

LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

A. TAPERNOUX et R. VUILLAUME. — La viscosité du lait de vache	449
J.-M. ROSELL. — Caractères biologiques et culturaux de l'agent étiologique ordinaire de la mammite streptococcique de la vache	456
A. HOUDINIÈRE. — Réaction de Schardinger. Lait crus colostraux et contrôle hygiénique à la consommation (<i>à suivre</i>).	468
A. ARTUS. — Epuration des eaux résiduaires de fromagerie	478
J. PIEN, R. MARTIN et M. BERGIER. — Etude de l'appréciation de la qualité des caséines lactiques (<i>à suivre</i>)	483
E. POZZI-ESCOT. — A propos d'une nouvelle méthode de numération directe des microbes du lait	494

Bibliographie analytique :

1 ^o Les livres	496
2 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes	499
3 ^o Brevets	538

Bulletin bibliographique :

1 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes	543
2 ^o Brevets	546

Documents et informations :

M. BEAU. — La situation laitière Congrès de l'American Chemical Society (26-31 mars 1933)	548
La prophylaxie de l'avortement épizootique	555
3 ^e Congrès international technique et chimique des industries agricoles	559
Concours spécial de la race bovine montbéliarde (Besançon, 9 et 10 mai 1934)	560
Otakar LAXA	560

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

VISCOSITÉ DU LAIT DE VACHE

par

A. TAPERNOUX et R. VUILLAUME
 Professeur de Chimie Chef de travaux de Chimie
 à l'Ecole Vétérinaire de Lyon.

Il est connu depuis longtemps que l'écrémage du lait, qu'il soit spontané (phénomène de montée de la crème) ou artificiel (centrifugation), est sous la dépendance étroite de la viscosité de ce liquide ; comme on observe des différences notables dans le temps d'écrémage suivant les individus, les saisons..., il nous a paru intéressant d'étudier quelques-uns des principaux facteurs de variation qui

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

interviennent dans la viscosité du lait (matière grasse, acidité, emprésurage, température).

Nos expériences ont porté sur 15 laits, dont 1 lait de mélange et 14 laits individuels que nous devons à l'obligeance de la direction de l'École d'Agriculture de Cibeins.

Tous furent placés dans des conditions aussi identiques que possible. Après la traite et jusqu'au moment de l'analyse, qui avait lieu dans les 12-24 heures, chacun d'eux fut conservé à la glacière à une température moyenne de + 1° C.

Chaque échantillon fut alors soumis aux déterminations suivantes :

1. Mesure de l'*acidité titrable*, par la méthode Dornic, exprimée en degrés Dornic (1 degré D. correspondant à 0 gr. 1 d'acide lactique par litre).

2. Mesure de la *densité*, à l'aide de la balance à densité. Cette densité était exprimée à la température de 15° C.

3. Dosage de la *matière grasse* ; ce facteur ne demandant pas à être déterminé avec une grande précision, nous nous sommes contentés de la méthode Gerber, donnant la matière grasse en grammes par kilogramme.

4. Mesure de la *viscosité absolue*, à l'aide du viscosimètre de Baumé, analogue au viscosimètre d'Ostwald, fondé sur la loi de Poiseuille (écoulement dans un tube capillaire). Toutes les mesures furent effectuées à la *température de 15° C.*

L'indice de viscosité absolue (η) était donné par la formule :

$$\eta = kdt$$

où : k est une constante connue,
d la densité du lait examiné,
t le temps d'écoulement dans le tube capillaire.

Le temps d'écoulement dans le tube capillaire était mesuré à l'aide d'un chronomètre gradué au 1/5 de seconde.

L'indice de viscosité fut exprimé en unités C.G.S. (poises) ; l'erreur relative commise sur cette mesure (erreur principalement due à l'évaluation du temps) était inférieure à 1,5/100, soit pour η une approximation de $\pm 0,0003$.

Tous les laits étudiés furent de nouveau soumis aux mêmes déterminations après écrémage. L'écrémage fut obtenu par centrifugation à 3.000 tours pendant 15 minutes dans des tubes métalliques spéciaux, de forme conique, et munis à leur partie inférieure d'un robinet permettant de soutirer le lait écrémé.

