

# LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

## SOMMAIRE

### Mémoires originaux :

Ch. PORCHER. — Le lait au point de vue colloïdal. Recherches sur le mécanisme de l'action de la présure ( <i>A suivre</i> ).....	449
A. LATAIX. — Réfractométrie des Lacto-Sérums ( <i>A suivre</i> ) ..	474
W. L. GAINES. — Recherches sur la variation de la lactation des vaches Guernesey en fonction du temps ( <i>Fin</i> ) .....	491
J. HAWESSON. — L'influence du lab-ferment sur la maturation des fromages. Expériences avec le Backstein russe ( <i>Fin</i> ).....	500
J. COLLAUD. — Essai de détermination de rendement en beurre.....	517

### Bibliographie analytique :

1 <sup>o</sup> Les Livres.....	523
2 <sup>o</sup> Journaux .....	526

### Documents et informations :

M. BEAU. — La situation laitière. La méthode Hoyberg pour la détermination de la matière grasse du lait .....	554
Les sociétés pour le contrôle du lait en Suède .....	561
L'ensilage d'été à la ferme laitière .....	563
Un film sur le lait en Suisse .....	564
La loi fédérale des Etats-Unis concernant le lait importé ...	564

## MÉMOIRES ORIGINAUX

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

par Ch. PORCHER,  
Docteur ès sciences physiques

#### CHAPITRE PREMIER

##### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires ; il caractérise l'importante classe des mammifères.

Tous les mammifères en venant au monde ont besoin du lait pour se développer, mais ils ne l'utilisent pas tous dans les mêmes proportions, et leurs exigences, de ce côté, sont des plus variables avec l'espèce considérée. La grande diversité des espèces mammifères ne s'oppose nullement à l'unicité de la fonction mammaire, laquelle se traduit *chimiquement* par l'existence dans tous les laits, du moins dans ceux qui ont été examinés jusqu'ici, de principes particuliers qui les caractérisent.

Nombreux, déjà, sont les types de femelles dont le lait a été l'objet d'analyses. Après la *femme*, nous citerons : la *vache*, la *chèvre*, la *brebis*, la *jument*, l'*ânesse*, la *bufflesse*, la *chamelle*, le *lama*, la *chienne*, la *chatte*, la *truie*, la *lapine*, le *cobaye*, le *renne*, l'*éléphant*, l'*hippopotame*, la *marsouine*, la *baleine*.

Mais, au total, cette énumération incomplète ne répond qu'à une fraction très faible de tous les laits de mammifères qui pourraient être étudiés. La physiologie de la sécrétion lactée dont les enseignements sont encore très réduits ne s'échafaude donc que sur un petit nombre d'espèces.

Ce sont surtout les laits de *vache* et de *chèvre* qui ont été examinés avec le plus grand soin, pour la bonne raison que ce sont eux qu'on peut se procurer *le plus aisément* et *en plus grande abondance*. Rien d'étonnant que ce soit sur eux qu'aient principalement porté la recherche chimique et l'expérimentation physiologique. C'est peu en face de ce qu'on pourrait appeler l'*infinie variété* des femelles mammifères. Nous y trouvons, en effet :

a) Des **espèces terrestres** : *vache*, *chèvre*, *brebis*, etc., les espèces domestiques, en somme ;

b) Des **espèces marines** : *baleine*, *marsouine*, *dauphine*, etc. ;

c) Des **espèces ailées** : la *chauve-souris* par exemple ;

d) Des **espèces carnivores** à côté des **herbivores** et des **omnivores**, la *chienne* s'opposant ici à la *chèvre* et à la *truie*.

e) Il en est dont **la vie est plus ou moins active à l'état normal** : c'est le cas de celles qui vivent autour de nous ; mais, par contre, il est des espèces dont **la vie est ralentie**, soit **transitoirement**, comme chez les animaux hibernants : la *marmotte*, soit d'une **façon permanente**, comme c'est le cas chez ce curieux animal de l'Amérique du Sud : le *pâresseux*.

f) Certaines espèces habitent les **pays tropicaux** ; d'autres, au contraire, ne se trouvent que dans les **régions polaires** : le *renne* par exemple.

Cette énumération suffit à nous faire comprendre que si nous possédions une importante documentation sur tous ces laits, son dépouillement en serait fécond pour le plus grand profit de la physiologie et, disons encore, de la biochimie de la sécrétion lactée.

Chaque question a ses obscurités, et la paresse de l'esprit, si naturelle à l'homme, peut se permettre d'en jouer pour reculer devant la recherche d'une solution qui lui paraît toujours lointaine. Toutefois, en dépit de notre ignorance, il est possible cependant de viser à des approximations dont on peut dire qu'elles tendent singulièrement parfois à se rapprocher de ce qui doit être la vérité.

**L'UNICITÉ DE LA FONCTION MAMMAIRE.** — Les différences par-

fois marquées que l'on relève dans les compositions des sécrétions mammaires les plus variées qui ont été analysées ne s'opposent pas à considérer le lait, du point de vue abstrait, comme une *entité sécrétoire ayant sa physionomie propre, et dont les grandes lignes sont toujours retrouvées quelle que soit l'espèce envisagée*. Le lait est, en effet, une sécrétion renfermant des types chimiques que, dans le règne animal on ne trouve qu'en lui, et ces types appartiennent à tous les laits. C'est cela d'ailleurs qui traduit, au point de vue analytique, l'unicité de la fonction mammaire.

Nous verrons dans le cours de ce travail qu'avec les principes communs à tous les laits, il nous sera possible, en faisant varier leurs proportions respectives, d'obtenir, dans tel cas, une liqueur qui se comportera, non seulement chimiquement, mais biochimiquement aussi et notamment dans sa réaction vis-à-vis de la présure, comme le lait de vache, dans tel autre cas, comme le lait de femme ou comme tout autre lait choisi, ou encore comme le colostrum.

Nous sommes ainsi conduit à réunir un ensemble de conditions desquelles il peut résulter une ressemblance étonnante entre le lait naturel et le lait que *synthétiquement* nous avons voulu réaliser. Pour y parvenir, il faut d'abord connaître, et dans tous ses détails, la composition du lait, faire appel pour cela aux meilleures méthodes chimiques, ainsî qu'aux déterminations d'ordre physique et physico-chimique.

Mais, l'analyse, quelle qu'en soit l'orientation, ne nous conduit qu'à des résultats fragmentaires et elle nous les donne, en général, *sans ordre*. Comment tous les principes, les simples comme les plus complexes, dont elle décèle l'existence dans le lait, sont-ils associés ? C'est là ce qui importe.

Tout effort tenté pour mélanger ou combiner ces principes, les faire se fondre en un tout aussi près que possible du produit naturel, en d'autres termes, effectuer ce qu'on peut appeler une synthèse de celui-ci peut conduire à des résultats intéressants.

Nous n'aboutirons, il est bien vrai, qu'à des approximations, mais *a priori*, doit-on leur refuser tout mérite, et ne valent-elles pas la peine de s'y employer ? C'est ce que nous verrons un peu plus loin.

**LA « CONSTITUTION » DU LAIT.** — Dans un travail antérieur (1, 2), nous nous étions appliqué à jeter quelque lumière sur ce qu'on doit appeler la *constitution* du lait. Notre rôle s'était borné à :

a) Situer chaque composant en la place, ou les places, — car il

(1) Ch. PORCHER. — La « Constitution » du lait. Les composants chimiques dans leurs rapports avec les données physico-chimiques. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1923, 5, 270.

(2) Ch. PORCHER et A. CHEVALLIER. — La répartition des matières salines dans le lait. Leurs relations physiques et chimiques avec les autres principes du lait. *Le Lait*, 1923, 3, 97, 188 et 289.

peut se partager, et ceci n'est vrai que pour les matières minérales, — qu'il occupe ;

b) A montrer ses relations avec les composants voisins ;

c) A indiquer d'où il vient ;

d) Ce qu'il signifie ;

e) Comment il varie dans les diverses circonstances normales, anormales ou pathologiques ; enfin,

f) Quelle est l'importance de son intervention dans quelques-unes des données physico-chimiques du lait ( $\Delta$ , r, n, pH, etc.).

Si l'on place dans un même tableau, comme on a généralement l'habitude de le faire, à côté les uns des autres, le lactose, la matière grasse, la caséine, l'albumine, les éléments minéraux du lait, etc., sans faire ressortir les relations que ces principes si différents ont entre eux, on n'aboutit en somme qu'à un médiocre résultat. C'est absolument comme si l'on mettait dans une cour, en tas séparés, l'un contre l'autre, tous les matériaux destinés à faire une maison ; ce qu'il faut pour construire l'édifice est bien là, mais la maison n'est point faite.

Nous ferons une réflexion du même ordre à propos des matières minérales. On a trop l'habitude, en chimie biologique et particulièrement lorsqu'il s'agit du lait, de parler des *cendres*. Nous avons déjà fait le procès de cette façon de raisonner, montré ce qu'elle avait de regrettable et, qui pis est, de faux. Il n'est pas des *cendres* dans le lait, mais des *matières minérales*, et disons mieux encore, des *matières salines*. Il est bien de savoir qu'on trouve, dans le lait, de la chaux et de l'acide phosphorique ; il est infiniment préférable d'être fixé sur la répartition de cette base et de cet acide.

