

139. VAN SLYKE, HARDING et HART. — A study of enzyme in cheese, Bull. 203 (*Agr. Exp. Sta. Geneva*), an. in *Rev. gén. Lait*, I, p. 330, 1902).

140. VASLIN (P.). — Le salage des Camemberts en bain de saumure (*Le Lait*, V, p. 113, 1925).

141. VIRTANEN (A.). — Sur la dégradation de la caséine par les *bact. casei* et les *lactocoques* (*Soc. Scientiar. Fennica Commentationes physic. matemat.*, LXI, p. 13, 1923).

142. VOJKIEWICZ (A.). — Sur la physiologie des bactéries lactiques (*Bul. stat. agro. bact. de Moscou*, XXIV, p. 113, 1926).

143. WEIDEMANN (C.). — Morphologische Beschreibung einiger *Penicillium*. — Arten (*Penicillium camemberti*, THOM, *Central. f. Bakt.*, II, XIX, p. 758, 1907).

144. WOLF (W.) et BERBERICH (F.). — Der Einfluss des Salpeters auf die Qualität des Käses (*Molk. Zeit.*, XXII, p. 52, 1908).

---

## LA MÉTHODE SYNTHÉTIQUE DANS L'ÉTUDE DU LAIT LE LAIT AU POINT DE VUE COLLOIDAL. RECHERCHES SUR LE MÉCANISME DE L'ACTION DE LA PRÉSURE

par Ch. PORCHER,

Docteur ès sciences physiques

(Suite)

### LA CONSTRUCTION D'UN LAIT SYNTHÉTIQUE EN ALLANT DU SIMPLE AU COMPOSÉ

Dans la première partie de ce travail, nous avons montré comment il fallait entendre l'étude synthétique du lait. Nous avons jeté des idées générales auxquelles il faut donner un corps. Maintenant que nous possédons des éclaircissements sur le mécanisme d'action de la présure, que nous avons discerné ses stades, donné à chacun d'eux la signification qui lui appartient en propre, montré leur indépendance en même temps que leur filiation, nous sommes mieux armé pour nous élever du complexe : *caséinate de calcium + phosphates de calcium, au lait lui-même*. Plusieurs tentatives ont été faites pour préparer des liqueurs qui, par leurs réactions, puissent se rapprocher du lait lui-même et permettre ainsi de comprendre comment la sécrétion naturelle mammaire se comporte vis-à-vis de tel ou tel réactif, chimique ou biochimique. Mais nous devons reconnaître que ces tentatives ont toujours eu quelque chose d'incomplet. Elles n'étaient pour ainsi dire que des ébauches, et si elles semblaient donner satisfaction d'un côté, par d'autres, elles ne répondaient pas aux conditions du problème que l'on doit se poser en une pareille matière. De ce que nous avons obtenu un complexe qui par sa composition chimique et par sa façon de réagir vis-à-vis de la présure se rapproche étonnamment, pour ne pas dire plus, du complexe

naturel, nous ne sommes pas encore en droit d'avancer que nous avons là un lait complet. Nous avons sans aucun doute réalisé le plus difficile. Puisque nous savons comment ce complexe réagit sous l'action de la présure, comment il se comporte vis-à-vis des sels alcalins, alcalino-terreux, des ions Ca et des ions H, associés ou non au lab-ferment, nous voyons qu'en partant de ce complexe nous n'aurons plus maintenant qu'à y ajouter les sels qui sont autour de lui dans la sécrétion naturelle, — nous entendons parler du lait moyen, — et à juger successivement de l'influence de l'apport de tel ou tel d'entre eux. Avant de considérer l'état final au point de vue auquel nous nous plaçons, c'est-à-dire **complexe + ensemble salin total**, nous aurons à voir si l'ordre de succession de ces apports n'a pas quelque influence. *A priori*, nous ne le pensons pas, mais si nous soulevons cette question, c'est simplement pour mettre celui qui voudrait l'étudier en garde contre des difficultés d'exécution dans l'obtention du système lacté. Il est quelques artifices auxquels il faut penser, mais y avoir recours ne saurait modifier en quoi que ce soit l'équilibre final dont la qualité doit être guidée essentiellement par ce fait que la liqueur que nous voulons obtenir doit ressembler étrangement au lait par toutes ses propriétés.

Nous avons dans le lait, à côté du complexe et du système salin minéral, du lactose, de l'azote non protéique. Nous aurons à les ajouter lors de la préparation du complexe qui, dans ce cas, pourrait tout aussi bien partir non plus de l'eau distillée, mais d'une solution préalablement faite de lactose et d'azote non protéique. Ce sucre et ce dernier ensemble assez complexe renfermant urée, acides-aminés, etc. n'ont qu'une influence extrêmement réduite, sinon négligeable sur le phénomène de l'emprésurage. Encore une fois, si nous revenons sur ces choses, c'est parce qu'elles sont vraiment importantes pour faire comprendre le haut intérêt de toutes les recherches sur le lait par la voie synthétique.

Si nous partons du complexe phosphatique, tel que nous savons le préparer, que faut-il pour arriver au lait ? Évidemment, lui ajouter ce qui manque ; nous pouvons le ranger sous trois chefs différents :

1° Des **éléments indifférents** dont la présence ne réagit pas essentiellement sur l'emprésurage : temps de prise et aspect du caillé ; ce sont le lactose et l'azote non protéique.

2° Des **éléments salins** qui sont faits de sels *calciques, magnésiens, potassiques et sodiques*, et dont les acides sont : *acide phosphorique, acide citrique, acide chlorhydrique, acide sulfurique et acide carbonique*.

3° Des **protéines autres que la caséine** : *albumine et globuline*.