I. INFLUENCE DE LA MATIÈRE GRASSE ET INFLUENCES INDIVIDUELLES

La présence de matière grasse dans le lait entraîne une augmen-

tation proportionnelle de la valeur de la viscosité. Voici en effet le résultat de nos expériences, avant et après écrémage :

Nos des laits	Aci- dité Dor- nic	Lait entier			Lait écrémé			Observations
		M. G.	Den- sité	η	M. G.	Den- sité	η	
1	18°	38	1,031	0,0212	0,5	1,0345	0,0180	Lait de mélange.
2	25°	31,5	1,0325	0,0212	0	1,035	0,0183	Lait individuel.
3	25°	32	1,033	0,0234	0,5	1,0365	0,0200	—
4	20°	38	1,033	0,0211	0	1,037	0,0183	—
5	18°	38	1,0345	0,0244	1	1,038	0,0211	—
6	20°	38	1,034	0,0231	0,5	1,0375	0,0194	—
7	18°	45	1,032	0,0230	0	1,037	0,0183	—
8	17°	36	1,0325	0,0223	0,5	1,0365	0,0191	—
9	17°	39	1,033	0,0221	0	1,0375	0,0184	—
10	18°	38	1,0335	0,0222	0,5	1,038	0,0189	—
11	20°	36	1,0335	0,0223	2	1,0375	0,0192	—
12	19°	37	1,034	0,0244	0,5	1,0375	0,0199	—
13	18°	38	1,033	0,0214	3	1,0375	0,0186	—
14	15°	48	1,034	0,0264	4	1,0375	0,0206	—
15	17°	53	1,0275	0,0354	8	1,041	0,0272	Lait anormal.

On constate tout d'abord qu'il existe de notables différences suivant les individus, mais toujours la viscosité du lait entier est nettement supérieure à celle du lait écrémé.

Si on néglige le lait n° 15, qu'on peut considérer comme anormal, on voit que :

1° Pour les laits entiers, la viscosité oscille entre 0,0211 et 0,0264, soit une moyenne :

$$\eta = 0,0228$$

2° Pour les laits écrémés (en négligeant les laits n°s 11, 13 et 14, incomplètement écrémés par suite d'un accident survenu à notre centrifugeuse), la viscosité oscille entre 0,0180 et 0,0211 ; ce qui donne une moyenne :

$$\eta = 0,0191$$

La matière grasse a donc pour résultat d'augmenter la viscosité du lait.

Il serait difficile d'évaluer, d'après les expériences précédentes, l'augmentation de η , qui correspond à une quantité donnée de matière grasse, car toutes choses ne sont pas égales d'ailleurs : tous ces laits sont différents les uns des autres et on constate en effet que les laits écrémés eux-mêmes ne présentent pas tous la même

viscosité. Ces *variations individuelles* doivent d'abord être attribuées à la composition chimique variable du lait de vache ; mais n'oublions pas que le lait est un système colloïdal, et OSTWALD a montré que dans les solutions colloïdales, les micelles entrent en jeu pour produire, à côté de la viscosité de la solution vraie, une « *viscosité de structure* ». Existe-t-il dans le lait une viscosité de structure ?

Dans les solutions colloïdales, cette viscosité intervient dans les limites précisées par la formule d'Einstein :

$$\eta = \eta_0 (1 + A v)$$

où : η est la viscosité totale,
 η_0 la viscosité de la phase dispersante,
 v le volume des micelles,
 A une constante.

D'après EINSTEIN, la constante A serait égale à 2,5 pour les concentrations inférieures à 3 %, mais variable avec la concentration. D'autre part, HATSCHERK a prouvé que A était aussi fonction de la grosseur des granules, car lorsque ceux-ci deviennent très fins, une partie du liquide fait corps avec eux, et doit être comprise dans le volume v .

Pour mettre en évidence la viscosité de structure, dans une solution de matières protéiques, il suffit donc de modifier le volume des grains ; on y parvient en faisant varier les constantes physico-chimiques : si en effet, on modifie l'acidité ionique, par exemple, on observe une variation concomitante de la grosseur des micelles, par suite d'une hydratation ou d'une déshydratation (1).

Le volume total des grains passe par un minimum au point isoélectrique, car c'est à ce moment que l'on constate un minimum de viscosité.

Il y a lieu cependant de faire une différence entre certaines protéines (ovalbumine) qui présentent une viscosité faible et peu variable, avec le pH , et d'autres protéines, telles que la caséine, qui ont une forte viscosité et présentent des variations accentuées.

C'est pourquoi nous avons pensé que dans le lait, des modifications de l'équilibre physique pourraient entraîner des variations de la viscosité totale. Dans le but de vérifier cette hypothèse, nous avons modifié la structure du lait écrémé :

- a) par acidification ;
- b) par addition de présure.

(1) Cette fixation d'eau peut s'expliquer soit par une ionisation des micelles protéiques n de hors du point isoélectrique (théorie de l'hydratation de Pauli), soit par un gonflement des particules, soumises à un équilibre de Donnan (Loeb).

II. INFLUENCE DE L'ACIDIFICATION

L'acidification du lait a été obtenue soit par la fermentation lactique, soit par addition d'acide lactique.