*Il y a donc dans le lait bien autre chose que ce qui existe dans les données numériques courantes que l'on trouve partout*, et que nous qualifierons de *données grossières* ; il y a les **rappports** et les **aspects**. Avec les matériaux disposés en tas comme nous l'avons vu tout à l'heure, on va construire la maison et, après coup, nous pourrions discuter de son architecture d'ensemble, de la disposition de ses pièces, des proportions de celles-ci, voire de leur décoration.

La **composition** du lait, *ce sont des chiffres bruts*, sans aucune liaison qui s'impose nécessairement ; la **constitution**, *c'est de l'ordre*

Mais ce qui est particulièrement intéressant dans l'étude du lait, c'est que les *rappports* et les *aspects* que nous venons d'évoquer et qui ont une physionomie relativement stable dans les conditions normales se modifieront lorsqu'on s'en écartera, mais ils ne le feront pas d'une façon quelconque, désordonnée, dirions-nous encore.

**L'HARMONIE DU LAIT.** — Plusieurs de nos recherches antérieures sur le lait ont mis en valeur l'existence, dans la composition normale de cette sécrétion, d'une *harmonie incontestable* ; celle-ci se modifie

dans diverses circonstances anormales et pathologiques qui permettent de mettre en relief des troubles plus ou moins marqués de la composition chimique, mais *elle ne le fait que dans un sens bien déterminé.*

C'est ainsi qu'en cherchant à dégager le jeu des composants du lait, les uns vis-à-vis des autres, nous rappelions le balancement si marqué qu'il y avait entre certains d'entre eux, notamment entre le chlorure de sodium et le lactose (3, 4).

En 1905, en effet, nous fûmes le premier à montrer que la conservation de l'équilibre osmotique dans les laits malades dont la déficience en lactose est parfois considérable n'était obtenue que par une élévation du taux du chlorure de sodium. L'ionisation du chlorure de sodium étant laissée de côté, on peut dire que pour une molécule de lactose qui disparaît, apparaît une molécule de chlorure de sodium. Aujourd'hui, après le dépouillement méthodique des nombreux travaux qui ont porté sur les laits malades, il est permis d'avancer que *tel trouble anormal (rétention) ou pathologique (infection) amènera dans le lait telle modification et pas une autre.* Qu'on permette en passant d'insister sur cette conclusion remarquable qui nous autorise à lier étroitement les enseignements de la physiologie normale à ceux de la physiologie pathologique (5, 6, 7, 8).

Au surplus, dans cette étude entreprise sur des bases essentiellement chimiques, nous aurons à souligner l'appui que l'examen de l'anormal nous apportera dans l'interprétation du normal, ce qui nous permettra de tout ramener sur le même plan.

**LES ÉQUILIBRES DANS LE LAIT.** — L'harmonie que nous relevions tout à l'heure présuppose évidemment des équilibres, — et nous avons déjà marqué l'un d'entre eux, — mais, pour l'apprécier dans son détail, il est indispensable d'examiner les déplacements de ces équilibres, — qu'ils se produisent naturellement, ou qu'on les provoque expérimentalement, — et d'en mesurer les amplitudes et les conséquences. Or, une pareille étude ne conduit rien moins qu'à aborder le chapitre de la *mécanique chimique du lait*. Les rapports de voisinage des divers principes de cette sécrétion entraînent nécessairement ces derniers à réagir les uns sur les autres sous l'influence des agents physiques, chimiques et biochimiques qui interviennent pour modifier leurs relations antérieures.

(3) Ch. PORCHER. — Du chlorure de sodium dans le lait. — *Rev. Gén. du lait*, 1905-1906, **5**, 173 et 193, et *Le Lait*, 1923, **3**, 81.

(4) Ch. PORCHER. — La constante moléculaire simplifiée. Etude critique sur sa valeur. *Ann. des Falsif. et des Fraudes*, 1923, **16**, 16; et *Le Lait*, 1923, **3**, 346 et 446.

(5) Ch. PORCHER. — La rétention lactée. *Ann. des Falsif. et des Fraudes*, 1919, **12**, 329.

(6) Ch. PORCHER. — La rétention lactée. *C. R. Ac. Sc.* 1920, **170**, 963.

(7) Ch. PORCHER. — La rétention lactée. *Archiv. de Méd. des Enfants*, 1920, **23**, 569, 625.

(8) Ch. PORCHER. — La réaction de la mamelle à l'infection. *Soc. des Sc. Vét. de Lyon*, 1924, **26**, 209.

**LA MÉTHODE SYNTHÉTIQUE.** — Nous ne saurions examiner ici toutes les modifications qui peuvent survenir dans ces relations ; du moins, en envisagerons-nous quelques-unes. Toutes les fois que nous le pourrons, nous associerons l'étude du document *in-vivo* à celle du document *in-vitro*, et dans le but d'acquérir le maximum de renseignements utiles, nous recourrons à la méthode synthétique qui s'annonce dans l'étude du lait comme devant être d'une *extrême fécondité*. Une pareille synthèse devra évidemment s'établir avec l'aide de nombreuses données analytiques : physiques, chimiques et physico-chimiques. Elle procédera par étapes, et elle devra nous permettre de rétablir concordances et juxtapositions entre les multiples renseignements qui nous parviendront des différentes directions de l'analyse.

Bien des auteurs : COURANT, LAQUEUR, RINGER se sont exercés depuis longtemps déjà sur la méthode synthétique. O. HAMMARSTEN n'y a-t-il pas eu recours, le premier, pour l'étude de la coagulation du lait par la présure ? Mais les uns ou les autres n'ont pas été aussi loin qu'ils l'auraient pu sur la voie des enseignements à en extraire.

Dans le présent travail, nous en ferons l'emploi le plus large. C'est à elle surtout que nous demanderons des éclaircissements, puisque, elle seule nous permet de fixer très exactement le déterminisme des expériences prévues.

## CHAPITRE II

### LA COMPOSITION DU LAIT

Nous avons vu un peu plus haut la distinction qui doit être faite entre la *composition* et la *constitution* du lait, la première n'étant après tout qu'une énumération de principes que la seconde s'attache à mettre en ordre. Pour avoir de la composition du lait une image assez complète, il faut envisager cette sécrétion sous divers angles. La classification des composants du lait doit être faite à plusieurs entrées (9, 10). Pour cela, nous allons prendre le lait et le disséquer, — ce mot du langage anatomique n'est point ici déplacé, — avec des instruments chaque fois différents. Nous allons considérer les composants du lait successivement à divers points de vue : *chimique*, d'une part, *physico-chimique*, d'autre part, ainsi que dans leur *signification physiologique*, et, chemin faisant, nous acquerrons des détails qui, joints les uns aux autres, aideront singulièrement à la compréhension de l'ensemble.

**Le lait de vache, type de notre travail.** — Nous prendrons comme base de discussion dans notre travail le *lait de vache*. C'est presque uniquement sur lui qu'ont porté nos recherches et, quand celles-ci se

(9) Ch. PORCHER. — Coup d'œil d'ensemble sur le lait. L'« harmonie » de cet aliment. *Bull. de la Soc. Scient. d'Hyg. Aliment.*, 1920, 8.

(10) Ch. PORCHER. — Coup d'œil d'ensemble sur le lait. L'« harmonie » de ce liquide. *Presse Médicale*, n° 57, 14 août 1920.

sont attaquées à des laits autres, c'est dans une comparaison étroite de leurs propriétés chimiques et biochimiques avec les propriétés correspondantes du lait de vache que nous nous sommes tenu.

D'autre part, dans nos essais de synthèse, c'est toujours le lait de vache que nous avons visé, mais la méthode et la technique suivies nous permettraient tout aussi bien, ainsi que nous l'avons fait remarquer dans les pages qui précèdent, d'obtenir une autre liqueur qui, aux proportions relatives près de ses constituants, ressemblât à un lait d'une autre espèce.

Nous allons d'abord faire l'énumération pure et simple de tous les composants\* que l'on trouve dans le lait de vache, puis, les reprenant, nous allons les grouper en nous plaçant chaque fois sous un angle différent. Nous examinerons successivement :

1) Les **gros** et les **petits** composants en nous efforçant de *déterminer le nombre de molécules de chacun d'eux dans le lait* ;

2) Les composants de **sécrétion** et les composants d'**excrétion** ;

3) Les composants **crystalloïdes** et les composants **colloïdes** ;

Nous serons ainsi conduit à étudier les divers *systèmes dispersés* du lait.

Nous délaisserons délibérément l'examen du lait considéré tant du côté des diastases et des vitamines, composants bio-chimiques non isolables, que du côté cytologique et microbien. Nos recherches, dans leur essence, n'ont rien à voir avec ces éléments biologiques.