**Les substitutions possibles dans l'édification du lait synthétique.** — Étant donnée la grande analogie du magnésium et du calcium dans leur façon de réagir biochimiquement, on peut, avons-nous dit, substituer au magnésium une quantité correspondante moléculairement parlant de calcium. C'est ce que nous avons fait.

Nous savons également qu'il y a dans le lait des phosphates mono- et bi-potassique qui sont les principaux facteurs de l'acidité actuelle. En fait, au potassium, nous pourrions très bien substituer le sodium, sans que cela changeât les réactions biochimiques de l'ensemble. Mais si nous nous plaçons au point de vue de la nutrition, nous savons que cette substitution ne saurait être valable, le lait apportant au jeune la potasse qui lui est nécessaire.

*Dans l'étude synthétique du lait, des substitutions sont donc possibles du côté des cations, mais rien de semblable ne peut être envisagé du côté des anions.* Il est vrai qu'à l'acide phosphorique, on peut substituer l'acide arsénique dans le complexe, mais nous ne saurions, sur ce point, aller plus loin.

Bref, il faudra dans le lait synthétique les mêmes proportions d'acide phosphorique, d'acide chlorhydrique, d'acide sulfurique, — et peut-être peut-on se passer des sulfates — d'acide citrique et d'acide carbonique, que celles de la sécrétion naturelle.

Si nous envisageons maintenant la troisième sorte d'éléments qui entourent le complexe dans le lait : les protéines autres que la caséine, ici, *il n'y a plus de substitution possible.*

Dans notre travail avec CHEVALLIER, nous avons d'abord pensé à remplacer l'albumine du lait par de la gélatine. C'était là une erreur, parce qu'*il n'y a aucune analogie biochimique entre la gélatine et l'albumine*, et aussi parce que le pouvoir protecteur est beaucoup plus considérable chez celle-là que chez celle-ci. De plus, il ne faut pas oublier qu'à côté de l'albumine, il y a de la globuline ; le taux en est très faible dans le lait de vache, si faible que l'action protectrice si marquée de cette protéine peut être ici négligée. Mais nous aurions tort de raisonner de la même façon pour tout autre lait que le lait de vache, parce qu'il est des sécrétions mammaires d'espèces autres dont le taux en globuline est très élevé. En dehors de la femme, citons encore la chienne, et citons enfin, en dehors des laits proprement dits, mais ayant avec eux des rapports étroits de continuité, les colostrums.

Nous avons peut-être été le premier à appeler l'attention sur la haute importance de l'étude synthétique du lait. Aussi est-ce avec un vif plaisir que nous avons vu W. M. CLARK (19) rappeler nos recherches sur ce point et insister sur ce qu'avait de fécond la voie que nous avons indiquée. Dans la première partie de cette étude, nous avons montré que les critiques que CLARK nous avait adressées étaient, quand on les regarde de près, plutôt de forme. Nous estimons qu'il y a dans le lait tel et tel sel. CLARK parle d'ions, mais, au fond, lorsqu'il veut réaliser un lait synthétique, les quantités qu'il emploie de bases et d'acides dont l'union aboutira dans la liqueur à des sels néoformés, correspondent sensiblement à celles que nous avons données nous-mêmes. *D'ailleurs, ce qui importe, c'est l'état final.* Qu'il soit réalisé de telle ou telle façon,

quels que soient, en somme, les états intermédiaires, dès l'instant où les mêmes masses sont en présence, nous aboutissons à un édifice toujours comparable à lui-même.

Nous avons parlé plus haut de l'ordre de succession des apports salins au complexe et montré que si cela avait quelque importance, ce n'était pas au point de vue dogmatique, mais à celui de la préparation du lait synthétique. CLARK a bien le soin d'entrer dans des développements semblables dans son travail.

Il est certain que si nous ajoutons le citrate de calcium dont le taux dans le lait naturel est tel que ce sel y est près de la maturation, sous la forme de citrate tri-calcique antérieurement préparé, nous éprouverons quelques difficultés pour le dissoudre entièrement. Mais si nous apportons l'acide citrique dans une liqueur calcique chargée d'un supplément de chaux correspondant à la quantité qui existe dans le citrate tricalcique, nous obtiendrons de bien meilleurs résultats. L'action protectrice du complexe, à laquelle peut s'ajouter celle de l'albumine, ne peut en outre que faciliter la stabilisation du citrate néoformé.

CLARK a remplacé l'albumine et les autres protéines en général par leur équivalent de caséine. Nous avons montré que cette substitution ne saurait être admise, en raison des différences si grandes des propriétés de ces protéines.

L'intérêt du travail de CLARK réside, pour une autre part, dans certaines considérations qu'il se plaît à faire valoir. Il s'étonne, — et à bon droit, dirons-nous — que dans la littérature considérable sur le lait, il n'existe que fort rarement une analyse suffisamment complète, et en même temps bien interprétée, pour convenir au travail qui la renferme.

**L'insuffisance le plus souvent des analyses du lait.** — Tous ceux qui veulent s'employer à regarder les choses de très près sont surpris, en effet, des lacunes considérables que la littérature scientifique du lait présente. Que de choses oubliées dans une analyse qui a la prétention de répondre à tout ! En général, elle ne vise qu'un point particulier de l'étude du lait ; cela peut suffire pour l'objectif poursuivi, notamment lorsqu'il s'agit de dépister la fraude, mais trop souvent l'analyse passe à côté, délibérément ou par ignorance, de données qu'il eût été des plus intéressant de relever. Même en nous plaçant sur le terrain que nous venons de rappeler, celui de la recherche des fraudes, on s'aperçoit tous les jours davantage que les documents officiels qui servent de guide aux chimistes chargés de se prononcer sont d'une indigence regrettable. On y ajoute bien de temps en temps une donnée nouvelle, mais derrière l'ensemble, on voit difficilement l'unité de doctrine, la claire compréhension des liens rattachant tous les dosages les uns aux autres. Plusieurs langages doivent être tenus pour l'interprétation des chiffres : physico-

chimique, biochimique et cytologique ; or ils s'ignorent le plus souvent, alors qu'ils devraient s'épauler.

