

# LE LAIT

## REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

### SOMMAIRE

#### Mémoires originaux :

- A. TAPERNOUX, A. MAGAT, M. GONNET. — Essai sur les relations entre la teneur en matière grasse des fromages et celle du lait utilisé pour leur préparation . 129
- P. STENNE, A. CAMUS. — Application industrielle de longue durée de la méthode de détermination de la richesse en matière grasse des crèmes par la mesure de l'extrait sec. . . . . 139
- J. PIEN. — Le dosage des métaux et des métalloïdes dans les produits laitiers . 147
- G. BISERTE, A. BRETON et G. FONTAINE. — Les protéides du lait (*fin*) . . . . 154
- J. PIEN. — Problèmes actuels de la technologie des conserves de lait (*fin*) . . . . 169

#### Bibliographie analytique :

- 1<sup>o</sup> Les livres . . . . . 181  
 2<sup>o</sup> Journaux, Revues, Sociétés savantes . . . . . 191  
 3<sup>o</sup> Brevets . . . . . 221

#### Bulletin bibliographique :

- 1<sup>o</sup> Les livres . . . . . 224  
 2<sup>o</sup> Journaux, Revues, Sociétés savantes . . . . . 224  
 3<sup>o</sup> Brevets . . . . . 230

#### Documents et informations :

- L'élevage caprin . . . . . 233  
 XIV<sup>e</sup> Congrès international de Laiterie à Rome . . . . 235  
 La production du lait en Angleterre . . . . . 236  
 Résultats obtenus par l'Association américaine pour l'amélioration du bétail laitier (D.H.I.A.) . . . . 238  
 Ramassage du lait en vrac . . 239  
 Transport du lait en pipe-line. 239  
 Communiqué. . . . . 239  
 Erratum. . . . . 240

## MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

### ESSAI SUR LES RELATIONS ENTRE LA TENEUR EN MATIÈRE GRASSE DES FROMAGES ET CELLE DU LAIT UTILISÉ POUR LEUR PRÉPARATION

par

A. TAPERNOUX

Professeur de Chimie

A. MAGAT

Agrégé de Chimie

M<sup>lle</sup> M. GONNET

Ingénieur Chimiste à l'École Nationale Vétérinaire de Lyon

La réglementation française relative au commerce des fromages (décret n° 53.1048 du 26 octobre 1953) impose notamment au fabricant l'indication de la teneur en matière grasse de ces produits

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

pour 100 grammes de fromage après complète dessiccation. C'est ce que l'on dénomme habituellement le taux de matière grasse pour 100 grammes de matière sèche.

L'indication doit être donnée par la formule « X... % de matière grasse » (article 17 du décret).

Les techniciens de l'industrie fromagère, en présence de cette exigence de la réglementation, ont donc à résoudre le problème suivant :

*Pour obtenir un fromage présentant une teneur en matière grasse y... quel est le taux de matière grasse x... du lait qui doit être utilisé pour sa préparation ?*

En posant différemment la même question, les techniciens peuvent demander :

*« Avec un lait d'un taux de matière grasse x..., quelle est la teneur en matière grasse y... du fromage que ce lait aura servi à préparer ? »*

Pour résoudre ce problème, on fait le plus souvent appel à l'expérience, qui a l'avantage d'apporter une solution qui s'applique exactement au type de fabrication qui intéresse l'industriel.

Cette expérience peut d'ailleurs être précédée par la recherche d'approximations que fournissent des formules ou des tableaux souvent eux-mêmes établis expérimentalement.

Il nous a paru intéressant, dans un temps où l'éventail des teneurs en matière grasse des fromages est largement ouvert, de reprendre le problème non seulement pour lui donner, si possible, une solution plus précise et plus générale, mais également pour expliquer certains faits que la pratique nous a conduit à observer.

### 1° Etude théorique du problème

Chaque fromager sait bien que plus le taux de matière grasse du lait mis en œuvre est élevé, plus la teneur en matière grasse du fromage est elle-même élevée.

C'est donc une banalité d'écrire que la teneur en matière grasse d'un fromage est liée à la teneur en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication.

En d'autres termes, si nous appelons :

x = la teneur en matière grasse du lait exprimée en grammes par litre ;

y = le taux de matière grasse du fromage exprimé en grammes pour 100 grammes de matière sèche,

nous pouvons affirmer d'une part que y est une fonction de x, d'autre part que y et x varient dans le même sens : quand x augmente, y augmente également, quand x diminue, y diminue aussi.