**Les analyses vraiment complètes du lait sont rares.** — Il est fort difficile de trouver des analyses complètes du lait, et cela se comprend. Déterminer dans un lait donné tous ses éléments en faisant appel aux divers instruments d'investigation dont peut disposer l'analyse chimique et physico-chimique, c'est là un travail considérable, et il est rare que l'intérêt des recherches entreprises mette dans l'obligation de l'exécuter jusqu'au bout. Le plus souvent, pour ne pas dire toujours, c'est sur un point plus particulier de la composition du lait que l'on tient à être renseigné, et l'on se contente alors d'accoler aux résultats trouvés les données les plus courantes.

Pour avoir un ensemble complet au point de vue chimique, — celui que nous envisageons présentement, — de la composition du lait, il est indispensable de procéder à un dépouillement considérable de documents dont on tire des moyennes que l'on rassemble dans un même tableau. La signification et la valeur d'une telle manière de faire ne sauraient être discutées. Ce sont des *chiffres moyens* qu'il faut en effet produire ; ce sont eux qui importent dans notre étude.

**Les valeurs moyennes, les minima et les maxima.** — Il est trop dans les habitudes d'associer aux valeurs moyennes les *minima* et les *maxima* de chacun des principes trouvés dans le lait et, ce faisant,

on a trop souvent l'air de supposer, ou de laisser sous-entendre, que la valeur moyenne est la somme du maximum et du minimum divisée par deux. C'est là une erreur profonde. *Il existe incontestablement une composition moyenne qui est l'image chimique d'un échantillon résultant d'un immense ramassage effectué sur l'ensemble de toutes les races dans tous les pays.* Mais on ne peut dire qu'il est *une* composition minimum et *une* composition maximum qui auraient une signification de même ordre que la composition moyenne. On trouve *des* compositions minima qui ne sont que des exceptions et qui le plus souvent sont chargées de tares pathologiques ; quant *aux* compositions maxima, elles sont les portraits de laits individuels normaux, mais riches, qui s'écartent de la moyenne générale. Celles-ci et celles-là ne peuvent se comparer qu'à elles-mêmes, tandis que *la composition moyenne a une certaine rigidité, des limites sur lesquelles on peut s'entendre ;* elle répond à un *type remarquablement stable*, surtout quand nous le considérons comme nous l'avons fait, il y a un instant. *Les compositions maxima et surtout les compositions minima présentent des oscillations considérables qui ne peuvent pas être ramenées à une commune échelle (11).*

C'est également une erreur, pensons-nous, de mettre en face l'un de l'autre, dans les tableaux relatifs à la composition des laits, d'un côté, tous les maxima, et de l'autre, tous les minima des composants de cette sécrétion. Il existe dans le lait des balancements, des compensations desquelles il résulte que le minimum de tel principe se trouve *nécessairement* en face du maximum de tel autre. N'est-ce pas le cas lorsqu'on considère le lactose, d'une part, et le chlorure de sodium, d'autre part ? Minimum et maximum sont ici en opposition au lieu d'être en parallèle.

Si nous nous reportons à nos travaux antérieurs qui résument assez bien, nous le pensons du moins, la composition moyenne d'un litre de lait de vache, nous établirons le tableau ci-dessous dans lequel nous avons tenu à donner une valeur minimum et une valeur maximum, mais cette fois très voisines, et qui ne sont rencontrées que dans des laits normaux et sains. De telles valeurs ne sont évidemment pas comparables à celles dont nous avons fait la critique un peu plus haut.

**La matière grasse est exclue de toutes les considérations qui vont suivre.** — Avant de donner le second tableau dans lequel seront détaillées les matières salines, nous tenons à faire remarquer que dans les recherches qui sont mentionnées dans ce travail, nous avons systématiquement laissé de côté la matière grasse. C'est un lait entièrement écrémé qui seul nous intéresse. La présence de la matière

(11) Ch. PORCHER. — Rapport présenté à la *Société des Experts-Chimistes de France*, au nom de la Commission de l'Interprétation de l'Analyse des laits : A propos d'un jugement de Cour d'appel en matière de mouillage. — *Ann. des Falsif.*, 1916, 9, 217.

grasse dans le lait modifie incontestablement certaines déterminations analytiques, et il y a longtemps que nous avons appelé l'attention sur ce point (12, 13). Mais le trouble qu'elle semblerait apporter dans certains phénomènes dont il sera question ici, notamment l'emprésurage pour ne citer que le plus important, n'est pas considérable et ne touche pas à leur allure.

TABLEAU I  
COMPOSITION MOYENNE D'UN LITRE DE LAIT DE VACHE.

		grammes			
EAU . . . . .			900 - 910		
EXTRAIT SEC 125-130 gr.	Lipides :	Glycérides :			
		Glycérides simples . . . . .	35 - 40		
		Phosphoglycérides . . . . .	0,50 - 0,75		
		Cholestérides . . . . .	0,100-0,175		
		Glucides : Lactose . . . . .	47 - 52		
		Extrait dégraissé 90-95 gr.	Matières azotées	Protéines	Caséine
					Albumine
				Acides aminés	Globuline
					Urée
		Groupe purique Groupe de la guanidine	Azote non protéique		
Matières salines . . . . .		9 - 9,50			

### LES GROS ET LES PETITS COMPOSANTS

Si nous nous plaçons au point de vue pondéral, nous reconnaitrons dans le tableau ci-dessus des *gros* et des *petits* composants. Cette distinction faite à l'aide de la balance n'est pas d'une rigueur absolue, mais elle est une indication que nous ne croyons pas superflue.

Le lait contient comme *gros* composants :

- 1) L'eau,
- 2) La matière grasse,
- 3) Un glucide : le lactose,
- 4) Des protéines,
- 5) Des matières salines.

Matière grasse, matières protéiques et matières salines sont des mélanges : mélange de *substances voisines et de même espèce chimique* pour la matière grasse, puisqu'il s'agit toujours de glycérides neutres ; mélange beaucoup plus complexe, nettement *hétérogène* pour les matières salines dont il sera donné plus loin un tableau détaillé ; mélange encore en ce qui concerne les protéines qui sont au nombre de trois : caséine, albumine et globuline.

(12) Ch. PORCHER. — Influence du taux de la matière grasse sur celui de l'extrait dégraissé dans le lait. — *Ann. des Falsif.*, 1915, **8**, 385.

(13) Ch. PORCHER. — Le procès de la matière grasse du lait. *Le Lait*, 1925, **5**, 694.

Dans un litre de lait de vache, il y a donc en chiffres ronds, en poids, 90 % d'eau, 3,5-4 % de matière grasse, 5 % de lactose, 3-3,5 % de protéines, et 0,90-0,95 % de matières salines.

**L'EAU.** — Nous plaçons l'eau à part, car, dans l'immense majorité des espèces, et chez la vache notamment, elle est pondéralement, et de beaucoup, *le composant le plus important du lait*. Nous disons bien dans l'immense majorité des espèces, car chez les **mammifères marins**: *marsovin, dauphin*, — et l'exception est curieuse et bonne à citer, — la richesse en matière grasse est telle qu'il y en a plus que d'eau. Nous ne devons pas en être surpris, puisque ces animaux vivent dans des régions parfois très froides, d'où la nécessité pour le jeune, — raison de finalisme, dira-t-on, mais qui n'en a pas moins sa portée, — d'avoir à sa disposition une abondante réserve graisseuse localisée surtout sous la peau et qui constitue pour lui, tout à la fois, une enveloppe isolante et une source de combustible.

Ces exceptions étant mises de côté, si nous ne considérons que les laits courants : ceux de vache, de chèvre, de brebis, d'ânesse, de femme, etc., nous pouvons dire que *le lait est un aliment très aqueux*.

Cependant, quelques esprits se sont plu à considérer certains laits : de vache, de chèvre, de brebis, qui coagulent sous l'action de la présure en donnant un caillé consistant, plutôt comme des aliments solides que comme des aliments liquides. Notons en passant cette réflexion, après tout judicieuse.

Mais ce qu'il importe de relever devant l'abondance de l'eau dans le lait, c'est que certains systèmes dispersés de cette sécrétion constitueront des phases aqueuses, d'où la nécessité d'envisager leur dissociation électrolytique avec toutes les conséquences qui en résultent. Dans le lait, nous pouvons évidemment dire que nous avons des matières salines, mais, d'un autre côté, il nous est loisible de considérer les ions isolément les uns des autres. Jusqu'à quel point, devons-nous pousser l'analyse dans cette direction ? C'est ce que nous verrons ultérieurement.

Comme nous reviendrons plus loin sur les autres gros morceaux du lait : lactose, protéines, matières salines, puisqu'il sera nécessaire d'examiner en détail surtout les deux derniers, nous terminerons en disant quelques mots des petits composants du lait.

**LES PETITS COMPOSANTS.** — Il faut comprendre ici les substances, tant minérales qu'organiques, qui se trouvent dans cette sécrétion en quantité souvent très faible, laquelle ne s'oppose pas cependant à leur identification, mais rend difficile, pour ne pas dire impossible parfois, leur mesure exacte.