Ces quelques critiques ne sauraient toucher cependant à l'essentiel de la technique utilisée pour caractériser les fraudes du lait, puisque celle-ci suffit le plus souvent, bien qu'on souhaitât qu'elle se rajeunisse parfois. Elles s'adressent plutôt à certains cas particuliers qui, reconnaissons-le, se multiplient davantage devant les exigences de la précision dans l'interprétation et la diagnose.

Quoi qu'il en soit, *une analyse complète du lait* ne saurait, pour beaucoup de raisons que nous n'avons pas à relever ici, être pratiquée pour le plus grand nombre des besoins de la science appliquée ou de la pratique. Mais, lorsqu'il s'agit de recherches visant l'obtention d'un lait synthétique, cette fois, il ne faut négliger aucune des indications que peuvent nous fournir les moyens d'investigations qui empruntent leur discipline et leurs instruments à la chimie, à la physique, à la biochimie, etc... Les données les plus récentes acquises dans le domaine des colloïdes, dans celui de la physico-chimie, doivent se rencontrer, avec leur valeur numérique moyenne, dans les liqueurs qui ont la prétention d'être des laits synthétiques.

CLARK montre la nécessité de satisfaire **l'équilibre acide-base** qui résulte du jeu réciproque de certains sels du lait : phosphates, citrates, carbonates. C'est une donnée qui vient s'ajouter à celles que nous ont apportées la détermination du pH et, antérieurement, celles de la concentration moléculaire ( $\Delta$ ), de la résistivité ( $r$ ), de l'indice de réfraction du sérum ( $n$ ), de la viscosité, etc. La préparation d'un lait synthétique nous conduit, pour une température donnée, à un équilibre, mais il faut que, par la composition de ce lait, par les circonstances qui ont présidé à sa formation, nous puissions prévoir sous l'action de températures plus élevées, tels déplacements d'équilibre, de même qualité et de même ordre de grandeur que ceux que le chauffage parallèle de la sécrétion naturelle nous permettrait de constater.

Nous avons fait remarquer, au début de ce travail, combien nombreuses étaient les exigences auxquelles devait répondre un lait synthétique. Nous ne nous sommes pas contenté d'en satisfaire une, ou du moins quelques-unes seulement, mais bien le plus grand nombre, car nous estimons —, et il y a déjà plusieurs années que notre opinion a été nettement formulée à ce sujet, — que *le lait synthétique doit être la réplique, par toutes ses données chimiques, physiques et biochimiques, du lait naturel.*

Par anticipation, nous nous sommes trouvé d'accord avec W. KOPACZEWSKI (303) qui, dans l'introduction de son livre sur les ions hydrogène, raille l'esprit de certaines études de biologie moderne, devant ce qu'il

(303) W. KOPACZEWSKI. — *Les ions d'hydrogène. Signification. Mesure. Applications. Données numériques.* Gauthier-Villars Ed., Paris, 1926.

appelle « l'avalanche de travaux consacrés à la concentration en ions hydrogène par les biologistes et les médecins ». Il ajoute : « Aujourd'hui, tout est conditionné par l'acidité réelle ; jadis tout dépendait de la concentration moléculaire ; hier  $\Delta$ , aujourd'hui  $pH$ , en passant par l'indice de réfraction, par la viscosité, etc... Pourtant le simple bon sens doit dicter qu'un seul facteur physique ou chimique ne peut jamais être ce *Deus ex machina*. »

Aussi, en revenons-nous à ce que nous disions plus haut et dans les premières pages de notre étude : les données nouvelles si précieuses comme celles du  $pH$ , de l'équilibre acide-base qui lui est intimement lié, ne sauraient suffire à elles seules à fixer la qualité d'une liqueur à expérimenter. Aucune notion, encore une fois, ne doit être négligée, et si nous parvenons à faire par synthèse un liquide qui satisfasse à toutes les données auxquelles répond la sécrétion naturelle, nous sommes en droit de dire que nous approchons la vérité d'une telle façon que nous faisons plus que la côtoyer, et cela donne une singulière force aux conséquences des recherches qui peuvent porter sur ce liquide.

Si nous connaissons — et ceci, nous pouvons le dire maintenant, — l'influence que peut avoir l'addition de tel ou tel sel au complexe, nous sommes moins fixé sur celle qui découle de l'addition à ce complexe de l'albumine et de la globuline. Nous savons bien que les colostrums de vache sont riches en albumine et en globuline, ce qui gêne leur coagulation par le lab, que le lait de femme contient presque autant d'albumine + globuline que de caséine, mais on ne s'est pas appliqué à disséquer convenablement, dans l'apport protéinique étranger à la caséine, les influences qui relèvent respectivement de l'albumine et de la globuline. Nous nous y emploierons quand, très rapidement, nous jetterons un coup d'œil sur le lait de femme réalisé synthétiquement, mais auparavant, nous allons exposer quelques expériences —, les premières faites par nous dans cette voie, — dans lesquelles nous nous sommes contenté d'ajouter du sérum sanguin au lait ou au complexe phosphatique.

### L'ADDITION DU SÉRUM SANGUIN AU LAIT

Le sérum est un liquide lui-même très complexe, mélange d'albumine et de globuline en proportions notables. De son addition au lait résultent quelques conséquences qui ne sont pas dépourvues d'intérêt. Elles n'auront pas la même portée que celles que nous tirerons de l'étude synthétique du lait de femme, mais du moins, nous serviront-elles à aborder cette dernière avec plus de profit.

