LES PROTIDES DU LAIT (*fin*)

par

GÉRARD BISERTE, ANDRÉ BRETON et GUY FONTAINE

III. — LE DIAGRAMME ÉLECTROPHORÉTIQUE DU LAIT ET SES VARIATIONS

Les divers constituants protéiques du lait que nous avons étudiés s'intègrent dans un ensemble défini dont l'analyse électrophorétique représente l'un des meilleurs moyens d'étude. Mais l'essai de synthèse que nous avons tenté de réaliser se heurte à de nombreuses difficultés. Il est délicat d'établir un « diagramme-type » des protéines du lait, par analogie avec le diagramme-type du système protéique sanguin. En effet, les protéines du lait appartiennent à des groupes différents, qui possèdent parfois des vitesses électrophorétiques identiques et « chevauchent » sur les diagram-

Fig. 1. — Electrophorégramme sur papier de la fraction albumine du petit-lait de vache (pH 8,9).

mes. De plus, les variations de pH et de force ionique des solutions-tampons les conditions de préparation des protéines, leurs interactions dans le mélange, sont autant de facteurs qui compliquent l'établissement du diagramme et expliquent la difficulté de son étude.

A. — Diagramme électrophorétique du lactosérum de vache.

1. *Electrophorèse du type Tiselius.*

Par cette méthode, en tampon véronal de pH 8,4 et de force , à une concentration protéique de 1,2%, SMITH [37]

trouve 6 constituants différents : *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, : *a* et *b* représentent les globulines (pseudo et eu-globulines) ; *e*, la β -lactoglobuline ; les autres fractions *c*, *d*, *f*, n'ont pas été identifiées de façon précise par SMITH. STANLEY, ANDREWS et WHITNAH [38] apportent des résultats très voisins pour un lactosérum décaséiné par du chlorure de sodium à saturation.

2. Electrophorèse sur papier.

VANDEGAER et MIETTINEN [39] ont étudié les protéines du lactosérum par électrophorèse sur papier, en tampon véronal de pH 8,6 et de force ionique 0,1. Les A. obtiennent 5 fractions qu'ils assimilent aux composés obtenus par SMITH. VANDEGAER et MIETTINEN distinguent les fractions *a* et *b* (eu- et pseudo-globulines), un composé *c* (qui est sans doute l' α -lactalbumine), un composé important mais dissymétrique : c'est la β -lactoglobuline (fractions *d* + *e* de SMITH), enfin le composé *f* non identifié.

Cette comparaison ne nous semble pas entièrement exacte. Aussi avons-nous tenté de reconstituer synthétiquement le système protéique complet, à partir des albumines et des globulines du lactosérum obtenues par des techniques de précipitation aux sels neutres (fig. 2 et 3). A pH 6,2, la fraction albumine obtenue par relargage, comprend trois composants principaux (diagrammes de la figure 2) :

- la β -lactoglobuline est le plus important : elle apparaît dédoublée surtout à pH 8,9 ;

- le deuxième composant est moins rapide et moins abondant que la β -lactoglobuline : c'est l' α -lactalbumine ;

- le troisième composant se présente sous forme d'un pic peu développé mais plus rapide que la β -lactoglobuline : il s'agit d'une protéine analogue à la sérumalbumine sanguine.

Enfin, il existe un quatrième composant non identifié, (composant X) ; il est peu abondant et sa vitesse de migration est inférieure à celle de l' α -lactalbumine. Peut-être s'agit-il du composé III de MACMEEKIN ?

A pH 6,2 et 8,9, la fraction « globuline » non purifiée contient, à côté de la β -lactoglobuline et de l' α -lactalbumine qui sont des souillures, une fraction globuline prédominante, se présentant sous forme d'un pic dissymétrique (diagramme B et C des figures 2 et 3).