Souvent même, il faut se contenter d'une détermination qualitative, le dosage risquant d'être entaché d'une erreur relative considérable. Il faut cependant reconnaître que, dans ces dernières

années, l'analyse chimique a beaucoup perfectionné ses méthodes, qu'il s'agisse des micromesures ou de certaines déterminations colorimétriques à grande sensibilité; c'est ainsi que les dosages du cuivre, du zinc, etc. ont recours à des procédés tout à fait délicats qui donnent une réelle sécurité aux résultats obtenus.

*L'ensemble des petits composants du lait est extrêmement complexe.* Tantôt, nous y reconnaitrons des composés *définis*, minéraux ou organiques, tantôt, au contraire, nous ne pouvons nommer que les éléments, car nous ignorons à peu près tout, pour ne pas dire tout, de la forme sous laquelle ils se trouvent dans le lait; très vraisemblablement, il s'agit d'une forme organique, mais rien de ceci n'est encore connu, même approximativement.

Comme petits composants **minéraux**, nous citerons les *sulfates*; parmi les substances **organiques**, nous trouverons les *phospholipides*, dont la lécithine est le constituant le plus important, dosable d'ailleurs, non sans difficulté, puis la *cholestérine*, dont le dosage, comme celui de la lécithine, comporte une assez grande approximation. Enfin, toujours dans le même groupe, se trouve un ensemble également très hétérogène, c'est celui des *composants azotés non protéiques*, les *matières extractives* des anciens auteurs, dans lesquels on peut reconnaître l'urée, des acides-aminés: leucine, etc., des dérivés puriques: hypoxanthine, xanthine, adénine, guanine et des dérivés de la guanidine: créatine et créatinine. Parmi les éléments métalloïdiques ou métalliques qui ont été caractérisés, quelquefois même dosés, nous avons à citer: l'iode, l'arsenic, le silicium, le bore, le lithium, le zinc, l'aluminium, le manganèse, le fer et le cuivre.

**LES MATIÈRES SALINES.** — C'est matières *salines* qu'il faut dire, et non pas *minérales*, parce que nous y trouvons un acide organique fixe: l'acide citrique, au taux d'au moins 2 grammes par litre dans le lait de vache, lequel acide est tout à fait caractéristique de la sécrétion mammaire, au même titre que le lactose et la caséine, puisque ces trois substances, dans le règne animal, ne se rencontrent, en effet, que dans le lait.

Peut-être devons-nous faire remarquer que la caséine est également dans le lait sous forme salifiée, à l'état de caséinate de calcium, si bien que si nous faisons entrer ce dernier sel en ligne de compte, le total des matières salines du lait atteindrait un taux fort élevé, 40 grammes par litre en chiffres ronds, 30 grammes pour le caséinate de calcium, et un peu moins de 10 grammes pour l'ensemble des autres matières salines comprenant, comme nous l'avons vu un peu plus haut, les citrates. C'est dans leur cadre que nous allons maintenant évoluer.

**Les cendres et les sels.** — Nous avons déjà montré qu'il était indispensable de marquer la différence profonde qui sépare les matières salines des cendres. Nous pensons qu'il est bon d'y revenir, parce que

trop d'auteurs négligeant de le faire commettent par là une faute lourde d'analyse chimique, d'abord, de jugement, ensuite. Les cendres ne sont que l'image très lointaine des matières salines contenues dans le lait, au point qu'il n'est pas possible de les considérer vraiment comme leur reflet, les déformations subies par celles-ci sous l'influence de la calcination de l'extrait sec étant considérables. La calcination est une opération brutale qui brise violemment quelques-unes des liaisons existant entre certains éléments *sans laisser la moindre trace de leur état antérieur*; c'est le soufre des protéines qui devient sulfates, et encore s'en perd-il à la calcination sous forme de composés sulfurés volatils; c'est le phosphore de la caséine qui devient acide phosphorique.

Il n'est pas de travail plus délicat que celui qui consiste, *partant des cendres* du lait telles qu'elles sont établies *qualitativement et quantitativement*, à remonter aux matières salines originelles en définissant, avec toute la précision possible, les rapports que celles-ci peuvent avoir entre elles, ainsi qu'avec les autres éléments non salins du lait, cristalloïdes et colloïdes. Il s'agit là de faire une véritable synthèse d'un système salin dont certains morceaux ont été altérés, ou même ont disparu, comme c'est le cas pour les chlorures, puisqu'ils se sont en partie volatilisés sous l'action de la chaleur au cours de la calcination. Aussi pour ces sels, doit-on recourir à d'autres méthodes qui nous assurent leur dosage exact.

A notre connaissance, SÖLDNER (14) est le premier auteur qui se soit employé à donner des sels du lait de vache une expression numérique qui puisse être considérée comme le reflet de ce que ces sels sont dans la sécrétion naturelle. La matière est si séduisante à traiter qu'on comprend que SÖLDNER ait été suivi. L. L. VAN SLYKE et A. W. BOSWORTH (15, 16) ont établi de leur côté un tableau des sels du lait de vache.

TABLEAU II  
LES SELS DU LAIT DE VACHE EN GRAMMES PAR LITRE.

	VAN SLYKE et	
	SÖLDNER	BOSWORTH
Chlorure de sodium. . . . .	0,962	0
— potassium . . . . .	0,830	0
— calcium. . . . .		1,19
Phosphate monopotassique. . . . .	1,156	0
— bipotassique . . . . .	0,835	2,300

(14) SÖLDNER. — Die Salze der Milch und ihre Beziehungen zu dem Verhalten des Caseins. — *Landwirth. Versuchsstation*. 1888, **35**, 351.

(15, 16). — L. L. VAN SLYKE et A. W. BOSWORTH-*a*) Condition of casein and salts in milk. *New-York Agricult. Exp. Stat.*, 1914, Techn. Bull. n° 39. et *b*) *Journ. of biol. Chem.*, 1915, **20**, 135.

	SÖLDNER	VAN SLYKE et BOSWORTH
Phosphate monomagnésien . . . . .		1,030
— bimagnésien . . . . .	0,336	0
— bicalcique . . . . .	0,671	1,750
— tricalcique . . . . .	0,806	0
Citrate de sodium . . . . .		2,220
— potassium . . . . .	0,495	0,520
— magnésium . . . . .	0,367	0
— calcium . . . . .	2,133	0
Chaux unie à la caséine . . . . .	0,465	0,540
	9,056	9,550

Ces deux listes sont, peut-on dire, contradictoires, et pour mieux marquer leur opposition, nous voyons que SÖLDNER partage son chlore entre le potassium et le sodium, alors que L. L. VAN SLYKE et A. W. BOSWORTH le font entrer uniquement en combinaison avec le calcium.

De notre côté, nous avons été conduit dans l'établissement de l'édifice salin du lait à diverses combinaisons que nous donnons dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU III

	DIVERSES COMBINAISONS DE L'ÉDIFICE SALIN DU LAIT.					
	I		II		III	
Chlorure de sodium . . . . .	1,09	} 2,01 (1,81 en NaCl)	0,95	} 1,80 (1,61 en NaCl)	1,00	} 1,80 (1,58 en NaCl)
— potassium . . . . .	0,92		0,85		0,80	
Phosphate monopotassique . . . . .	1,00	} 2,10	1,00	} 2,10	1,10	} 2,10
— bipotassique . . . . .	1,10		1,10		1,00	
— bi- et tricalcique . . . . .	1,06				1,13	
— bi- et trimagnésien . . . . .	0,16				0,189	
Citrate tricalcique . . . . .	1,78	} 3,21	2,03	} 3,15	1,80	} 3,25
— trimagnésien . . . . .	0,76		0,58		0,70	
— tripotassique . . . . .	0,67		0,54		0,75	
Bicarbonat de sodium . . . . .	0,25		0,25		0,25	
Sulfate de potassium . . . . .	0,18		0,15		0,200	
Chaux de la caséine . . . . .	0,61				0,600	
	9,33				9,519	

Les chiffres de la colonne I sont ceux que nous avons fournis dans notre premier travail sur cette question (17); ceux des colonnes II et III sont des arrangements autres qui approchent le précédent. Quels qu'ils soient, on pourra voir que ces chiffres sont voisins de ceux de SÖLDNER.

(17) Ch. PORCHER et A. CHEVALLIER. — La répartition des substances salines et des éléments minéraux dans le lait. *C. R. Ac. Sc.* 1921, **172**, 1605.

Il est toujours facile de critiquer les valeurs numériques de ces tableaux, puisqu'ils aspirent à représenter la physionomie saline d'une sécrétion dont la composition, du fait de son origine même, se prête à des *oscillations incontestables*. Mais, à l'état normal, celles-ci sont limitées ; nous en avons cependant tenu compte puisque dans le tableau de nos propres recherches, nous donnons trois arrangements différents. Ils sont voisins, avons-nous déjà fait remarquer et, dans notre esprit, ils ne peuvent pas ne pas l'être ; ils répondent implicitement aux faibles oscillations toujours possibles de l'échantillon moyen à l'état normal.

