

INFORMATION — FAM

novembre 1985/143

Station fédérale de recherches laitières
CH-3097 Liebefeld-Berne

Détérioration de la matière grasse du lait et ses conséquences

Textes des exposés présentés
à la journée du SICL du 30 septembre 1985
au Technicum agricole suisse à Zollikofen

Table des matières

Introduction page 2

Dr C. Steffen, directeur de la FAM

Détérioration de la matière grasse page 3
- Problèmes de qualité

M. Schweizer, inspecteur des beurres de marque
Union centrale des producteurs
suisses de lait

Méthodes de détermination de la détérioration page 9
de la matière grasse

Dr Beatrice Miller, ingénieur en génie alimentaire,
EPF, Zurich

Détérioration de la matière grasse page 17
lors de la production du lait

Dr E. Flückiger, FAM

Détérioration de la matière grasse dans les page 27
centres collecteurs et les fromageries

F. Schaller, ing.agr.EPF, FAM

Possibilités de lutte contre les causes de page 41
la détérioration de la matière grasse

Dr M. Schmutz, MIBA Union laitière, Bâle

Conclusions page 49

Prof. Dr Z. Puhan, EPF Zurich / Dr C. Steffen

Introduction

=====

Dr Chr. Steffen

Station fédérale de recherches laitières, 3097 Liebefeld

Pendant de longues années, la qualité du beurre et de la crème n'a guère posé de problèmes. Ni le Service d'inspection et de consultation en matière d'économie laitière (SICL) ni les utilisateurs de lait ne se sont vus dans la nécessité de se préoccuper particulièrement de ces deux produits. Nous sommes cependant tous d'accord que nous devons offrir au consommateur suisse du lait, de la crème, du beurre et d'autres produits laitiers de qualité impeccable. Or, il y a deux ans environ, Butyra ainsi que l'Inspectorat des beurres de marque de l'Union centrale des producteurs suisses de lait (UCPL), ont donné l'alerte, après avoir constaté que la qualité du beurre importé de différents pays laisse souvent à désirer. En particulier, sa stabilité au cours du stockage s'est révélée insuffisante. Les analyses ont montré des degrés d'acidité trop élevés. Pour éliminer les causes de ces insuffisances, les pays producteurs ont pris de mesures. Ainsi, par exemple, la RFA a prescrit pour le beurre un traitement thermique de 105 - 115 °C. Dans d'autres pays, c'est le lait qui est soumis à un traitement thermique dès qu'il arrive chez l'utilisateur afin d'assurer une stabilité suffisante au cours du stockage. Mais en Suisse également, la qualité du beurre a commencé à diminuer. Pour étudier ces problèmes, un groupe de travail a été constitué, comprenant des représentants de l'Office fédéral de l'agriculture, de l'Union centrale des producteurs suisses de lait, de Butyra, de la Commission de contrôle du beurre, de l'Inspectorat des beurres de marque, de l'EPF et de la Station fédérale de recherches laitière.

Au cours de plusieurs séances, il s'est révélé que le problème est très complexe et que de nombreux phénomènes constatés ne peuvent pas encore être expliqués. Ce n'est qu'en collaboration étroite que les Centrales de beurre, la Commission de contrôle du beurre, l'Inspectorat des beurres de marque et la recherche laitière pourront résoudre ces difficultés. Toutefois, les discussions ont également montré que plusieurs facteurs qui font baisser la qualité du beurre et de la crème sont connus. Ce qui importe est d'en prendre note et d'en tenir compte dans la pratique. Cette journée revêt une grande importance pour la coordination de la lutte contre les défauts de la crème et du beurre. Les exposés qu'elle réunit visent à informer objectivement sur les problèmes de la détérioration de la matière grasse et à montrer comment procéder pour éliminer les causes de ces défauts.

A la suite des discussions dans le cadre de cette réunion, nous organiserons une autre journée avec la participation des fournisseurs d'équipement. Ensuite nous informerons les fromagers lors de discussions en groupe. Nous poursuivrons nos recherches et continuerons les discussions au sein du groupe de travail pour la qualité de la crème et du beurre.

En conclusion, il convient de répéter que chez nous la baisse de la qualité du beurre et de la crème est dans le stade initial. Il n'y a pas lieu de la dramatiser, mais il nous semble que mieux vaut prévenir que guérir.

Détérioration de la matière grasse - problèmes de qualité

M. Schweizer
Union centrale des producteurs suisses de lait
Berne

1. Importance de la matière grasse du lait

Après les protéines, la matière grasse (MG) est le constituant le plus précieux du lait, en raison

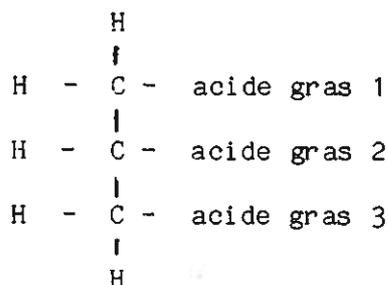
- de sa valeur nutritive
- de son goût et de ses propriétés physiques
- de son importance économique.

2. Composition et structure de la matière grasse du lait

La MG du lait est un mélange complexe, dont les divers composants ne se distinguent cependant pas beaucoup les uns des autres. Les lipides du lait sont subdivisés en:

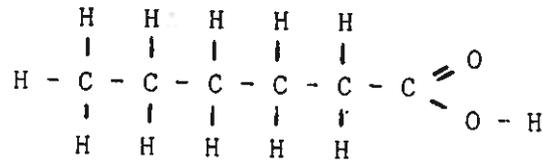
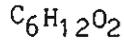
Dénomination	Constituants	Pourcentage dans MG du lait
Lipides simples	triglycérides	98,0 - 99,0%
Lipides complexes	phospholipides lécithine	0,2 - 1,0%
Substances lipof'diques	stérines cholestérol vitamines	0,5 - 0,8%

Un triglycéride est un composé du trialcool glycérol et d'acides mono-carboxyliques (acides gras):



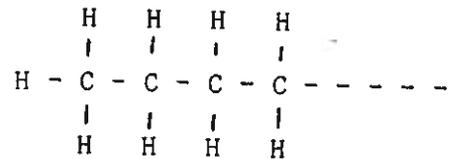
Les acides gras sont les éléments de base de la MG du lait. Ce sont des composés chimiques simples, constitués d'une chaîne d'atomes C avec un groupe acide terminal.

Ex.: acide caproïque

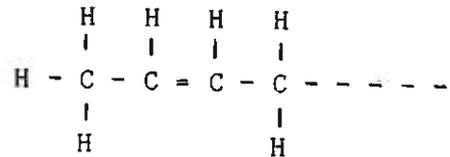


On distingue:

- les acides gras principaux: > 1% du total des acides gras
~99% / nombre 14
- les acides gras secondaires: > 1% du total des acides gras
nombre ~80
- les acides gras saturés:



- les acides gras insaturés



- longueur de chaîne

acides gras à chaîne courte
acides gras à chaîne moyenne
acides gras à chaîne longue

Les acides gras sont responsables

- du comportement de la MG lors de la fonte et de la cristallisation (consistance)
- du goût et de l'odeur
- de la réactivité (oxydation)
- de la valeur nutritive (acides gras essentiels)

Les propriétés de la MG du lait se composent de celles des ses acides gras.

Le lait et la crème sont des émulsions constituées de globules gras dans une phase aqueuse (sérum, lait maigre, plasma). Ces émulsions sont stables, grâce aux propriétés particulières de la membrane des globules gras, qui restent répartis dans la phase aqueuse sans s'unir.

Il y a déstabilisation de la phase lipidique lorsque la membrane qui entoure les globules gras est endommagée. De tels endommagements entraînent la libération des lipides. On parle alors de la matière grasse libre: il se forme des grains de beurre ou de l'huile qui s'exsude. Non

protégée, la matière grasse libre risque de subir la lipolyse ou l'oxydation. Cette destabilisation peut être causée par

- de fortes contraintes mécaniques
- une forte concentration en MG
- la formation de mousse
- un changement de température abrupt (congélation)
- la déshydratation
- l'adjonction de substances tensioactives.

La destabilisation de la phase lipidique est irréversible.

3. Défauts de la matière grasse

3.1. Hydrolyse

Par hydrolyse on comprend la séparation des acides gras du glycérol. Dans l'industrie laitière, la séparation par activité enzymatique, la lipolyse, pose de sérieux problèmes. Les enzymes qui interviennent dans la lipolyse de la matière grasse du lait sont:

- les lipases naturelles
- les lipases bactériennes

Les lipases bactériennes sont beaucoup plus agressives, présentant une grande stabilité thermique. Il y a plusieurs types de lipolyses:

- la lipolyse spontanée due à des facteurs qui dépendent de l'individualité d'un animal ou de l'affouragement
- la lipolyse induite provoquée par des contraintes mécaniques telles que turbulences et homogénéisation
- la lipolyse bactérienne causée par des microorganismes aux propriétés lipolytiques qui contaminent le lait

L'hydrolyse de la MG, en particulier la libération des acides gras C4 - C10, est à l'origine du goût de rance du lait et des produits laitiers.

Mesures pour combattre les défauts lipolytiques

- réduire le temps de stockage du lait cru et de la crème crue
- réduire les contraintes mécaniques
- mieux adapter les traitements thermiques
- nettoyer et désinfecter à fond les installations et ustensiles laitiers

La lipolyse est mesurée à l'aide de la titration des acides gras libérés.

tiques du beurre.

De même en Suisse, on constate depuis quelques années que la stabilité de la crème et du lait destinés à la transformation est abaissée ou insuffisante:

- 11,3% de la crème centrifugée, livrée aux centrales de beurre, ont un degré d'acidité dans la matière grasse de plus de 1,2.
- En 1983/84, la taxation du beurre de choix a donné les résultats suivants:

	défauts lipolytiques	défauts oxydatifs
beurre frais	7,1 %	3,6 %
beurre stocké	17,6 %	12,1 %

- Pour la crème de consommation, il est de plus en plus difficile de satisfaire aux critères de qualité physiques.

Les défauts de la phase lipidique du lait et de la crème compromettent en premier lieu la qualité du lait pasteurisé et des produits laitiers. Si nous voulons assurer, à l'avenir, l'écoulement de ces produits, il faut, dans tous les domaines de la production, du traitement et de la transformation du lait, attacher plus d'importance au maintien de la qualité, notamment en adaptant l'équipement et les procédés utilisés aux propriétés spécifiques et à la sensibilité du lait et de ses composants.

LA QUALITE EST LE FONDEMENT DE NOTRE INDUSTRIE LAITIERE ET C'EST ELLE QUI DOIT SERVIR DE GUIDE POUR LES INNOVATIONS TECHNIQUES.

Méthodes de détermination de la détérioration de la matière grasse

=====

Dr Beatrice Miller, Laboratoire de science laitière
EFP Zurich

1. Formes de détérioration de la matière grasse par contraintes mécaniques

On comprend par détérioration de la matière grasse des altérations physiques de la phase lipidique causées par des contraintes mécaniques qui s'exercent sur le lait. Mulder et Walstra (1) distinguent deux types de détérioration lipidique, la disruption et la coalescence:

La disruption (division des globules gras) entraîne une augmentation du nombre des globules gras et une diminution de leurs diamètres. Il en résulte un accroissement de la surface totale des globules gras. Ce surcroît de surface se recouvre ensuite par adsorption de protéines plasmatiques, en particulier de micelles de caséine. La matière grasse provenant de globules gras ayant subi une disruption est un substrat favorable pour l'hydrolyse, qui est activée par la lipase naturelle du lait. La disruption ralentit la remontée des globules gras (écrémage spontané). Par suite de l'adsorption de protéines, les nouveaux globules peuvent avoir un poids spécifique plus élevé que la phase écrémée du lait.

La coalescence (fusion des globules gras) entraîne une diminution du nombre des globules gras et en même temps une augmentation de leurs diamètres ainsi que la réduction de leur surface totale. Des fractions de la membrane, des protéines et des lipides polaires, peuvent ainsi passer au lait écrémé. A l'état natif, les globules gras sont protégés par la membrane, ce qui empêche leur fusion. On ne connaît pas encore tous les détails du processus de coalescence, mais on suppose que la membrane doit être endommagée à différents endroits pour que ce processus puisse se déclencher. Une autre condition est l'état liquide du contenu des globules gras. Si une partie de la matière grasse apparaît sous forme cristallisée, la coalescence n'est que partielle, et les globules gras, agglutinés par la graisse liquide là où la membrane est endommagée, se présentent sous forme grumeleuse. La coalescence n'est entière que lorsque le lait est chauffé, c.-à-d. lorsque la matière grasse se liquéfie. Les grumeaux formés par agglutination ainsi que les globules gras agrandis par coalescence remontent plus rapidement à la surface que les globules gras natifs. Lorsque les grumeaux sont grands, visibles à l'oeil nu, on les appelle grains de beurre. La coalescence favorise la démulscification, qui se manifeste par des gouttes bien visibles d'huile exsudée.