Le diagramme électrophorétique complet d'un lactosérum peut être, par conséquent, formé des fractions suivantes dans l'ordre de leur mobilité décroissante : sérumalbumine, β -lactoglobuline, α -lactalbumine, composant X, globulines colostrales. Lorsque l'on

Fig. 2. — Electrophorégramme de lactosérum de vache (tampon phosphate M/20, de pH 6,2). A : lactosérum total ; B : fraction « globulines », C : fraction « albumines ».

Fig. 3. — Electrophorégramme de lactosérum de vache (tampon véronal, de pH 8,9). A : lactosérum total ; B : fraction « albumines » ; C : fraction « globulines ».

ajoute de l' α -caséine à ce lactosérum, le sommet correspondant à la sérumalbumine est recouvert par cette protéine (figures 4 et 5).

B. — Diagramme électrophorétique de lactosérum humain.

1. *Electrophorèse type Tiselius.*

DEUTSCH [40] est le seul à avoir étudié le comportement électrophorétique des protéines du lactosérum décaséiné par la présure. L'aspect des diagrammes est, à peu de choses près, le même aux 6^e, 9^e, 14^e et 90^e jours de la lactation. DEUTSCH ne met pas de noms sur les différentes fractions de sa courbe électrophorétique, mais il est vraisemblable que le composant 1 est constitué par les globu-

lines, le 2 par l' α -lactalbumine, le 3 par la β -lactoglobuline et que le 6 représente la sérumalbumine.

Fig. 4. — Electrophorégramme des protéines du lactosérum de vache (pH 6,2). C : fraction « albumines » ; B : fraction « globulines » ; C : fraction « albumines » + fraction « globulines » ; D : fraction « albumines » + fraction « globulines » + caséine.

2. Electrophorèse sur papier.

Comme dans le cas du lait de vache, nous avons séparé par fractionnement au sulfate d'ammonium les fractions « globulines » et « albumines » du lactosérum humain.

La fraction « globuline » impure contient une forte proportion de globulines immunes, mais se trouve encore souillée par des composants albuminiques (figure 6). La fraction « albumine » est composée de sérumalbumine, de β -lactoglobuline et d' α -lactalbumine (diagramme B de la figure 6). La vitesse de migration de la « sérumalbumine » de lait est identique à celle de la sérumalbumine sanguine.

Fig. 5. — Diagramme de décomposition des électrophorégrammes de la figure 4.

La β -lactoglobuline se divise en deux composants (diagramme B de la figure 6). Toutefois, lorsque la concentration protéique s'élève, on assiste à la disparition du deuxième composant de la β -lactoglobuline (diagramme D de la figure 6). Lorsque l'on mélange les fractions « albumines » et « globulines » impures, on assiste également à la disparition des deux composants de la β -lactoglobuline, et derrière elle, le diagramme forme un plateau continu présentant deux élévations peu marquées correspondant à l' α -lactalbumine et aux globulines (diagramme C de la figure 6).

Fig. 6. — Electrophorèse sur papier des protéines du lactosérum humain (pH 8,9). A : fraction « globulines » impure ; B : fraction « albumines » impure ; C : mélange des fractions « globulines » et « albumines » ; D : fraction « albumines » à plus forte concentration.

Le diagramme complet du lactosérum humain montre donc, dans l'ordre de mobilité décroissante : un faible sommet de sérumalbumine, un clocher bien individualisé de β -lactoglobuline et un plateau à deux élévations correspondant à l' α -lactalbumine et aux globulines.

C. — Etude électrophorétique du lait total.

Les interactions entre les protéines du lait sont si nombreuses que le diagramme électrophorétique du lait total écrémé n'est pas invariable.

SLATTER et VAN WINKLE [41] étudiant les variations du diagramme électrophorétique du lait de vache total ont constaté des modifications importantes suivant la force ionique et surtout suivant le pH (à pH 5,4 et 6,6 l' α -caséine se sépare en deux fractions ; à pH 4,1, la β -caséine se résout en deux composants β^1 et β^2). TOBIAS, WHITNEY et TRACY [42] reprenant les travaux de SLATTER et VAN WINKLE ont abouti aux mêmes conclusions.

