LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :	Documents et Informations.	152
Ch. PORCHER et A. CHEVALLIER. — La répartition des matières salines dans le lait. — Leurs relations physiques et chimi- ques avec les autres principes du lait.....	O. LAXA. — La laiterie dans la République tchécoslovaque....	152
97	E. DROUILLY. — Le nettoyage des ustensiles de laiterie en alumi- nium.....	157
KOESTLER et BAKKE. — Le contenu des matières solides du lait calculé et trouvé analy- tiquement.....	A. LEFAS. — Les visiteuses de l'enfance.....	159
112	CH. TISSERAND. — Une étable mo- dèle à la Havane.....	161
Bibliographie analytique...	Ch. PORCHER. — La section du lait à l'Exposition internatio- nale du Centenaire de Pasteur (Strasbourg, juin-octobre 1923).	163
1 ^o Les Livres.....		
118		
2 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes.....		
126		

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

LA RÉPARTITION DES MATIÈRES SALINES DANS LE LAIT. LEURS RELATIONS PHYSIQUES ET CHIMIQUES AVEC LES AUTRES PRINCIPES DU LAIT (2),

par

M. le Professeur CH. PORCHER

et

A. CHEVALLIER,

de l'Ecole Vétérinaire

Préparateur de la Chaire de Physique
Médicale à la Faculté de Médecine

de Lyon.

Dans cette étude, qui pourrait avoir également pour titre : « La constitution du lait ; ses composants chimiques dans leurs rapports

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

(2) Ce travail constituera, avec celui qui a paru dans le numéro précédent de la Revue : « Le Chlorure de sodium dans le Lait », et celui qui y fera suite : « Etude critique de la constante moléculaire simplifiée » (publiée dans les *Annales des Falsifications et des Fraudes*, janvier 1923, et que *Le Lait* insérera à son tour), un ensemble très cohérent. Il nous a semblé bon, pour les Lecteurs de cette Revue, de grouper ainsi ces trois mémoires.

L'étude que nous commençons aujourd'hui est le développement d'une Conférence que l'un de nous a faite à la Société de Chimie Biologique (voir *Bull. de la Soc. de Chimie Biol.*, 1923).

avec les données physico-chimiques », nous prendrons chaque composant du lait, chimiquement bien déterminé, et nous nous emploierons à le situer en la place — ou les places, car il peut se partager, — que nous pensons qu'il occupe, et à spécifier très étroitement les rapports qu'il affecte avec les autres composants.

Prenant comme base les données purement chimiques de l'analyse, nous procéderons à la répartition des éléments que celle-ci nous décèle, qualitativement et quantitativement, en étant guidés, bridés même si nous pouvons ainsi parler, par les données physico-chimiques auxquelles il faudra, de toute nécessité, satisfaire.

Nous aurons à déterminer quelle est la part de chaque composant dans l'abaissement cryoscopique, le pouvoir réfringent, la résistance électrique du lait, en nous assurant, au préalable, qu'il est vraiment bien à sa place.

C'est un essai sur une synthèse toute scientifique du lait à laquelle nous allons procéder. Un pareil travail ne peut être, dans l'état actuel de nos connaissances, qu'une approximation. Nous souhaitons, toutefois, que celle-ci donne, sur ce qu'on peut appeler la *constitution* du lait, des aperçus intéressants et féconds. Quel en sera le degré de véracité ? Sa mesure découlera des développements dans lesquels nous allons entrer pour poser le problème dans ses détails, des arguments d'ordre expérimental auxquels nous ferons appel, et des conséquences qui devront découler tout naturellement des résultats obtenus.

*
* *

La présente étude portera sur le lait de vache, mais son esprit généralisateur sera tel, ou du moins, nous l'espérons ainsi, que les déductions à en tirer seront valables pour les autres laits.

Nous estimons, en effet, *a priori* dira-t-on, mais, ajouterons-nous, bien à l'abri derrière l'unicité de la fonction mammaire, qu'il ne saurait y avoir entre les différents laits de différences profondes dans l'arrangement de leurs composants, toute valeur intrinsèque des chiffres étant laissée de côté.

Il importe, tout d'abord, de donner une image, aussi complète que possible, de la composition qualitative et quantitative du lait. Pour y arriver au mieux, il est indispensable d'envisager celle-ci à divers points de vue que rassemble le tableau ci-après, p. 99.

Nous allons prendre le lait et le disséquer, — ce mot du langage anatomique n'est nullement déplacé ici, — avec des instruments chaque fois différents. Nous acquerrons ainsi des détails qui, joints aux autres, aideront singulièrement à la compréhension de l'ensemble.

TABLEAU I.

Composition moyenne qualitative et quantitative du lait de vache.

Eau.....			900 à 910 gr.
	Matière grasse		35 à 40 gr.
		Lactose	47 à 52 gr.
Extrait	Extrait	Matières protéiques ...	30 à 35 gr.
sec		(Caséine, albumine et globuline).	
125 gr.	dégraissé	Azote non protéique ...	1 gr. 50 à 2 gr.
à	88 à 93 gr.	(Urée, acides - aminés, groupe purique, groupe de la guanidine).	
130 gr.		Matières minérales.....	9 gr. à 9 gr. 50

*
**

Selon l'angle sous lequel on l'envisage, on peut dire qu'il existe dans le lait :

- 1° Des *gros* et des *petits* composants ;
- 2° Des composants de *sécrétion* et des composants d'*excrétion* ;
- 3° Des molécules *élaborées* et des molécules non *élaborées* ;
- 4° Des composants *cristalloïdes* et des composants *colloïdes* ;
- 5° Des composants *définis*, isolables, dirons-nous, purifiables, identifiables, purement *chimiques*, et des composants *biochimiques* non isolables : diastases et vitamines ;
- 6° Des composants *figurés* : phagocytes et microbes.