La figure 1 présente schématiquement les possibilités d'altérations physiques des globules gras. La disruption et la coalescence peuvent aussi se produire simultanément. C'est cependant le type de contraintes mécaniques, mais aussi les propriétés physico-chimiques de l'émulsion qui décident de la prédominance d'un processus sur l'autre ainsi que de la gravité des altérations physiques de la matière grasse. Une teneur élevée en matière grasse favorise la coalescence ou l'agglutination des globules gras. La disruption et la coalescence sous l'influence de contraintes mécaniques sont favorisées par l'état liquide de la matière grasse, lors de la traite, par exemple. L'agglutination prédomine quand une partie de la graisse est solide, comme c'est le cas lors du refroidissement.

2. Détermination de la détérioration de la matière grasse

2.1. Matière grasse lipolysable, acides gras libres, degré d'acidité dans la matière grasse

Sortant des globules gras altérés par disruption, la matière grasse devient disponible comme substrat pour l'hydrolyse, qui est déclenchée par la lipase naturelle du lait. En pratique, pour déterminer la matière grasse ainsi altérée dans le lait cru et la crème crue, on a souvent recours à la mesure des acides gras libres ou à la détermination du degré d'acidité. Ces méthodes ne sont cependant pas suffisantes pour estimer la totalité des contraintes mécaniques ou de la détérioration de la matière grasse. Car le taux de libération d'acides gras (lipolyse) ne dépend pas seulement de la quantité de matière grasse altérée, mais aussi de la température (fig. 2) et de la durée de stockage (fig. 3). Pour mesurer la matière grasse lipolysable (3), le dosage des acides gras libres ne se fait donc pas immédiatement après l'échantillonnage, mais préalablement on incube les échantillons pendant deux jours à 37°C (= température optimale pour l'activité de la lipase) jusqu'à ce que la lipase naturelle du lait ait décomposé toute la graisse libérée par l'endommagement des globules gras.

Les méthodes BDI, Auto-Analyzer, Deeth et BLM-Pedia (6, 7, 8, 9) sont les plus courantes pour déterminer les acides gras libres dans le lait et la crème. Dans la crème et le beurre, on détermine souvent le degré d'acidité dans la matière grasse (2). Par l'examen organoleptique décrit dans le Manuel des denrées alimentaires (2), en reconnaissant le goût de rance des acides gras libérés, on peut identifier les échantillons ayant une matière grasse très altérée.

La différence des méthodes d'extraction et de titration employées pour la détermination des acides gras libres ou du degré d'acidité fait que les valeurs mesurées diffèrent également. Une comparaison directe des valeurs obtenues avec des méthodes différentes n'est donc pas possible. Il existe cependant des corrélations entre ces méthodes. Les acides gras libres sont indiqués en mEqu ou en mmol par litre ou par kg de lait (Auto-Analyzer, Deeth et BLM) ou par 100 g de matière grasse (BDI). Le degré d'acidité est exprimé en ml d'hydroxyde de sodium ou d'hydroxyde de potassium (soude caustique ou potasse caustique 1-n) par 100 g de matière grasse.

Le goût de rance du lait et des produits laitiers dépend du taux d'acides gras libres. Le seuil est de 1,5 à 2,0 mEqu/100 g de matière grasse pour la concentration d'acides gras libres dans le lait, la crème et le beurre (méthode BDI). Avec la méthode BLM, ce seuil est de 1,8 à 2,4 mEqu/l pour le lait. D'après le Règlement suisse de livraison de la crème, le degré d'acidité de la matière grasse du beurre de choix ne doit pas dépasser 1,2.

2.2 Matière grasse libre

Pour déterminer la matière grasse sortant des globules gras altérés par coalescence ou par agglutination, on mesure la matière grasse libre. Les méthodes les plus courantes sont la centrifugation (4) et l'extraction (5). La centrifugation permet de séparer la matière grasse libre de la matière grasse des globules intacts. Des butyromètres spéciaux permettent l'indication volumétrique des valeurs. Par contre, la méthode d'extraction consiste à extraire avec un solvant organique la matière grasse, qui est dosée par gravimétrie après l'évaporation du solvant. La quantité de matière grasse libre est exprimée en pour cent de l'échantillon ou en pour cent de la matière grasse totale. Les deux méthodes ne donnent pas la même proportion de matière

grasse altérée de façon que les valeurs ne sont pas strictement comparables, les résultats obtenus avec la méthode d'extraction étant toujours plus élevés.

2.3 Echantillonnage

Avant l'échantillonnage, on agite le lait ou la crème soigneusement et avec ménagement. De grandes quantités de mousse contenant beaucoup de grains de beurre, comme on les observe lors du refroidissement du lait à la ferme, ne peuvent pas être mélangées avec le reste du lait. Il faut enlever la mousse avec un passoir et l'analyser séparément. Les acides gras libres sont déterminés ou extraits immédiatement après l'échantillonnage. Il est nécessaire que les échantillons parviennent au laboratoire le plus vite possible, où ils sont incubés pour le dosage de la matière grasse lipolysable. On doit les transporter non refroidis, après la traite, par exemple, puisque le refroidissement peut détériorer la matière grasse.

3. Références bibliographiques

- 1) MULDER H. / WALSTRA P.
"The milk fat globule"
Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, the Netherlands, 1974
- 2) SCHWEIZERISCHES LEBENSMITTELBUCH
Bd. 2, spez. Teil, Methoden 1/01 und 3A/09, EDMZ (1976)
- 3) MILLER B:
"Lipolysierbares Fett als Folge der Fettschädigung bei der Rohmilchgewinnung und -behandlung"
Diss. ETH Nr. 7844 (1985)
- 4) HALTER N. / PUHAN Z. / SCHMUTZ M.
"Einfache und rasche Methode zur Erfassung der Fettschädigung in Milch und Rahm"
Dtsch. Molk. Ztg. 25, 884-885 (1978)
- 5) FINK A. / KESSLER H.G.
"Determination of free fat in cream for the assessment of damage caused to fat globules by processing"
Milchwiss. 38 (6), 330-334 (1983)
- 6) DRIESSEN F.M. / JELLEMA A. / VAN LUIN F.J.P. / STADHOUDERS J. / WOLBERS G.J.M.
"The estimation of the fat acidity in raw milk. An adaption of the BDI-method, suitable for routine essays"
Neth. Milk Dairy J. 31, 40-55 (1977)
- 7) LINDQUIST B. / ROOS T. / FUJITA H.
"Auto-Analyzer determination of free fatty acids in farm milk. Modification of present methods to simplify transportation of the sample"
Milchwissenschaft 30 (1), 12-17 (1975)
- 8) DEETH H.C. / FITZ-GERALD C.H. / WOOD A.F.
"A convenient method for determining the extent of lipolysis in milk"
Austr. J. Dairy Technologie, Sept., 109-111 (1975)
- 9) MOUILLET C. / LUQUET F.M. / NICOD H. / BOUDIER J.F. / MAHIEU H.
"La lipolyse des laits. Etude d'une méthode rapide de mesure: BLM-PEDIA"
Le Lait 61, 171 (1981)

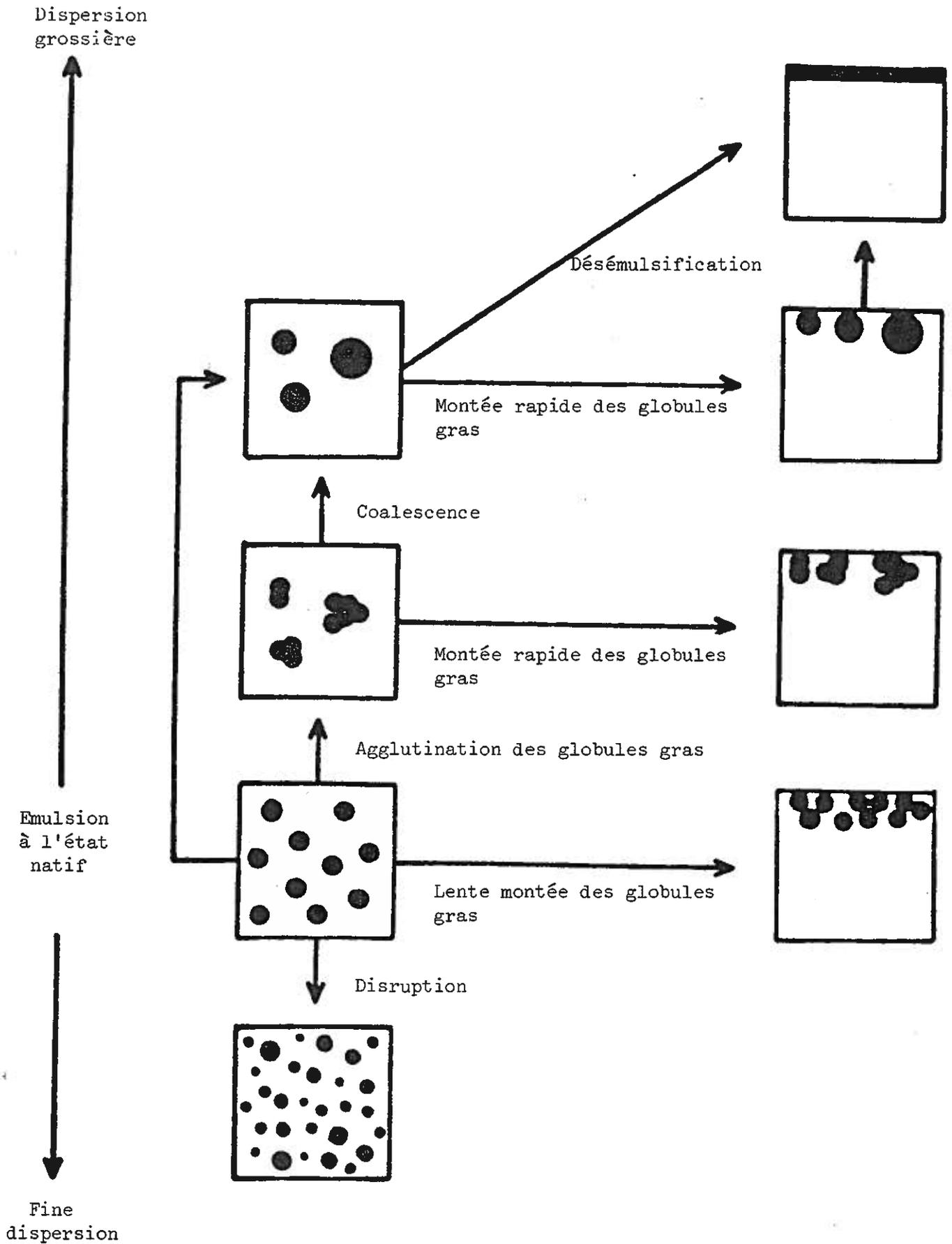


Figure 1:

Altérations physiques des globules gras dues à des contraintes mécaniques - montée des globules gras selon l'état de l'émulsion