En ce qui concerne le lait de femme total, les électroprotéinogrammes sur papier, effectués à pH 6,2 montrent l'existence de trois fractions principales (figure 7).

Fig. 7. — Electroprotéinogramme de lait total de femme (pH 6,2). A : lait de femme du deuxième jour ; B : lait de femme du troisième jour.

La première fraction, la plus mobile, est un mélange d' α -caséine et de sérumalbumine ; la deuxième correspond certainement à de la β -lactoglobuline et la dernière, la plus lente et la plus importante, est un mélange de β - et γ -caséines, d' α -lactalbumine et de globulines. De toute façon, le diagramme du lait complet écrémé de femme est très différent de celui du lactosérum et démontre la présence de nombreuses interactions entre les divers constituants protéiques du lait total.

D. — Variations du diagramme électrophorétique suivant l'espèce animale.

DEUTSCH [43] a étudié le diagramme électrophorétique du lactosérum humain et de diverses espèces animales (vache, chèvre, truie, jument, brebis). S'il existe de grandes différences entre les constituants protéiques des diverses espèces animales, l'aspect de la courbe est toujours le même pour une espèce déterminée à un même stade de la lactation.

E. — Modifications du diagramme électrophorétique suivant le stade de la lactation.

La lactation passe par plusieurs stades :

a) *avant la naissance* : les glandes mammaires sécrètent aux 7^e, 8^e mois de la grossesse, de petites quantités d'un liquide riche en cendres, en chlorures et en protéines (albumine et globulines immunes) : c'est la *sécrétion anténatale*.

b) *après la naissance* : de la 12^e heure au 12^e jour, apparaît une sécrétion imparfaite, le *colostrum*, liquide alcalin et jaune (riche en lactoflavine) que l'on peut considérer comme une émulsion de globules de graisse dans une solution complexe de glucides, de protides et de sels ;

c) *le lait de transition* est sécrété du 12^e jour au 30^e jour ;

d) *le lait parfait* (du 1^{er} mois au 9^e mois) est une solution saline et sucrée de protéines, tenant en émulsion des globules de graisse ;

e) le lait sécrété à la fin de la période de lactation (aux environs du 9^e mois) est encore appelé *lait de régression*, et sa composition chimique s'apparente à celle du colostrum.

Les différences constatées au cours de la lactation entre les divers composés protéiniques sont purement quantitatives. Il n'y a aucune dissemblance qualitative entre la globuline colostrale et la globuline immune du lait parfait.

Au moyen de l'électrophorèse différentielle (type Tiselius), SMITH [44] a constaté que la globuline immune était la fraction principale du colostrum de vache. DEUTSCH a montré [45] la chute des globulines et l'élévation des albumines dans le colostrum de femme et de vache. HEYNDRIX et DE VLEESCHAUWER [46] ont observé également cet effondrement des globulines dès la 30^e heure cependant que la β -lactoglobuline s'élève, ainsi que les α - et β -caséines. BISERTE et MASSE [47] ont signalé l'abondance des fractions globulines et albumines dans les sécrétions anténatales et colostrales humaines. Nous avons suivi, de façon plus précise, l'évolution du lactosérum humain aux différents stades de la lactation, au moyen de l'électrophorèse sur papier.

Le colostrum décaséiné du premier jour, étudié à pH 8,9 se présente sous forme d'un clocher unique, mais asymétrique et étalé, correspondant aux globulines immunes (figure 8). Dès la 24^e heure (diagramme B de la figure 8) il est possible de déceler, en avant des globulines une fraction peu importante qui correspond à la β -lactoglobuline.

A partir du 2^e jour, la fraction globulinique est toujours prépondérante mais la β -lactoglobuline s'individualise plus nettement, ainsi que la sérualbumine (diagramme C de la figure 8).