La conduite de cette étude laisse forcément de côté les composants biochimiques, ainsi que les composants figurés. Notre tentative de synthèse du lait, dans l'esprit où elle est réalisée, ne saurait s'occuper de ces deux variétés d'éléments.

Les phagocytes et les microbes sont des « accidents » ; quant aux principes biochimiques : diastases et vitamines, pondéralement, ils sont négligeables et leur intervention dans les arrangements moléculaires, dont nous allons parler, n'apparaît pas.

*
**

Les gros et les petits composants du lait. — La distinction faite ici entre les *gros* et les *petits* composants du lait est uniquement à base pondérale ; elle n'a pas une rigueur absolue, mais elle marque une indication que nous croyons utile.

Comme gros composants, le lait contient :

- 1° L'eau ;
- 2° La matière grasse ;

3° Une matière hydrocarbonée : lactose ou sucre de lait ;

4° Des matières protéiques ;

5° Des matières salines.

L'eau est le composant du lait de beaucoup le plus important, comme l'indique le tableau.

La matière grasse du lait est un mélange d'éthers neutres de la glycérine ; son taux éprouve de grandes variations sur lesquelles nous n'avons pas à insister aujourd'hui ; aussi écartons-nous délibérément de notre sujet la matière grasse, estimant qu'elle n'y a point place, l'intérêt seul de la question exposée ici ne pouvant porter que sur les éléments non gras du lait. La matière grasse, en effet, insoluble, n'a aucune action directe sur l'abaissement cryoscopique et les autres données physico-chimiques.

Il n'y a qu'une seule matière hydro-carbonée dans le lait, c'est le lactose ou sucre de lait qui, après l'eau, est l'élément, pondéralement, le plus important (autour de 50 gr. par litre).

Les matières protéiques forment un mélange de trois substances : caséine, albumine et globuline, que nous ramènerons à deux, les deux premières, car la quantité de globuline est faible et, de plus, pour la conduite de notre raisonnement, il ne nous paraît pas indispensable de la faire intervenir.

Nous n'avons pas à agiter, pour l'instant, la question de savoir si nous devons considérer la caséine et l'albumine comme deux aspects différents de la même substance, ou comme deux individus chimiques distincts. Disons cependant, sans tarder, que c'est à cette dernière opinion que nous nous rangeons derrière nombre d'auteurs.

Ce sont les matières salines qui forment l'ensemble le plus complexe du lait. Nous disons bien *salines*, et non *minérales*, parce que nous y trouvons un acide organique fixe : l'acide citrique qui, dans le règne animal, est une caractéristique de la sécrétion mammaire, au même titre que le lactose et la caséine, ces trois substances, en effet, ne se rencontrant que dans le lait.

Nous ajouterons, ce qui, peut-être, paraîtra une superfluité, qu'il est indispensable de marquer la différence profonde qui sépare les *matières salines* des *cendres*. Si nous y insistons dans le cours de cet exposé, c'est parce que trop d'auteurs, négligeant de l'établir, commettent, par là, une faute lourde, tout à la fois, d'analyse chimique et de jugement.

L'*indosé* du lait trouve dans cette différence, une partie de lui-même : une des plus importantes. Quand nous aurons dit qu'entre les matières salines, qu'on peut estimer dans le lait de vache de grande moyenne - c'est ce que nous appellerons le lait *normal* - à 9 gr., 25-9 gr., 50 par litre et les cendres qui oscillent autour de 7 gr.

à 7 gr.,50, grand maximum, nous dirons qu'il y a là une différence de 2 grammes environ qui compte dans le calcul de l'indosé. Nous reviendrons, d'ailleurs, sur ce point intéressant lorsqu'il nous sera permis d'en compléter tout à fait l'aspect.

Nous nous permettrons de laisser de côté les éléments minéraux qu'on ne rencontre dans le lait qu'à l'état de traces: silicium, arsenic, fer, cuivre, zinc, bore, aluminium, iode, manganèse, lithium. Quelle que soit la forme qu'ils affectent dans le lait : saline ou combinaison organique, il importe peu, parce que les tendances de notre travail nous autorisent à n'en point tenir compte.

Nous sommes ainsi amenés à ne retenir dans le lait que les éléments salifiables suivants :

ACIDES :		BASES
Minéraux	Organiques	
Sulfurique	Citrique	Potasse
Chlorhydrique	Carbonique	Chaux
Phosphorique		Soude
		Magnésie

Les uns et les autres seront rangés dans les *gros* composants du lait, parce qu'ils sont dosables, qu'il y a lieu souvent de les doser. On y arrive sans difficulté, avec précision, en ce qui concerne l'acide phosphorique, l'acide chlorhydrique, la chaux, la magnésie ; l'acide citrique est d'un dosage plus délicat et la difficulté de doser directement la soude, donne aux chiffres produits pour celle-ci plus d'incertitude, car ils sont souvent déterminés par différence. Quant à l'acide carbonique, sa volatilité ne conduit qu'à une détermination très approximative.