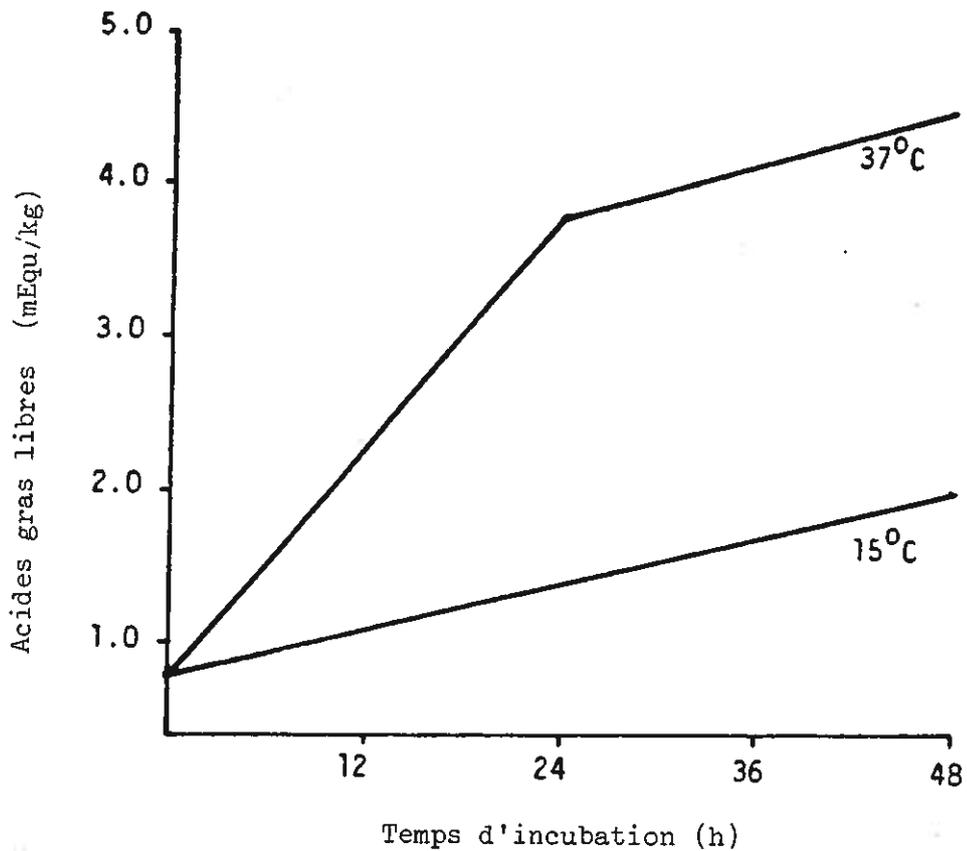
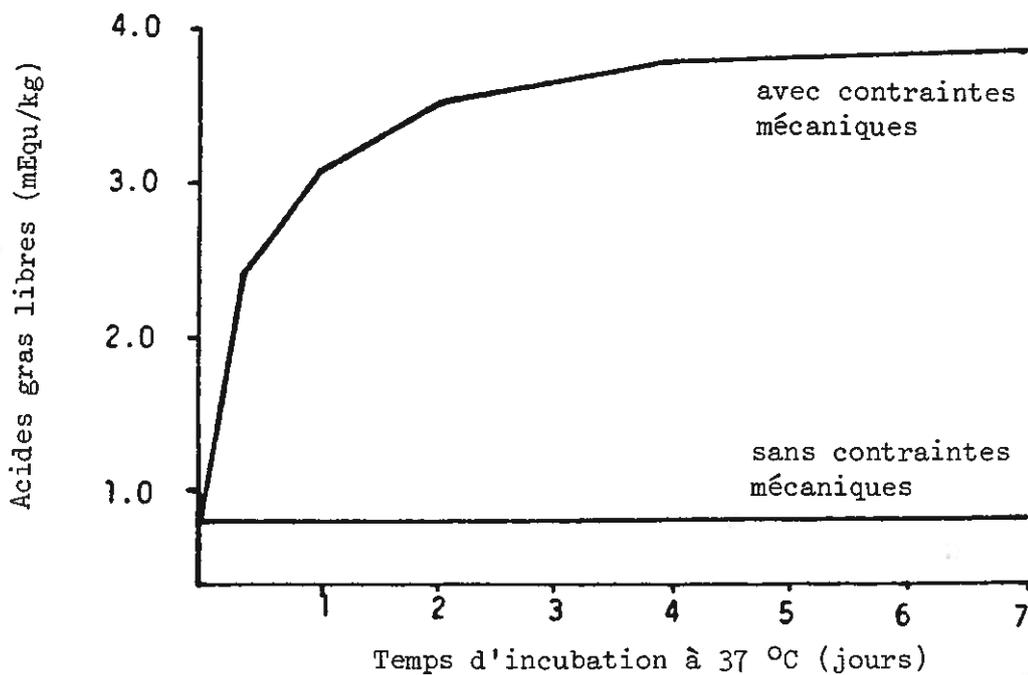


Figure 2: Influence de la température de stockage sur la teneur en acides gras libres de lait cru soumis à des contraintes mécaniques



ANNEXEDétermination de la matière grasse lipolysableDéfinition

La matière grasse lipolysable est la part de la matière grasse du lait qui peut être hydrolysée par la lipase naturelle du lait par suite de modifications de l'émulsion provoquées par des contraintes mécaniques.

Champ d'applications

Lait cru et crème crue.

Principe

Incuber les échantillons de lait cru jusqu'à ce que la lipase naturelle du lait ait hydrolysé la matière grasse disponible. Procéder ensuite au dosage des acides gras libres, la quantité d'acides gras libres permettant d'apprécier l'étendue de la détérioration de la matière grasse.

Appareils, moyens auxiliaires et réactifs

- éprouvette avec bouchon, stérilisés
- micropipette
- thermostat 37°C
- perhydrol 30%

Echantillonnage

Prélever les échantillons dans des conditions aseptiques. Les analyser immédiatement après le prélèvement sans refroidissement préalable, qui peut altérer la matière grasse.

Dosage

Remplir l'éprouvette stérilisée avec 12 ml de lait cru ou 5 ml de crème crue. Ajouter ensuite 40 µl (lait cru) ou 20 µl (crème crue) de perhydrol (= 0,1% d'eau oxygénée environ) et fermer l'éprouvette avec le bouchon. Agiter l'éprouvette en la renversant soigneusement pour rendre le contenu homogène, la poser ensuite dans le thermostat. Après une incubation de 48 h à 37°C, doser les acides gras libres dans 5 g de lait ou 1 g de crème. Renverser l'éprouvette immédiatement après l'avoir sortie du thermostat, avant de la refroidir, pour assurer la répartition homogène de la matière grasse montée à la surface pendant l'incubation.

On maintient basse la concentration en eau oxygénée, car celle-ci peut inactiver la lipase du lait. Dans des échantillons présentant une forte contamination microbienne, le perhydrol, dans la concentration indiquée, peut ne pas produire l'effet bactéricide souhaité. Il faut répéter l'analyse si les microorganismes se multiplient. La croissance microbienne devient manifeste par la formation de gaz ou la coagulation ou par l'odeur anormale se dégageant des échantillons après une incubation de 48 h.

Exploitation des résultats

La matière grasse lipolysable (MGL) est indiquée comme taux d'acides gras libres après l'incubation. Elle est calculée lors du dosage des acides gras selon Deeth (8) de la manière suivante:

$$\text{MGL en mEqu d'acides gras/kg} = (T-B) \times N \times F \times \frac{1000}{PE} \times \frac{\frac{PE + \%MG}{(S + DMG \times 100)}}{P}$$

T = valeur de titration de l'échantillon (ml d'hydroxyde de sodium ou d'hydroxyde de potassium)

B = valeur de titration du blanc (ml d'hydroxyde de sodium ou d'hydroxyde de potassium)

N = normalité de l'hydroxyde de sodium ou de l'hydroxyde de potassium (Equ/l)

F = facteur de l'hydroxyde de sodium ou de l'hydroxyde de potassium

PE = pesée de l'échantillon (g)

S = volume du surnageant (ml)

%MG= matière grasse dans l'échantillon (%)

DMG= densité de la matière grasse du lait à la température ambiante (0,915 g/ml)

P = quantité pipetée du surnageant (ml)

Détérioration de la matière grasse lors de la production du lait

=====

E. Flückiger
Station fédérale de recherches laitières, 3097 Liebefeld

1. Introduction

La production du lait a connu une évolution qui est marquée par:

- l'accroissement de la mécanisation de la traite
- l'extension du refroidissement à la ferme du lait de consommation
- la tendance à prolonger le stockage au froid du lait à la ferme
- l'augmentation du rendement laitier et de la taille moyenne des troupeaux

Cette évolution, en particulier par l'extension des installations de traite en lactoduc, a exposé le lait à des contraintes mécaniques grandissantes. En même temps, il semble que le lait est devenu plus sensible aux influences mécaniques, le composant le plus exposé étant la matière grasse. Plus la détérioration de la matière grasse (MG) lors de la production du lait s'aggrave, plus l'utilisateur du lait se voit limité dans ses possibilités de mise en valeur puisque les dommages s'additionnent. Il est impossible de freiner le développement technique, mais il faut arrêter et, dans certains cas, même corriger la détérioration de la MG. Pour ce qui est des installations de traite et des installations de refroidissement, il s'agit d'en connaître les points problématiques et de trouver les moyens de remédier aux ennuis qui en résultent.

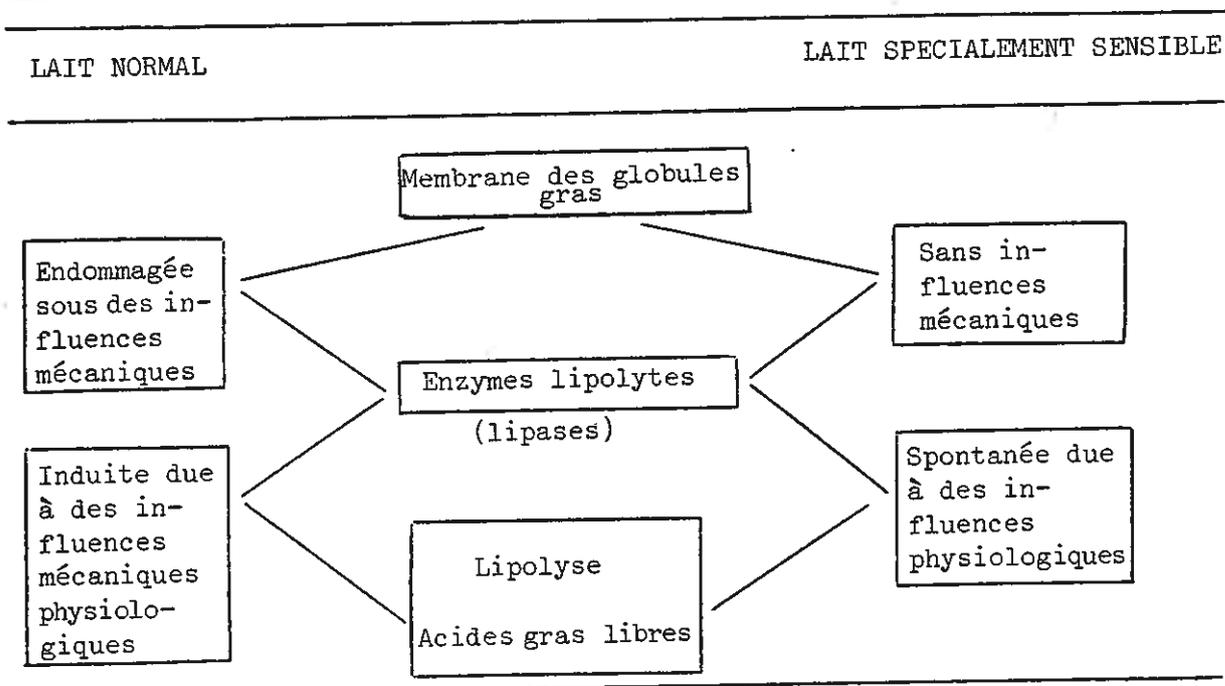
2. Formes de la détérioration de la MG

Deux types d'altération des lipides entraînent des conséquences pratiques:

- l'apparition de matière grasse libre, puis de grains de beurre visibles à l'oeil nu
- la production d'acides gras libres (AGL), qui finit par provoquer un goût de rance organoleptiquement perceptible.

La teneur en AGL est, en effet, la mesure la plus importante pour la détérioration de la MG du lait cru. Les AGL résultent de la dégradation enzymatique de la MG (lipolyse). Comme le montre le tableau 1, on peut diviser en deux catégories les causes de la lipolyse:

Tableau 1: formation d'acides gras lors de la production du lait



On ne peut tracer une limite nette entre lait normal et lait spécialement sensible.

3. Lait spécialement sensible - lipolyse spontanée

Le lait particulièrement sensible, ayant une réactivité accrue aux influences mécaniques, peut, dans des cas extrêmes, même subir une lipolyse sans être soumis à des stress mécaniques. D'après des études récentes, cette prédisposition se trouve parfois accrue par les facteurs suivants:

- particules de sang dans le lait
- lactation retardée
- rendement laitier inférieur à 3 kg/traite
- courts intervalles entre les traites (de 10 heures ou moins)
- troubles hormonaux
- nombres de cellules supérieurs à 500'000/ml
- défauts de régime alimentaire.

Pour remédier à la détérioration de la MG lors de la production du lait, les mesures suivantes sont recommandées:

- combattre les troubles de sécrétion
- ne pas livrer le lait provenant de vaches taurelières ou de vaches n'ayant pas vêlé depuis longtemps
- éviter de courts intervalles entre les traites
- favoriser la fécondité
- veiller à un affouragement approprié au rendement.

L'examen organoleptique du lait reposé permet de reconnaître les laits de producteur ayant une prédisposition à rancir.

4. Détérioration de la MG due aux effets mécaniques de la traite

4.1 Matière grasse lipolysable (MGL) du lait non exposé aux effets mécaniques

L'augmentation des AGL ou de la MGL sert à mesurer les contraintes mécaniques que le lait subit lors de la traite par rapport au lait produit sans contrainte mécanique. Le tableau suivant montre les résultats de la comparaison entre du lait extrait à l'aide d'un petit tube et du lait traité avec une installation de traite à pot.

Tableau 2: MGL dans du lait traité sans contraintes mécaniques (à l'aide d'un petit tube) et dans du lait traité à la machine (installation de traite à pot) (B. Miller, 1985)

Vache no	Lait (1)	Tube Mat.grasse	Pot lipolysable mEqu/kg	Augmentation
1	LM	0.80	0.92	0.12
	LS	0.80	1.07	0.27
2	LM	0.80	0.97	0.17
	LS	0.88	1.09	0.21
3	LM	0.78	1.02	0.24
	LS	0.84	1.04	0.20
4	LM	0.84	0.92	0.08
	LS	0.76	1.00	0.24

(1) LM = lait du matin, LS = lait du soir

Ces chiffres montrent que même le lait n'ayant pas été soumis à des contraintes mécaniques contient un taux de MGL de 0,8 mEqu/kg. L'augmentation attribuable à la traite mécanique fluctue entre 0,1 à 0,3 mEqu/kg. Les valeurs pour le lait du soir sont presque toujours supérieures à celles du lait du matin. L'accroissement enregistré n'est pas inférieur à celui d'une traite à la main et correspond donc à une lipolyse pratiquement inévitable. La traite peut provoquer des lipolyses plus fortes, dont les causes résident dans

- le système ou la méthode de traite
- le montage de l'installation de traite
- l'entretien et le maniement de l'installation de traite.