Fig. 8. — Electrophorégramme sur papier (pH 8,9) du colostrum décaséiné humain.

Puis, entre le 3^e et le 10^e jour, le diagramme électrophorétique présente trois pics, qui sont, dans l'ordre de mobilité décroissante : la sérualbumine, la β -lactoglobuline et l'ensemble de l' α -lactalbumine et de la fraction globulinique (figure 9).

L'aspect de l'électrophorégramme est différent suivant le pH . A pH 8,9 (diagramme A de la figure 10), l'ensemble α -lactalbumine-globuline est beaucoup plus étalé.

Les laits parfaits (du 1^{er} au 9^e mois) présentent à pH 8-9, 3 pics

Fig. 9. — Electrophoréogramme sur papier de lactosérum humain du troisième et sixième jour (pH 6,2).

bien distincts. Cependant, la fraction la moins rapide se divise en deux groupes correspondant à l' α -lactalbumine et aux globulines (diagrammes B et C de la figure 10). Les globulines du lait parfait sont beaucoup moins abondantes que celles du colostrum.

Le lait de régression (lait prélevé au 19^e mois) donne un diagramme très simplifié avec 2 pics : l'un de β -lactoglobuline et l'autre vraisemblablement formé d'un mélange d' α -lactalbumine et de globulines (figure 11).

En utilisant une technique immuno-chimique, MARTIN DU PAN [48] a pénétré plus intimement dans la connaissance des pro-

téines du colostrum humain. La méthode utilisée est celle de l'immuno-électrophorèse de GRABAR [49] (1).

Fig. 10. — Electrophorégramme sur papier de lactosérum humain du cinquième jour, du quatrième et du cinquième mois (pH 8,9).

Fig. 11. — Electrophorégramme sur papier du lactosérum de lait de régression (dix-neuvième mois) (pH 8,9).

(1) C'est l'association d'une électrophorèse sur papier et d'une précipitation immunochimique en milieu gélifié. On commence par faire migrer le mélange d'antigènes sur une plaque de gélose, puis on ajoute l'antisérum dans une bande parallèle au sens de migration, et on laisse diffuser. Au bout d'un certain temps, de diffusion chaque antigène rencontre son anticorps et forme un précipité visible sous la forme d'une ligne opaque.

En mettant en contact colostrum humain, sérum humain et sérum de lapin anticolostrum, MARTIN DU PAN a mis en évidence quatre sortes d'antigènes dans le colostrum que l'on retrouve également dans le sérum humain.

F. — Modifications au cours des états pathologiques.

Nous avons tenté de comparer les diagrammes électrophorétiques de sérums sanguins et de lait dans différents états pathologiques. Les observations ne sont pas suffisamment nombreuses pour que nous puissions en tirer des conclusions.

Cependant, chez une femme présentant une pleurésie séro-fibrineuse, il existait une hyper- γ -globulinémie sanguine (25%) et une augmentation nette de la fraction globulinique du colostrum du 5^e jour (figure 12 — comparer avec le diagramme A de la figure 10).

Fig. 12. — A : Electrophorégramme sur papier du sérum sanguin d'une femme atteinte de pleurésie séro-fibrineuse (pH 8,9) ; B : Electrophorégramme sur papier de colostrum au cinquième jour.

G. — Modifications du diagramme au cours de la pasteurisation, de la stérilisation et la conservation du lait.

SLATTER et VAN WINKLE [50] ont constaté après 30 minutes de chauffage à 65° C., 75° C. et 85° C., des modifications électrophorétiques du lait de vache (diminution de mobilité des caséines α et β , ainsi que de la β -lactoglobuline ; diminution de concentration de la β -caséine et de la β -lactoglobuline ; élévation de la concentration de l' α -caséine). TOBIAS et coll. [51] en chauffant le lait de vache à 300° F. dans l'appareil de Mallory, ont observé les mêmes modifications. VANDEGAER et MIETTINEN [52] ont constaté que la stérilisation et à un degré moindre, la pasteurisation provoquaient des modifications du diagramme électrophorétique du lactosérum.