*
* *

Les cendres du lait. — Les travaux qui nous donnent exactement les proportions des principes minéraux, bases et acides, contenus dans les *cendres* du lait, sont nombreux et, ce qui nous importe le plus ici, suffisamment concordants, au point que leur moyenne nous fournit une image fidèle de ce que sont ces cendres. Mais nous savons également qu'il n'est pas possible de considérer les cendres comme le reflet des éléments salins originels du lait. Ceux-ci ne trouvent en celles-là qu'une image déformée, très déformée même.

Tous les auteurs sont d'accord sur ce point important, et cependant, il en est encore, même parmi les plus sérieux, qui, dans l'expression chiffrée de leurs résultats analytiques, négligent de tenir compte des indications d'une notion qu'ils ne doivent cependant pas ignorer.

Puisque les cendres ne sont que l'image très altérée des matières salines contenues dans le lait, tel qu'il est sécrété, nous avons d'abord à examiner — chaque fois qu'il y en aura, — la nature, le sens et l'étendue des déformations subies par celles-ci sous l'influence de la calcination de l'extrait sec.

Nous puiserons, dans cette étude introductive indispensable, des éléments d'appréciation de toute utilité pour nous permettre d'aborder la deuxième partie, la plus essentielle de notre exposé : *partir des cendres du lait, telles qu'elles sont définies qualitativement et quantitativement, et remonter aux matières salines originelles, en définissant simultanément les rapports que celles-ci peuvent avoir avec les autres éléments non salins du lait, cristalloïdes et colloïdes.*

Nous serons donc amenés à lier, dans une dépendance que nous devons faire aussi étroite que possible, les matières salines du lait liquide et les cendres qui en sont issues.

La calcination est une opération brutale qui brise violemment, sans laisser la moindre trace de leur état antérieur, certaines liaisons existant entre différents éléments, mais avant de dire dans quel sens elle altère les composants originels du lait, il est indispensable de compulser avec soin les documents analytiques que nous produisons ici. Ils résultent d'une sélection que nous avons effectuée parmi de très nombreux travaux, en ne gardant que ceux des auteurs les plus dignes de foi.

Nous donnerons d'abord les chiffres des cendres brutes (Tableau II).

L'examen de ce tableau montre une concordance assez grande des chiffres. Toutefois, certaines réserves sont à faire, car nous pensons que les chiffres de la soude donnés par RICHMOND et par ORLA-JENSEN sont faibles ; la raison en est vraisemblablement dans la difficulté de doser directement cet élément.

En ne considérant que le poids brut des éléments basiques et acides, nous constaterons que, d'une façon générale, parmi les bases, *c'est la potasse qui a le plus fort pourcentage* ; nous insistons sur cette observation, parce qu'on a trop souvent l'habitude de dire que c'est la chaux qui est la base pondéralement la plus forte du lait. Parmi les acides, c'est l'acide phosphorique qui prédomine nettement. Il est évident qu'en ajoutant l'acide phosphorique (P^2O^5) à la chaux, nous avons une somme qui approche 50 % des cendres du lait. C'est ce qui fait dire à beaucoup d'auteurs que c'est le phosphate de chaux qui est le sel dominant du lait. Nous verrons au cours de ce travail que cette expression est inexacte, et que si nous considérons uniquement les phosphates tels qu'ils se trouvent dans le lait, *ce sont les sels potassiques qui l'emportent pondéralement sur les sels calciques,*

TABLEAU II.

	Richmond (1)	Babcock (2)		Schrodt et Hansen (3)	Fleischmann (4)	Storch (5)	Oria-Jensen (6)		Bosworth (8)
	0/0 des cendres	0,0 gr. du lait	0/0 des cendres	0/0 des cendres	0/0 des cendres	0/0 des cendres		0/0 des cendres	0/0 rem ³ de lait
Potasse (H ² O)	28,71	0,175	25	25,42	25,71	25,31		23,60-26,66	0,145
Soude (Na ³ O)	6,67	0,070	10	10,94	11,92	9,44		4,84-6,79	0,074
Chaux (CaO)	20,27	0,140	20	21,45	24,68	21,93		26,46-28,18	0,201
Magnésie (MgO)	2,80	0 017	2,4	2,54	3,12	2,87		2,03-2,81	0,022
Anhydride Phosphorique (P ² O ⁵)	29,33	0,170	24,3	24,11	21,57	28,69		26,25-27,53	0,199
Chlore (Cl)	14	0 100	14,30	14,60	16,38	13,73		12,16-14,98	0,076
Anhydride sulfurique (SO ³)	traces	0,027	3,85	4,11	»			2,15-3,77	0,025
Oxyde de fer (Fe ² O ³)	0,4	0,001	0,15	0,11	0,31				traces
Anhydride carbonique (Co ²)	0,97								
Poids total des cendres au litre (7) : 7,72 (0,75 en gramme)		7 gr. 21 (au litre de lait)					7 gr. 25 à 7 gr. 72 (au litre)		

(1) In J. RACE : *The examination of milk for Public Health Purposes*, 1918, p. 19.