**LES SELS ET LES IONS.** — D'autres considérations interviennent dans la discussion des chiffres des tableaux ci-dessus ; nous y avons d'ailleurs fait allusion dans notre premier travail. En effet, on ne peut s'empêcher de concevoir, lorsque des sels solubles se trouvent en présence l'un de l'autre, que des doubles décompositions limitées, selon les lois de la mécanique chimique, puissent intervenir en conduisant à *un certain équilibre dépendant des masses en présence et de la température*. Tandis que SÖLDNER, avons-nous vu tout à l'heure, répartit son chlore sur le sodium et le potassium, L. L. VAN SLYKE et A. W. BOSWORTH l'attribuent tout entier au calcium. Comme il y a dans le lait des sels solubles de calcium : citrate, caséinate, on peut s'expliquer, du fait des doubles décompositions limitées, qu'une partie des chlorures tout au moins, et non tous comme l'admettent les précédents auteurs, soit amenée sous la forme calcique. Toutefois, entre le tableau de SÖLDNER et celui de L. L. VAN SLYKE et A. W. BOSWORTH, il y a trop de discordance pour accepter que, par un jeu complaisant des lois de la mécanique chimique, les chlorures puissent affecter dans leur totalité, uniquement l'aspect de sels alcalins ou celui de sels calciques.

W GRIMMER (18) fait remarquer que les chiffres de la composition des matières salines du lait, — ce sont ceux de SÖLDNER et de L. L. VAN SLYKE et A. W. BOSWORTH qu'il donne, — sont dépourvus de signification, parce qu'une grande partie des sels se trouvent partiellement dissociés, à l'état d'ions par conséquent.

Semblable objection ne nous avait pas échappé, mais nous avons pensé, et nous le pensons encore, — nous y reviendrons d'ailleurs plus loin, — qu'au lieu de donner l'ensemble des ions affectés chacun de leur taux propre par litre de lait, nous devons nous efforcer de les grouper d'une manière aussi rationnelle que possible. Pour y parvenir, en se rapprochant de ce qu'on peut croire être la vérité dans la sécrétion naturelle, il importe de faire appel à de multiples considérations, non seulement d'ordre chimique et physique, mais encore d'ordre physiologique et pathologique. Il va résulter d'un pareil examen en ensemble

(18) W. GRIMMER. — *Lehrbuch der Chemie und Physiologie der Milch*. 2<sup>e</sup> édition. 1926, p. 163.

de présomptions plaçant plutôt en faveur de tel arrangement que de tel autre. Nous allons tout à l'heure nous efforcer d'en donner la justification.

W. M. CLARK (19, 20) se plaçant sur le même terrain que W. GRIMMER, reprend nos recherches de 1922 et, critiquant le tableau que nous avons donné des matières salines du lait, fait remarquer qu'il n'y a pas de raison de ne pas tenir compte d'une labilité de l'équilibre entre les ions des sels mentionnés; aussi estime-t-il que la spécification de ces sels est peut-être erronée et juge-t-il préférable de substituer à une liste de sels, celle des ions qui en proviennent. À côté des chiffres que donne W. M. CLARK, il nous plaît de placer ceux que nous pouvons extraire du taux des sels, tels qu'ils sont exposés dans nos propres tableaux :

TABLEAU IV  
TENTATIVE DE DISTRIBUTION DES PRINCIPAUX COMPOSANTS  
DU LAIT EN GRAMMÉS PAR LITRE.

	Chiffres de W. M. Clark	Nos chiffres
K <sup>2</sup> O . . . . .	1,80	1,90
Na <sup>2</sup> O . . . . .	0,72	
CaO . . . . .	1,78	1,70
MgO . . . . .	0,30	0,20
P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> . . . . .	1,50	2,05 (1,55)
Acide citrique . . . . .	2,00	2,00
Cl . . . . .	1,00	1,00
SO <sup>2</sup> . . . . .	0,11	0,08
Caséine . . . . .	28 (0 gr., 50 de P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> )	
Albumine . . . . .	7,2	

Nous voyons que nos chiffres sont vraiment voisins de ceux de CLARK. Une exception doit être faite pour celui du P<sup>2</sup>O<sup>5</sup>. Sur ce point, notre valeur est beaucoup plus grande que celle de CLARK, mais la différence trouve son explication dans ce que nous comprenons, dans P<sup>2</sup>O<sup>5</sup>, celui qui provient de la caséine. Or, dans son tableau, CLARK n'omet pas de placer la caséine, élément salifiable incontestablement. Si donc, nous défalquons du chiffre que nous donnons pour P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> celui qui relève de la caséine, soit environ 0 gr. 500, nous trouvons que le P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> salifié à l'état purement minéral est de 1 gr. 55, chiffre très voisin de celui donné par W. M. CLARK (a).

(19) W. M. CLARK. — "Synthetic milk" as a basis for Research. *Journ. of Dairy Science*, 1927, 10, 195.

(20) W. M. CLARK. — The Acid-Base and Oxidation-Reduction Equilibria of Milk. — Chapitre VI de *Fundamentals of Dairy Science* de L. A. Rogers et collaborateurs. 1928, p. 117.

a) Nous n'avions nullement négligé de parler aussi du phosphore des phospholipides. Notre travail de 1923 marque d'ailleurs le souci que nous avons eu de le faire intervenir, mais la part qu'il a dans le phosphore total n'est pas élevée; elle en représente à peine 5 0/0.

Cet auteur rappelle que E. B. FORBES et M. H. KEITH (21) ont cité des cas dans lesquels le phosphore des composés organiques, caséine incluse bien entendu, représentait plus de 50 % du phosphore des cendres. En laissant de côté l'étonnement qu'un tel chiffre peut nous procurer, nous ferons observer qu'une semblable considération n'a rien à voir dans un travail comme celui-ci. Ce chiffre n'est nullement normal ; or, ici, nous parlons d'un essai de synthèse qui ne peut évidemment viser qu'un lait-type et nullement une exception.

W. M. CLARK fait remarquer qu'avec les chiffres qu'il donne du taux des ions par litre, il y a de nombreuses façons d'édifier un système salin correspondant, mais il prend soin d'objecter lui-même qu'il faut toutefois satisfaire à certaines exigences qui sont imposées par l'étude approfondie du lait, ce qui ne tend rien moins qu'à limiter le nombre des arrangements possibles. Or, c'est précisément ce que nous avons dit lorsque nous avons abordé cette question en 1922.

Dans ses essais de lait « synthétique », au lieu de mélanger des sels préalablement purifiés, comme nous le faisons nous-mêmes, — et encore pour les phosphates calciques les obtenions-nous en faisant agir  $\text{PO}_4\text{H}^3$  sur l'excès de chaux d'un caséinate, — W. M. CLARK procède à des mélanges successifs, parfois de sels, parfois de bases, parfois d'acides. Mais, étant donné que les proportions employées par lui sont très voisines de celles que nous avons utilisées nous-même, il en résulte qu'à la fin des opérations, les deux systèmes salins obtenus doivent se ressembler beaucoup.

On peut faire à cet auteur le reproche d'avoir remplacé l'albumine poids pour poids, par de la caséine ; caséine et albumine sont deux protéines dont les aspects sont différents et leur substitution réciproque ne saurait aboutir à des résultats équivalents.

Dans notre premier travail, nous avons d'abord pensé utiliser la gélatine à la place de l'albumine dans la préparation du lait artificiel, mais il était plus logique de recourir à l'albumine de l'œuf, plus voisine de l'albumine du lait. Depuis, nous avons appris à obtenir en partant du sang de vache, source commode et abondante, l'albumine et la globuline préparées selon la méthode de M. PIETTRE et A. VILA, (22, 23'). Nous reviendrons plus loin sur ce point important, lorsque nous ferons allusion à la préparation synthétique du lait de femme.

Albumine et globuline, en dehors de leurs propriétés chimiques qui

(21) E. B. FORBES et M. H. KEITH. — A review of the literature of phosphorus compounds in animal metabolism. *Ohio Ag. Expt. Stat., Bull.*, 5, *Tech. Ser.*, 1914.

(22) M. PIETTRE et A. VILA. — Sur quelques propriétés de la sérine. *C. R. Ac. Sc.*, 1920, **170**, 371. — (23) Sur la séparation des protéines du sérum. *C. R. Ac. Sc.*, 1920, **170**, 1466.

(23') COMBY. — *Emploi de l'acétone en chimie biologique*. Th. Doct.-Vét. Lyon, 1929.

sont différentes de celles de la caséine, n'ont pas également le même pouvoir protecteur et le même effet tampon.

Nous ne croyons pas utile d'insister davantage sur la comparaison des recherches de CLARK et des nôtres, et une critique plus serrée du travail de notre collègue américain serait au fond sans objet.