1. La *fermentation lactique* fut obtenue en abandonnant le lait écrémé à la température du laboratoire (16° environ). L'acidité augmentait progressivement jusqu'au moment de la coagulation, qui se produisait en 1 à 3 jours. L'acidité et la viscosité étaient mesurées simultanément à des temps de plus en plus rapprochés (car l'acidité croît comme le carré du temps).

Dans ces conditions, nous n'avons jamais pu déceler de modification sensible de la viscosité jusqu'à 50° D. ; au-dessus de ce chiffre, on note une légère augmentation de η , qui s'accroît rapidement un peu avant la coagulation (voir figure 1, relative au lait écrémé n° 13).

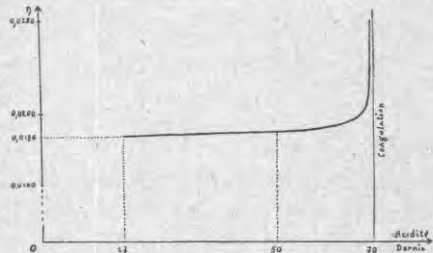


Fig. 1

2. L'*acidification par l'acide lactique* fut obtenue par addition de cet acide dilué au 1/10, versé goutte à goutte, très lentement (1 goutte par minute) dans du lait vivement agité, de manière à éviter la coagulation partielle de ce lait au contact des gouttes. La viscosité fut mesurée à divers degrés d'acidité, la température étant maintenue rigoureusement constante (à 15° C.) pendant toute la durée d'une expérience.

Viscosité à 15° d'un lait soumis à la fermentation lactique.

Voici les chiffres relatifs à l'un des laits étudiés :

Lait écrémé n° 9.

Acidité Dornic	Viscosité	Acidité Dornic	Viscosité
17°	0,0184	45°	0,0182
20°	0,0183	50°	0,0185
25°	0,0182	55°	0,0201
30°	0,0181	60°	0,0295
35°	0,0181	62°	(coagulation)
40°	0,0181		

On voit que la viscosité diminue très légèrement jusqu'à 45° D., revient à la normale vers 50°, puis augmente franchement jusqu'à la coagulation (voir figure 2).

Cette légère diminution de la viscosité jusqu'à 45° D., bien que nous l'ayons toujours constatée, peut être considérée comme négligeable, parce qu'elle est inférieure aux limites de l'erreur à laquelle nous nous étions exposés, et aussi parce que l'addition d'un cer-

tain volume d'acide lactique (jusqu'à 45 cm³ par litre de lait pour obtenir une acidité de 62° D.) diminue sensiblement la concentration

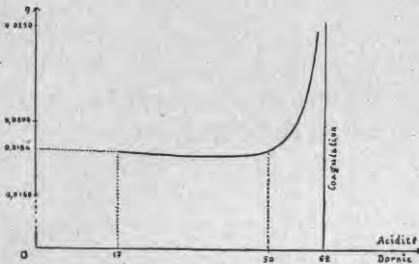


Fig. 2

Viscosité à 15° d'un lait additionné d'acide lactique au 1/10.

auquel la tendance à la floculation est la plus grande ; et MAYER déjà a remarqué que cette floculation est toujours précédée, avant même d'être décelable à l'ultra-microscope, d'une augmentation de la viscosité.

des divers constituants, ce qui peut se traduire par une diminution parallèle de η .

Ce qui précède semble donc prouver la faible intervention de la viscosité de structure dans la viscosité totale du lait.

Remarquons qu'à partir de 50° D. en moyenne, la viscosité augmente rapidement : c'est qu'en effet nous approchons alors du point isoélectrique de la caséine, point

III. INFLUENCE DE L'ADDITION DE PRÉSURE

Nous avons utilisé une présure dont 1 cm³ était capable de coaguler 100 cm³ de lait, maintenus à 15°, en 30 à 60 minutes. La viscosité était mesurée, en même temps qu'était noté le temps écoulé depuis l'emprésurage, à des intervalles de plus en plus petits au fur et à mesure qu'on approchait de la coagulation.

En maintenant la température rigoureusement constante pendant toute la durée d'une expérience, nous avons pu constater une très légère diminution de η pendant les deux premiers tiers du temps de l'expérience, puis une augmentation rapide annonçant l'approche de la coagulation.

Voici par exemple les chiffres obtenus avec le lait écrémé n° 15, ayant subi un début d'acidification (ce lait titrait 50° D. au moment de l'expérience) :

Temps	Viscosité
Au moment de l'emprésurage	0,0281
5 minutes	0,0278
10 min.	0,0276
15 min.	0,0274
20 min.	0,0273
30 min.	0,0273
35 min.	0,0279
37 min.	0,0284
38 min. $\frac{1}{4}$	0,0287
39 min. $\frac{3}{4}$	0,0297

Temps	Viscosité
41 min.	0,0306
42 min. 5	0,0320
44 min.	0,0344
45 min. 5	0,0378
47 min.	0,0509
50 min.	(coagulation)

(Voir la représentation graphique, figure 3.)