Nous avons étudié les modifications apportées aux électroprotéinogrammes par la conservation du lait. Deux composants seulement sont visibles sur les tracés : la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine. Les autres protéines invisibles sur les diagrammes ont été probablement insolubilisées par la dénaturation : ceci ne trouble d'ailleurs en aucune façon la valeur nutritive de ces laits industriels.

IV. — COMPOSÉS PROTÉIQUES DIVERS DU LAIT

Outre les constituants que nous venons d'étudier, on peut trouver également dans le lait de nombreux enzymes (amylase, lactase, xanthine-oxydase, lipase, phosphatase, lacto-peroxydase, etc...). On a aussi décelé un constituant de structure peu connue, la *lacténine* qui a la propriété d'inhiber la croissance d'un certain nombre de bactéries (streptocoques hémolytiques).

On peut isoler encore du lait par centrifugation différentielle des particules lipo-protéiniques dont la taille établie au moyen du microscope électronique, varie entre 30 et 200 m μ (MORTON [53]). Ces particules ont des propriétés identiques à celles des microsomes de la glande mammaire et c'est pour cette raison qu'on leur donne le nom de *microsomes de lait*. Ces « microsomes » contiennent 22 % de lipides totaux (surtout de phospholipides), des acides nucléiques et un hémochromogène qui est vraisemblablement le cytochrome C.

Les activités enzymatiques suivantes sont également associées à ces lipoprotéines : xanthine-oxydase, phosphatase alcaline, DPN-cytochrome-réductase.

V. — ACIDES AMINÉS ET PEPTIDES DU LAIT

Outre les protéines classiques (caséine, β -lactoglobuline, α -lactalbumine) et divers autres composés (enzymes et lacténine), le lait contient encore des acides aminés et des peptides.

Le lait de vache est moins riche (5,3 % d'azote non protéique)

en acides aminés et peptides que le lait de femme (18,5% d'azote non protéique) et que le colostrum humain (22,3%).

Nous avons étudié ces fractions dans le lait de femme au moyen de la chromatographie de partage sur papier, après passage du lait sur colonnes de résines à échange d'ions (technique de déminéralisation et de préparation des acides aminés et peptides des milieux biologiques de BOULANGER, BISERTE et COURTOT [54]). Nous avons, de cette façon, trouvé la plupart des acides aminés indispensables.

Nos résultats sont en accord avec ceux de BLOCK et BOLLING qui, en utilisant des méthodes microbiologiques, avaient noté un taux élevé de *leucine*, *valine*, *lysine*. Nous insistons, en plus, sur la richesse en acide glutamique libre (figure 13).

Fig. 13. — Chromatogramme bidimensionnel de la fraction amino-acide du lait humain.

Nous avons également décelé la présence de petits peptides : ces fractions peptidiques acides sont notamment riches en acide glutamique (figure 14).

Le rôle joué par la fraction azotée non protéique (acides aminés libres et peptides) dans la biosynthèse des protéines du lait est certainement de la plus haute importance.

Fig. 14. — Chromatogramme bidimensionnel des fractions peptidiques (C et D) du lait humain après hydrolyse totale.

RÉSUMÉ

Nous avons rassemblé dans cette revue les données actuelles sur les propriétés générales et la constitution chimique des protéides du lait (α -, β - et γ -caséine, β -lactoglobuline, α -lactalbumine et sérum-albumine).

Nous avons, d'autre part, étudié, au moyen de l'électrophorèse sur papier, ces divers constituants protéiques et défini notamment l'aspect du « diagramme-type » du lacto-sérum.

Nous avons enfin précisé la composition en acides aminés et en peptides du lait au moyen de la chromatographie de partage sur papier.

BIBLIOGRAPHIE

Une bibliographie plus complète existe dans la thèse de Guy FONTAINE « Les Protides du lait », Lille, 1954.