(2) In W. A. STOCKING : *Manual of Milk Products*, 1919, p. 28.

(3) *Die landwirtschaftl. Versuchsstationen*, t. 31, 1885, p. 55.

(4) FLEISCHMANN : *Jahrb. der Milchwirtschaft*, 4^e éd. 1908, p. 56.

(5) In ORLA-JENSEN : De l'influence des éléments minéraux du fourrage sur le lait. *Annuaire Agricole de la Suisse*, 1905.

(6) Travail rappelé ci-dessus (5). Les chiffres donnés par ORLA-JENSEN proviennent d'un animal au cours d'une expérience d'affouragement.

(7) Pour passer du 0/0 en grammes de lait au taux par litre, on multiplie par 10 et on ajoute 3 0/0.

(8) In C.-G. SUPPLEE : *Le Lait*, 1921, 1^{re} année, p. 324.

parce que la chaux, en effet, se répartit sur plusieurs autres éléments, ne s'unissant que dans la proportion de 40 % environ de son propre poids à l'acide phosphorique.

*
* *

Les sels du lait. — Si, laissant de côté les réserves que nous avons faites tout-à-l'heure sur la faiblesse de quelques chiffres, nous examinons le tableau de la répartition des cendres, nous avons déjà constaté entre les auteurs une concordance satisfaisante. Il ne va plus en être de même, si nous jetons maintenant un coup d'œil attentif sur le tableau des matières salines dans le lait.

Ici, les documents sont rares. Peu d'auteurs, en effet, nous ont présenté un pareil travail d'ensemble et nous ne voyons guère parmi ceux auxquels on puisse fait crédit, que SÖLDNER (1), d'une part, et L. L. VAN SLYKE et A. W. BOSWORTH (2), d'autre part.

Ils sont tout à fait contradictoires.

TABLEAU III.

Les sels du lait de vache en grammes par litre.

	Söldner		Van Slyke et Bosworth.
Chlorure de sodium	0 962	10,62	0
Chlorure de potassium	0 830	9,16	0
Chlorure de calcium	»	»	1,19
Phosphate monopotassique ...	1,156	12,77	0
— bipotassique	0,835	9 22	2,300
— monomagnésien ..	»	»	1,030
— bi-magnésien	0,336	3,71	0
— bi-calcique	0,671	7,42	1,750
— tri-calcique	0,806	8,90	0
Citrate de sodium	»	»	2,220
— potassium	0,495	5,47	0,520
— magnésium	0,367	4,05	0
— calcium	2,133	23,55	0
Chaux unie à la caséine ...	0,465	5,13	0,540
Total	9,056		9,550

Evidemment, on ne peut s'empêcher de concevoir, lorsque des sels solubles se trouvent en présence l'un de l'autre, que des doubles

(1) Die Salze der Milch und ihre Beziehungen zu dem Verhalten des Caseins. *Landwirth. Versuchsstation*, T. 35, 1888, p. 351.

(2) Condition of Casein and Salts in Milk. *The Journal of Biological Chemistry*, T. 20, février 1913. Voir aussi à ce sujet C. G. SUPPLEE. Comparaison au point de vue nutritif des laits liquides et desséchés, *Le Lait*, 1^{re} année, 1921, p. 321.

décompositions, selon les lois de BERTHOLLET, puissent se faire entre eux jusqu'à ce qu'un certain équilibre, dépendant des masses en présence et de la température, soit réalisé.

Tandis que SÖLDNER répartit son chlore sur le sodium et le potassium, VAN SLYKE et BOSWORTH l'attribuent tout entier au calcium. Comme il y a dans le lait des sels de calcium solubles, à commencer par le citrate, on peut s'expliquer, par la possibilité d'une double décomposition entre le citrate de chaux et les chlorures que ceux-ci soient amenés sous la forme calcique. Toutefois, il y a trop de discordance entre les deux tableaux que nous venons de donner pour admettre que, par le jeu complaisant des lois de Berthollet, ils puissent en quelque sorte se transformer l'un dans l'autre.

Les arguments que nous allons maintenant faire valoir vont montrer, nous l'espérons du moins, que des deux tableaux, c'est celui de SÖLDNER qui paraît le plus logique et le plus intéressant. Ces arguments, nous allons les emprunter, d'une part, aux enseignements de la physiologie et de la pathologie, et d'autre part, aux résultats que nous donne la filtration du lait sur bougie Chamberland, et la dialyse, et d'une façon générale, à tous les faits expérimentaux qui permettent de jeter sur la répartition des éléments salins du lait quelque clarté indiscutable.

Mais avant de procéder ainsi, il importe d'examiner, mieux, dirons-nous, de mesurer la déformation que la calcination fait subir aux éléments du lait; cette étude est nécessaire, avons-nous dit et, comme il faut lui donner une base, nous allons, considérant notre travail en quelque sorte comme terminé, regarder le tableau qui résume pour ainsi dire l'ensemble des recherches qu'il réunit.

Voici une première répartition que nous donnons des matières salines dans le lait (Voir tableau p. 106).

