les deux méthodes.

Tout le monde sait comment fonctionnent les appareils dits « pasteurisateurs ». Une cuve cylindrique en cuivre étamé est entourée par une autre cuve en tôle. Dans l'espace compris entre ces deux cuves peut circuler un courant de vapeur. A l'intérieur de la cuve en cuivre, tourne un agitateur à palettes. Le lait arrive par le bas, il est pour ainsi dire appliqué contre la paroi de la cuve en cuivre et par le mouvement des ailettes monte en s'échauffant et s'écoule par une tubulure située à la partie supérieure et munie d'un thermomètre.

La couche de lait, relativement mince qui gravite dans la cuve, s'échauffe très vite, c'est pourquoi il est facile, en partant d'un lait froid, d'obtenir à la sortie un liquide à 95° C.

On a remarqué, et tous les industriels qui pasteurisent du lait à haute température, ne me contrediront pas, qu'il faut une surveillance très sévère pour obtenir une régularité sensible dans la température de sortie du lait. Les moindres à-coups dans la pression de la vapeur, se répercutent aussitôt sur cette température ; aussi l'ouvrier préposé à la conduite de cet appareil doit-il avoir les yeux constamment sur le thermomètre et la main sur la vanne de vapeur. Cela s'explique aisément : le lait est en couche mince, il est appliqué contre la paroi chauffée, il prend la température de cette paroi presque immédiatement, presque immédiatement aussi il subit les variations de tempé-

rature de cette paroi, c'est évident. Et comme son séjour dans le pasteurisateur est très court et qu'à sa sortie il n'est plus soumis à aucune opération tendant à uniformiser ces variations de température, il y a lieu de craindre, et ce n'est que trop la réalité, que le lait, par suite d'un petit à-coup, doublé d'une défaillance passagère dans la surveillance, ne soit ou trop chauffé ou pas assez. En un mot, la pasteurisation à haute température a le grave inconvénient d'être trop rapide et de ne pas comporter de certitude dans le résultat de l'opération.

La température élevée, trop voisine de la température nuisible à la qualité du lait, provoque des ennuis dus à la surchauffe.

La durée de pasteurisation, trop courte, provoque des ennuis par la crainte d'une mauvaise pasteurisation lorsqu'il y a abaissement de température.

b) *La coagulation de l'albumine* (1). — Et ce ne sont pas là les seuls inconvénients de cette méthode. En effet, il est reconnu qu'à partir de 70° C, l'albumine commence à se coaguler et elle forme, à la face interne de la cuve une couche adhérente allant en s'épaississant, qui agit comme un isolant. Au bout d'un certain temps, on constate qu'il faut chauffer plus fort pour obtenir, à la fin, la même température à la sortie qu'au début du travail; cette élévation de température cuit l'albumine et cette cuisson donne au lait un goût spécial, désagréable; dit « goût de cuit ».

Il faut ajouter, pour être complet, que cet enduit d'albumine recuit est assez difficile à enlever. Le nettoyage de la cuve est pénible et l'ouvrier, obligé d'effectuer le grattage, ne tarde pas, malgré tous ses soins, à enlever l'étamage qui protège le cuivre. Ce désétamage, outre qu'il est une cause de frais relativement importants dus aux fréquents étamages nécessaires, peut également être une cause d'ennuis plus graves dus au contact du lait contre des parties de la cloison où le cuivre est à nu.

On a constaté également que pour obtenir une température de 80 à 95° C en 2 ou 3 minutes, dans un liquide en constant renouvellement, surtout lorsque l'enduit protéique se forme, il faut une assez grande dépense de vapeur, donc de charbon.