Nous rappellerons la division des laits en *albumineux* et *caséineux* selon le sens des proportions relatives de la caséine vis-à-vis des deux autres protéines qui s'y trouvent associées.

Les *laits albumineux* sont ce que l'on appelait autrefois, et que l'on appelle encore dans les livres de médecine, **les laits faibles**, les laits

*caséineux* par opposition, sont dits **laits forts**. *Faibles*, ceux-là, parce que sous l'action de la présure, ils ne coagulent pas du tout ou, du moins s'ils le font, ne fournissent-ils qu'un coagulum extrêmement mou, facile à émietter; *forts*, ceux-ci, parce que, dans les mêmes circonstances, le coagulum est ferme et se résout plus difficilement en petits fragments.

Puisque la forte proportion de l'albumine et de la globuline dans les laits de femme et d'ânesse influence considérablement leur façon de se comporter vis-à-vis de la présure, il nous reste à voir de quelle manière. Enregistrer les faits est bien, en fournir l'explication est mieux. Il importera de différencier ici l'albumine de la globuline, ainsi que nous le faisons pressentir plus haut, mais voyons déjà les expériences que nous avons faites avec le sérum sanguin, sérum de sang de vache, bien entendu, dans lequel albumine et globuline sont mélangées.

Pour opérer dans des conditions toujours identiques, les recherches entreprises ici pouvant durer plusieurs jours, nous nous sommes adressé à la poudre de lait préparée « par brouillard », selon le procédé KRAUSE.

100 grammes de poudre sont dissous dans une quantité d'eau suffisante pour faire 500 cm<sup>3</sup>; nous avons ainsi ce que nous pouvons appeler un *lait double*. On ajoute 1 gramme de CaCl<sup>2</sup> de façon à faciliter la coagulation et à neutraliser en quelque sorte la faible influence retardatrice sur l'empresurage acquise au cours de la dessiccation du lait par ce procédé. Quand on additionnera au lait dit *double* son volume d'eau pour le ramener à la dilution ordinaire du lait, le taux du Ca Cl<sup>2</sup> au litre ne sera plus que de 0 gr. 50, quantité généralement suffisante pour que le lait courant reconstitué en partant de la poudre Krause coagule nettement par la présure.

On fait les mélanges suivants :

|     |                                   |   |                                 |   |                         |
|-----|-----------------------------------|---|---------------------------------|---|-------------------------|
| I   | 50 cm <sup>3</sup> de lait double | + | 50 cm <sup>3</sup> de sérum pur | + | 0 cm <sup>3</sup> d'eau |
| II  | 50                                | » | + 30                            | » | + 20                    |
| III | 50                                | » | + 20                            | » | + 30                    |
| IV  | 50                                | » | + 10                            | » | + 40                    |
| V   | 50                                | » | + 5                             | » | + 45                    |
| VI  | 50                                | » | + 0                             | » | + 50                    |

Avec ces mélanges, nous allons porter notre attention sur deux faits principaux :

a) *L'influence du sérum sur le chauffage du mélange au B-M bouillant pendant 15 minutes, comme si nous voulions préparer du sérum chloruro-calcique, mais sans addition nouvelle de CaCl<sup>2</sup>.*

b) *L'influence du sérum sur l'empresurage.*

#### Influence de l'addition de sérum sur le chauffage.

LAIT I. — Coagulum ferme, liquide d'exsudation limpide légèrement opalescent.

LAIT II. — Coagulum moins ferme, liquide d'exsudation blanc jaunâtre, petites particules coagulées en suspension.

LAIT III. — Coagulum mou, liquide d'exsudation trouble.

LAIT IV. — Pas de coagulation; à l'examen microscopique, quelques rares particules visibles; à l'examen ultra-microscopique, floculation débutante, mais difficile à saisir.

LAITS V et VI. — Ne présentent aucune trace de coagulation.

La quantité de  $\text{CaCl}_2$  ajoutée dans la solution de la poudre de lait n'est donc pas suffisante, ainsi qu'on le constate, pour provoquer la coagulation à l'ébullition du lait non additionné de sérum.

**Influence de l'addition de sérum sur l'emprésurage.**

TABLEAU CXIII

| Lait | I   | Temps de prise | Aspect des caillés |
|------|-----|----------------|--------------------|
|      | I   | 1 m. 55 sec.   | caillé mou         |
| »    | II  | 1 m. 25 sec.   | id. peu ferme      |
| »    | III | 1 m. 00 sec.   | id. assez ferme    |
| »    | IV  | 45 sec.        | id. assez ferme    |
| »    | V   | 35 sec.        | id. ferme          |
| »    | VI  | 20 sec.        | id. ferme          |

L'expérience a été recommencée, mais au lieu de prendre 50 cm<sup>3</sup> de lait double, nous avons pris 50 cm<sup>3</sup> de lait dit simple, c'est-à-dire provenant de la dilution du lait double avec son propre volume d'eau. Or, comme la poudre de lait maigre renferme toujours une assez forte proportion d'humidité, 7 à 8 pour 100, nous avons, en prenant 100 grammes de poudre, un extrait dégraissé qui répond à celui des laits écrémés courants :

| Lait | I   | 50 cm <sup>3</sup> de lait simple | + 50 cm <sup>3</sup> de sérum | + 0 cm <sup>3</sup> d'eau |
|------|-----|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| »    | II  | 50                                | + 30                          | + 20                      |
| »    | III | 50                                | + 20                          | + 30                      |
| »    | IV  | 50                                | + 10                          | + 40                      |
| »    | V   | 50                                | + 5                           | + 45                      |
| »    | VI  | 50                                | + 0                           | + 50                      |