*
*
*

A la calcination, les chlorures du lait se retrouvent chlorures dans les cendres, qu'il s'agisse du sel sodique ou du sel potassique. Toutefois, il nous apparaît utile de revenir sur un fait bien connu, mais sur lequel on ne saurait jamais trop insister, c'est celui de la volatilité des chlorures. La calcination à une trop haute température les volatilise en partie et, pour peu que le passage au moufle soit prolongé et la température trop élevée, nous mettons en fait que la presque totalité des chlorures peut être volatilisée. En voici une nouvelle preuve :

Un lait de rétention ayant 2 gr.,867 de NaCl. au litre déterminé par la méthode de CHARPENTIER, après calcination, donne 1 gr.,287. (Méthode CHARPENTIER sur les cendres).

TABLEAU IV.

	I (1)	II (2)	III (3)	SÖLDNER
	gr.	gr.	gr.	gr.
Chlorure de sodium ...	1,09	2,01	0,95	1,80
— potassium.	0,92	1,81	0,85	1,61
		en NaCl	en NaCl	en NaCl
Phosphate monopotassique.....	1	2,10	1,10	2,10
— bipotassique	1,10	1,10	1	2,10
— bi et tricalcique. ...	1,06	»	1,13	1,477
— bi et trimagnésien ...	0,16	»	0,189	0,356
Citrate tricalcique.....	1,78	2,03	1,80	2,133
— trimagnésien ..	0,76	3,21	0,58	3,45
— tripotassique...	0,67	0,54	0,75	3,25
Bi-carbonate de soude.	0,25	0,25	0,25	»
Sulfate de potassium ..	0,18	0,15	0,20	»
Chaux de la caséine...	0,61		0,600	0,465
	9,33		9,519	9,056

(1) Notre première note aux C. R.
 (2) et (3). Sont des arrangements autres, mais voisins du précédent

Dans les expériences que nous avons faites, il était possible, sachant la quantité de chlorures introduite dans le lait reconstitué, de mesurer ce que la calcination pouvait entraîner. Nous avons commencé par déterminer pareille perte en présence de caséinate de chaux :

A une solution de caséinate de chaux exempt de chlore, on ajoute, pour 10 cm³, dans une première expérience, 0 gr.,0105 de NaCl., et, dans une seconde, 0 gr.,020. Après dessiccation, on porte au moufle 10 minutes (cendres blanches), la capsule de la seconde expérience étant au fond. On ne retrouve pour la première expérience que 0 gr.,0035 de NaCl. (perte de 0 gr.,007, soit 66,6 %) et pour la seconde, 0 gr.,0058 (perte de 0 gr.,0142, soit 71 %). Les dosages ont été faits sur les cendres par la méthode CHARPENTIER.

En nous adressant cette fois au lait synthétique calciné au moufle jusqu'à cendres blanches, nous avons ainsi constaté que la presque totalité des chlorures était disparue. Il est donc de toute nécessité,

si l'on veut doser exactement les cendres dans le lait, d'utiliser la méthode par voie humide, telle celle de CHARPENTIER. Doser les chlorures sur les cendres, quelque soin que l'on prenne à la calcination même en n'allant pas au delà des cendres uniformément grises, conduit à un chiffre trop bas. Les pertes de chlorures lors de l'obtention des cendres rentrent dans l'indosé.

*
* *

Les sulfates solubles du lait ne sont pas modifiés également par la calcination. La question de savoir s'il existait dans le lait des sulfates a longtemps été discutée, mais elle a été tranchée par l'affirmative par nombre d'auteurs, MUSSO, SCHMIDT, etc... R. STEINEGGER et O. ALLEMANN (1), en examinant le lait filtré sur bougie Chamberland, ont dosé l'acide sulfurique qui s'y trouvait, et qu'ils estiment en SO^3 , de 0,0823 à 0,1311 par litre.

Par la dialyse, méthode élégante pour résoudre la question, et en présence d'un peu de formol, nous avons obtenu après 24 heures une quantité de sulfate correspondant à 0,160 de SO^4Ba au litre ; une dialyse de 48 heures nous donna 0 gr.,22 de SO^4Ba . En admettant le chiffre moyen de 0 gr.,11 de SO^3 au litre, cela correspond à environ 0 gr.,33 de SO^4Ba .

Traduit en sulfate de potassium soluble, ces 0 gr.,11 nous donnerait 0 gr. 25 de ce sel. C'est le chiffre que nous avons admis dans notre travail pour représenter les sulfates solubles. Peut-être est-il un peu fort.

*
* *

Les phosphates alcalins, mono-et bipotassique, à la calcination, se transforment : le monopotassique en métaphosphate, le bipotassique en pyrophosphate, ce qui entraîne une légère perte due à un départ d'eau (2) : 0 gr.,20 environ sur les phosphates potassiques du lait.

*
* *

Les modifications les plus marquées dues à la calcination portent sur les citrates, les matières protéiques et l'azote non protéique

Les citrates existent dans le lait sous forme de citrates trimétalliques (K, Ca, Mg) et, ainsi que le montre le tableau, l'ensemble des citrates constitue évidemment l'édifice salin homogène le plus important du lait, puisqu'il dépasse 3 grammes, ce qui répond à près du tiers de toutes les matières salines.