Dans la pasteurisation à basse température (63-65° C), on ne rencontre pas les mêmes inconvénients, on peut même dire qu'elle les évite presque tous. Le chauffage, à égalité de pression de vapeur, est moindre; le passage du liquide dans l'appareil peut donc être beaucoup plus rapide et, de ce fait, il y a une économie de temps. Tel pasteurisateur qui débite 2.000 lit. à l'heure lorsqu'on opère à 80-95°,

(1) D'après les travaux récents de M. LINDET, cette albumine serait une caséine qu'il a dénommée Caséine β pour la différencier de la Caséine α qui est la Caseine vraie.

peut aisément débiter 4.000 lit. lorsqu'on opère à 63-65°. De plus, comme la température de coagulation de l'albumine est supérieure à 70°, il est facile de régler le chauffage pour ne pas atteindre ce chiffre aux parois de l'appareil et s'il se forme un léger dépôt, toujours très lent et très faible, ce dépôt *non recuit*, n'aura aucune adhérence et sera enlevé sans difficulté et sans crainte de désétamage de la cuve. Mais, ce qui est extrêmement intéressant c'est que les à-coups dans le chauffage n'auront plus ici d'importance sur le résultat du travail : En effet, le lait va, comme nous le verrons tout à l'heure, s'accumuler en masse dans les chambreurs, là se produira l'homogénéisation de température, si je puis dire, et cette régularisation de température durera 30 minutes. Le mélange des laits un peu trop chauffés avec ceux qui auraient pu être influencés par une chute momentanée de température formeront un tout bien à point offrant la certitude absolue et constante d'un bon travail. Disons, comme on a pu le deviner, que la caséine coagulée étant presque absente et en tous cas jamais recuite, le lait pasteurisé par cette méthode, conserve sa saveur de lait frais, sans aucun arrière-goût.

Quant à l'économie de charbon elle est évidente et je puis citer une usine (1) qui a constaté qu'alors qu'elle usait 3.000 kg. de charbon par jour lorsqu'elle travaillait à haute température, elle n'utilisait plus que 2.000 kg. lorsqu'elle eut adopté le traitement à basse température. Ces chiffres sont significatifs.

c) *Les « chambreurs »*. — Examinons maintenant le fonctionnement des chambreurs.

J'ai eu, personnellement, l'occasion d'étudier d'une façon approfondie, les chambreurs installés par la Maison Richard et Naveau, à la Laiterie centrale de Strasbourg, où ils fonctionnent depuis longtemps à la satisfaction entière de cette entreprise qui traite près de 60.000 litres de lait par jour. C'est, je crois, la première installation de ce genre en France et je suis heureux de rendre ici hommage à la sagacité et à la haute compétence du Directeur de cette admirable laiterie, M. Heintz, qui n'a pas hésité à montrer par la pratique, en adoptant la pasteurisation à basse température, combien cette méthode a d'avantages réels et à se faire l'instigateur par l'exemple d'un procédé que toutes les nations de l'Europe occidentale et les Etats-Unis appliquent dans la plus large mesure.

L'appareil est constitué en principe par une grande cuve horizontale, en cuivre étamé, de forme mi-cylindrique, et divisée en 4 compartiments. Cette cuve plonge dans un récipient en tôle de même

(1) La Laiterie centrale de Strasbourg a totalement transformé son installation pour adopter la pasteurisation à basse température.

forme, constituant un bain-marie que l'on peut à volonté refroidir ou réchauffer par admission d'eau froide ou d'eau chaude. Ce bain-marie est recouvert d'isolant afin d'éviter les déperditions de chaleur. Dans chaque compartiment existe un agitateur oscillant qui assure un remous constant dans le liquide, en régularise la température et empêche la formation d'une pellicule superficielle sur le lait. Les 4 agitateurs sont mus par un arbre unique. Chaque cuve peut être fermée par un couvercle à charnière destiné à préserver le lait de toute contamination extérieure pendant le travail, ainsi que de toute déperdition de chaleur. L'arrivée du lait se fait par le fond afin d'éviter toute formation de mousse.

Examinons maintenant comment pourra s'obtenir la concordance entre le chambreur et les autres appareils.