**Les exigences de divers ordres auxquelles il faut satisfaire dans l'obtention synthétique d'un édifice lacté.** — Nous voudrions montrer, en terminant ce sous-chapitre, *combien il est nécessaire dans l'édification synthétique d'un assemblage complexe ressemblant ou voulant ressembler à la sécrétion naturelle de suivre les multiples indications qui nous sont fournies par la chimie, la physique, la physiologie, la pathologie.* Nous devons reprendre ce que nous avons dit dans nos travaux antérieurs (1, 2), le compléter, afin de montrer quelle est la méthode suivie, laquelle nous paraît bonne en raison, répétons-le, de la multiplicité des exigences de divers ordres auxquelles nous nous sommes efforcé de répondre.

En 1922, nous avons préparé un lait synthétique en satisfaisant aux données physico-chimiques : abaissement cryoscopique ( $\Delta$ ), résistivité électrique ( $r$ ), indice de réfraction ( $n$ ), que nous donnent dans la pratique les échantillons de laits de grands mélanges, qu'on peut vraiment appeler des *laits-types*. Peut-être voudra-t-on reconnaître avec nous que la discipline de cette technique avait déjà quelque valeur. Mais les données que nous venons de rappeler n'ont pas été les seules que nous ayons fait intervenir dans l'édification de notre lait synthétique. Il ne faut pas oublier que le lait, la matière grasse mise de côté, n'est pas une liqueur homogène. Nous y reviendrons d'ailleurs plus loin dans l'étude des systèmes dispersés du lait ; mais d'ores et déjà, il importe de faire remarquer que certains sels de calcium d'une solubilité faible ou presque nulle, conduisent à l'existence dans le lait d'une phase solide qui nous permet d'expliquer la teinte laiteuse de cette sécrétion, teinte qui résulte de la dispersion micellaire au sein de l'eau, du caséinate de calcium, d'une part, du phosphate de calcium insoluble, d'autre part.

Veut-on élaborer un lait synthétique qu'il faut également *satisfaire à l'équilibre base-acide de la sécrétion naturelle*, y introduire l'anhydride carbonique qu'elle renferme tant à l'état libre qu'à l'état salifié, *assurer à la liqueur un pH de 6,6-6,7 environ*, une densité de 1033 à 1035, — puisqu'il s'agit ici d'un lait écrémé, — une *viscosité* analogue à celle de ce dernier ; il faut également que le lait synthétique par filtration sur bougie de porcelaine et par ultra-filtration, nous donne des filtrats analogues à ceux du lait, — ceci est facile à obtenir, — en même temps que sur les filtres reste le complexe : caséinate de calcium + phosphates de calcium ayant retenu par adsorption une partie plus ou moins impor-

tante de l'albumine ; il faut encore que vis-à-vis de la présure, le lait synthétique coagule dans les mêmes conditions : de temps, d'aspect et de consistance du caillé, de rapidité de la synérèse, comme le ferait un lait naturel de composition identique ou presque. Il faut doser convenablement à côté de la caséine, l'albumine et la globuline, parce qu'elles ont une influence incontestable sur l'aspect de la coagulation par la présure.

Quand nous venons dire, éclairé par l'analyse des laits pathologiques, que le chlorure de sodium se substitue pour ainsi dire molécule à molécule au lactose qui diminue, c'est parce que nous savons que l'analyse de ces laits nous montre nettement qu'il y a davantage de chlore et de sodium. Nous dirons bien volontiers qu'il y a plus d'ions sodium et plus d'ions chlore, mais cela vaut-il tant la peine de substituer ce dernier langage au précédent ? On n'insistera jamais assez sur la richesse de documentation apportée dans l'étude du normal par l'analyse des laits anormaux et malades. C'est elle justement qui nous a servi dans l'édification du système salin du lait en partant des cendres, compte tenu bien entendu des altérations produites par la calcination qui entraîne des pertes en chlorures et la destruction de l'acide citrique.

Dans les laits malades : moins d'acide phosphorique, moins de potasse, moins de chaux, plus de chlore, pour ne parler que des éléments minéraux. Dans ces conditions, ne sommes-nous pas fondé à dire que les phosphates alcalins et les phosphates de calcium diminuent ?

Lorsqu'à l'aide des sondages que nous aurons effectués dans les différentes directions de l'analyse du lait, tant chez les laits malades et anormaux, encore une fois, que chez les laits sains, nous aurons élaboré un lait artificiel satisfaisant à toutes les données rappelées plus haut, ne sommes-nous vraiment pas en droit de dire que nous approchons singulièrement de la vérité, et nous ajouterons : que veut-on de plus présentement ?

Il ne faut pas s'exagérer les difficultés. Le lait de vache est une sécrétion que nous commençons à connaître sous tous ses aspects, et la méthode synthétique à laquelle il sera fait tant appel dans les pages qui vont suivre est susceptible de nous donner des renseignements précieux. *Encore une fois, si nous préparons une liqueur qui objectivement, chimiquement, physico-chimiquement et biochimiquement se comporte comme un lait-type, nous aurons lieu d'être satisfait, et par cela même, nous justifierons le mode de répartition des composants du lait qui a été adopté.* Evidemment, pourra-t-on dire, ce n'est qu'un schéma que vous donnez, mais ce schéma que nous croyons frôler de très près la vérité a été établi dans un cadre étroit ne permettant aucun écart, aucune fantaisie. En raison du grand nombre de contingences qu'il a fallu faire intervenir dans son élaboration, nous pouvons sans doute donner des

chiffres un peu différents tout en ne s'écartant pas des grandes lignes du problème, mais ferons-nous varier le taux d'un élément basique ou acide, qu'il faudra corrélativement faire varier dans un sens opposé le taux de certains autres éléments. Tout s'enchaîne dans la *construction*, et ce mot nous semble bon ici, de l'édifice que représente un lait synthétique, et quand on examine les choses de près, on y puise vraiment le sentiment d'un admirable équilibre auquel il faut toujours satisfaire. Quand l'harmonie du lait normal se déforme sous des influences anormales ou pathologiques, elle ne le fait que dans un sens bien déterminé. *Il est* — redisons-le une fois de plus, — *une harmonie du lait malade ou anormal, comme il est une harmonie du lait sain.* Elle s'appuie sur des données numériques qui, bien que différentes de celles que nous reconnaissons à l'état normal, n'en présentent pas moins une véritable solidarité. Il est essentiel de dire cela dans cette étude générale du lait ; les variations que l'analyse enregistre ne sont jamais désordonnées ; elles ont une orientation que l'on peut préciser par avance quand on connaît la nature du trouble initial qui les engendre.

Nous résumerons les pages qui précèdent en disant qu'il nous est facile de faire un lait synthétique en laissant de côté la matière grasse et les petits composants et en ne gardant que la caséine, le lactose, l'acide citrique, les éléments minéraux : bases, acides et sels tels qu'ils ont été définis dans les tableaux donnés plus haut. Avec l'ensemble qui en résultera, nous pourrons déjà faire une étude du lait, tant du côté de la mécanique chimique que du côté biochimique.

Mais, bien autrement féconde encore est cette méthode. Si nous nous retournons, en effet, du côté de l'étude scientifique des fromages, nous apercevrons tout un ensemble de recherches du plus haut intérêt. La maturation des fromagés fait appel à des processus microbiens qu'il est souvent difficile d'isoler les uns des autres dans la pratique ordinaire de l'industrie fromagère, parce que la matière première est déjà envahie par une flore composite renfermant beaucoup d'éléments indésirables. La préparation d'un lait synthétique qui coagulera dans les mêmes conditions que le lait naturel peut nous conduire à une liqueur stérile. Il ne restera donc plus qu'à l'ensemencer avec les microbes dont on veut étudier le rôle dans la maturation du fromage. Nous pensons qu'il y a là une direction intéressante à suivre ; peut-être nous y engagerons-nous un jour.

Nous allons poursuivre maintenant l'examen de la composition du lait à d'autres points de vue. Nous verrons comment les développements dans lesquels nous allons entrer s'enchaînent avec ceux qui ont inspiré l'exposé que nous venons de faire. Nous comprendrons mieux encore les raisons qui nous ont guidé dans l'élaboration du lait synthétique.

### LES COMPOSANTS D'EXCRÉTION ET LES COMPOSANTS DE SÉCRÉTION

La cellule mammaire, organite spécifique, devra puiser dans le sang artériel, lequel est commun à tous les tissus, ce qui lui est nécessaire pour répondre à sa fonction. Elle devra extraire du sang, ou ce qui est plus exact, des espaces lacunaires dans lesquels elle baigne par sa base, ce qui lui est indispensable pour l'édification des principes si caractéristiques du lait ; elle y puisera de quoi construire : caséine, lactose, acide citrique. Mais il ne faut pas oublier que le sang qui lui apporte les matériaux nécessaires à son travail est le même que celui qui va aux reins ; or, ce sang transporte des substances qui doivent être éliminées et dont le rein est l'émonctoire de choix. Il n'est point dans le rôle de la cellule mammaire d'intervenir près d'elles dans le même sens que la cellule rénale, mais elle n'en sera pas moins traversée cependant par une petite quantité des composés que le rein se doit d'éliminer normalement. C'est dans la mesure où elle le fera qu'on pourra dire qu'elle joue le rôle d'émonctoire. Si donc, la mamelle est un rein, elle ne l'est que dans une mesure toujours très faible. Organe de sécrétion très spécialisé pour la caséine, le lactose, l'acide citrique, les glycérides à acides volatils dont le taux important caractérise analytiquement le lait, elle est un rein, donc un organe d'excrétion pour un certain nombre de composés, tant minéraux qu'organiques, lesquels se trouvent dans ce que nous avons appelé les *petits composants* du lait : sulfates, puis urée, corps puriques, créatine, créatinine, c'est-à-dire, *l'azote non protéique du lait*.