Il y a, en effet, dans le lait, une moyenne de 2 gr. à 2 gr.,10 d'acide

(1) *Der Gehalt der Kuhmilch präformierter Schwefelsäure.* — *Landwirts. Jahrbuch der Schweiz*, 1905, 8^e fascicule, (anal. in « *Revue Générale du Lait* », T. 5, 1905-1906, p. 112).

(2) $2 \text{PO}^4\text{KH}^2 = 2 \text{PO}^4\text{K} + 2 \text{H}_2\text{O}$ et $2 \text{PO}^4\text{K}^2\text{H} = \text{P}_2\text{O}^4\text{K}^4 + \text{H}_2\text{O}$.

citrique, ainsi qu'il résulte des recherches de BEAU (1) et de DESMOULIÈRE (2). Celui-ci, dans son travail, a fait la critique des diverses méthodes utilisées pour le dosage de l'acide citrique dans le lait, et montré quelles précautions il fallait prendre pour faire un dosage exact de ce dernier.

DESMOULIÈRE nous donne des chiffres de 2 gr. 21, 2 gr. 04 en acide citrique hydraté, cristallisé avec une molécule d'eau. En admettant donc le chiffre de 2 gr. à 2 gr. 10, on s'accorde avec BEAU et DESMOULIÈRE et on reste tout à fait dans la vérité.

L'acide citrique du lait se trouve minéralisé par la potasse, la chaux et la magnésie ; nous verrons plus loin dans quelles proportions.

Le citrate de potassium cristallise avec une molécule, le citrate de calcium avec 4 molécules, et le citrate de magnésium avec 14 molécules d'eau.

Nous avons cherché d'abord à déterminer quelle était la perte de poids que la dessiccation entraînait sur ces sels, et nous avons dû envisager la dessiccation sur les sels eux-mêmes pulvérisés et sur les sels préalablement dissous dans l'eau ; la perte en eau pouvait être différente, et ce point demanderait à être fixé.

2 gr. 5495 de citrate tripotassique dissous dans l'eau ont donné 2 gr.,3855 après évaporation, et la dessiccation, pendant 7 heures au bain-marie, du résidu sec, n'a pas entraîné de perte supplémentaire d'eau.

2 gr.,160 de citrate trimagnésien sont devenus 2 gr.,064 après dessiccation du sel sec, 2 gr.,050 après évaporation de la solution.

3 gr.,3095 de citrate tricalcique sont devenus 3 gr.,043 après évaporation de l'eau, et 3 gr.,0395 après dessiccation du sel.

(1) BEAU. — Dosage de l'acide citrique dans le lait. *Revue Générale du Lait*, T. 3, 1903-1904. p. 385. Sur 6 laits examinés, BEAU a trouvé (a) les chiffres suivants : 2 gr. 01, 2 gr. 20, 2 gr. 24, 1 gr. 81, 1 gr. 97 et 2 gr. 23 ; la moyenne de 2 gr. au litre est donc excellente.

BEAU rappelle que HANKEL (b) n'avait trouvé que 1 gr. à 1 gr.,40 par litre, SCHEIBE (c) 1 gr. 7 à 2 gr. et VAUDIN (d) 1 gr. à 1 gr. 50. Il est vrai que les méthodes utilisées par ces auteurs ne permettent pas de récupérer tout l'acide citrique. VAUDIN lui-même est le premier à en faire la remarque.

(2) E. DESMOULIÈRE. — Etude sur le dosage de l'acide citrique dans le lait. *Th. Doct. Pharm. Paris*, 1910. C'est la méthode d'extraction par l'éther saturé d'eau, qu'utilise DESMOULIÈRE ; elle est longue, mais donne des résultats sûrs.

(a) BEAU employait la méthode de DENIGÈS, oxydation permanganique, en milieu sulfurique, de l'acide citrique et transformation de celui-ci en acide acétone-dicarbonique.

(b) HANKEL. — Citronensäure als normaler Bestandtheil der Kuhmilch. *Landwirts. Versuchst.*, 1891, T. 39, p. 143.

(c) SCHEIBE. — Ueber den Ursprung der Citronensäure als Bestandtheil der Milch. *Landwirts. Versuchst.*, 1891, T. 39, p. 153.

(d) VAUDIN. — Sur l'acide citrique et le phosphate de chaux en dissolution dans le lait (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1894, p. 502 et 856).

En somme, la perte est de 6 % pour le citrate tri-potassique après dessiccation totale, de 4,4 % pour le citrate tri-magnésien par perte d'eau de cristallisation, de 5,1 % après dessiccation, telle qu'elle est réalisée dans l'analyse du lait ; pour le citrate tri-calciq, elle est de 8 % correspondant à l'eau de cristallisation, 8,1 % après dessiccation.

L'obtention de l'extrait sec du lait, comme on y procède dans l'analyse courante, entraîne donc des pertes d'eau de cristallisation sur la valeur exacte desquelles il est difficile d'être fixé parce qu'il n'est pas certain qu'elles aient toujours la même grandeur dans tous les cas.

Nous retrouvons ici pour les citrates un peu de ce que l'on connaît depuis longtemps pour le lactose (1).

Mais la perte par deshydratation n'est rien à côté de celle qu'entraîne la calcination. Le citrate tripotassique devient carbonate de potassium ; le citrate tricalciq et le citrate trimagnésien se transforment en chaux et en magnésie :

1 gr. de citrate tripotassique donne 0 gr.,638 de carbonate de potassium ;

1 gr. de citrate tricalciq donne 0 gr.,2946 de chaux ;

1 gr. de citrate de magnésie donne 0 gr.,1708 de magnésie.