- [1] O. MELLANDER. *Upsala Lakareforen Fork*, **52**, 107, 1947.
- [2] W. G. GORDON, W. F. SEMMETT, R. S. CABLE et M. MORRIS. *Journal Am. Chem. Soc.*, **71**, 3293, 1949.
- [3] E. F. MELLON, A. H. KORN et S. R. HOOVER. *Journal Am. Chem. Soc.*, **75**, 1675, 1953.
- [4] P. A. LEVENE et D. W. HILL. *Journal Biol. Chem.*, **101**, 711, 1933.
- [5] O. MELLANDER et B. ISAKSSON. *Acta Soc. Med. Upsaliensis*, **55**, 239, 1950.
- [6] G. E. PERLMANN. *Phosphorus Metabolism*, **2**, 280, 1953.
- [7] G. E. PERLMANN. *Nature*, **174**, 273, 1954.
- [8] H. NITSCHMANN et W. LEHMANN. *Experientia*, **3**, 153, 1947.
- [9] T. L. MACMEEKIN. *Journal Milk and Food Tech.*, **15**, 57, 1952.
- [10] [37] [44]. E. L. SMITH. *Journal Biol. Chem.*, **164**, 345, 1946 ; **165**, 665, 1946 ; **171**, 355, 1947.

- [11] J. A. BAIN et H. F. DEUTSCH. *Arch. Biochem.*, **16**, 221, 1948.
- [12] H. G. WELLS et T. B. OSBORNE. *Journal Infectious Diseases*, **29**, 200, 1921.
- [13] C. CROWTHER et H. RAISTRICK. *Biochem. Journal*, **10**, 434, 1916.
- [14] G. A. YOUNG et N. R. UNDERDAHL. *Journal Immunol.*, **65**, 315, 1950.
- [15] M. L. ORCUTT et P. E. HOWE. *Journal Exptl. Med.*, **36**, 291, 1922.
- [16] JAMESON, ALVAREZ-TOSTADO SORTOR,
- [17] R. G. HANSEN et P. H. PHILLIPS. *Journal Biol. Chem.*, **171**, 223, 1947.
- [18] J. F. FORSTER, R. W. FRIEDEL, D. CATRON et DIECKMANN. *Arch. Biochem. Biophys.*, **31**, 104, 1951.
- [19] J. CAROLI et M. BESSIS. *Sem. Hôp. Paris*, **24**, 535, 1948.
- [20] L. CHRISTIAENS et M. GOUEMAND. *Sem. Hôp. Paris*, **26**, 3337, 1950.
- [21] L. HIRSZFELD et H. ZBOROWSKI. *C. R. Soc. Biol.*, **92**, 1253, 1925.
- [22] M. L. PETERMANN. *Journal Am. Chem. Soc.*, **68**, 106, 1946.
- [23] C. E. DENT et M. A. SCHILLING. *Biochem. Journal*, **44**, 324, 1949.
- [24] R. S. COMLINE, H. E. ROBERTS et D. K. TITCHEN. *Nature*, **167**, 561, 1951.
- [25] M. IR. LASKOWSKI et N. LASKOWSKI. *Journal Biol. Chem.*, **190**, 563, 1951.
- [26] R. MARTIN DU PAN, J. J. SCHEIDEGGER et H. ROULER. *Arch. Fr. Péd.*, **10**, 1013, 1953.
- [27] B. CAMPBELL, R. M. PORTER et W. E. PETERSEN. *Nature*, **166**, 913, 1950.
- [28] A. H. PALMER. *Journal Biol. Chem.*, **104**, 359, 1934.
- [29] G. ZWEIG et R. J. BLOCK. *Fed. Proc.*, **12**, 296, 1953 ; *Arch. Biochem. Biophys.*, **51**, 200, 1954.
- [30] B. D. POLIS, H. W. SHMUKLER, J. H. CUSTER et T. L. MACMEEKIN, *Journal Am. Chem. Soc.*, **72**, 4965, 1950.
- [31] R. R. PORTER. *Biochim. Biophys. Acta*, **2**, 105, 1948 ; *Biochem. Journal*, **46**, 304, 1950.
- [32] T. SVEDBERG et K. O. PEDERSEN. *The Ultracentrifuge*. Oxford. Univ. Press., London, 1940.
- [33] M. SÖRENSEN et S. P. L. SÖRENSEN. *C. R. Trav. Lab. Carlsberg Sér. Chim.*, **23**, n° 7, 1939.
- [34] W. G. GORDON et W. F. SEMMETT. *Journal Am. Chem. Soc.*, **75**, 328, 1953.
- [35] B. D. POLIS, H. SHMUKLER, J. H. CUSTER. *Journal Biol. Chem.*, **187**, 349, 1950.
- [36] S. MOORE et W. H. STEIN. *Journal Biol. Chem.*, **176**, 367, 1948.
- [38] W. G. STANLEY, A. C. ANDREWS et C. H. WHITNAH. *Journal Dairy Sci.*, **33**, 27, 1950.
- [39] [52] J. E. VANDEGAER et J. K. MIETTINEN. *Acta Chem. Scand.*, **7**, 1239, 1953.
- [40] [45] H. F. DEUTSCH. *Journal Biol. Chem.*, **169**, 437, 1947-
- [41] [43] [50] W. L. SLATTER et P. VAN WINKLE. *Journal Dairy Sci.*, **25**, 1083, 1952.
- [42] [51] J. TOBIAS, R. M. WHITNEY et P. H. TRACY. *Journal Dairy Sci.*, **35**, 1026, 1952.
- [46] C. V. HEYNDRIX et A. DE VLEESCHAUWER. *Biochem. Bio-Phys.*