4.2 Influence du système ou de la méthode de traite

Les installations de traite ont deux fonctions: extraire le lait et le transporter. Lors du transport, certaines conditions d'écoulement telles que les turbulences dans les mélanges d'air et de lait et le moussage, peuvent être à l'origine d'endommagements mécaniques du lait. Lorsqu'on classe les systèmes de traite d'après les teneurs croissantes en (AGL) constatées dans des conditions pratiques, on arrive à l'ordre suivant (Driessen et al., 1977):

Tableau 3: Ordre des systèmes de traite d'après les teneurs croissantes en AGL du lait de producteur (méthode BDI modifiée)

Méthode de traite	N	ml 1 N NaOH par 100 g MG	% > 0.8
Install.de traite à pot	265	0.39	2.6
Traite manuelle, avec moussage	10	(1)	
Install.de traite en lactoduc ligne basse	328	0.62	15.5
Salle de traite avec réc.de contrôle	899	0.65	14.5
Install.de traite en lactoduc ligne haute	429	0.77	32.1
Salle de traite, ligne haute	1142	0.83	40.3

(1) d'après B. Miller, sans indication de chiffres, des méthodes d'analyse différentes ayant été utilisées

Les trois points suivants sont importants:

- les différences dans le montage et le maniement des installations de traite exercent une influence plus grande sur la détérioration de la MG que les différences entre les marques
- la traite avec des installations de traite en lactoduc et le ménagement de la MG ne sont pas incompatibles
- la part d'installations de traite en lactoduc provoquant des altérations trop fortes de la MG doit être limitée, une proportion de 15-40% (cf tableau) étant excessive
- l'ordre précité des systèmes peut différer dans certains cas, selon que le montage de l'équipement est bien ou mal fait.

4.3 Influences du montage

Il n'y a pas qu'un seul précepte pour monter les installations de traite en lactoduc, mais quelques principes généraux peuvent contribuer à éviter les altérations de la MG, dont les plus importants sont les suivants:

- examiner consciencieusement quelles sont les conditions les plus favorables pour l'écoulement du lait
- poser les conduites de façon que le parcours du lait soit le plus court possible et au niveau le plus bas possible
- éviter au possible les fuites ou entrées d'air dans le système de lait
- éviter toute montée ainsi que toute incorporation de dispositifs pouvant provoquer des vitesses d'écoulement trop élevées
- poser le lactoduc de traite avec une pente suffisante et égale jusqu'à l'unité terminale
- veiller à ce que les surfaces, les soudures et les raccords soient lisses
- dimensionner suffisamment le diamètre des conduites de façon que le lait et l'air puissent se séparer rapidement et s'écouler séparément
- contrôler exactement l'entrée d'air par le faisceau trayeur

- veiller à ce que le lait en sortant de la mamelle entre d'en haut dans la conduite
- veiller à une commande fiable de la pompe à lait de façon que le pompage du lait à partir de l'unité terminale puisse s'effectuer sans entrée d'air
- veiller à ce que le lait soit transporté sans moussage du côté du refoulement de la pompe aux récipients de refroidissement ou aux récipient de transport

Le tableau suivant montre la détérioration de la MG se produisant à différents points d'une installation de traite mal montée. Avant d'effectuer les analyses, le lait d'essai était stocké à 4°C pendant 24 heures.

Tableau 4: contrôle de la détérioration de la MG à différents points d'une installation de traite en lactoduc - alimentation à l'étable et pacage (Krankare & Antila, 1978)

Echantillonnage après	Alimentation à l'étable AGL en mEqu/l		Pacage
Griffe	0.93	(0.88) ⁽¹⁾	0.76
Tuyau à lait (2)	1.03	(1.20)	0.83
Entrée à la conduite	1.21		0.95
30 m après l'entrée à la conduite	1.38	(1.43)	0.92
Chambre de réception	1.44		1.01
Pompe à lait	1.48	(1.44)	1.07
Tank réfrigérateur	1.85	(1.70)	1.04

(1) chiffres entre parenthèses: après stockage à 4°C pendant 48h (Jellema, 1973)

(2) hauteur 1.8 m

Ces chiffres montrent:

- une détérioration de la MG beaucoup plus forte après l'alimentation à l'étable qu'après le pacage
- une augmentation cumulative des valeurs AGL
- une augmentation très importante, après l'affouragement à l'étable, entre la griffe et l'entrée de la conduite à lait et entre la pompe à lait et le récipient de refroidissement.

En hiver, les valeurs AGL sont, en général, plus élevées qu'en été; ex: 0,76 contre 0,61 pour les installations de traite à pot et 1,31 contre 0,87 pour les installations de traite en lactoduc (Jensen et al., 1958).

4.4 Influences de défauts d'entretien et de maniement

L'altération de la MG due à un mauvais montage s'accroît lorsque l'installation de traite est mal entretenue et incorrectement maniée. De telles fautes, d'ailleurs souvent seules à l'origine de la détérioration de la MG, mènent, en général, à une aération trop forte du lait. Ci-après les principales causes d'une aération excessive:

- entrée d'air lors de la pose et du retrait des faisceaux trayeurs et lors de l'égouttage à la machine
- mauvaise adhésion de manchons trayeurs usés ou mal dimensionnés
- inétanchéité des pièces en caoutchouc du système de lait

- inétanchéité de raccords, ceux qui sont insuffisamment serrés par ex., dans le système à lait
- entrée d'air trop grande dans la griffe, à raison de plus de 4-10 l/min
- mauvais emplacement de l'admission d'air dans la griffe, c.-à-d. au lieu d'entrer en direction de l'écoulement du lait, l'air entre en sens inverse
- traite à sec, donc rapport défavorable entre l'air et le lait
- aspiration d'air par la pompe à lait
- trop grande hauteur de chute du lait à l'extrémité des conduites, à l'entrée du récipient, par ex..

4.5 Mesures pour éviter la détérioration de la MG lors de la traite

Des analyses détaillées réalisées à l'étranger ont montré que le lait livré par des producteurs ayant des installations de traite en lactoduc contient en moyenne 50 % plus d'AGL que le lait extrait avec des installations de traite à pot (FLEMING, 1980). La teneur en AGL du lait de ramassage augmente donc dans la mesure où augmente la quantité de lait produit avec des installations de traite en lactoduc.

En Suisse, on met en service quelque 500 installations de traite en lactoduc par an, en remplacement des installations de traite à pot. Or, comment limiter au possible l'altération de la MG que ces nouvelles installations sont susceptibles de provoquer?

Après discussion avec les fournisseurs, on s'est accordé pour mettre au point des directives obligatoires pour le montage des installations de traite en lactoduc. Les fournisseurs se sont engagés à observer ces directives et à notifier au SICL, dès le 1er mai 1985, le montage d'une nouvelle installation de traite en lactoduc. De son côté, le SICL doit contrôler si l'installation de cet équipement est conforme aux instructions ou non. Ces précautions devraient permettre d'éliminer les défauts de montage, causes essentielles parmi d'autres de la détérioration de la MG. Ensuite il faut informer les producteurs de lait des relations mises en évidence entre les fautes de maniement et la détérioration de la MG. Cette information peut avoir lieu lorsque l'installation à pot est remplacée par l'installation en lactoduc ou lors du contrôle annuel des installations de traite.

5. Détérioration de la MG lors du refroidissement du lait

D'après la littérature, on trouve souvent des taux élevés d'AGL dans le lait refroidi. Il semble que ceux-ci sont en général dus aux contraintes mécaniques de la traite et à la durée du stockage au froid. Le refroidissement en soi peut causer des dommages ultérieurs, notamment par:

- la conception et le mode opératoire de l'installation de refroidissement
- le mauvais état de l'installation de refroidissement
- des défauts de manipulation des refroidisseurs

5.1 Plongeurs refroidisseurs - examens comparatifs

Les plongeurs refroidisseurs (PF) semblent être particulièrement préjudiciables à la matière grasse du lait. Aussi avons-nous effectué des essais comparatifs avec différents PF. En général, ce type de refroidisseur est utilisé pour le refroidissement à la ferme, où la mobilité de l'équipement est essentielle. L'évaporateur et le brasseur à grande

- profondeur d'immersion de l'évaporateur
- petites quantités de lait soumises au refroidissement
- capacité frigorifique
- forme de l'évaporateur (plat - cylindrique)
- vitesse de rotation du brasseur (740 et 1330 t/min)
- déformation de l'arbre du brasseur
- formation de glace
- refroidisseur déjà utilisé dans la pratique
- intervalle entre les traites
- contraintes mécaniques préalables dues à des installations de traite, à pot ou en lactoduc
- âge du lait

Voilà brièvement les résultats les plus importants:

Profondeur d'immersion

- comparaison: immersion totale, immersion jusqu'à mi-hauteur du refroidisseur, immersion minimale selon indication du fournisseur
- détérioration minimale de la MG: immersion totale, détérioration maximale: immersion mi-hauteur
(augmentation MGL: 0,19 contre 0,24 mEqu/l)

Petites quantités de lait

- comparaison: refroidissement en cuve à lait et refroidissement en bidon à lait (40 l)
- détérioration un peu moins forte en bidon à lait
(augmentation MGL: 0,25 contre 0,29 mEqu/l)

Capacité frigorifique

- comparaison: capacités frigorifiques de 0,5 et de 1 CV
- détérioration MG de la 1^e traite plus forte à 1 CV qu'à 0,5 CV
(augmentation MGL: 0,28 contre 0,21 mEqu/l). Pas de différence pour les 4 traites mélangées.

Forme de l'évaporateur

- comparaison: refroidisseur avec évaporateur plat et brasseur de 48 t/min et refroidisseur avec évaporateur cylindrique et brasseur de 1360 t/min
- pas de différence (bien que l'on s'attendît à une détérioration plus faible après utilisation du refroidisseur avec évaporateur plat)

Vitesse de rotation

- comparaison: petite vitesse avec petite quantité de lait conforme aux prescriptions (740 t/min) et grande vitesse contraire aux prescriptions (1330 t/min)
- détérioration plus importante avec grande vitesse non tolérée (c'est une des fausses manoeuvres possibles)
qu'avec petite vitesse
(augmentation MGL 0,52 contre 0,31 mEqu/l, mousse: 205 g contre 33 g)

Brasseur défectueux (défaut de fabrication)

- comparaison: brasseur défectueux (disque fixé asymétriquement) et brasseur en bon état de fonctionnement

- détérioration plus forte avec brasseur défectueux qu'avec brasseur impeccable (augmentation MGL: 0,20 contre 0,15 mEqu/l, mousse 150 g contre 42 g)

Formation de glace

- comparaison: refroidissement avec formation d'une couche de glace d'env. 1 cm d'épaisseur et refroidissement sans formation de glace
- détérioration plus forte après refroidissement de 30 à 4°C qu'après formation de glace partielle et dégel; ce résultat est contraire aux attentes (augmentation MGL: 0,27 contre 0,06 mEqu/l)

Intervalles entre les traites

- comparaison: intervalles entre les traites de 12/12, 11/13 et 10/14h
- détérioration nettement plus forte après l'intervalle le plus court de 10h par rapport à celui de 12h (augmentation MGL: 0,62 contre 0,44 mEqu/l)

Contraintes mécaniques préalables

- comparaison: refroidissement de lait produit avec une installation de traite à pot et refroidissement de lait produit avec une installation de traite en lactoduc
- les contraintes que le lait avait subi avant le refroidissement n'influaient pas sur la détérioration lipidique par le refroidissement.

Age du lait

- comparaison: lait frais et lait stocké au froid pendant 24 h et pendant 48 h
- la détérioration de la MG du lait refroidi n'était pas plus forte que celle du lait frais.

Température

- comparaison: lait frais et lait stocké au froid à 4°C et à 14°C pendant 24 h et pendant 48 h
- détérioration beaucoup plus forte du lait stocké à 14°C (augmentation MGL: 0,45 contre 0,14 mEqu/l)

**Détérioration de la matière grasse
du lait dans les centres collecteurs et les fromageries**

=====

F. Schaller
Station fédérale de recherches laitières, 3097 Liebefeld

1. Introduction

L'objectif de cet exposé est de montrer les causes de la détérioration de la matière grasse dans le lait et la crème, afin de préparer les bases permettant de lutter contre elles.

Les principaux facteurs qui sont à l'origine de la détérioration de la matière grasse dans les centres collecteurs et les fromageries ont été réunis par MM. Steffen, Flückiger, Thürlemann (FAM), Schmutz (MIBA), Schweizer (UCPL) et moi-même en nous fondant sur nos expériences et nos observations personnelles, mais aussi sur celles de praticiens.