On voit de suite la perte considérable entraînée par la calcination en ce qui concerne les citrates, et, si l'on admet qu'il y a dans le lait aux environs de 3 gr.,15 de citrates totaux, ce sont les chiffres que nous avons donné, Tabl. IV, en II.

0,54 de citrate tripotassique ;

2,03 — tricalciq ;

0,58 — trimagnésien.

On voit qu'à la calcination ces 3 gr.,15 deviennent :

0,54 de sel potassique, donnant 0,3445 de carbonate de potassium ;

2,03 de sel calciq, donnant 0,5980 de chaux ;

0,58 de sel magnésien, donnant 0,099 de magnésie.

Ils se retrouvent donc après la calcination sous le poids de 1 gr.,04 ; la perte est donc de 2 gr.,11. Elle est considérable, et elle figure en première place pour le calcul dans la mesure de l'indosé (2).

*
*
*

Toutefois, la calcination n'entraîne pas que des pertes ; celles-ci sont partiellement compensées par la minéralisation d'une partie du

(1) VILLIERS, E. COLLIN et M. FAYOLLE, dans leur ouvrage : « Aliments lactés et aliments gras », 2^e édit., 1911, montrent la grande fixité du lactose hydraté desséché, sec, sans eau, alors que si on le dessèche après l'avoir dissous, au préalable, dans l'eau, il subit des variations de poids très curieuses, marquées d'abord par une augmentation, puis après par une diminution sensible, due à une deshydratation plus prononcée et aussi à une altération.

(2) Les chiffres donnés en I et en III (Tabl. IV) entraîneraient à peu de chose près les mêmes pertes.

soufre protéique et de tout le phosphore organique de la caséine et des phosphatides. Nous laisserons toutefois de côté le phosphore de la lécithine dont le poids est vraiment faible.

La caséine est une substance protéique phosphorée renfermant près de 1 % de phosphore. HAMMARSTEN (1) parle de 0,847 %, et HEMPEL (2) donne le même chiffre ; ELLENBERGER (3), 8 %.

Des intéressantes recherches de LINDET sur les formes que le phosphore et le calcium affectent dans la caséine du lait, recherches dont nous aurons à faire état plus loin, on extrait des chiffres analogues : 0,80 % de phosphore dans la caséine.

En admettant le chiffre rond de 0,8 % de phosphore dans la caséine, cela représente pour 30 grammes de caséine au litre : 0 gr.,24 de phosphore, ou 0 gr.,618 de P_2O_5 .

Nous avons préparé au laboratoire, de la façon la plus soignée, de la caséine qui, à la calcination, donne un résidu extrêmement faible.

En prenant des précautions, on voit donc qu'il est possible de préparer une caséine pure, dépourvue de matière minérale. Dans ces conditions, le phosphore qui se trouve dans la molécule sous la forme phosphorique, ainsi que nous le verrons tout à l'heure, disparaît à la calcination.

Mais dans le lait, il en va tout autrement et la volatilisation de l'élément phosphore lié au complexe organique de la caséine n'est plus possible, la calcination s'opérant en milieu minéral. Il y a, en effet, suffisamment de chaux et de magnésie liées étroitement à la caséine sous forme de caséinates, pour salifier l'acide phosphorique répondant au phosphore de la caséine, lequel se trouvera, après calcination, sous la forme de phosphates calcique et magnésien qui viendront s'ajouter aux phosphates originels de même espèce (4).

Le phosphore de la lécithine ne représente guère que 5 % du poids d'une lécithine oléo-palmitique (5).

(1) *Zeitsch. f. Physiol. Chem.*, T. 7, 1883, p. 227, et T. 9, 1885, p. 273.

(2) *Pflügers Arch. f. d. Ges. Phys.*, T. 56, 1894, p. 558.

(3) *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1902, Suppl., p. 313.

(4) On peut même admettre qu'il doit y avoir une relation assez étroite entre la quantité de CaO (et de MgO) unie à la caséine et le taux de P de celle-ci. Au surplus, n'y aurait-il pas assez de CaO (et de MgO) unies à la caséine pour s'unir au P_2O_5 provenant de la calcination de cette protéine, que la CaO et la MgO libérées à la calcination des citrates tri- Ca et tri- Mg entreraient en ligne de compte.

(5) En admettant les chiffres qui semblent les plus larges, ceux de WOOD (*The Journal of Biological Chemistry*, 1905), qui donne pour le lait de vache par litre, 0 gr.,50 de lécithine et 0,38 de céphaline, nous voyons que le phosphore correspondant à une lécithine oléo-palmitique représente à peine 5 % du poids de la molécule, soit pour 0,50 centig., 0,025 millig. qui, salifiés sous forme de phosphate tricalcique, représentent 0 gr.,125 de phosphate tricalcique, avec 0,067 de chaux. Il y a donc un gain au profit des cendres de 0,048 en P_2O_5 , correspondant au phosphore de la lécithine, la chaux des phosphates néo-formés de ce côté étant déjà comptée dans les matières minérales.