**Le jeu inverse des molécules élaborées et des molécules non élaborées.** — Si, dans un tableau, nous mettons en face les uns des autres, d'un côté, les éléments qui caractérisent chimiquement la *fonction essentielle* de la cellule mammaire et, de l'autre, ceux qui répondent à ce que nous pourrions appeler le côté *filtre pur et simple* de la glande, il en découle naturellement que toute atteinte de la cellule, — et c'est toujours d'atteinte microbienne qu'il s'agit dans les conditions habituelles, — la détourne de sa fonction propre en attendant de l'altérer plus profondément et de la détruire.

Alors que *le taux des molécules non élaborées s'accroît* toutes les fois que le fonctionnement de la cellule mammaire est entravé, — c'est le cas dans la **rétenction lactée**, — ou s'écarte de la normale, — c'est le cas lorsqu'il y a **infection**, — par contre, *le quantum des molécules élaborées s'abaisse*. Nous retrouvons ici ce que nous disions tout à l'heure : la composition chimique du lait va se modifier au cours de l'infection, mais *dans un sens bien déterminé*. Caséine, lactose, acide citrique, phosphates de calcium et de potassium vont diminuer graduellement ; au contraire, les taux de l'albumine et de la globuline, du chlorure de sodium s'élèveront, et nous comprenons une fois de plus pourquoi

l'examen des laits malades peut tant nous servir dans l'édification du lait synthétique, image du lait sain. Mais nous voyons également, connaissant la composition des laits malades, qu'il nous est possible, par synthèse aussi, en laissant de côté l'élément microbien, l'auteur du désordre, de réaliser chimiquement de nombreux types de lait allant du lait normal au lait le plus profondément altéré, types qui, chacun pour leur compte, réagiront chimiquement, physico-chimiquement et biochimiquement, comme le feraient des laits malades recueillis sur l'animal, et dont la composition est identique ou presque.

TABLEAU V  
LES COMPOSANTS DU LAIT SELON LEUR SIGNIFICATION  
ET LEUR ORIGINE.

<b>MOLÉCULES ÉLABORÉES.</b> Résultent du travail propre de la cellule mammaire.	<b>Essentiellement caractéristiques</b> de la sécrétion lactée.	Glycérides à acides gras volatils solubles et insolubles dans l'eau (C <sup>4</sup> , C <sup>6</sup> , C <sup>8</sup> , C <sup>10</sup> ). <i>Lactose.</i> <i>Caséine.</i> <i>Acide citrique.</i>
	<b>Non vraiment caractéristiques</b> (si ce n'est par leurs proportions).	
<b>MOLÉCULES NON ÉLABORÉES.</b> Ne sont pas particulières au travail de la cellule mammaire.	Albumine et globuline. Azote non protéique. Chlorure de sodium.	

### CLASSIFICATION DES COMPOSANTS DU LAIT AU POINT DE VUE PHYSICO-CHIMIQUE

Si complexe que soit le lait, il ne l'est pas au point de rebuter celui qui veut en aborder l'étude à l'aide de tous les instruments que l'analyse met à notre disposition. Il reste maintenant à envisager cette sécrétion au point de vue physico-chimique.

#### LES SYSTÈMES DISPERSÉS DU LAIT.

Ce sont les dimensions des particules qui se trouvent au sein de l'eau du lait qui conditionnent leur état physique et leurs propriétés physico-chimiques. La classification d'OSTWALD sur les systèmes dispersés, — ainsi appelés parce qu'ils résultent de la dispersion des particules dans les liquides, et, *ici, le liquide est l'eau*, — est très suggestive et infiniment commode ; elle nous servira de guide.

Le degré de dispersion des diverses particules que l'on rencontre dans le lait varie beaucoup (24) :

(24) G. WIEGNER. — Über die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Kuhmilch vom Dispersitätsgrade ihrer Einzelbestandteile. (Zweiter Beitrag zur Kolloid-Chemie der Milch). *Zeit. f. d. Nahr. und Genussmittel*, 1914, **43**, 425.

a) Toutes les fois que le diamètre des particules est  $> 0,1 \mu$ , nous avons affaire à des **suspensions**, si les particules sont solides, à des **émulsions**, si elles sont liquides. Dans le cas du lait, les particules dispersées sont les globules gras dont le diamètre est toujours  $> 0,1 \mu$ , puisqu'il varie en général entre  $1 \mu$  et  $8-10 \mu$ . La matière grasse, normalement liquide à la sortie de la mamelle, reste longtemps en surfusion, et ne se solidifie que par un refroidissement lent et prolongé sans que le caractère de la dispersion en soit pour cela modifié.

b) Si les dimensions des particules sont plus petites que  $0,1 \mu$  et plus grandes que  $5 \mu\mu$ , les solutions obtenues correspondent aux **solutions colloïdales** de GRAHAM, à ce que SELMI, avant ce dernier, dès 1846, appelait des **pseudo-solutions** ou **solutions apparentes**, expressions excellentes qui d'ailleurs ont été conservées. L'albumine se trouve probablement sous la forme d'amicros de  $5 \mu\mu$  à  $15 \mu\mu$ .

c) Si les dimensions des particules sont plus petites que  $5 \mu\mu$ , nous arrivons aux **solutions vraies** dans lesquelles nous reconnaissons deux types :

$\alpha$ ) **Les solutions ioniques**, les corps dissous étant des électrolytes ; leurs dimensions vont de 4 à  $5 \mu\mu$ .

$\beta$ ) **Les solutions moléculaires**, parce que les corps dissous ne sont pas des électrolytes. D'après LOSCHMIDT, les dimensions des molécules de lactose iraient de  $0,067 \mu\mu$  à  $1,1 \mu\mu$ .

Faisons remarquer tout de suite, bien que nous y revenions plus tard, que le caractère ionique n'est pas réservé uniquement aux solutions d'électrolytes cristalloïdes. Nous le rencontrons dans le lait avec certains colloïdes, notamment avec les caséinates.

Sur ces données générales, nous allons établir maintenant le tableau des composants du lait au point de vue des systèmes dispersés.

Si nous nous reportons à ce tableau dans lequel nous n'avons fait figurer que les composants principaux, — ceux qui chimiquement caractérisent le lait, — nous notons que celui-ci contient des particules dont les dimensions s'étagent depuis  $0,1 \mu\mu$  jusqu'à  $10 \mu$  ; le rapport des plus grandes aux plus petites est de 100.000.

Le tableau VI donne l'échelle des dimensions des particules dispersées dans le lait. Les particules dont les dimensions moyennes sont de  $0,1 \mu$  et au-dessus sont *du champ du microscope* ; celles de moins de  $0,1 \mu$  et de plus de  $5 \mu\mu$  sont du champ de l'*ultramicroscope*. Une réserve cependant s'impose pour celles dont les dimensions sont les plus petites dans cette dernière plage, c'est-à-dire près de  $5 \mu\mu$  ; elles peuvent échapper, en effet, à l'*ultramicroscope*.

TABLEAU VI.

CLASSIFICATION DES COMPOSANTS DU LAIT SUR LA BASE DES DIMENSIONS DES PARTICULES DISSOUTES OU EN SUSPENSION.

5 $\mu$	<p><b>MATIÈRE GRASSE</b>            A L'ÉTAT NATUREL            (Globules sphériques de 1 <math>\mu</math>.5 à 8-10 <math>\mu</math>            Diamètre moyen autour de 4 <math>\mu</math>.)            Leur émulsion est peu stable</p>	<p><b>ÉMULSIONS - SUSPENSIONS</b>            (Partic. dispers. Liquides) (Particules dispersées-Solides)</p>	<p>Champ du Microscope</p>
	<p><b>MATIÈRE GRASSE</b>            HOMOGÉNÉISÉE            "Poussière" de particules graisseuses dont l'émulsion est stable</p>		
0,1 $\mu$ (100 $\mu\mu$ )	<p><b>PHOSPHATE DE Ca</b>            (Colloïde irréversible) ou instable</p>	<p><b>SOLUTIONS COLLOÏDALES</b></p>	<p>Champ de l'Ultra-microscope</p>
50 $\mu\mu$	<p><b>CASÉINATE DE Ca</b>            (Colloïde réversible) ou stable</p>		
20 $\mu\mu$	<p><b>ALBUMINE</b>            (Colloïde réversible)</p>	<p>COLLOÏDES MOLÉCULAIRES</p>	<p>Champ microscopique</p>
5 $\mu\mu$	<p>SOL. IONIQUES: { Chlorures            Phosphates de K            Citrates</p>	<p>Filtrent sur bougie de porcelaine</p>	
0,1 $\mu\mu$	<p>SOL. MOLÉCULAIRES: Lactose</p>	<p><b>SOLUTIONS CRISTALLOÏDES</b></p>	

## TABLEAU VII

LES COMPOSANTS DU LAIT CLASSÉS SELON LE CARACTÈRE DE LEUR DISPERSION (25, 26)

En solution vraie dans le sérum	En pseudo-solution	En suspension
Lactose.	Albumine.	Matière grasse.
Chlorures.	Globuline.	
Tous les sels sodiques et potassiques (chlorures déjà indiqués, phosphates mono- et bi-potassique, citrate tri-potassique).	Caséinates de calcium et de magnésium.	
Acide citrique et ses sels (tripotassique déjà cité, trimagnésien et tricalcique).	Phosphates tri-calcique et trimagnésien.	
Phosphates bi-calcique et bi-magnésien (une partie du moins).		