FIG. 1. — A. Bac à lait frais ; B. Pasteurisateur élévateur ; C. Chambreur à 4 compartiments et à alimentation automatique ; D. Pompe à lait pasteurisé ; E. Réfrigérant à double réfrigération (par eau froide et saumure).

Si nous prenons l'installation type conforme au croquis ci-dessus (fig. 1), nous remarquerons que le chambreur doit être disposé de telle façon que le pasteurisateur ne subisse aucun arrêt dans sa marche. Il en sera de même pour le débit de la pompe D et le fonctionnement normal du réfrigérant E.

Le lait, emmagasiné dans le bassin de réception A, sera conduit au pasteurisateur où sa température s'élèvera à 63°. Cet ensemble a un débit horaire bien déterminé, aussi le chambreur devra être conçu en concordance avec ce débit.

Chaque compartiment de ce chambreur doit avoir une contenance égale au quart du débit horaire du pasteurisateur, il se remplira donc en un quart d'heure ; au bout de ce temps, l'arrivée du lait se fera dans le 2^e compartiment puis, après remplissage, dans le 3^e et ainsi de suite.

Pendant qu'une cuve se remplit, les précédentes se maintiennent à la température de 63° grâce au bain-marie qui entretient cette température et à l'agitateur oscillant qui la régularise tout en évitant la formation de la pellicule superficielle.

Heures	1 ^{er} compartiment	2 ^e compartiment	3 ^e compartiment	4 ^e compartiment
5 h.				
5 h. 15	emplissage			
5 h. 30	repos	emplissage		
5 h. 45			emplissage	
6 h.	vidange	repos		emplissage
6 h. 15	emplissage	vidange	repos	
6 h. 30	repos	emplissage	vidange	repos
6 h. 45			emplissage	vidange
7 h.	vidange	repos		emplissage
7 h. 15	emplissage	vidange	repos	
7 h. 30	repos	emplissage	vidange	repos
7 h. 45			emplissage	vidange
8 h.	vidange	repos		emplissage
			repos	

On constate que, au moment précis où le 3^e compartiment est totalement rempli, le lait du premier compartiment y a séjourné exactement 1/2 heure. Il ne reste plus qu'à le faire écouler vers la pompe qui le refoulera sur le réfrigérant.

De même lorsque la 4^e cuve sera pleine, la 2^e pourra être mise en vidange.

Un simple tableau (p. 98) montrera le mécanisme de ce roulement et ainsi de suite.

On conçoit aisément que toutes ces opérations nécessitent une grande attention de la part de l'ouvrier chargé de conduire le chambreur. Cet homme doit ouvrir ou fermer alternativement de nombreux robinets à des intervalles nettement déterminés et on conviendra que la moindre erreur ou la moindre faute d'inattention pourrait entraîner une perturbation importante dans l'harmonie du roulement. Certains industriels, qui possèdent un personnel *bien stylé et de confiance*, préfèrent adopter ce système. D'autres, au contraire, désirent voir ce travail rendu automatique. On a conçu des chambreurs pouvant répondre à leurs desiderata, sur lesquels un dispositif est appliqué qui supprime totalement la surveillance.

- Fig. 2 -

Schéma d'un chambreur à 4 compartiments muni du dispositif automatique d'alimentation (construit par Silkeborg). — (Croquis E. Vaillant) —

La maison danoise de Silkeborg a construit des chambreurs pasteurisateurs à alimentation automatique dont nous allons essayer d'expliquer la marche (1).

Ils sont en tous points construits comme les précédents, seuls les robinets d'entrée et de sortie ont été modifiés et rendus automatiques (voir fig. 2).

(1) Ces appareils automatiques sont maintenant construits en France par la Maison Richard et Naveau, 35, avenue de Paris, Rueil (Seine-et-Oise).

Le schéma de cet appareil, représenté ci-dessus, montre, un peu grossièrement, l'ensemble du chambreur, un compartiment a été figuré ouvert pour faire voir l'agitateur oscillant

La force motrice de l'usine agit sur la poulie (1) qui, par l'intermédiaire d'un excentrique enfermé en (2), et par le levier (3) donne un mouvement de va-et-vient à l'arbre (4) sur lequel sont fixés les 4 agitateurs (5).