TABLEAU CXIV

**Emprésurage des mélanges ci-dessus :**

| Lait | I   | Temps de prise | Aspect des caillés            |
|------|-----|----------------|-------------------------------|
|      | I   | 3 min. 40 sec. | Caillé mou se rétractant bien |
| »    | II  | 2 min. 30 sec. | Caillé peu ferme              |
| »    | III | 2 min. 05 sec. | id.                           |
| »    | IV  | 1 min. 55 sec. | id.                           |
| »    | V   | 1 min. 30 sec. | id.                           |
| »    | VI  | 0 min. 50 sec. | Caillé ferme.                 |

Si l'on chauffe à 100° pendant 15 minutes les laits ci-dessus, nous obtenons un coagulum ferme avec sérum limpide pour le lait I, un coagulum mou pour le lait II, et à partir de III, nous n'avons pas de coagulum en masse, seulement des petits flocons qui nagent dans le liquide. Avec le lait IV, et *a fortiori* avec le lait V et le lait VI, il n'y a pas d'altération sensible.

Dans une troisième série d'expériences, pour une même quantité de sérum, nous avons fait varier cette fois la quantité de lait. Nous avons donc procédé à l'inverse de ce qui a été fait dans les deux expériences qui précèdent.

|                         | Lait               | Sérum              | Eau                |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| I Lait double           | 50 cm <sup>3</sup> | 25 cm <sup>3</sup> | 25 cm <sup>3</sup> |
| II id. : 40 + eau : 10  | 50                 | 25                 | 25                 |
| III id. : 30 + eau : 20 | 50                 | 25                 | 25                 |
| IV id. : 25 + eau : 25  | 50                 | 25                 | 25                 |
| V id. : 20 + eau : 30   | 50                 | 25                 | 25                 |
| VI id. : 10 + eau : 40  | 50                 | 25                 | 25                 |

Examinons successivement l'action du chauffage et de la présure sur ces mélanges

#### Chauffage pendant 100 minutes à 10° :

- I Caillé mou, pas de liquide d'exsudation,
- II Caillé plus mou encore,
- III Coagulation extrêmement tenue, petits flocons disséminés dans le liquide qui est visqueux ;
- IV Pas de flocons disséminés dans le liquide, faibles coagulats adhérents aux parois du tube.
- V et VI. Même aspect que le IV.

#### Action de la présure :

| Temps de prise   | Aspect des caillés                                 |
|------------------|--|
| I 0 m. 35 sec.   | Caillé peu ferme, liquide d'exsudation limpide ;   |
| II 1 m. 30 sec.  | Caillé moins ferme, liquide d'exsudation limpide ; |
| III 3 m. 00 sec. | Caillé mou, liquide d'exsudation limpide ;         |
| IV 4 m. 00 sec.  | id.  |
| V 5 m. 20 sec.   | id.  |
| VI               | Ne coagule que très lentement : plus de ½ h.       |

De cette suite d'expériences, nous pouvons conclure que, lorsque nous avons une même quantité de sérum sanguin en face de quantités variables de lait, la consistance du coagulum obtenu à l'ébullition va en diminuant depuis la plus forte proportion de lait jusqu'à la plus faible. C'est ce qui essort très nettement de la dernière série d'expériences.

Ceci, au premier abord, peut nous paraître paradoxal, car on pourrait *a priori* penser que la consistance du coagulum est d'autant plus ferme et la coagulation d'autant plus marquée que croît la quantité des protéines coagulables du sang par rapport à celle des protéines du lait.

L'explication en est facile à donner et nous allons la trouver dans une expérience qui consiste à porter seul au B-M bouillant le sérum pur de sang, renfermant par conséquent sa globuline, son albumine et ses matières salines.

Ce sérum additionné de son volume d'eau et porté au B.M. bouillant ne donne qu'une légère opalescence sans coagulum. Si on ajoute très peu de lait, comme c'est le cas dans l'expérience VI de la dernière série, il ne coagule pas davantage ; c'est

que la dilution du lait ajouté au sérum est ici considérable. En effet, à 10 cm<sup>3</sup> de lait double, on a ajouté selon les indications du tableau VI, d'abord 40 cm<sup>3</sup> d'eau avant le mélange avec le sérum, et 25 cm<sup>3</sup> après le mélange, ce qui fait 10 cm<sup>3</sup> de lait double contre 65 cm<sup>3</sup> d'eau, soit 20 cm<sup>3</sup> de lait simple amenés au volume de 75 cm<sup>3</sup>; le volume du lait simple, après dilution, est 3,75 fois celui du lait originel.

Si le mélange VI ci-dessus ne coagule pas mieux en présence de cette faible quantité de lait que lorsqu'il est additionné d'eau, c'est parce que l'apport salin fait par le lait en chlorures, en phosphates, en citrates, sels qui favorisent la coagulation du sérum par la chaleur, est fort réduit. On sait, en effet, que pour réaliser la coagulation des dilutions sériques par la chaleur, il faut la présence de certains sels à un taux donné.

Si à du sérum sanguin de vache, dilué de son volume d'eau, on ajoute des proportions croissantes de chlorure de sodium et qu'on porte ensuite au B-M bouillant, on constate, alors que le sérum simplement dilué est devenu opalescent et ne coagule pas, que les autres sérums se troublent, puis coagulent d'autant mieux qu'ils sont plus riches en NaCl.

Si à la place de NaCl, nous prenons des *phosphates bi- et mono-potassiques*, la coagulation est encore mieux marquée, surtout avec le phosphate mono-potassique dont l'acidité est accusée.

Bref, de ces essais soulignés par des résultats connus d'ailleurs depuis longtemps, il résulte que *les sels normaux du lait, à n'en pas douter, aident la coagulation du sérum sanguin*. En conséquence, plus grande sera la quantité de lait vis-à-vis d'une même quantité de sérum, plus la fermeté des coagulums au B-M bouillant sera grande.