Dans la pratique, dès qu'on observe les phénomènes suivants, il faut se mettre à la recherche des causes et les éliminer:

- formation de mousse et exsudation de matière grasse, sous forme **huileuse ou sous forme de grains de beurre**, dans le lait ou la crème;
- degré d'acidité trop élevé dans la matière grasse de la crème;
- contestation, pour des défauts de goût, du lait, du beurre et du fromage, qui pourraient être en rapport avec la détérioration de la matière grasse.

2. Causes principales de la détérioration de la matière grasse

Il n'est pas nécessaire de décrire les opérations effectuées dans les centres collecteurs et les fromageries, et nous nous limitons ici à étudier les principaux facteurs qui mènent à la détérioration de la matière grasse.

Tableau 1: Causes principales de la détérioration de la matière grasse

réception du lait:	<ul style="list-style-type: none"> - pompes - conduites, armatures - installation d'aspiration du lait
centrifugation:	<ul style="list-style-type: none"> - centrifugeuse - conditions de centrifugation
refroidissement et stockage du lait et de la crème	
entretien et nettoyage	

La matière grasse peut être détériorée aux niveaux les plus divers du maniement et du traitement du lait, dont les effets sont souvent cumulatifs. Passé un certain degré de détérioration, le produit présente des défauts qui amoindrissent sa qualité.

C'est pourquoi il faut, **par principe**, éviter toute altération de la matière grasse lors du traitement et de la transformation du lait

2.1. Réception du lait

Tableau 2: Principales causes de la détérioration de la matière grasse lors du pompage

- marche à vide
- aspiration d'air (mélange d'air et de lait)
- raccords mal joints sur le côté de l'aspiration ou le côté du refoulement
- réducteurs de débit et robinets montés sur le côté de l'aspiration ou le côté du refoulement réduisant le débit de la pompe ("étranglement")
- surdimensionnement de la pompe par rapport aux appareils suivants (surpression)

Avec les centrifugeuses, les pompes à lait sont, en effet, les causes les plus importantes de la détérioration de la matière grasse. Aussi est-il nécessaire de réduire les pompages au minimum.

La **marche à vide** constitue une forte sollicitation pour le lait qui se trouve dans la pompe. Le mélange d'air et de lait qui en résulte, subit le cisaillement de la roue à aubes de la pompe. Cela endommage la membrane des globules gras de façon que la matière grasse en sort. L'effet est celui d'une homogénéisation. Ce qui se passe dans le lait peut être démontré par un essai simple:

On fait marcher à vide une pompe à lait pendant 3 minutes environ et laisse ensuite reposer le lait à température ambiante. Résultat: rancidité prononcée après quelques heures.

L'entrée d'air - due à un bassin de réception vide ou à des **raccords mal joints sur le côté de l'aspiration** - mène à la formation de mousse, entraînant ainsi l'altération de la matière grasse.

Les producteurs se servent souvent de réducteurs de débit et de robinets à demi fermés pour diminuer le débit de lait. Entre la pompe et le réducteur se produit une surpression qui, passé le réducteur, s'abaisse de nouveau ("étranglement"). Cela accélère l'écoulement du lait auprès du réducteur; les globules gras sont ainsi rapidement entraînés à travers une arête. Le cisaillement qui en résulte peut déchirer la membrane des globules gras.

Les conditions d'écoulement sont comparables à celles qui sont représentées dans les figures 3 à 5. Ce même effet se produit quand un échangeur à plaques est raccordé à une **pompe à lait** à performance beaucoup plus élevée.

Une enquête sur ces pratiques, à laquelle ont participé 32 inspecteurs de fromagerie des régions de fabrication d'emmental, a donné les résultats suivants: dans 10 rayons d'inspection, on n'applique pas cette réduction de débit, dans 11 on la pratique sporadiquement, et dans les 11 restants, un grand nombre de fromageries s'y adonnent.

Tableau 3: Causes principales de la détérioration de la matière grasse dans les conduites et les armatures

- turbulences
- réducteurs de débit et de robinets utilisés pour diminuer la pression ("étranglement")
- diamètres trop petits ou trop grands là où sont montés des armatures ou des tuyaux mal dimensionnés
- soudures rugueuses et saillantes
- grande hauteur d'aspiration, longues conduites
- grande hauteur de chute entre la conduite et le bassin

L'idéal serait un **écoulement laminaire** dans toute la zone du transport du lait. Si le lait s'écoule très lentement, les particules du liquide ont le temps de contourner les obstacles (fig. 1 à 3) et le cisaillement est minime.

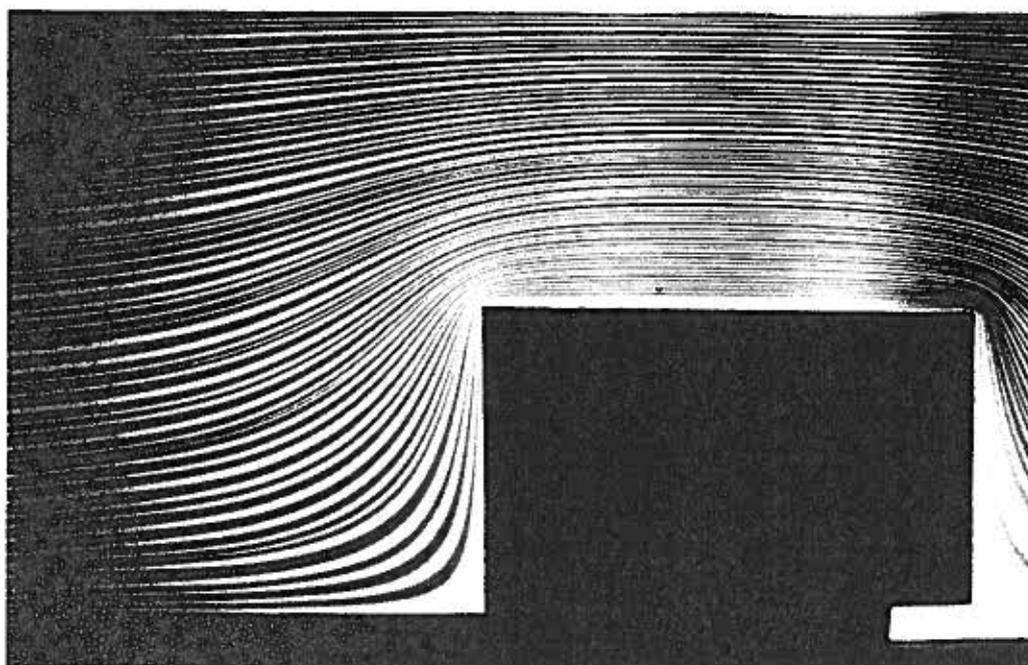


Figure 1: Ecoulement lent autour d'un bloc rectangulaire sur une plaque

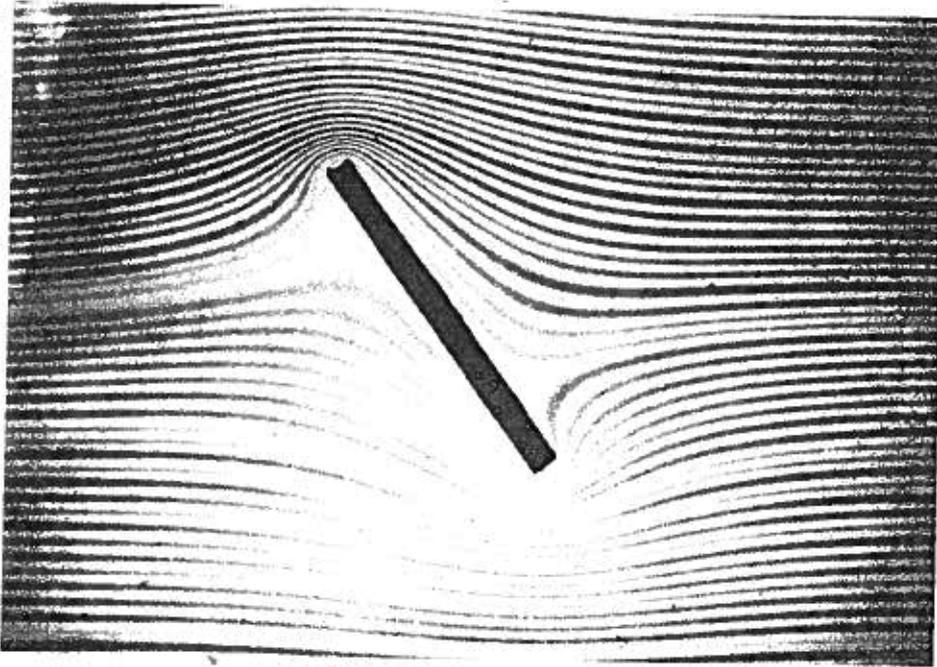


Figure 2: Ecoulement lent autour d'une plaque transversale

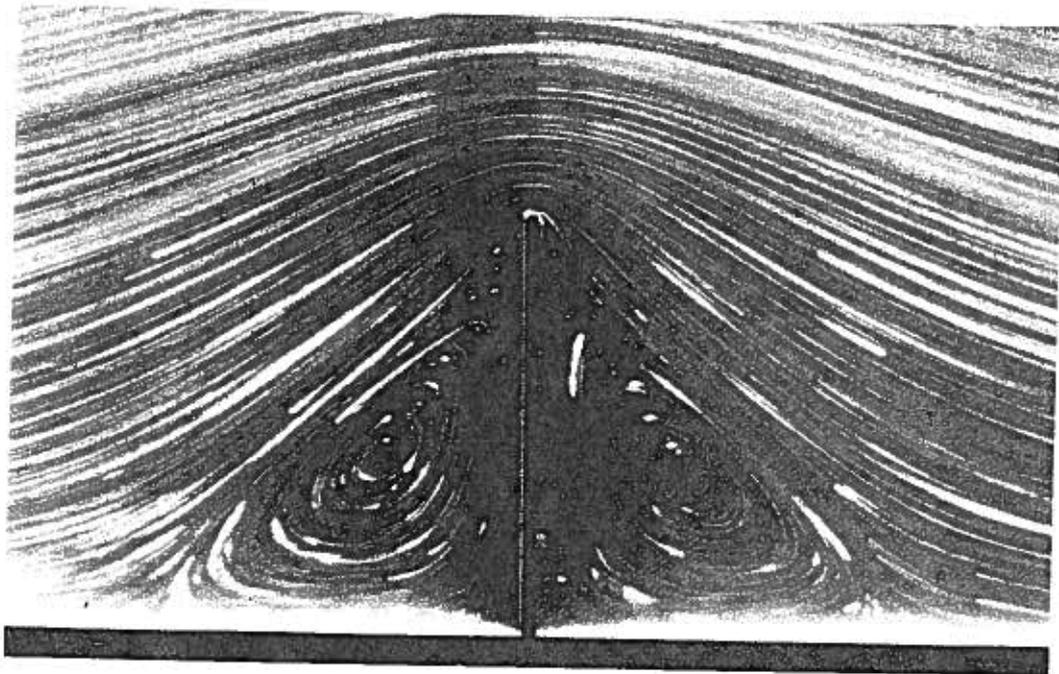


Figure 3: Ecoulement lent autour d'une plaque verticale

Cependant, dans la pratique, les conditions sont, en général, telles que le lait s'écoule rapidement, et les obstacles qui se rencontrent créent des **turbulences** produisant des **cisaillements** très forts (fig. 4 à 6).

