

ajouter encore 0 gr.,180 de SO³ 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

et

le D^r A. BAKKE,

de la Station laitière de recherches
de Liebfefeld.

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. SPITZER, 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.

Cette dernière supposition paraît, d'après tous, être la plus justifiée ».

Dans le *Manuel suisse des Denrées Alimentaires*, nous trouvons à ce sujet :

« Le contenu en matières solides peut aussi être calculé avec une exactitude suffisante d'après le poids spécifique et le contenu en matière grasse, au moyen de la formule de FLEISCHMANN ou bien de la table de SIAT, établie sur la base de cette dernière. En outre, on peut recommander la formule d'AMBÜHL et le calculateur automatique d'ACKERMANN. »

Il est évident que, d'après ces citations qu'on pourrait encore multiplier, les auteurs les plus compétents sont d'avis que la détermination indirecte des matières solides n'est en tous cas pas moins exacte que la méthode directe, pourvu que, comme FLEISCHMANN le dit, la formule s'accommode aux conditions prédominantes de la composition du lait, ou qu'elle soit au moins basée sur la valeur moyenne des éléments du lait. Or, il nous apparaît que la formule officielle de FLEISCHMANN ne s'accorde pas avec nos conditions. En tous cas, les observations que nous avons faites pendant plusieurs années ont prouvé que la différence entre les matières solides calculées et celles trouvées analytiquement est trop grande pour être comptée comme « erreurs analytiques permises ». En effet, la valeur calculée se présente toujours trop élevée. Les différences de plus de 0,4 % sont courantes, tandis que les différences en moins sont rares. On devrait au moins exiger de la formule à calculer les matières solides du lait, que les différences moyennes en plus ou en moins se contrebalancent, c'est-à-dire que la différence entre le taux des matières solides calculées et celui des mêmes substances déterminées analytiquement devrait, comme moyenne, rester dans tous les cas très voisine de 0. Lorsque cela n'est pas absolument possible, et il suffit, pour l'admettre de penser aux variations occasionnées par la nature du lait, les différences en plus ou en moins devraient donner les mêmes amplitudes des deux côtés du point zéro. Cette question a, sans aucun doute, une grande importance pratique. Cela ne peut pas nous être indifférent, au point de vue des analyses de lait usuelles, qu'elle nous donne le contenu de matières solides de notre lait à quelques dixièmes % près. Ces inexactitudes ont surtout une influence considérable dans l'industrie du lait, lorsque le contenu de matières solides qui sont calculées sur le lait frais, donne, dans le lait condensé, par exemple, ou autres produits lactiques concentrés, un résultat trop élevé comparé à la valeur réelle. Dans les entreprises industrielles, cela peut occasionner des erreurs qui ne sont pas sans importance.

Sur les origines de la détermination indirecte des matières solides.

Après que KAYSER, en 1877, BEHREND et MORGEN, en 1879, CALUSNIZER et MAYER, en 1879, HEHENER, en 1882, eurent recommandé les formules pour la détermination des matières solides du lait trouvées par la voie empirique, FLEISCHMANN en collaboration avec MORGEN nous a amené, en 1882, par la voie mathématique à une formule qui permet de calculer les matières solides du lait par le poids spécifique (s) et le contenu en matière grasse (f).

La formule de FLEISCHMANN fixe les relations exactes, mathématiquement, de s , f et t ; il a, par sa formule originelle, qui sert de base pour la formule définitive, déterminé le facteur s_2 en déterminant les s , f et s_1 par l'analyse. Ses expériences sur le lait frais ont confirmé pour le lait qui a servi pour ces essais (donc pour le lait qui correspond à celui du Nord-Est de l'Allemagne) que le s_2 trouvé était exact et que la formule pouvait servir pour ce lait à la détermination de t , si s et f étaient déterminés directement.

Par la suite beaucoup d'autres formules sont nées. Nous citerons seulement le nom de leurs auteurs : HALENSKE et MÖSLINGER (1885), HEHENER et RICHMOND (1888), QUESNEVILLE (1884), VIETH (1888), BOURCART et MÖSLINGER (1889), N. GERBER (1895), BABCOCK (1896), RICHMOND (1889), AMBÜHL (1889), LEYS (1904), PIERRE (1904), DERNICHEL (1904), HERZ (1909), etc.

On s'est presque toujours servi jusqu'à présent de la formule de FLEISCHMANN pour le calcul des matières solides.

FLEISCHMANN et MORGEN, pour calculer leur formule par les moyens mathématique et physique, se sont basés sur l'idée que le volume v de 100 parties (en poids) de lait est composé de la somme des volumes de tous les éléments du lait, c'est-à-dire :

$$(1) \quad v = (100 - t) + \frac{f}{s_1} + \frac{t - f}{s_2}$$

Ici :

v = volume de 100 gr. de lait à 15°C.

t = contenu en matières solides du lait (‰).

f = contenu en matière grasse du lait (‰).

s_1 = poids spécifique de la graisse dans le lait.

s_2 = poids spécifique des matières solides non grasses (‰) dans le lait.