Quels sont les liens qui unissent  $x$  et  $y$ , ou en d'autres termes, pouvons-nous préciser, théoriquement d'abord, et si possible pratiquement ensuite, la nature de la fonction  $y = f(x)$  (1).

De toute évidence, cette fonction n'est pas ce que les mathématiciens dénomment une fonction linéaire, fonction la plus simple, suivant laquelle les accroissements du taux de matière grasse des fromages seraient proportionnels aux accroissements du taux de matière grasse du lait mis en œuvre.

Il est dès lors nécessaire d'étudier le processus de la fabrication d'un fromage pour essayer d'en déduire la forme de la fonction (1).

Prenons un litre de lait titrant  $x$  grammes de matière grasse par litre et dont l'extrait dégraissé est de  $E$ .

Ajoutons à ce volume de lait la quantité nécessaire de présure pour obtenir suivant la technique de fabrication, un caillé qui sera, après expulsion du sérum, traité conformément à la technique particulière de l'espèce de fromage considéré pour obtenir le dit fromage.

Quand on aura ainsi séparé par égouttage le fromage et le sérum on pourra déterminer facilement :

a) Le volume du sérum. Ce volume est nécessairement inférieur à un litre ;

b) La quantité de matière grasse qui, pour le litre de lait mis en œuvre, est partie avec le sérum. Cette quantité est une fraction de  $x$ , soit  $\frac{x}{n}$  ;

c) La quantité d'extrait dégraissé qui, pour le litre de lait mis en œuvre, est également partie avec le sérum. Soit  $e$  cette quantité.

Si nous admettons qu'il n'y a pas eu d'autres pertes accessoires ou accidentelles que celles qui ont été éliminées par le sérum, il résulte de ce qui précède que :

a) La quantité de matière grasse qui reste dans le fromage ainsi préparé est  $x - \frac{x}{n}$  ou  $\frac{(n-1)x}{n}$  ;

b) La quantité d'extrait dégraissé qui reste dans le fromage est  $E - e$ .

Remarquons que  $E - e$  répond à la définition du coefficient  $G$ , telle qu'elle est donnée par Antoine-M. GUÉRAULT : « On appelle coefficient  $G$ , pour un fromage déterminé, la quantité d'extrait sec non gras laissé dans le fromage par litre de lait mis en présure ? » (1).

Munis de ces données, il nous est facile de calculer la matière

(1) Antoine-M. Guérault. *L'Industrie laitière*. II. Editions SEP, Paris, page 195.

sèche du fromage ainsi préparé : c'est la somme de la quantité de matière grasse qui se trouve dans ce fromage et de l'extrait dégraissé qui s'y trouve également, soit :

$$\frac{(n-1)x}{n} + (E - e).$$

On calcule alors aisément le taux de matière grasse pour 100 grammes de matière sèche dans un tel fromage, c'est-à-dire y cherché :

$$y = \frac{\frac{(n-1)x}{n} \times 100}{\frac{(n-1)x}{n} + (E - e)}$$

ou en simplifiant :

$$y = \frac{100x}{x + \frac{n}{n-1}(E - e)} \quad (1).$$

Jusque-là, nous pouvons remarquer que nous n'avons fait aucune hypothèse pour établir la formule (1), nous avons simplement admis, ce qui est expérimentalement réalisable, qu'il n'y avait aucune perte, accessoire ou accidentelle, s'ajoutant à celles, fatales, qui résultent de la séparation du sérum et du caillé.

Nous allons maintenant supposer — et nous discuterons plus loin la valeur de cette hypothèse — que :

$$\frac{n}{n-1} (E - e) \text{ est constant.}$$

Si nous admettons la constance de cette expression, nous voyons que la fonction  $y = f(x)$  prend la forme classique de la fonction que les mathématiciens dénomment *fonction homographe* et dont la formule générale est :

$$y = \frac{ax + b}{cx + d}.$$

Dans notre cas particulier  $a = 100$ ,  $b = 0$ ,  $C = 1$  et  $d = \frac{n}{n-1} (E - e)$ .