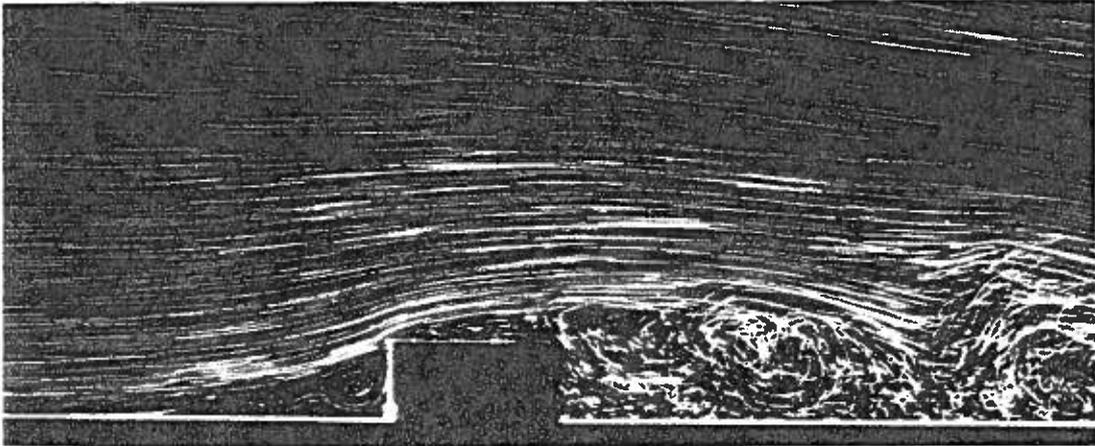


Figure 4: Ecoulement rapide, turbulences après l'obstacle (bloc rectangulaire)

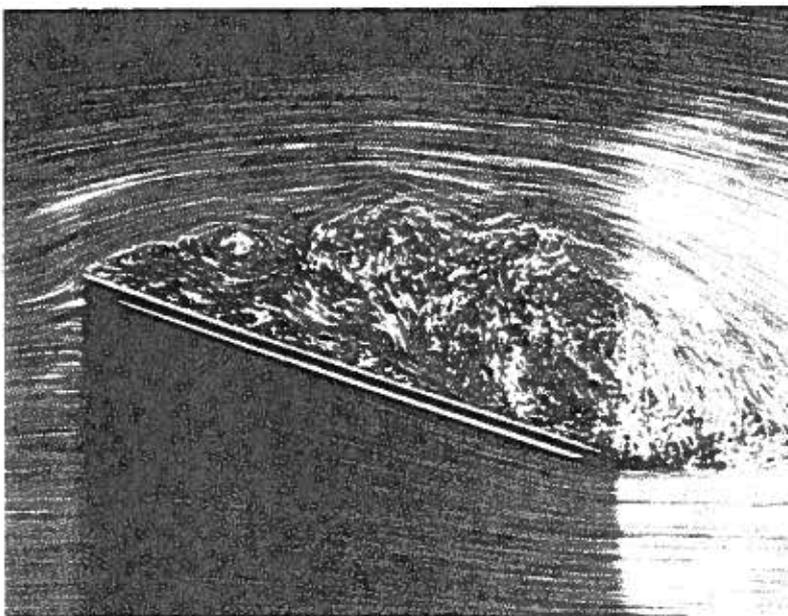


Figure 5: Ecoulement rapide, turbulences après l'obstacle (plaque transversale)

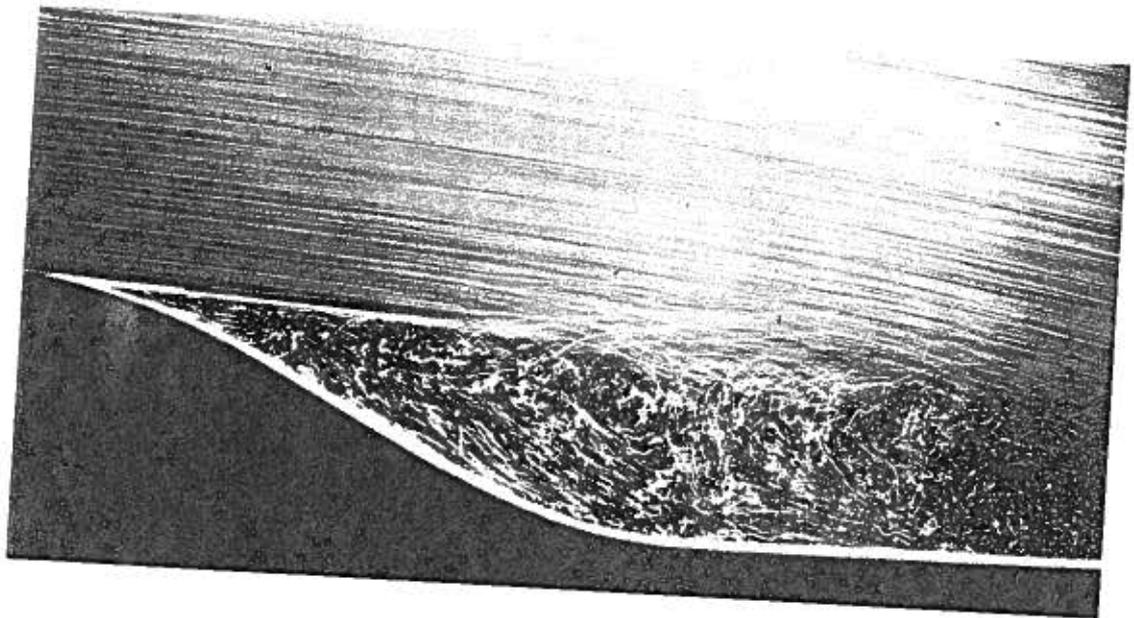


Figure 6: Ecoulement rapide, turbulences après l'élargissement du diamètre de la conduite

Ces figures illustrent bien l'intensité des turbulences et du cisaillement produits par la **réduction du diamètre de la conduite**, des armatures mal dimensionnées ou des **soudures saillantes**.

Une **grande hauteur d'aspiration** réduit le débit et prolonge le séjour du lait dans la pompe, aggravant ainsi les contraintes mécaniques auxquelles celui-ci est exposé. En général, la pompe cesse de transporter le lait quand la hauteur d'aspiration atteint sept mètres. Les pompes refoulantes sont plus ménageantes que d'autres.

De **longues conduites** après la pompe augmentent la pression dans la pompe. A une certaine longueur, le débit baisse à zéro, même si la pompe est en fonctionnement, ce qui détériore la matière grasse autant que la marche à vide.

Le lait ou la crème qui tombe en chute libre dans un récipient entraîne de l'air, ce qui donne lieu à la formation de mousse (fig. 7).



Figure 7: Couche de mousse provoquée par la chute libre de la crème dans un pasteurisateur

On peut éviter les détériorations de ce genre en aménageant les conduites de façon que la crème s'écoule vers la paroi latérale du récipient ou en effectuant le remplissage d'en bas.

Les **installations d'aspiration de lait** peuvent avoir deux influences négatives à effet cumulatif:

L'aspiration d'air, lorsque chaque bidon est vidé individuellement, ce qui accroît la formation de mousse, et les pompes superflus, qui aggravent les contraintes mécaniques.

A cet égard, l'enquête mentionnée a donné les résultats suivants:

15 inspecteurs ont indiqué que les fromageries et les centres collecteurs de leur rayon disposent d'installations d'aspiration, qui transportent le lait du bidon ou de la citerne dans la fromagerie ou le centre collecteur.

17 inspecteurs n'ont pas d'installations d'aspiration du lait dans leur rayon.

6 inspecteurs ont affirmé que l'aspiration du lait à partir de bidons aggrave la formation de mousse, alors que 9 inspecteurs ont répondu par la négative. Alors que les centres collecteurs possèdent souvent des installations d'aspiration, celles-ci sont peu fréquentes dans les fromageries.

Le tableau 4 montre les valeurs du degré d'acidité dans la matière grasse enregistrées dans différentes conditions d'une société travaillant avec une installation d'aspiration.

Tableau 4: Installation d'aspiration de lait / degré d'acidité dans la matière grasse

en avril/mai 1984:	degré d'acidité dans la matière grasse = 1.66
intervention du SICL, qui constate:	- raccords mal joints - aspiration à vide prolongée - temporairement marche à vide de la pompe - temporairement marche à vide de la centrifugeuse
après élimination des défauts:	degré d'acidité dans la matière grasse = 0.92
après le contrôle en février 1985:	degré d'acidité dans la matière grasse = 1.00 - 1.40

Le tableau montre la complexité du maniement des installations d'aspiration de lait ainsi que le degré de détérioration de la matière grasse qui peut en résulter.

Sur la base des contrôles et des résultats obtenus, on peut donner, pour la **réception du lait**, les **recommandations** suivantes:

Maniement

- éviter la marche à vide de la pompe
- éviter toute aspiration d'air
- enlever les réducteurs de débit et ouvrir les robinets, en particulier pour la fabrication de la crème

Montage de nouvelles installations

- accorder entre elles les performances de la pompe, de l'échangeur à plaques et de la centrifugeuse
- utiliser des pompes à réglage de vitesse continu, des pompes à deux étages ou une pompe spéciale pour le nettoyage
- éviter de grandes pertes de pression:
 - choisir un échangeur à plaques sans grandes pertes de pression
 - prévoir les conduites aussi courtes que possibles
 - veiller à ce que les soudures soient lisses et nettes
 - éviter les coudes, les armatures et les raccords superflus
- réduire la hauteur d'aspiration au strict nécessaire ou choisir une pompe refoulante
- prévoir l'apport du lait ou de la crème de manière que ceux-ci se dirigent, en sortant les conduites, vers la paroi verticale du récipient ou les pomper d'en bas directement dans le récipient
- **éviter** les installations d'aspiration de lait, car elles favorisent la formation de mousse et exposent le lait à des contraintes supplémentaires.

2.2. Centrifugation**Tableau 5:** Causes principales de la détérioration de la matière grasse dans les centrifugeuses

<ul style="list-style-type: none"> - Que les centrifugeuses soient du même type ou qu'elles proviennent de fabricants différents, le degré de détérioration de la matière grasse varie considérablement sans qu'on puisse en connaître la cause. - L'entretien de la centrifugeuse est insuffisant - Le service n'est pas effectué régulièrement

Bien qu'on n'ait pas encore découvert quel **type de centrifugeuse** est bon et quel autre est mauvais, on sait que cet appareil soumet le lait à des contraintes mécaniques particulièrement graves, les fabricants, conscients de ce problème, essaient de réduire ces sollicitations mécaniques par des améliorations techniques, telles que centrifugation hermétique, entrée "soft-stream".

Le tableau 6 démontre l'action des centrifugeuses sur le degré d'acidité dans la matière grasse. Les deux séries de résultats, ont été obtenus dans les laboratoires de MIBA, Bâle, sous la direction de M. M. Schmutz, dans des conditions standards (même lait, même température de 30°C, sans pompes, température de stockage de 5°C ou moins)

Tableau 6: Effet de différentes centrifugeuses sur le degré d'acidité de la matière grasse

Type	Degré d'acidité dans la matière grasse après		
	1 heure	24 heures	48 heures
A	0.80	2.05	2.66
B	0.77	2.78	3.50
C	0.98	2.41	3.03
Petite neuve	0.76	2.55	3.42
centrifugeuse usagée	0.73	0.79	0.80

Comme le montrent les résultats, seule la petite centrifugeuse usagée, a donné satisfaction.

Le fonctionnement de ces appareils laisse souvent à désirer parce que **l'entretien est insuffisant**. Des joints cassants ou mal montés, des brèches, des cassures et des déformations de certaines pièces, donnent lieu à la formation de mousse. En général, ces défauts ne sont pas réparés pendant longtemps, car on attend que la centrifugeuse soit en panne, pour faire venir le monteur de service.

Tableau 7: Causes principales de la détérioration de la matière grasse lors de la centrifugation

- températures de centrifugation défavorables
- interruption dans l'apport du lait (marche à vide)
- fautes de manipulation au début de la centrifugation
- inattention quant à la concentration voulue de la crème
- omission du brassage avant la centrifugation en cas d'écémage naturel

D'après les essais effectués par M. M. Schmutz, MIBA Bâle, la **température de centrifugation** la plus défavorable se situe entre 20 et 35 °C (tableau 8). L'écémage optimal et, en même temps, la détérioration minimale de la matière grasse sont obtenus à 40 °C ou plus. A 10 °C, l'altération de la graisse est également infirme, mais le lait écémé contient trop de matière grasse. Les fromageries peuvent effectuer la centrifugation à des températures inférieures, car la teneur élevée en matière grasse du lait écémé ne joue pas de rôle puisque ce lait est utilisé pour standardiser le lait de chaudière.

Tableau 8: Effet de la température de centrifugation sur la détérioration de la matière grasse

Température de centrifugation (°C)	Degré d'acidité dans la matière grasse après			Mat. grasse dans lait écémé (%)
	1 heure	24 heures	48 heures	
10	0.84	1.15	1.12	0.34
20	0.88	1.49	1.68	0.21
25	0.88	1.54	1.81	0.15
30	0.92	1.96	2.21	0.13
35	0.80	1.85	2.10	0.10
40	0.94	1.06	0.96	0.10
50	0.88	0.92	0.84	0.08

A cause de **fautes de manipulation au début de la centrifugation**, la crème séparée est d'abord souvent trop épaisse et bouche les tuyères de façon que l'appareil ne fonctionne plus comme il faut. Il est essentiel que la crème soit bien fluide quand la centrifugation commence.

Les modèles récents permettent de régler la pression du côté de la crème et du côté du lait écrémé. Un réglage inapproprié provoque la formation de mousse, comme en témoigne la photographie suivante.