L'idée d'employer du lait *double* a permis de constater qu'avec de fortes proportions de sérum, on obtenait un coagulum ferme et très rétractile, parce que, justement, grâce au lait *double* on apportait des quantités également importantes de sels.

Ces expériences, quoique simples, comportent des conséquences d'un réel intérêt.

**Le colostrum et sa charge saline.** — Le colostrum est un liquide d'une composition très variable, car si l'on peut dire que pour une espèce donnée, au cours d'une lactation, le lait, sauf la matière grasse, reste sensiblement semblable à lui-même, si l'on peut avancer, par conséquent, que pour cette espèce, il est un *lait-type*, on ne saurait dire qu'il est un *colostrum* également *type* correspondant. Il est toute une série de colostrums se différenciant par leurs compositions chimiques, ce qui permet de passer graduellement de l'un à l'autre. Cependant, il est facile de donner du colostrum une image qui l'éloigne nettement du lait, en le considérant comme un mélange de lait avec du sérum sanguin; c'est admettre, que dans le colostrum, à côté de la caséine, nous trouvons des proportions très fortes d'albumine et de globuline. Il arrive même que le quantum des protéines non-caséine est supérieur à celui de la caséine. Et, dans ce

cas, *le colostrum coagule nettement à l'ébullition. S'il le fait, c'est parce que sa charge saline est forte.*

**L'ÉBULLITION DU LAIT ET LES RAPPORTS DU COMPLEXE ET DE L'ALBUMINE.** — A la lumière des faits que nous venons de relever dans l'action de la chaleur sur les mélanges de lait et de sérum, il y a lieu d'examiner, en restant sur le même terrain, les rapports du complexe et de l'albumine lorsqu'on fait bouillir le lait.

Il faut nous rappeler que : 1° le sérum d'emprésurage du lait cru, 2° le sérum obtenu par saturation sulfato-magnésienne du même lait ; 3° le sérum total de ce lait après filtration sur bougie de porcelaine, contiennent l'albumine. Au contraire, si le lait a été bouilli, les mêmes liqueurs : le sérum d'emprésurage —, et l'emprésurage doit être facilité ici, vu l'ébullition antérieure, par un peu de chlorure de calcium (304) —, le sérum sulfato-magnésien et le sérum de filtration sur bougie de porcelaine n'en contiennent plus.

Il est facile de s'expliquer ce qui se passe ici. L'albumine, qui affecte, comme nous le savons, l'état colloïdal moléculaire, coagule déjà avant l'ébullition, mais un lait bouilli ne se distingue pas objectivement d'un lait cru. Sans doute est-il un peu plus porcelanique —, et nous savons pourquoi —, mais on n'y décèle pas la précipitation de l'albumine dans les conditions courantes ; les fins coagulats ne sont pas visibles car, en se formant, ils se sont collés sur le complexe qui les entraînera dans sa propre précipitation, quelles que soient les conditions dans lesquelles cette dernière s'effectue. L'action de la chaleur change donc l'aspect de la dispersion des solutions de colloïdes comme l'albumine, et en fait des dispersions à grosses particules facilement entraînaibles lors de la coagulation du complexe.

**Les laits normaux (chiennne) qui coagulent par la chaleur.** —

Il est clair que si les proportions d'albumine dans le lait deviennent considérables, l'action de la chaleur à l'ébullition affectera un tout autre aspect. On sait que certains laits, particulièrement riches en albumine, tel que le lait de chienne, — qu'on pourrait donc appeler laits *hyperalbumineux* —, que très souvent le colostrum, notamment lorsqu'il est très près de la délivrance, par conséquent chargé en albumine et globuline, coagulent à l'ébullition. Il ne s'agit pas d'un coagulum compact, ferme, comme peuvent nous le donner des solutions d'albumine d'œuf, mais d'une masse molle, faite de coagulats diffluent. Jeté sur un filtre, le liquide qui passe est un peu trouble, mais s'éclaircit après plusieurs passages ; il ne contient ni graisse, ni caséine.

Lorsque nous portons à l'ébullition du lait normal de vache, ce sont les **coagulats invisibles** d'albumine qui se collent sur le complexe,

(304) J. KLEIN et A. KIRSTEN. — Weitere Versuche betreffend die Herstellung von Käsen aus erhitzter Milch. *Milch. Ztg.* 1901, n° 1, 2, 3.

lequel les entraîne lors de sa propre coagulation (action de la présure) ou précipitation (saturation sulfato-magnésienne), ou encore séparation pure et simple (filtration sur bougie de porcelaine); il n'y a pas assez d'albumine pour déterminer des caillots visibles. Mais la situation est toute différente avec des laits ou des colostrums riches en colloïdes coagulables par la chaleur. Il va se faire, cette fois, des **coagulats visibles** et ce sont eux maintenant qui entraîneront, lors de leur formation, le complexe et la matière grasse. Il y a comme un renversement de la situation, quand on compare l'action de la présure et celle de la chaleur sur les laits ordinaires, d'une part, les laits très albumineux ou certains colostrums, d'autre part.

Dans le lait ordinaire de vache, l'albumine protège dans une mesure restreinte, il est vrai, le complexe vis-à-vis de la présure, mais *c'est elle qui est protégée par ce dernier, du moins visiblement, quand on porte à l'ébullition.*

Dans les laits riches en albumine, celle-ci protège bien, et nettement cette fois, le complexe vis-à-vis de la présure au point de s'opposer à la formation d'un caillé visible, mais *cette protection cesse à l'ébullition*; les coagulats albumineux entraînent le complexe et la graisse présents.