Puisque :

$$s = \frac{100}{v} \text{ nous obtenons pour 100 gr. de lait :}$$

$$(2) \quad s = \frac{100}{(100 - t) + \frac{f}{s_1} + \frac{t - f}{s_2}}$$

Le s est le poids spécifique du lait à 15°C basé sur celui de l'eau à 15°C.

L'équation (2) résolue pour s_2 donne :

$$(3) \quad s_2 = \frac{s \ s_1 \ (t - f)}{100 \ s_1 - s \ s_1 \ (100 - t) - s \ f}$$

Pour s_1 (poids spécifique des matières grasses du lait), FLEISCHMANN et MORGEN obtenaient, par l'analyse d'un grand nombre d'échantillons de graisse, le chiffre moyen de 0.93002. Si nous remplaçons dans l'équation (3) s_1 par ce chiffre et aussi les valeurs trouvées pour t , f et s , nous faisons alors l'observation que s_2 donne à peu près un chiffre constant. FLEISCHMANN donne comme moyenne pour les conditions de l'Allemagne du Nord :

$$s_2 = 1,600734.$$

Les auteurs nommés ont prouvé que le poids spécifique des matières solides non grasses s_2 est approximativement un chiffre constant. Par conséquent, *cela doit être possible d'établir des équations dans lesquelles on puisse calculer chacune des valeurs en question : t , f et s , aussitôt que les deux autres sont trouvées par l'analyse*. Si on met maintenant dans l'équation (3) $s_1 = 0,93$ et aussi $s_2 = 1,6$ et qu'on développe l'équation sur t , on aura le résultat suivant :

$$(4) \quad t = 1,2 \ f + 2,665 \ \frac{100 \ s - 100}{s}$$

c'est-à-dire la formule de FLEISCHMANN bien connue. Nous avons cru devoir répéter ici cette courte description du développement de la formule de FLEISCHMANN, afin que la suite puisse être présentée brièvement, sans nuire à la clarté.

Exactitude de la formule de Fleischmann.

L'exactitude des valeurs obtenues par la formule de FLEISCHMANN dépend principalement de trois points :

- a) De l'exactitude des valeurs s et f obtenues analytiquement.
- b) Des variations naturelles des valeurs s_1 (poids spécifique de la graisse dans le lait).
- c) Des variations naturelles des valeurs s_2 (poids spécifique des matières non grasses dans le lait).

Tout dépend de l'habileté de l'analyste, pour que la rubrique (a) soit réalisée d'une façon satisfaisante. Quant au point (b) pour les conditions suisses, on doit pouvoir compter avec un chiffre assez constant s_1 .

Comme il a été fait par FLEISCHMANN pour l'Allemagne du Nord, il est à désirer que ce point soit examiné plus à fond pour nos conditions spéciales. Quant à la constance du facteur s_2 , on doit s'attendre sans doute à la plus grande incertitude. Le contenu en matières solides non grasses du lait se compose de :

1 Matières protéiques.....	1.4511	} Poids spécifique d'après FLEISCHMANN à 15°C. par rapport à l'eau à 15°C.
2 Lactose.....	1.0192	
3 Sels du lait.....	3.0	
4 Acide citrique et autres substances	1.553	

Il est donc compréhensible que le poids spécifique des matières solides non grasses s_2 dépend principalement des conditions dans lesquelles les éléments particuliers sont mélangés. Il faudra, en premier lieu, vérifier cette question, si on trouve une différence entre les matières solides calculées et celles trouvées analytiquement. Il est évident qu'il faut que l'analyse ait été faite soigneusement.

FLEISCHMANN dit textuellement sur l'exactitude de sa formule :

« L'expérience prouve suffisamment que les trois équations que j'ai posées correspondent parfaitement avec celles trouvées par les essais. Cela démontre aussi que les constances de la formule correspondent très bien aux conditions de l'Allemagne et d'une partie de l'Angleterre. »

FLEISCHMANN dit plus loin au sujet de l'exactitude de sa formule pour d'autres contrées en tenant compte des différentes conditions du bétail :

« Si, par hasard, ici et là, malgré un travail exact, les chiffres calculés ne correspondent pas suffisamment avec les résultats trouvés, on devra calculer, pour les contrées en question, la valeur moyenne de s_2 dans l'équation (3) et puis mettre cette valeur dans l'équation suivante :

$$t = \frac{s_2}{s_2 - 1} \frac{1.07527 - 1}{s_2 - 1} f + \frac{s_2}{s_2 - 1} \frac{100 s - 100}{s}$$

FLEISCHMANN indique par conséquent lui-même la voie à suivre, si le cas devait se présenter que les valeurs trouvées par sa formule habituelle diffèrent essentiellement des résultats réels.

Nos expériences.