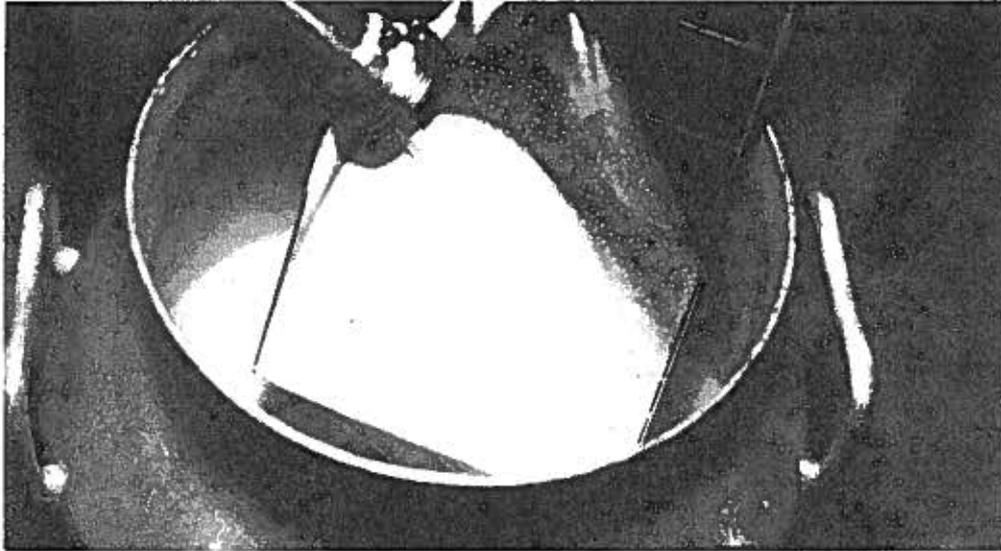


Figure 8: Crème moussante

Il faut éviter à tout prix que la **centrifugeuse ne tourne à vide**, car l'effet d'homogénéisation qui en résulte endommage fortement la matière grasse.

La **concentration de la crème** peut être trop faible ou trop forte. Si la crème centrifugée est trop épaisse, elle bouche les tuyères, ce qui mène à l'exsudation de la matière grasse sous forme huileuse ou sous forme de grains. Si la crème est trop fluide, elle contient trop de petit lait, ce qui accélère l'oxydation de la matière grasse.

Le lait ayant subi un **écrémage spontané** doit être brassé soigneusement avant la centrifugation pour assurer une répartition homogène de la graisse et pour éviter que l'exsudation de la crème ne bouche la sortie.

Les analyses effectuées dans le domaine des centrifugeuses et de la centrifugation nous ont amenés aux **conclusions** suivantes:

Nous devons contacter les fabricants

- pour définir les conditions qu'une centrifugeuse doit remplir afin de réduire au minimum les contraintes mécaniques
- pour mettre au point une méthode de contrôle standard destinée à examiner chaque centrifugeuse avant la réception et la mise en service
- pour exiger que les centrifugeuses soient contrôlées régulièrement.

Pour les nouvelles installations, nous renvoyons au point 2.1 "Réception du lait". En outre, il s'agit:

- d'éviter toute formation de mousse, en particulier du côté de la crème
- de veiller à ce que le récipient de stockage du lait avant la centrifugation soit assez grand pour assurer une centrifugation sans interruption

2.3. Refroidissement et stockage

L'endommagement mécanique du lait cru ou de la crème crue rend tout stockage problématique. D'autre part, un stockage de courte durée et un refroidissement approprié contribuent à freiner la diminution de la qualité du produit.

Tableau 9: Causes principales de la détérioration de la matière grasse lors du refroidissement et du stockage du lait

-	maniement ou entretien insuffisant de l'installation de refroidissement
-	refroidissement et entreposage dans la chaudière, ce qui entraîne: <ul style="list-style-type: none"> • une température de stockage élevée • le passage de cuivre au lait • un nombre de germes élevé lors de l'écémage
-	plongeur refroidisseur avec brasseur: <ul style="list-style-type: none"> • ne tournant pas rond et produisant des battements • immersion insuffisante
-	refroidisseur à plaques non étanche aspirant de l'air
-	refroidissement direct en citerne, ce qui a pour conséquences: <ul style="list-style-type: none"> • mélange de lait chaud et de lait froid • augmentation de la température du lait dans des citernes non isolées sans refroidissement automatique • formation de glace à la suite de l'enclenchement prématuré de l'installation de refroidissement • nombre de tours élevé du brasseur • forme inappropriée du brasseur

Le refroidissement et l'entreposage comme causes de détérioration de la matière grasse sont discutées en détail dans l'article de E. Flückiger "Détérioration de la matière grasse lors de la production du lait".

Tableau 10: Causes principales de la détérioration de la matière grasse du refroidissement et du stockage de la **crème**

-
- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - entreposage sans refroidissement - température de refroidissement pas assez basses - ménagement insuffisant lors du refroidissement - refroidissement trop lent (dans l'armoire frigorifique seulement) - température trop élevée avant le transport |
|--|
-

Il est important que le refroidissement de la crème soit rapide et ménageant, à une **température de 5 à 12 °C**. Dans cette zone de température, la lipolyse de la graisse altérée ralentit, alors que des températures supérieures l'accélèrent. Les parois refroidissantes et les refroidisseurs cylindriques à nervures sont appropriés au refroidissement de la crème, alors que les plongeurs refroidisseurs à grande vitesse et d'autres appareils la soumettant à de fortes contraintes mécaniques ne devraient pas être utilisés. La crème entreposée dans une armoire frigorifique ou un **local de refroidissement** doit être refroidie **préalablement** à la température voulue.

2.4. Nettoyage et désinfection

Si la désinfection et le nettoyage sont insuffisants, les centrifugeuses, les pompes, les conduites et d'autres ustensiles constituent parfois de dangereux foyers d'infection. Lors de l'entreposage et du refroidissement du lait et de la crème, des germes psychrotrophes donnent lieu à la formation de lipases. Contrairement à la lipase origininaire du lait, ces **lipases bactériennes** restent actives après les traitements thermiques tels que la pasteurisation et même l'upérisation. Ainsi, malgré l'élimination des bactéries, leur effet lipolytique persiste, ce qui peut provoquer des défauts de goût dans le lait, la crème, le beurre et le fromage.

3. **Conclusions**

L'altération de la graisse dans la crème livrée est très variable. C'est ce que prouvent les résultats présentés par M. M. Schmutz, MIBA Bâle (tableau 11).

(Les échantillons destinés à ces analyses ont été prélevés au moment de la réception à la laiterie et entreposés ensuite à 5 °C).

Tableau 11: Degré d'acidité dans la matière grasse - crème livrée par des sociétés et des producteurs individuels

Fournisseurs	Jour de livraison	après 24 heures	après 48 heures
A	1.63	2.51	2.86
B	2.28	2.78	3.24
C	1.18	1.89	2.60
D	0.63	0.67	0.84
E	0.61	0.66	0.79

Il arrive que la détérioration de la matière grasse ou la lipolyse sont si avancées qu'il faut déclasser la crème dès sa réception (fournisseur B). Dans la crème crue altérée, stockée à une température normale, la lipolyse progresse si rapidement qu'après 24 ou 48 heures, la crème est déjà rance (fournisseurs A et C).

Il en va de même pour le lait cru. Que des défauts de goût apparaissent déjà lors d'un stockage normal ou que les effets négatifs se manifestent plus tard dans les produits finis, cela dépend du degré de détérioration de la graisse au niveau du lait.

En conclusion, il convient de rappeler qu'il **c'est possible** de produire de la crème de bonne qualité, dont le degré d'acidité soit bas et la conservabilité bonne. La pratique quotidienne le prouve. Bien que les causes de la détérioration de la matière grasse ne soient élucidées que partiellement, on peut réaliser des progrès en recherchant les sources des défauts et en y remédiant. Ce n'est qu'ainsi qu'on peut assurer un traitement ménageant du lait.

Illustrations No. 1 - 6 tirées de:

"An Album of Fluid Motion", assembled by Milton Van Dyke,
The Parabolic Press, Stanford, California

**Possibilités de lutte contre les causes de la
détérioration de la matière grasse**

=====

Dr M. Schmutz
MIBA Fédération laitière Bâle

1. Introduction

Les altérations lipolytiques de la matière grasse compromettent la qualité de nos produits laitiers, en particulier du beurre. Cependant, la lipolyse ne se déclenche qu'après l'endommagement de la membrane des globules gras exposés à des contraintes mécaniques, ce qui libère la graisse.

Pour déterminer le degré de détérioration de la matière grasse, on mesure les acides gras libres. D'après le Règlement suisse de livraison de la crème (1.1.84), le degré d'acidité maximum dans la matière grasse fondue (AMG) est un nouveau critère de qualité. La valeur limite étant l'équivalent de 1.2 ml 1 N NaOH.

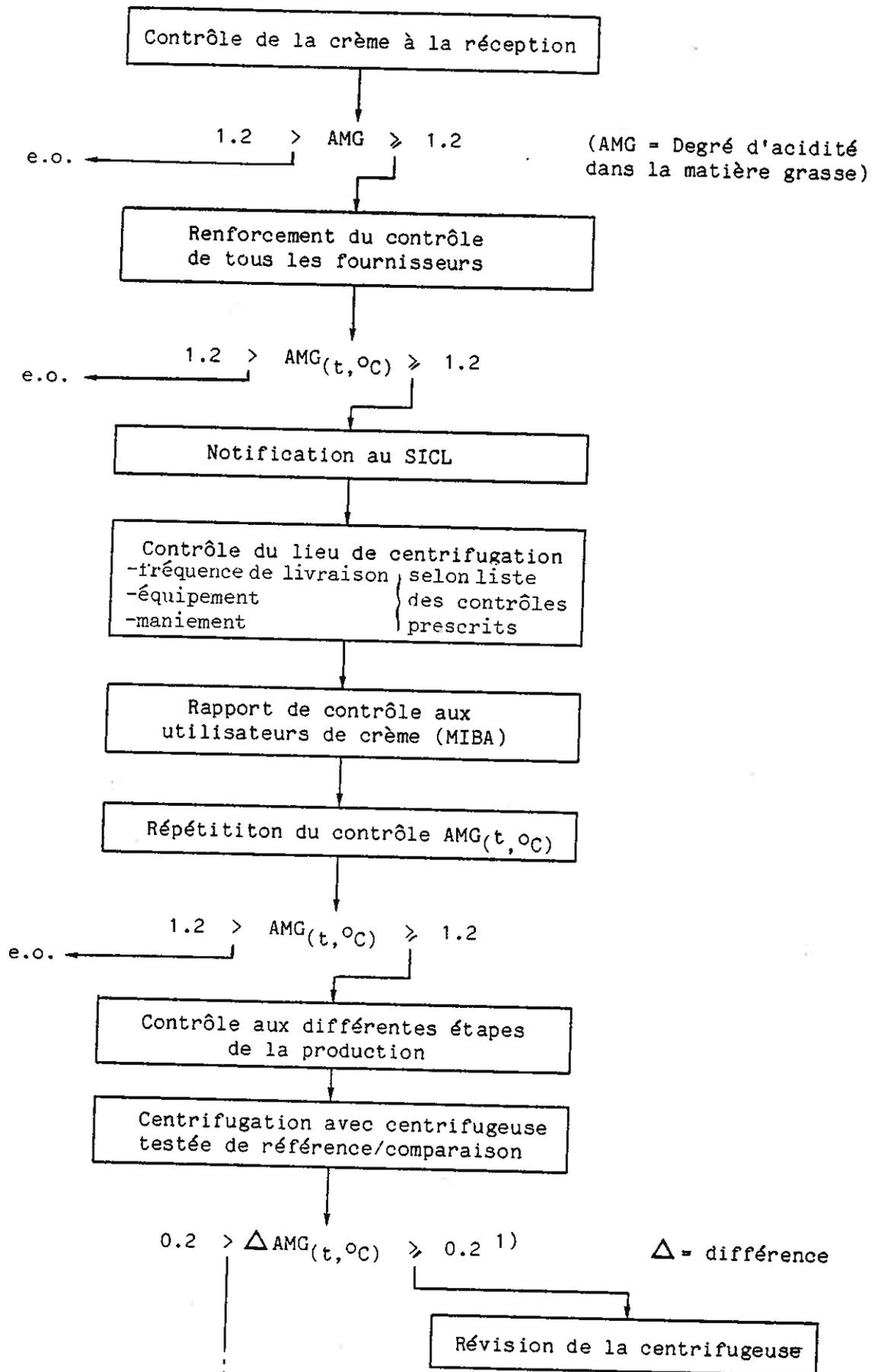
Le tableau 1 reflète les conditions régnant dans les régions comprises par notre fédération. Environ 13 % des producteurs de lait ont enregistré des degrés d'acidité trop élevés pendant le semestre d'hiver. Pour 10 % des producteurs, ces valeurs dépassaient 1.0. En été, elles sont un peu plus basses, car, grâce au fourrage, la phase lipidique est plus stable. Une crème ayant un degré d'acidité dans la matière grasse de 1.6 à 1.8 ou plus est reconnue par le dégustateur expert lors de la réception et considérée comme anormale.