Il est facile expérimentalement de se placer devant tous les cas possibles. Il suffit, pour cela, de procéder à des mélanges de lait et de sérum sanguin en proportions variables. Nous n'insisterons pas davantage sur ce point particulier et nous nous contenterons d'indiquer le *rôle important que joue la charge saline dans la coagulation par la chaleur.* Celle-ci est facilitée par la présence de certains sels et par leur taux. Des mélanges semblables de complexe et de sérum coaguleront différemment, selon la nature et l'importance de leur charge saline. Les laits normaux très albumineux, les laits de rétention, les colostrums, les laits mammitieux nous donneront à l'ébullition toute une gamme d'aspects différents que l'expérimentation, dont nous venons d'indiquer les grandes lignes, nous permet d'expliquer.

**L'action des ions H et des ions Ca sur l'emprésurage du lait additionné de sérum sanguin.** — Le sérum sanguin étant alcalin, d'un  $pH > 7$ , son addition en forte proportion au lait abaisse évidemment l'acidité de ce dernier. Aussi était-il intéressant de voir ce que donnerait l'addition de HCl et de  $CaCl_2$ , c'est-à-dire d'une part, d'ions H, d'autre part, d'ions Ca, ainsi que la combinaison de ces deux espèces d'ions sur des mélanges de lait et de sérum sanguin.

**1<sup>re</sup> Expérience.** — Du lait est additionné de son volume de sérum pur; c'est ce que nous appellerons le *témoin*. A ce lait témoin, nous apportons des quantités variables de HCl pour augmenter son acidité.

TABLEAU CXV

Addition de HCl

|        | Degré D | pH   | Temps de prise |
|--------|---------|------|----------------|
| Lait I | 10°     | 6,92 | 2 min. 10 sec. |
| » II   | 14°     | 6,61 | 1 min. 25 sec. |
| » III  | 16°     | 6,52 | 0 min. 60 sec. |
| » IV   | 18°     | 6,26 | 35 sec.        |
| » V    | 20°     | 6,08 | 30 sec.        |
| » VI   | 22°     | 5,91 | 25 sec.        |

Il est peu de différences dans l'aspect des caillés, mais on constate cependant qu'ils vont légèrement en se raffermissant du lait II au lait VI.

Si l'on chauffe tous ces laits au B-M à 100° pendant 10 minutes, ils donnent tous un bloc ferme formant éponge, le sérum du lait étant emprisonné dans la masse cavitaire formée par la coagulation.

**2° Expérience.** — A 600 cm<sup>3</sup> d'un lait ayant 21° D, on ajoute 200 cm<sup>3</sup> de sérum sanguin pur ; c'est ce que nous appellerons le *lait témoin*. L'alcalinité du sérum a abaissé l'acidité titrable du lait original à 20° D.

A 400 cm<sup>3</sup> de ce lait témoin, on ajoute 32 cm<sup>3</sup> de soude Dornic ce qui ramène le mélange à 10° D.

A des proportions égales de ce lait alcalinisé, on ajoute des quantités croissantes de HCl et, sur d'autres portions, des quantités croissantes de CaCl<sup>2</sup>, selon le tableau ci-dessous :

TABLEAU CXVI

|  | Acidité titrable |   | Acidité titrable |
|--|------------------|---|------------------|
| I Lait 10° D + 0,25 cm <sup>3</sup> HCl  | 13° D            | 1. Lait 10° D + 1 gr. CaCl <sup>2</sup> | 15° D            |
| II Lait 10° D + 0,50 cm <sup>3</sup> HCl | 16° D            | 2. Lait 10° D + 1,50 gr. »              | 15° D            |
| III Lait 10° D + 1 cm <sup>3</sup> HCl   | 18° D            | 3. Lait 10° D + 2 gr. »                 | 15° D            |

Ces mélanges sont soumis à l'action de la chaleur au B-M bouillant pendant 10 minutes et à celle de la présure.

TABLEAU CXVII

Action de la chaleur

|   |                    |        |                   |
|---|--------------------|--------|-------------------|
| Lait témoin. Coagulum très mou sous forme de bouillie |                    |        |                   |
| Lait I  | Coagulum peu ferme | Lait 1 | Caillé très ferme |
| Lait II   | Caillé ferme       | Lait 2 | id.               |
| Lait III  | Caillé ferme       | Lait 3 | id.               |

Emprésurage

|             | Temps de prise | Aspect des caillés             |        | Temps de prise | Aspect des caillés |
|-------------|----------------|--------------------------------|--------|----------------|--------------------|
| Lait témoin | 2 min.         | Bloc lisse, élastique, ferme.  |        |                |                    |
| Lait I      | 20 sec.        | Bloc lisse, un peu plus ferme. | Lait 1 | 1 min. 30 s.   | bloc peu ferme     |
| Lait II     | 15 sec.        | Bloc lisse plus ferme.         | Lait 2 | 1 min. 10 s.   | »                  |
| Lait III    | 10 sec.        | Bloc lisse, plus ferme encore. | Lait 3 | 0 min. 60 s.   | »                  |

Nous voyons qu'avec l'emprésurage, l'aspect des caillés est tout différent de celui que nous avons obtenu par l'action de la chaleur. *L'acidification du lait témoin, riche comme nous le savons en sérum sanguin, donne de meilleurs résultats, en ce qui concerne le temps de prise et la consistance du caillé, que l'addition de CaCl<sup>2</sup>.* Nous avons là quelque chose d'analogue à ce qui se passe, comme nous le verrons, avec le lait de femme. Le lait de femme dont les proportions relatives d'albumine, et surtout de globuline, sont fortes vis-à-vis de la caséine, coagule, mais mal, orsqu'on l'additionne d'une charge en CaCl<sup>2</sup> assez forte. La coagulation qui dans le lait de femme est toujours assez difficile à obtenir est beaucoup plus facilitée par l'acidification que par l'apport chloruro-calciq. *Sans doute, doit-on se rappeler que l'acide chlorhydrique intervient ici en facilitant l'action lytique de la présure, c'est-à-dire, le premier temps de l'emprésurage, tandis que le CaCl<sup>2</sup> intervient surtout dans le second temps de l'emprésurage : la précipitation de la paracaseïne.*