(6) est le tuyau d'arrivée du lait chauffé à 63° , (7) est la conduite de sortie du lait chambré. Ces 2 conduites sont toutes deux reliées à 4 robinets à 3 voies (8), à raison de un robinet par compartiment, communiquant avec le fond de ce compartiment.

Ces robinets sont manœuvrés par des roues dentées engrenant sur de petits pignons calés sur l'arbre commun (9). C'est le mouvement de cet arbre qui, à intervalles réguliers, va produire le remplissage ou la vidange de chaque compartiment.

— Fig: 3 —

- Note: - la tubulure supérieure représente l'arrivée du lait, la tubulure inférieure la sortie, la tubulure latérale le tuyau aboutissant au fond du chambreur

Pour donner ce mouvement, on utilise la force transmise par la poulie (1). Sur l'arbre des agitateurs (4) est calé un levier (10) qui, grâce au cliquet (11) fait tourner lentement la roue (12). Celle-ci porte sur sa circonférence un maneton (13) qui enclanche à chaque tour de la roue (12) une des 4 branches d'une came en étoile (14) fixée sur l'arbre (9) ; de cette façon, comme la roue (12) fait un tour en $1/4$ d'heure, l'arbre (9) tourne de $1/4$ de tour chaque quart d'heure et fait faire également $1/4$ de tour au boisseau des 4 robinets.

Pour amener le robinet du 1^{er} compartiment à la position d'emplissage, l'arbre (9) peut être tourné à la main lors de la mise en route, à l'aide du volant (15).

J'ai pensé rendre plus compréhensible la marche des robinets en figurant sous une forme schématique leurs diverses positions.

La figure 3 montre un robinet pris isolément. On remarquera que pendant la période de repos qui dure 1/2 heure, le robinet a changé de position, mais sans permettre aucun passage de liquide.

- Fig. 4 -

Heures -	1 ^{er} Compartiment	2 ^e Compartiment	3 ^e Compartiment	4 ^e Compartiment
5 h. 00.-				
5 h. 15.-				
5 h. 30.-				
5 h. 45.-				
6 h. 00.-				
6 h. 15.-				
6 h. 30.-				
6 h. 45.-				
7 h. 00.-				
7 h. 15.-				
7 h. 30.-				
7 h. 45.-				
8 h. 00.-				

Nota: — la position des tubulures est la même que celle indiquée dans la fig. 3 —.

La figure 4, qui est pour ainsi dire le complément du tableau donné ci-dessus, montre, pendant une durée de 3 heures de marche, les positions respectives des 4 robinets chaque quart d'heure.

En résumé, comme il est maintenant aisé de s'en rendre compte, le séjour discontinu du lait dans le chambreur offre cependant une continuité absolue, soit dans l'arrivée, soit dans la sortie du liquide par l'organisation du roulement que nous avons décrit.

J'ajoute que si, pour un motif quelconque, une installation venait à être insuffisante au point de vue du débit, l'addition de compartiments supplémentaires au chambreur existant, permettrait immédiatement une augmentation de débit de l'ensemble. Cependant le nombre de compartiments ajoutés n'est pas proportionnel à l'augmentation de débit envisagée. Prenons un exemple numérique :

L'installation primitive débite 6.000 litres à l'heure, elle possède un chambreur à 4 compartiments de 1.500 litres comme nous l'avons vu. Supposons que le débit horaire vienne à être doublé, soit 12.000 litres, l'expérience montre que deux compartiments supplémentaires permettront d'obtenir ce résultat.

Si on établit, en effet, comme ci-dessus, un tableau résumant le travail, on constate qu'en pleine marche, il y a toujours deux compartiments qui travaillent ensemble, donc, chaque quart d'heure il entre dans l'appareil 3.000 litres de lait et il s'en écoule 3.000, ce qui fait bien 12.000 litres à l'heure.