On sait que la courbe représentant la variation de y est une hyperbole dont les asymptotes sont :

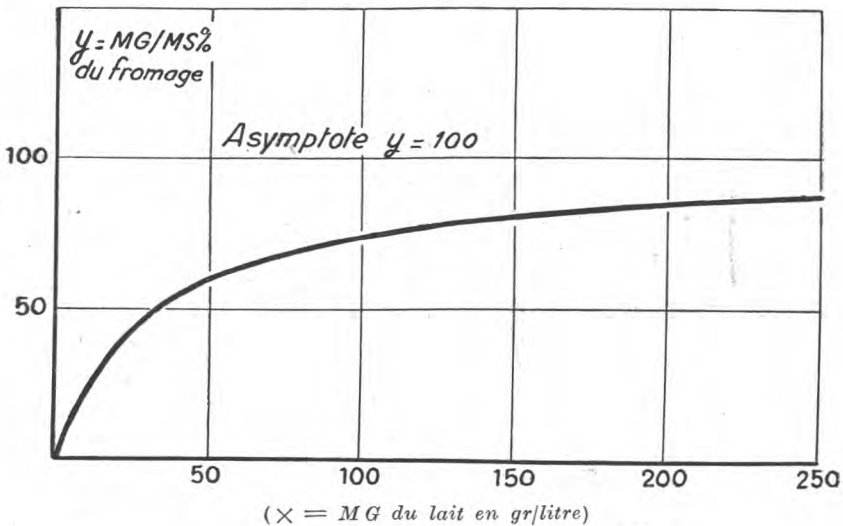
$$x = -\frac{d}{c} \quad \text{et} \quad y = \frac{a}{c}.$$

Dans notre cas particulier, nous n'avons évidemment à nous préoccuper que des valeurs de  $x$  comprises entre 0 et  $+\infty$  (1), et dans cet intervalle, la courbe représentative est seulement une portion de l'une des branches de l'hyperbole qui part du point  $x = 0$  et  $y = 0$  pour s'incurver en se rapprochant de l'asymptote  $y = 100$  au fur et à mesure que  $x$  augmente.

La courbe que nous annexons à cet essai a été établie en donnant à l'expression :

$$\frac{n}{n-1} (E - e) \text{ la valeur } 33.$$

Pour chacune des valeurs de cette expression, on obtiendrait des courbes différentes, mais dont l'allure générale serait la même.



Courbe représentative de la fonction  $y = \frac{100 \times}{x \times 33}$

L'examen de cette courbe explique aux praticiens de l'industrie fromagère les difficultés qu'ils rencontrent lorsqu'ils veulent obtenir des fromages d'un taux de matière grasse élevé, ou très élevé, en augmentant le taux de matière grasse du lait mis en présure (par addition de crème). Ils peuvent se rendre compte que, plus la valeur de  $y$  se rapproche de l'asymptote  $y = 100$  et plus il faut accroître  $x$  (le taux de matière grasse du lait) pour obtenir une même augmentation de  $y$  (taux de matière grasse du fromage).

Et maintenant, essayons d'abandonner le plan purement théorique où nous avons dû nous placer pour commencer à percevoir

(1) On peut pratiquement considérer comme  $+\infty$  la valeur  $x = 300$  représentant la valeur de transition entre le produit dénommé lait et celui dénommé crème.

l'allure des relations entre  $x$  et  $y$  et cherchons à en déduire des considérations plus pratiques.

## 2° Discussion des résultats de l'étude théorique

L'étude précédente de la fonction  $y = f(x)$  (1) nous a conduits à admettre tout d'abord qu'aucune perte accessoire ou supplémentaire ne venait s'insérer en quelque sorte entre le fromage et le sérum d'égouttage ; or, dans la pratique, le sérum n'est pas totalement recueilli, il en reste de petites quantités sur les moules, les tables d'égouttage, etc... Parfois d'autre part, des particules de caillé restent en suspension dans le sérum, de telle sorte que ces anomalies peuvent modifier légèrement les résultats des dosages.

Nous avons également dû faire une autre hypothèse puisque nous avons attribué à l'expression :

$$\frac{n}{n-1} (E - e) \text{ une valeur constante.}$$

Or, dans la pratique, la valeur de cette expression est soumise à variations vraisemblablement peu amples lorsqu'il s'agit de la fabrication d'un type déterminé de fromage préparé suivant une technique *pratiquement* constante, mais ces variations sont certainement plus étendues quand on passe de la fabrication d'un type de fromage à celle d'un type différent.

Discutons d'abord des causes de variations de l'expression

$$\frac{n}{n-1} (E - e).$$

Pour que cette expression ait une valeur constante, il faudrait :

a) Ou bien que les deux facteurs dont elle est composée soient constants ;

b) Ou bien qu'ils soient soumis à des variations telles que le produit des deux facteurs reste constant, les variations de chacun d'eux se compensant en quelque sorte.

Aucun lien particulier entre ces facteurs ne nous permet d'envisager que le cas *b)* puisse se présenter autrement que comme une application des lois du hasard.