- Acta*, **6**, 487, 1951; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **34**, 1016, 1952; *Experientia*, **8**, 317, 1952.
- [47] G. BISERTE et L. MASSE. *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 664, 1948.
- [48] R. MARTIN DU PAN. Les protéines du colostrum humain. Congrès International de Gynécologie et d'Obstétrique. Genève, 26 juillet 1954.
- [49] P. GRABAR. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **36**, 65, 1954.
- [53] R. K. MORTON. *Biochem. Journal.*, **57**, 231, 1954.
- [54] P. BOULANGER, G. BISERTE et F. COURTOT. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **34**, 366, 1952.

PROBLÈMES ACTUELS DE LA TECHNOLOGIE DES CONSERVES DE LAIT (*fin*)

par

JEAN PIEN

Ingénieur Chimiste Docteur ès-Sciences
Directeur des Laboratoires de la Laiterie des Fermiers Réunis
Saint-Ouen (France)

LES TECHNIQUES IDÉALES DE STÉRILISATION DU LAIT

1° La stérilisation en flux continu.

Les données du problème portent, en elles-mêmes, la condamnation de principe de la stérilisation du lait dans les récipients de vente. La nécessité de stériliser le lait à haute température pendant un temps très court implique l'adoption de la *stérilisation du lait liquide en flux continu*.

Ce but peut être atteint de deux façons :

— Chauffer le lait « indirectement » en le faisant circuler, comme dans les pasteurisateurs classiques, entre des plaques ou entre deux tambours concentriques ou à l'intérieur de tubes (rectilignes ou en forme de serpent) chauffés extérieurement par de la vapeur ou de l'eau chaude sous pression ;

— Chauffer le lait « directement » par contact immédiat lait-vapeur (soit par injection de vapeur dans le lait, soit par pulvérisation du lait dans une enceinte de vapeur).

Nous n'avons pas l'intention de décrire ici en détail les nombreux appareils, bien connus pour la plupart, qui permettent l'application de ces deux groupes de techniques. Nous nous contenterons d'énumérer les principaux d'entre eux et d'indiquer les avantages et les inconvénients des principes sur lesquels ils reposent.