Heures	1	2	3	4	5	6
5 h.						
5 h. 15	emplissage				emplissage	
5 h. 30	repos	emplissage			repos	emplissage
5 h. 45		repos	emplissage			repos
6 h.	vidange		repos	emplissage	vidange	
6 h. 15	emplissage	vidange		repos	emplissage	vidange
6 h. 30	repos	emplissage	vidange		repos	emplissage
6 h. 45		repos	emplissage	vidange		repos
7 h.	vidange		repos	emplissage	vidange	
7 h. 15	emplissage	vidange		repos	emplissage	vidange

et ainsi de suite.

On démontrerait, de même, qu'une addition de deux autres compartiments nouveaux porterait le débit horaire à 18.000 litres.

*
* *

β. — *Au point de vue bactériologique.*

J'ai montré les avantages techniques de la pasteurisation basse sur la pasteurisation haute au point de vue mécanique, je vais maintenant montrer qu'au point de vue bactériologique, cette méthode conserve tous les avantages de l'autre et peut même, dans certains cas, lui être préférée.

Il est bon de rappeler, encore une fois, que la pasteurisation n'a pas pour rôle d'aseptiser intégralement le lait, mais que le but à atteindre consiste uniquement dans la destruction des microorganismes nuisibles à la santé de l'homme ainsi que de ceux qui altèrent le lait avec rapidité.

Les microbes peuvent se présenter sous deux états, soit sous la forme parfaite, vivante, soit sous la forme sporulée.

On sait que les spores sont très résistantes à la chaleur, aussi n'y aura-t-il pas lieu de s'étonner que la pasteurisation, qu'elle soit haute ou basse, ne détruise pas ces spores. *Ce qui prouve une fois de plus que pasteurisation n'est pas stérilisation.*

Dans un lait vraiment stérilisé, les microbes et les spores sont détruits ; dans un lait pasteurisé, les microbes sont détruits, mais les spores restent et se développeront dans un temps plus ou moins éloigné. Le lait stérilisé peut se conserver longtemps, le lait pasteurisé voit sa conservation un peu prolongée, mais dès que les spores ont engendré des nouveaux microbes, il se corrompt.

Il y a lieu d'ajouter, pour être complet, que certains microbes résistent à de très hautes températures et ne sont pas atteints par la pasteurisation ; ces microbes, dits « thermophiles », sont ceux de la putréfaction, les bacilles butyriques et pseudo-lactiques entre autres. Ce sont ces microbes qui hâtent la décomposition du lait et en réduisent la durée de conservation.

Parmi les microbes nuisibles à l'homme, il faut citer ceux de la tuberculose, de la fièvre typhoïde, de la dysenterie, de l'entérite bacillaire, de la fièvre aphteuse, qui sont les plus fréquents. Ces microbes sont tous détruits par la pasteurisation à basse température comme le montre le tableau ci-après :

Nature du microbe	Durée nécessaire à la destruction	Température nécessaire à la destruction
—	—	—
Tuberculose.....	15 à 20 minutes	60° C.
Fièvre typhoïde.....	Quelques minutes	60° C.
Coli-Bacille.....	—	60° C.
Pneumocoque.....	10 minutes	56° C.
Fièvre aphteuse.....	15 minutes	50° C.

Par contre, les microbes sporulés ainsi que les spores de l'*actynomycès bovis* ne sont pas plus détruits par la pasteurisation basse que par la haute. Disons tout de suite que leur présence dans le lait est relativement rare dans nos pays et qu'elle est toujours accidentelle. Voici les principaux :

Nature du microbe (Sporulés et en milieu humide)	Durée nécessaire à la destruction	Température nécessaire à la destruction
—	—	—
Fièvre charbonneuse.....	10 à 15 minutes	95° C.
Vibron sceptique.....	20 minutes	85° C.
Tétanos.....	2 heures	90° C.
<i>Actinomyces bovis</i>	14 minutes	100° C.