Tableau 1: Degré d'acidité dans la matière grasse de la crème de producteur de MIBA

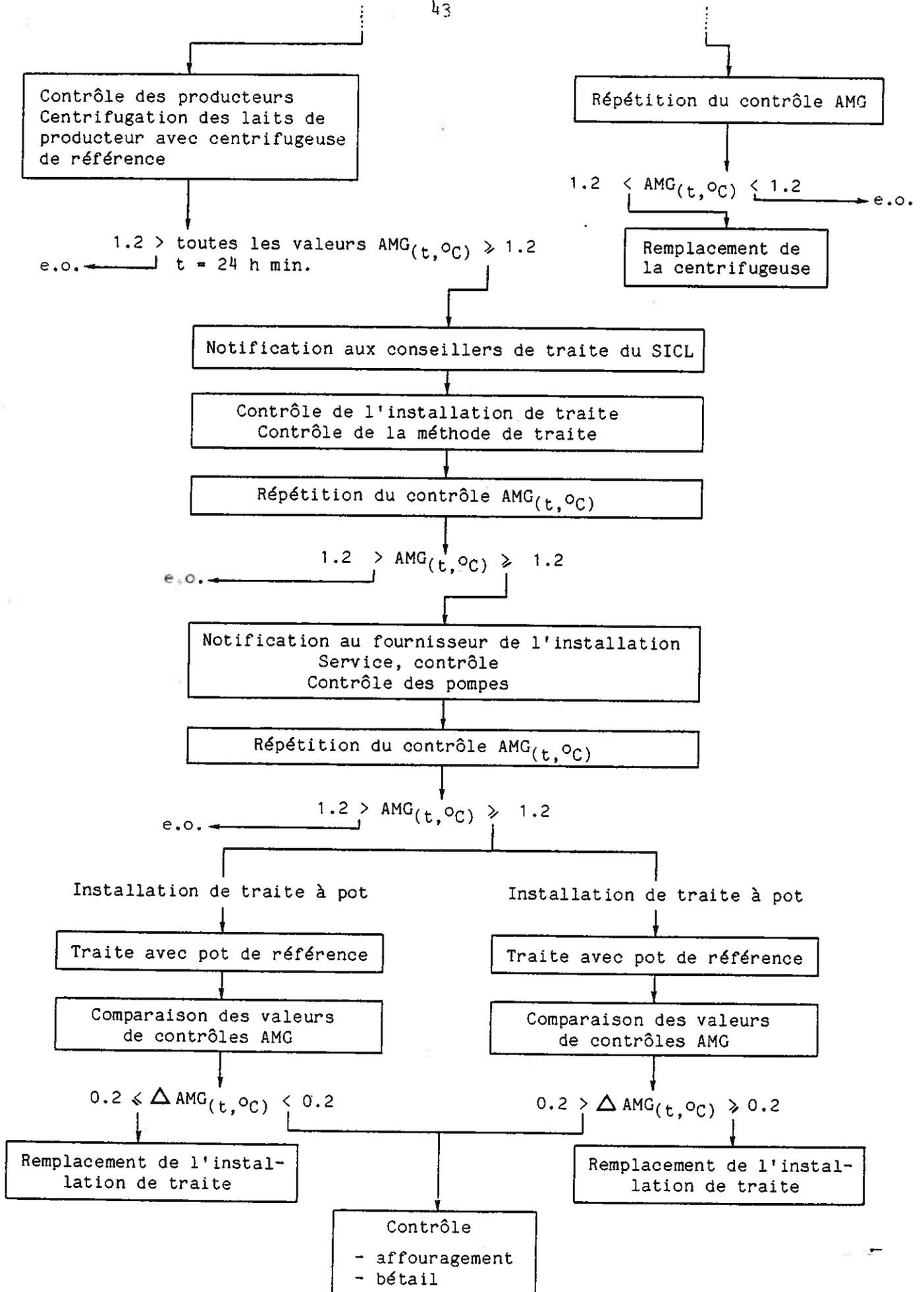
	Février	Août
Nombre de producteurs	146	142
Degré d'acidité dans la matière grasse		
1.0	112	111
1.0 - 1.2	15	18
1.2	19	13
Valeur maximum	2.99	2.86
Valeur minimum	0.50	0.48

Pour détecter les causes de cette augmentation du degré d'acidité chez les producteurs ou les sociétés laitières concernées, nous avons mis au point un procédé type permettant de contrôler l'acidité de la matière grasse aux différentes étapes de la production de la crème. En voici le schéma:

2. Procédé modèle



1) en fonction de la centrifugeuse de référence



Commentaires

La méthode appliquée pour déterminer la détérioration de la graisse est décrite dans le Manuel suive des denrées alimentaires. Le désavantage de cette méthode est qu'il faut d'abord centrifuger le lait pour pouvoir analyser la graisse. A cet effet, il faut une centrifugeuse de référence, dont l'effet de détérioration de la matière grasse ne dépasse pas une limite définie. Par contre, cette méthode offre l'avantage de fournir des résultats de contrôle directement comparables d'une étape à l'autre de la production (lait et beurre), sans besoin de les convertir.

Il est en outre essentiel de savoir que la lipolyse est un processus dynamique jusqu'à la pasteurisation. L'indication du degré d'acidité doit donc toujours être accompagnée de la durée et de la température de stockage du produit examiné $[AMG(t; ^\circ C)]$.

3. Le procédé type dans la pratique - expériences et résultats

Comme l'ont montré les analyses, la détérioration de la matière grasse semble imputable en premier lieu aux installations de traite et aux centrifugeuses. Cependant les autres installations, telles que les pompes, présentent également des risques, surtout en ce qui concerne le maniement.

Les résultats du tableau 2 proviennent d'une seule société, dont la crème présentait toujours des degrés d'acidité trop élevés à la réception. La livraison a lieu une fois par jour.

Tableau 2: Degré d'acidité dans la matière grasse de la crème après la centrifugation avec la centrifugeuse de la société et celle de référence

Lait de mélange	Degré d'acidité dans la mat.grasse de la crème après	
	environ 5 Std./5 ^o C	environ 29 Std./5 ^o C
Centrifugeuse de référence	0.45	0.62
Centrifugeuse de la société	0.77	1.43

Il en ressort que la centrifugeuse de la société ne répond pas à nos exigences. Après un stockage de 29 heures à 5 °C, la crème a un degré d'acidité de 1.43, ce qui est trop. La centrifugeuse de référence avait eu, avec un degré d'acidité de 0.62, une valeur tout à fait acceptable. La centrifugeuse de la société a été révisée par la suite et, à titre de comparaison, un autre essai a été effectué avec une centrifugeuse neuve.

En même temps, on a examiné l'effet de la pompe. Pour cet essai, dont les résultats figurent au tableau 3, on a utilisé le lait d'un seul producteur (18).

Tableau 3: Degré d'acidité dans la matière grasse de la crème après centrifugation avec différentes centrifugeuses et effet de la pompe

Lait, producteur no. 18	Degré d'acidité dans la matière grasse de la crème			
	après env. 7 h / 5 °C	après env. 26 h / 5 °C	après env. 7 h / 5 °C	après env. 26 h / 5 °C
Centrifugeuse d'essai avant le pompage	0.87	1.62	0.93	1.74
Centrifugeuse d'essai après le pompage	0.90	1.48	1.00	1.63
Centrifugeuse de la société après le pomp.	1.39	2.21	-	-
Centrifugeuse neuve après le pompage	-	-	1.02	1.26

Les résultats montrent que le pompage n'a pas influencé le degré d'acidité dans la matière grasse.

La centrifugeuse neuve donne une crème nettement meilleure que la centrifugeuse de la société, même après la révision. Cependant, au bout de 26 heures, le degré d'acidité est toujours supérieur à 1.2. Il faut cependant relever qu'il s'agit d'un lait de producteur qui, comme nous le verrons, a déjà été fortement endommagé par l'installation de traite à la ferme.

Un autre essai consistait à centrifuger avec la centrifugeuse de référence 5 litres de lait de chaque producteur d'une société une fois le soir et une fois le matin. Le degré d'acidité de la crème a été déterminé après le stockage au froid. Les résultats sont présentés au tableau 4.

Dans cette société, ce sont surtout aux producteurs travaillant avec des installations d'aspirations des marques les plus différentes qui présentent des résultats douteux. Dans l'ensemble, les valeurs sont plus élevées le soir.

Comme l'exige le procédé, nous avons demandé aux producteurs considérés de faire examiner leurs installations de traite par les fabricants pour trouver les causes de la détérioration de la matière grasse et si possible y apporter des améliorations. Malheureusement cette révision n'a cependant pas donné les résultats escomptés (tableau 5). Seul le numéro 24 obtient des valeurs nettement meilleures après la révision. Pour les producteurs 10 et 13, les résultats sont suffisants le deuxième jour de l'essai (effet de contrôle?).

Tableau 5: Degré d'acidité dans la matière grasse après la révision de l'installation de traite

Prod. no.	Degré d'acidité dans la matière grasse			
	matin 14.3. après env.7 h	après env.26 h	matin 15.3. après env.7 h	après env.26 h
5	0.72	1.51	0.77	1.50
8	0.62	1.80	0.61	1.84
10	0.63	1.26	0.48	0.94
13	0.71	1.25	0.52	0.98
18	0.87	1.62	0.93	1.74
21	-	-	0.57	1.52
23	0.70	1.38	0.58	1.33
24	0.62	1.22	0.74	1.06

Par la suite, les producteurs 5, 8 et 18 ayant des installations d'aspiration se sont déclarés prêts à travailler, à titre d'essai, avec des installations de traite à pot. Le deuxième et le troisième jour au matin, ils ont prélevé des échantillons pour en déterminer le degré d'acidité dans la matière grasse (tableau 6). La comparaison des résultats des tableaux 6 et 4 montre une nette amélioration du degré d'acidité.

Tableau 6: Degré d'acidité dans la matière grasse du lait de trois producteurs ayant remplacé l'installation de traite en lactoduc par une installation de traite à pot

Prod. no.	Degré d'acidité dans la matière grasse			
	matin après env. 5 heures	après env. 29 heures	matin après env. 5 heures	après env. 29 heures
5	0.42	0.84	0.49	0.89
8	0.53	1.29	0.41	1.01
18	0.48	0.97	0.56	0.99

4. Conclusions

Les analyses de la crème d'un centre de centrifugation, accomplies à l'aide de notre procédé type, montre que l'accroissement du degré d'acidité est imputable, en premier lieu, aux fortes contraintes mécaniques du lait qu'exercent la centrifugeuse et certaines installations de traite.

La révision des installations en question n'a pas abouti au succès désiré. Cela signifie qu'il faudrait les remplacer pour résoudre ce problème. Mais qui en assumera les frais?

En partie, il s'agit d'installations qui ont été récemment vendues et construites, sûrement avec soin et minutie. Cependant, si nous voulons continuer de garantir la qualité de nos produits, en particulier du beurre, il faut avoir le courage d'exposer les problèmes ouvertement et d'en discuter avec impartialité et il faut agir avant qu'il ne soit trop tard.

La journée du SICL - conclusions

=====

Prof. Dr Z. Puhan
 Laboratoire de science laitière EPF-Zurich
 et
 Dr Chr. Steffen
 Station fédérale de recherches laitières, Liebefeld-Berne

La journée sur la détérioration de la matière grasse avec les services d'inspection et de consultation de notre pays a montré ce qui suit:

Depuis quelques années, aussi bien le beurre importé que le beurre du pays présentent, de plus en plus, des défauts de goût et d'odeur. Cette instabilité au stockage est attribuée à des réactions hydrolytiques et oxydatives.

Parmi les causes probables de cette détérioration de la graisse, nous avons pu détecter jusqu'ici les suivantes:

- une sensibilité accrue du lait (lactation tardive, nombre de cellules accru, courts intervalles entre les traites, troubles hormonaux)
- la traite (intense formation de mousse lors de la traite, fautes de montage, d'entretien et de manipulation des installations de traite, en particulier des installations en lactoduc)
- le pompage
- le refroidissement et la durée de stockage
- des perturbations dans l'écoulement du lait
- la centrifugation

Pour lutter contre les défauts de la crème et du beurre suisses, il est donc indispensable d'éliminer les causes de la détérioration de la matière grasse, qui prédispose à la lipolyse. Pour ce faire, il faut tout d'abord relever les points critiques de la production, du transport et de la mise en valeur du lait. Il y a des cas où l'altération de la matière grasse est provoquée par une seule opération qui stresse le lait excessivement (installation de traite en lactoduc, centrifugation, par exemple). Cependant, l'effet cumulatif de plusieurs facteurs plus ou moins stressants est plus souvent à l'origine de l'endommagement de la graisse.

L'accessibilité de la matière grasse à l'action des lipases a des conséquences négatives non seulement pour la crème et le beurre, mais aussi pour d'autres produits laitiers riches en graisse comme le fromage, où il en résulte des défauts de goût et d'odeur.

Pour résoudre ces problèmes, les utilisateurs de lait, les services d'inspection et de consultation et les producteurs de lait devront collaborer. Plusieurs méthodes sont disponibles pour détecter les contraintes mécaniques auxquelles est exposée la matière grasse libérée. Le SICL, en particulier, doit commencer par signaler des phénomènes tels que la formation de mousse, qui renferme beaucoup plus de matière grasse libre que le lait normal, ainsi que l'exsudation de graisse sous forme huileuse ou sous forme de grains, et effectuer l'examen organoleptique du lait reposé, pour mettre en évidence les causes de la détérioration de la matière grasse.