L'acide phosphorique pour les acides, la chaux et la magnésie pour les bases sont seuls à se partager entre les deux états colloïde et cristalloïde.

Cette classification d'ordre général nous permet de dire, avec G. CORNALBA (27), que le lait affecte tout à la fois :

- 1) Les caractères d'une *émulsion*.
- 2) Les caractères d'une *solution colloïdale*.
- 3) Les caractères d'une *solution vraie*.

## LE LAIT EST UNE ÉMULSION

Nous n'insisterons pas ici sur l'examen de cet aspect du lait, puisque toutes les considérations que nous devons faire valoir dans la suite de notre travail portent uniquement sur le lait débarrassé de sa matière grasse. Néanmoins, il importe de rappeler quelques données essentielles dont nous devons faire état lorsque nous étudierons les relations des divers systèmes dispersés du lait au cours des opérations qui porteront sur celui-ci : écrémage, emprésurage, ébullition, etc....

L'indépendance des systèmes dispersés du lait n'est pas aussi grande que pourrait le laisser supposer leur classification pure et simple telle que nous l'avons donnée ci-dessus. Nous en fournirons un exemple un peu plus loin.

Le lait est une émulsion par la dispersion de la matière grasse qu'il renferme et qui s'y trouve sous la forme de globules sphériques dont le diamètre oscille de  $1\mu$  à  $20\mu$ . Pratiquement, on peut admettre que le diamètre moyen des globules gras oscille autour de  $5\mu$ , les dimensions

(25, 26) Ch. PORCHER. — a) Le lait au point de vue colloïdal. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1926, 8, 997. et b) Le lait au point de vue physico-chimique. Sa constitution colloïdale. VII<sup>e</sup> Congrès Int. de Laiterie. Paris, 1926.

(27) G. CORNALBA. — Une constante chimique du lait comme critérium nouveau plus sûr et plus précis pour l'appréciation de la pureté du lait. — *Rev. Gén. du Lait*, 1908-1909, 7, 33 et 56.

les plus courantes dans le lait allant de  $1\mu$  à  $10\mu$ . Nous ne rappellerons pas ici que certaines races, notamment celles dont le lait a le taux butyreux le plus élevé (Jersey), ont des globules gras dont le diamètre moyen est nettement plus grand que celui du lait de races moins butyro-gènes (Holstein-Frise) (28).

La matière grasse reste longtemps en surfusion après la traite, mais elle finit, du fait du refroidissement lent et prolongé, par se solidifier sans que pour cela le caractère de l'émulsion en soit modifié.

**La stabilité du lait considéré comme émulsion n'est pas très grande.** — L'émulsion se rompt facilement déjà par le repos, ainsi que nous le prouve la *montée naturelle de la crème* dont la vitesse dépend de la viscosité du milieu, de la température, de la grosseur des globules gras. Mais, *cette rupture naturelle n'est jamais complète*, puisque la crème qui se rassemble à la partie supérieure du liquide ne renferme pas toute la matière grasse. Il en reste une assez grande quantité dans le liquide sous-jacent qu'on a l'habitude dans la pratique d'appeler **lait écrémé**, alors que, *théoriquement*, il ne peut être considéré comme tel. Il renferme notamment les globules des diamètres les plus petits allant de  $1\mu$  à  $3\mu$  et dont l'ascension est entravée par les résistances créées par la viscosité du milieu.

Si l'on a recours à des machines qui utilisent la force centrifuge, *les écrémeuses*, la séparation de la crème et du lait écrémé est plus complète, mais elle n'est pas encore totale. Avec des machines qui fonctionnent bien, le lait écrémé renferme encore près de 0 gr. 50 de matière grasse par litre, mais il constitue alors une émulsion *stable* pour les globules très petits qu'il contient et dont le diamètre moyen oscille entre  $1\mu$  et  $2\mu$ .

**L'homogénéisation** a pour but de supprimer la montée naturelle de la matière grasse dans le lait par un broyage mécanique, sorte de laminage des globules, s'exerçant sous une pression de 150 à 200 atmosphères et qui fait de la crème comme une véritable « poussière » de globules, la matière grasse étant dispersée en totalité sous la forme de gouttelettes extrêmement petites dont le diamètre moyen va de  $1\mu$  à  $2\mu$ . Le lait homogénéisé est devenu une émulsion *stable*; la graisse a été *fixée* uniformément dans le liquide, d'où le nom de **fixation employé** comme synonyme d'homogénéisation (29, 30).

Les données chimiques que nous procure l'analyse courante du lait nous montrent que *la matière grasse est essentiellement une variable*

(28) Ch. ECKLES et ROSCOE-H. SHAW. — Variations in the composition of milk from the individuals cows. *Bur. of Anim. Ind., Dept of Agriculture*, Washington, 1913, Bull. 157.

Pour avoir des renseignements plus complets sur le lait émulsion, nous renvoyons à : (29) B. VAN DER BURG. — Etude du lait considéré comme émulsion. Le processus de la montée de la crème. *Le Lait*, 1927, 7, 452, et :

(30) O. RAHN et P. F. SHARP. — *Physik der Milchwirtschaft*, P. Parey Ed., Berlin, 1928.

dans les laits individuels. C'est un fait physiologique incontestable que son taux éprouve chez ces derniers des oscillations de grande amplitude tout à fait irrégulières. Par contre, le lait écrémé est la partie fixe du lait, et ses oscillations seront relativement faibles lorsque toutes autres conditions : alimentation, état de santé, régularité des traites, etc... seront pour ainsi dire invariables. En insistant, comme nous l'avons fait antérieurement, sur ce que nous avons appelé la *quasi-fixité de l'extrait dégraissé* (31), nous n'avons nullement avancé qu'il s'agissait là d'une donnée vraiment immuable. Nous avons simplement tenu à en faire ressortir les *amplitudes restreintes au cours d'une lactation régulière chez un animal bien portant*, le début et la fin de la lactation étant évidemment écartés. Il n'est pas niable qu'il y ait des oscillations dans l'extrait dégraissé, mais elles ne sont jamais brutales, ce qui n'est pas le cas pour celles que la matière grasse est susceptible d'éprouver.

Dans ce travail, comme nous le faisons remarquer un peu plus haut, c'est le *lait écrémé* considéré au point de vue théorique, c'est-à-dire tout à fait débarrassé de sa matière grasse, qui nous intéressera le plus. Ce sont ses édifices *salin* et *colloïdal* qui vont maintenant faire l'objet des développements dans lesquels nous allons entrer. (*A suivre*)-

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA RÉFRACTOMÉTRIE DES LACTO-SÉRUMS

par A. LATAIX,

Docteur-Vétérinaire Capitaine

Travail du Laboratoire de Chimie-Physique du Professeur A. BOUTARIC

(Faculté des Sciences de l'Université de Dijon)

### INTRODUCTION (a)

Depuis la tourmente mondiale de 1914-1918, la question traitée ici semble avoir été perdue de vue — en France du moins — car c'est à peine si, aujourd'hui, dans notre pays, les ouvrages qui traitent systématiquement du lait lui consacrent une rubrique bien restreinte et ne lui accordent plus, pour ainsi dire, qu'une valeur purement historique.

Et cependant, il nous a semblé qu'il y aurait intérêt à démêler cette question quelque peu touffue — tant par la nombreuse bibliographie qu'elle comporte, que par les divergences d'appréciation des auteurs qui s'en sont occupés — et à tenter de jeter un peu de lumière sur le sujet dont nous nous sommes proposé l'étude.

Dans quel but, tout d'abord, utilise-t-on la réfractométrie des lacto-

(31) Ch. PORCHER. — La quasi-fixité de l'extrait dégraissé du lait chez un animal pendant plusieurs mois consécutifs. — *Ann. des Falsif. et des Fraudes*, 1920, 13, 78.

(a) Nous devons l'idée de ce travail à M. le Professeur Ch. PORCHER. A ce Maître, nous tenons à exprimer ici notre respectueuse et profonde reconnaissance pour l'intérêt qu'il a porté à nos recherches et pour les encouragements qu'il nous a prodigués.