*
**

Quant au soufre, tant de la caséine que de l'albumine, qui atteint dans la caséine environ 0,8 % du poids de la molécule, dans l'albumine du lait, 1,75 %, d'après SEBELIEN, on sait qu'une partie de cet élément est très labile et disparaît à la calcination sous forme de composés soufrés volatils ; l'autre partie, plus solidement unie, se transforme en sulfates qui viennent s'ajouter aux sulfates originels.

Il est possible, dans une certaine mesure, d'apprécier ce que peut être la perte en soufre organique et, par suite, de connaître la quantité de soufre salifiable.

Le tableau II nous montre qu'on peut fixer à 4 % environ des cendres la quantité de SO^3 trouvé (3,85, BABCOCK ; 4,11, SCHRODT et HANSEN ; 3,77, ORLA-JENSEN).

LEACH, cité par STOCKING, parle de 3,84 %. En admettant le chiffre de 4,0 % sur 7 gr.,25 de cendres, on trouve 0,29 d'acide sulfurique. Si nous en défalquons 0,11, chiffre accepté ci-dessus pour le SO^3 préformé, dialysable, il reste 0 gr.,18 correspondant au SO^3 formé au cours de la calcination et provenant de la minéralisation d'une partie du soufre des matières protéiques, caséine et albumine.

Nous n'osons parler des sulfo-éthers qui sont à l'état de traces dans le lait.

En prenant le chiffre de 0,8 % de soufre pour 30 gr. de caséine, de 1,75 % pour 5 gr. d'albumine, le soufre total d'une pareille quantité de protéines est de 0 gr.,3275 et le SO^3 correspondant serait 0 gr.,8187. Or, nous ne trouvons guère que 0 gr.,18 ; la perte atteint donc, en chiffres ronds, 80 %, c'est dire que 80 % du soufre des matières protéiques s'est perdu à la calcination en produits volatils.

Les 0 gr.,18 de SO^3 néoformé qui se sont salifiés sous la forme de sulfate de chaux ou de sulfate de magnésie, représentent en sels calciques 0 gr.,306, en sels magnésiens 0 gr.,276. Le chiffre moyen, très acceptable, de 0 gr.,300 représente, en somme, le poids des sulfates néoformés ; mais là encore, nous devons raisonner, comme nous l'avons fait pour les phosphates et dire que les bases de ces sulfates doivent être mises de côté comme existant déjà dans les matières salines ; nous ne devons donc compter que le poids de SO^3 néoformé dans le poids des cendres, lequel est de 0 gr.,18, balance établie des pertes et des gains de ce côté.

*
**

Si, maintenant, nous faisons le bilan général des pertes et des gains que la calcination apporte aux matières minérales du lait, nous voyons que la perte du côté des citrates se chiffre à 2 gr.,11, que le gain en ce qui concerne le P_2O_5 correspondant au phosphore de la lécithine et de la caséine, atteint 0,048 + 0,618, soit 0 gr.,666, auxquels il faut

ajouter encore 0 gr.,180 de SO^3 provenant de la sulfatation d'une partie du soufre protéique, soit au total 0 gr.,846.

Le bilan est déficitaire et se chiffre par 1 gr.,264.

A n'en pas douter, il faut ajouter des chlorures, de l'eau venant d'une transformation des phosphates alcalins, et ainsi on atteint et même on dépasse aisément le poids de 2 grammes qui correspond à la différence que les auteurs ont trouvé entre le poids des matières salines et celui des cendres.

(A suivre).

LE CONTENU DES MATIÈRES SOLIDES DU LAIT CALCULÉ ET TROUVÉ ANALYTIQUEMENT,

par

le D^r KOESTLER

de la Station laitière de recherches
de Liebfeld.

et

le D^r A. BAKKE,

Chimiste en Chef de la Société
Nestlé à Vevey.

On a déjà beaucoup écrit sur la possibilité de pouvoir déterminer, par la voie indirecte, les matières solides du lait. On peut bien dire, qu'en général, jusqu'à présent, on a accepté, sans trop les discuter, les chiffres obtenus par le calcul en partant du poids spécifique et du contenu en matière grasse. Cela a spécialement de la valeur pour les contrées dont les conditions s'adaptent à la *formule Fleischmann*. On voit comment la valeur de la détermination indirecte des matières solides a été estimée par ce que FLEISCHMANN écrit lui-même dans son *Lehrbuch für Milchwirtschaft*, 1920, page 118 :

« En général, le calcul des matières solides déterminé par le poids spécifique et le contenu en matière grasse du lait, doit donner des résultats plus exacts et plus utiles si on se base sur des formules éprouvées, et on doit se rapprocher davantage de la valeur réelle des matières solides du lait que par la méthode analytique. »

FLEISCHMANN dit aussi ailleurs :

« ..... pourvu qu'on emploie pour cela des formules qui arrivent aussi près que possible du résultat exact et qu'on ait travaillé avec un soin minutieux en calculant le *s* (poids spécifique) et le *f* (contenu en matière grasse).

A. SPITTEGERBER, qui a aussi étudié à fond ce sujet, écrit de son côté :

« Tandis que les uns, à cause des grandes différences, tiennent la matière solide directement trouvée comme décisive, les autres voient justement la matière solide calculée comme étant de réelle valeur.