Envisageons le cas *a)*, c'est-à-dire étudions séparément chacun des facteurs considérés :

1° *Facteur*  $\frac{n}{n-1}$  —  $n$  représente le dénominateur de la quantité  $\frac{x}{n}$  de matière grasse qui est éliminée dans le volume de sérum provenant du litre de lait mis en œuvre.

Si, par exemple, le volume du sérum d'égouttage est de 600 millilitres et que la teneur en matière grasse par litre de sérum est de 5 grammes alors que le lait mis en œuvre titre 40 grammes par litre, la quantité de matière grasse éliminée par le sérum est donc :

$$5 \times 0,6 = 3 \text{ grammes, d'où nous tirons : } n = 13,33 \text{ et } \frac{n}{n-1} = 1,081.$$

On voit que ce facteur est pratiquement légèrement supérieur à l'unité et qu'il se rapproche d'autant plus de 1 que  $n$  est plus grand, c'est-à-dire que la quantité de matière grasse éliminée par le sérum est plus faible.

Si nous pouvions arriver à conserver intégralement la matière grasse du lait dans le fromage, le facteur  $\frac{n}{n-1}$  pourrait être remplacé par 1.

Mais lorsqu'il s'agit d'une fabrication déterminée, utilisant le lait d'une région déterminée dans une saison donnée, et lorsque la même technique est employée, on peut espérer approcher d'une valeur constante pour  $\frac{n}{n-1}$  ou tout au moins de valeurs assez proches pour encadrer une valeur moyenne constante ;

2° *Facteur* (E — e). Nous avons déjà signalé que ce facteur est le coefficient G décrit par Antoine-M. GUÉRAULT. Il suffit de lire ce qu'il a écrit à son sujet (1) pour comprendre que le facteur (E — e) n'est pas constant d'un type de fromage à l'autre, d'une région à l'autre et nous savons qu'il varie aussi avec l'acidité du lait mis en présure.

Toutefois, lorsqu'on examine les tableaux annexés aux ouvrages de Antoine-M. GUÉRAULT, et le texte même de ces ouvrages, on se rend compte que les coefficients G qu'il a calculés sont le plus souvent compris entre 28 et 36.

Il n'est donc pas possible de compter d'une façon absolue sur la constante du facteur E — e pour l'ensemble des fabrications fromagères dans tous les pays. Par contre, pour une fabrication déterminée dans un pays donné, dans une saison donnée, on pourra obtenir — ou tout au moins tendre à obtenir, un coefficient G (ou E — e) constant.

Si même on n'obtient pas la constance parfaite du facteur E — e, il sera toujours possible d'enregistrer pour lui des valeurs assez proches les unes des autres encadrant une valeur moyenne constante.

(1) *Loco citato*. Voir également du même auteur, *L'industrie laitière*. I. et *La Fromagerie française devant les techniques nouvelles*. P. 22. Editions SEP, Paris.

### 3° Conclusions pratiques de cette discussion

Une première conclusion doit être tirée des considérations qui précèdent :

A la question que nous nous étions posée au début de ce travail : « Pour obtenir un fromage présentant une teneur en matière grasse  $y$ , quel est le taux de matière grasse  $x$  du lait qui doit être utilisé pour sa préparation ? », l'étude précédente montre que nous ne pouvons pas répondre exactement sans être en même temps fixés sur deux points, à savoir :

1° La proportion de matière grasse éliminée par le sérum  
facteur  $\frac{n}{n-1}$  ;

2° La quantité d'extrait dégraissé du lait qui reste dans le fromage (facteur  $E - e$ , ou coefficient  $G$ ).

Si nous voulions répondre, d'une façon tout à fait générale à la question posée, connaissant dans chaque cas les valeurs de  $\frac{n}{n-1}$  et de  $E - e$ , il nous faudrait construire une infinité de branches d'hyperboles qui correspondraient chacune à l'une des valeurs que peut prendre l'expression  $\frac{n}{n-1} (E - e)$ .

Le problème est beaucoup plus simple si, au lieu de l'envisager sur un plan général, on limite son extension au cas d'une fromagerie déterminée fabriquant une ou plusieurs variétés de fromages du même type.

Dans ces conditions, il est possible d'établir sur place, expérimentalement, les valeurs moyennes que prennent les facteurs  $\frac{n}{n-1}$  et  $E - e$  (ou coefficient  $G$ ), d'en déduire la valeur de l'ex-

pression  $\frac{n}{n-1} (E - e)$  et de construire la courbe qui s'appliquera aux fabrications de la fromagerie considérée.

La courbe que nous présentons en annexe et qui a été établie en donnant à l'expression  $\frac{n}{n-1} (E - e)$  la valeur 33, est un exemple puisé à des essais effectués à notre Laboratoire sur des fabrications de pâtes molles.