Ce très court exposé démontre nettement que la pasteurisation basse, comme la haute d'ailleurs, détruit une proportion importante de microbes pathogènes et en particulier ceux qui sont les plus fréquents dans le lait et aussi les plus redoutables.

De nombreux auteurs ont suivi de près la pasteurisation basse au point de vue bactéricide et ont démontré qu'après 10 minutes de pasteurisation à 65-68°, il ne restait plus que 1 à 1,5 % de microbes non détruits ; pendant les 10 minutes suivantes, cette proportion devenait un peu inférieure à 1 % et pendant la 3^e période de 10 minutes, cette proportion ne subissait plus de modifications sensibles (WEIGMANN, AYERS et JOHNSON, etc.).

Ici vient se placer une discussion très intéressante qui est certainement à la base de toutes les controverses de ces derniers temps ; elle explique également les critiques violentes qui se sont élevées contre la pasteurisation en général.

Si la disparition de la presque totalité des microbes, qui est un fait acquis lorsque la pasteurisation est réellement effectuée, si cette disparition, dis-je, est un facteur appréciable de la conservation du lait, il faut examiner avec soin comment cette conservation s'effectuera et quelles sont les garanties qu'elle offrira lorsqu'on absorbera un lait qui aura atteint la limite extrême de cette conservation.

Nul n'ignore que les produits de sécrétion animale, comme le lait, contiennent des principes actifs très importants tels que les anti-toxines et les substances bactéricides. Ces principes ont pour rôle la lutte contre les microbes et leurs sécrétions.

On sait également que la chaleur a une action destructive nettement constatée sur ces principes actifs et qu'au voisinage de 100°, ils sont presque complètement annihilés.

D'autre part, comme nous venons de le voir, la pasteurisation, qu'elle soit haute ou basse, ne détruit pas la totalité des microbes, je dirai même qu'elle en laisse toute une catégorie bien vivante, c'est celle des bacilles thermophiles de la putréfaction (butyriques, pseudolactiques, etc.). Quel que soit donc le mode de pasteurisation, le lait pasteurisé contient cette armée de mauvais soldats. S'ils se développent, leur présence en abondance rendra le lait plus dangereux encore que du lait cru. On peut donc poser ce principe :

La durée de conservation d'un lait pasteurisé est inverse de l'intensité de développement des bacilles thermophiles.

Quel est le mode de pasteurisation qui peut assurer la plus longue durée de conservation ? Je n'hésite pas à mettre nettement en avant la pasteurisation basse.

En effet, nous venons de voir que les antitoxines et les substances bactéricides tempèrent, retardent le développement des microbes et entravent la nocivité de leurs sécrétions. Or, dans la pasteurisation haute, ces principes sont presque complètement anéantis; on conçoit aisément que les bacilles thermophiles ont alors toute facilité de se développer sans entrave. La pasteurisation basse a l'immense avantage de maintenir dans le lait ces substances utiles dans toute leur activité et il en résulte un retard très net et tout à fait flagrant dans le développement des microbes de la putréfaction.

Il est évident, et ici je me répète intentionnellement, que la pasteurisation n'est pas un mode de traitement du lait en vue de sa conservation à longue durée, mais il faut néanmoins que le lait pasteurisé puisse, sans aucun inconvénient, rester sain pendant le temps relativement court qui s'écoule entre la pasteurisation et la consommation. J'affirme que seule la pasteurisation basse peut offrir cette garantie.

(A suivre).

UN TROUPEAU SÉLECTIONNÉ DE BREBIS LAITIÈRES DANS LA RÉPUBLIQUE TCHÉCO-SLOVAQUE,

par M. BASIL MACALIK,

Ingénieur-Agronome.

L'élevage des brebis laitières dans la république tchéco-slovaque, principalement dans la région montagneuse des Carpathes, a une grande importance. Avant la guerre mondiale, 930.758 brebis