Il nous est souvent arrivé que les gens qui s'occupent spécialement des analyses de lait se soient plaints de ce que les matières solides calculées correspondaient mal avec celles trouvées par l'analyse. Nous avons déjà fait la même observation depuis plusieurs années, et nous avons fait des analyses de contrôle indépendamment l'un de

l'autre, depuis quelque temps. Nous ne donnerons pas ici les résultats très volumineux de notre étude, qui sera d'ailleurs continuée ; pour l'instant, notre désir est d'éveiller l'intérêt sur cette question qui en elle-même est très importante, et nous aimerions, si possible, lui trouver une solution acceptée de tous.

Sur l'initiative du Professeur BURRI, nous nous sommes décidés à réunir les expériences faites séparément jusqu'à présent et à travailler ensemble dans la suite. Nous présentons ici quelques résultats du travail en commun, et nous pouvons, si cela est désirable, publier le tout.

Pour trouver la moyenne approximative de la constance s_2 , nous avons décidé de faire d'abord quelques séries d'essais sur des mélanges de lait de plusieurs mille litres chacun. En même temps, nous avons tenu compte de toutes les conditions générales de lactation et de nourriture. Nous entendons par là que nos essais ont porté sur la période de lactation avancée en automne et aussi sur du lait de vaches au commencement de la lactation. Pour ces raisons, les périodes d'essais ont été étendues afin d'y comprendre le temps du pâturage aussi bien que celui de l'hivernage.

Nous avons soigneusement choisi dans la moyenne des grands bidons de lait mélangé. Ces échantillons pris ainsi ont été partagés en trois : une partie a été examinée au Laboratoire Central de *Nestlé Anglo-Swiss Condensed Milk et Cie*, à Vevey, une autre dans la *Schweizerischen milchwirtschaftlichen und bakteriologischen Anstalt*, à Liebefeld (Berne), et la troisième conservée au formol pour être examinée éventuellement plus tard.

Les deux laboratoires se sont entendus exactement sur les méthodes d'examen. Il est inutile de donner ici une description complète de la méthode employée ; nous donnerons seulement les explications suivantes : le poids spécifique a été pris avec un lactodensimètre (d'après SOXHLET-GREINER), le contenu en matière grasse par l'acidobutyrométrie du Dr GERBER et contrôlé selon la méthode de GOTTLIEB-RÖSE. Quant à la manière de déterminer le contenu en matières solides, nous avons suivi la méthode indiquée par FLEISCHMANN. Nous avons déterminé par de nombreuses expériences parallèles que la dessiccation dans les étuves ordinaires à 103°C. donne exactement le même résultat que dans l'étuve à vide à 95°C. Nous ajoutons encore que nous avons contrôlé, les unes avec les autres, les différentes méthodes de détermination des matières solides données dans les livres.

Ces analyses ont été faites sur 3 à 5 échantillons de lait. Nous soulignons que nous avons fait en même temps l'analyse complète du lait de manière à pouvoir contrôler le contenu en matières solides

trouvé directement, au moyen de la somme de tous les éléments (matières grasses, matières protéiques, lactose et cendres). Nous avons donné comme contenance moyenne 0,12% pour l'acide citrique. Nous ne nous étendrons pas davantage sur les méthodes de comparaison, mais nous dirons que « cette somme des éléments du lait », trouvée analytiquement, correspond presque toujours mieux avec les matières solides trouvées analytiquement, qu'avec celles qui sont calculées. Les résultats que nous avons obtenus jusqu'à présent sont indiqués dans les Tableaux (voir les Tableaux).

Nous avons trouvé en ce qui concerne les matières solides calculées des chiffres plus élevés que ceux donnés par l'analyse ; en effet, les résultats varient, pour le lait mélangé, de + 0.21 % jusqu'à + 0.56 %. Nous avons trouvé comme moyenne pour le lait de printemps la valeur + 0,45 % et pour le lait d'automne + 0,305 %.

Si nous calculons la constance s_2 (voir formule 3) en prenant la moyenne des résultats, nous obtenus alors :

Lait mélangé Payerne (lait d'automne) = 1,6555.

Lait mélangé Berne Belp (lait de printemps) = 1,6351.

Sans donner pour le moment une trop grande importance à ces chiffres, ils nous montrent sans doute qu'il y a quelque inexactitude (même quand il s'agit de lait mélangé) dans le contenu en matières solides trouvé par les deux méthodes directe et indirecte. Si nous donnons dans la formule de FLEISCHMANN à la constante s_2 sa nouvelle valeur ($s_2 = 1,6453$), moyenne des deux chiffres immédiatement ci-dessus, l'équation (5) de FLEISCHMANN devient alors :

$$t = 1,19 f + 2,550 \frac{100 s - 100}{s} \quad (A \text{ suivre}).$$

BIBLIOGRAPHIE ANALYTIQUE

1° LIVRES.

R. GOUIN. — **Alimentation rationnelle des animaux domestiques.** *Encyclopédie agricole.* Librairie J.-B. Baillière et fils, Paris. Cinquième édition entièrement refondue, 1 volume de près de 400 pages.

Le but de l'auteur est de présenter, dit-il, dans sa préface, un ouvrage pouvant servir de guide aux agriculteurs et d'enseignement aux élèves de