Ici encore, il semble bien que la viscosité de structure du lait ne manifeste pas sa présence en dehors du point de coagulation ; et il est permis de conclure que son intervention dans la viscosité totale du lait est négligeable, dans les conditions normales où on place le lait pour l'écémage. STIRKS (1), en 1930, a déjà émis des conclusions analogues.

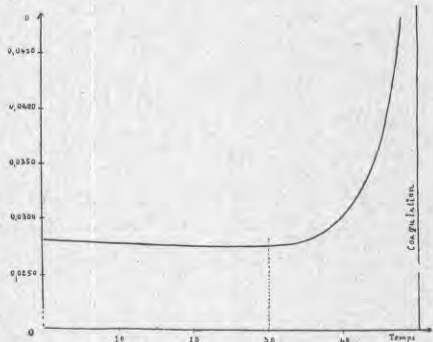


Fig. 3

IV. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

Nous avons étudié également les variations de la viscosité du lait en fonction de la température, sur un même lait, entier puis écrémé, porté successivement à des températures variant entre 0 et 40°. Voici des chiffres relatifs au lait n° 7 :

Viscosité à 15° d'un lait, après addition de présure.

Températures	Viscosité du lait entier	Viscosité du lait écrémé
0°	0,0344	0,0284
5°	0,0305	0,0242
10°	0,0264	0,0212
15°	0,0231	0,0183
20°	0,0199	0,0159
25°	0,0170	0,0144
30°	0,0149	0,0129
35°	0,0134	0,0117
40°	0,0123	0,0108

Comme pour les liquides simples, on voit que la viscosité du lait

(1) H. A. STIRKS. La viscosité du lait et ses rapports avec le crémage, *Le Lait*, X, n° 95, p. 558-560 (mai 1930).

(liquide complexe) diminue très vite quand la température s'élève ; mais cette diminution s'amortit elle-même assez vite, ce que l'on peut représenter par une courbe en forme d'hyperbole (voir figure 4).

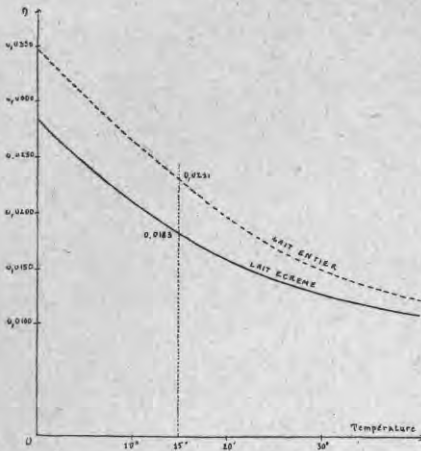


Fig. 4

Variations de la viscosité du lait avec la température.

obtenus, il est facile de prévoir l'influence possible de la constitution physico-chimique, mais surtout de la composition chimique, et par conséquent de toutes les causes de variation de cette composition (mélange des laits, période de lactation, affections mammaires, rétention lactée, etc.). C'est dans cette voie que nous désirons poursuivre l'étude ainsi commencée.

CARACTÈRES BIOLOGIQUES ET CULTURAUX DE L'AGENT ÉTIOLOGIQUE ORDINAIRE DE LA MAMMITE STREPTOCOCCIQUE DE LA VACHE

par J. M. ROSELL, M. D.

Chef du Département de Bactériologie à l'Institut agricole d'Oka
et à l'École de Médecine vétérinaire de la Province de Québec.

La mammite streptococcique est une maladie des vaches laitières, qui a tout d'abord attiré l'attention des vétérinaires et des bureaux d'hygiène des pays du nord et du centre de l'Europe, et qui maintenant intéresse tous les pays.

C'est une maladie qui, actuellement, occasionne aux troupeaux laitiers des pertes économiques plus grandes peut-être que la tuberculose et l'avortement, qui sont deux des maladies les plus importantes affectant les berceaux de l'Industrie laitière.

Il est donc indispensable d'opérer exactement à la même température, si l'on veut comparer la viscosité de deux laits. Notons d'autre part l'importance d'une élévation de température comme cause favorisante dans l'écémage du lait.

Ces quelques observations sur la viscosité du lait doivent être complétées pour nous permettre d'apprécier les limites de variation du coefficient de viscosité, qui sont en rapport avec un certain nombre de facteurs. D'après les résultats déjà