Nous n'affirmerons pas qu'elle répondrait exactement aux besoins de tous les fromagers, même de notre région. C'est à l'intérieur même de la fromagerie que le travail doit être fait et pour chaque établissement.

Muni de la courbe, l'industriel fromager pourra donc prévoir le taux de matière grasse du fromage en fonction du taux de matière grasse du lait.

Il est possible — et même probable — que tout au long d'une année l'expression  $\frac{n}{n-1}(E-e)$  varie un peu du fait des variations de composition des laits en extrait dégraissé : ce point particulier mérite des études ultérieures que nous comptons poursuivre dans notre région. Mais dès maintenant, nous pensons que l'établissement d'une courbe par exploitation peut rendre des services à l'industrie fromagère.

Nous devons souligner que ces recherches mettent en lumière l'importance du facteur  $E - e$  ou coefficient  $G$ , importance qu'a bien montrée Antoine-M. GUÉRAULT.

Comme il l'a lui-même observé, la valeur de ce facteur est influencée par l'acidité des laits mis en présure. Il diminue lorsque les laits de fabrication sont hyperacides. Par conséquent, aussi bien pour la construction des courbes que pour leur utilisation, il faudra toujours opérer avec des laits présentant des acidités aussi constantes que possible.

Une autre conclusion, non moins intéressante, qui se dégage de cette étude, c'est que la formule (1)

$$y = \frac{100 x}{x + \frac{n}{n-1}(E-e)}$$

doit permettre de calculer le coefficient  $G$ .

Il suffit pour cela de connaître :

- le taux de matière grasse du lait mis en œuvre,  $x$  ;
- la proportion de matière grasse éliminée par le sérum, c'est-à-dire le coefficient  $n$  ;
- le taux de matière grasse dans la matière sèche du fromage  $y$ .

Un calcul simple montre en effet que :

$$G = E - e = \frac{(100 - y) x}{\frac{n}{n-1} y}$$

Exemple : matière grasse par litre de lait = 35 grammes.

Taux de matière grasse dans la matière sèche du fromage % = 51,4.

$n = 11,7$ .

On obtient :

$$G = \frac{(100 - 51,4) \times 35}{1,093 \times 51,4} = 30,26.$$

Dans le cas particulier considéré, le coefficient  $G = 30,26$ .

Cette méthode de calcul peut, par sa simplicité, rendre des services et permettre, croyons-nous, de multiplier les enquêtes relatives à cette intéressante donnée.

#### 4<sup>o</sup> Conclusions générales

L'essai que nous présentons montre que le problème des relations entre la teneur en matière grasse des fromages et le taux de matière grasse des laits utilisés pour leur fabrication n'est pas aussi simple à résoudre que beaucoup peuvent le penser.

En attirant l'attention des industriels, des services de contrôle, sur sa complexité, nous estimons n'avoir pas travaillé inutilement.

Dans l'étude qui précède, nous avons dû laisser de côté pour ne pas trop compliquer l'exposé, les considérations relatives aux variations de l'extrait dégraissé des laits suivant leur teneur en matière grasse : cet extrait dégraissé augmente en effet légèrement lorsqu'on écrème partiellement le lait, il diminue au contraire lorsqu'on ajoute au lait de la crème pour préparer des fromages plus riches en matière grasse.

Nous nous sommes efforcés de montrer que le problème posé au départ comportait non pas une solution, mais de nombreuses solutions. Qu'est-ce à dire, sinon que le taux de matière grasse des fromages n'est pas uniquement fonction du taux de matière grasse du lait mis en œuvre, mais qu'il dépend aussi d'autres facteurs plus ou moins variables suivant les régions, les types de fromages, les époques de l'année, les conditions de fabrication, etc...

Parmi ces facteurs, nous avons montré, après Antoine-M. GUÉRAULT, dont nous confirmons les données, l'importance du coefficient  $G$ .

Si cet essai peut servir à la réalisation d'autres études plus approfondies — et nous comptons bien continuer à travailler ces questions — il aura joué le rôle que nous pensions lui assigner.

Il serait intéressant notamment de voir multiplier les enquêtes dans les fromageries, enquêtes relatives d'une part à la valeur du coefficient  $G$  et à ses variations, d'autre part à l'établissement des courbes  $y = f(x)$  dans chaque fromagerie.

Le mode de calcul que nous avons donné du coefficient  $G$  nous paraît de nature à faciliter de telles enquêtes.

*(Laboratoire de Chimie. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.)*