#### ADDITION DU SÉRUM SANGUIN AU COMPLEXE

Conformément au plan que nous nous sommes tracé, nous allons maintenant reporter sur le complexe les recherches que nous venons de faire avec le lait. Nous avons ajouté au complexe du sérum sanguin. Mais au lieu de prendre du sérum pur renfermant globuline et sérine, nous avons pris du sérum dilué avec quatre volumes d'eau dans lequel on a fait, au préalable, barboter CO<sup>2</sup> pendant une heure. On précipite ainsi la plus grande partie de la globuline, on filtre, et on obtient un produit limpide dont le taux protéique est de 20 pour 1000 environ.

Ainsi que nous le constaterons un peu plus loin en donnant un résumé de nos recherches sur le lait de femme, le rôle de la sérine est tout à fait différent de celui de la globuline. L'action protectrice de la sérine n'est pas niable, mais elle est beaucoup moins marquée que celle de la globuline, protéine à laquelle les auteurs attribuent également une action antiprésure que nous aurons à discuter.

Dans le tableau qui suit, voici les résultats que nous avons obtenus par addition de sérum, traité comme il a été dit ci-dessus, à un complexe dont le  $pH = 6,5$ .

TABLEAU CXVIII

| Complexes                     | Rapport du complexe au sérum | Temps de prise et aspect des caillés |                 |                     |                |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|----------------|
|                               |                              | III gouttes de présure               |                 | I goutte de présure |                |
| Complexe originel             | }                            | 40 sec.                              | Bloc très ferme | 1 m. 40 s.          | Bloc ferme     |
| 20 cm <sup>3</sup> complexe   |                              | }                                    | 55 sec.         | Bloc ferme          | 3 m.           |
| 2,5 cm <sup>3</sup> sérum     |                              |                                      |                 |                     |                |
| 2,5 cm <sup>3</sup> eau       | }                            | 3, 5                                 | 1 m. 05 s.      | 3 m. 35 s.          | Bloc pas ferme |
| 17,5 cm <sup>3</sup> complexe |                              |                                      |                 |                     |                |
| 5 cm <sup>3</sup> sérum       | }                            | 3, 5                                 | 1 m. 05 s.      | 3 m. 35 s.          | Bloc pas ferme |
| 2,5 cm <sup>3</sup> eau       |                              |                                      |                 |                     |                |

TABLEAU CXVIII (suite)

|                               |   |      |            |                                  |            |               |
|-------------------------------|---|------|------------|----------------------------------|------------|---------------|
| 15 cm <sup>3</sup> complexe   | } | 2    | 1 m. 10 s. | Bloc mou                         | 4 m. 20 s. | Bloc très mou |
| 7,5 cm <sup>3</sup> sérum     |   |      |            |                                  |            |               |
| 2,5 cm <sup>3</sup> eau       |   |      |            |                                  |            |               |
| 12,5 cm <sup>3</sup> complexe | } | 1,25 | 1 m. 25 s. | Flocons qui se soudent mollement | 5 m. 30 s. | Pas de bloc   |
| 10 cm <sup>3</sup> sérum      |   |      |            |                                  |            |               |
| 2,5 cm <sup>3</sup> eau       |   |      |            |                                  |            |               |
| 10 cm <sup>3</sup> complexe   | } | 0,8  | 2 m. 15 s. | Flocons très mal soudés          | 8 m.       | Pas de bloc   |
| 12,5 cm <sup>3</sup> sérum    |   |      |            |                                  |            |               |
| 2,5 cm <sup>3</sup> eau       |   |      |            |                                  |            |               |

Il faut tenir compte ici de ce que, dans les liqueurs utilisées, nous n'avons pas les mêmes quantités de complexe. Les rapports du volume du complexe initial entrant dans le mélange à celui du sérum sont tout à fait différents pour un même volume de liqueur, ainsi qu'on le voit dans la colonne correspondante. Incontestablement, il semble que le sérum agisse pour retarder la coagulation, mais cette action, en somme, est très faible, car il faut tenir compte encore une fois des proportions relatives du complexe et du sérum et nous savons aussi que si, au lieu de diluer les complexes avec du sérum débarrassé de sa globuline, nous l'avions fait avec de l'eau, nous aurions eu des retards semblables.

Mais ainsi que nous l'avons fait remarquer au début de l'exposé de ces recherches sur le retentissement que l'addition de sérum sanguin peut avoir sur la coagulation du lait par la présure, c'est opérer un peu grossièrement que d'associer ainsi, au lait ou au complexe, le sérum, mélange de diverses protéines dont les actions respectives ne sont pas très comparables. *La précision des expériences exige que l'on prépare avec soin globuline et albumine* que l'on ajoutera ensuite au complexe dans des proportions identiques à celles que nous donne le lait de femme.

Ceci nous amène donc à l'étude synthétique de ce dernier, laquelle va nous permettre de rassembler en quelques pages des données fort intéressantes qui découlent de ce que nous venons de voir. (*A suivre.*)

## MICROBES SAPROPHYTES, MICROBES PATHOGÈNES ET FERMENTS LACTIQUES

### APERÇU SUR LA BACTÉRIOTHÉRAPIE LACTIQUE

par le Dr Albert FOURNIER

(Fin)

**MICROBE PYCCYANIQUE ET FERMENTS LACTIQUES.** — Parmi les germes pathogènes, il y a le *pyocyanique* (microbe du pus bleu) qui