HAL open science

PROGRÈS RÉCENTS EN CHIMIE LAITIÈRE

W. L. Davies

To cite this version:

W. L. Davies. PROGRÈS RÉCENTS EN CHIMIE LAITIÈRE. Le Lait, 1939, 19 (185), pp.468-491. ⟨hal-00927799⟩

HAL Id: hal-00927799

https://hal.science/hal-00927799v1

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Autorisation HAL

HAL Authorization

M. le Dr VAN SILLEVOLDT, ancien directeur de la Station laitière de l'Etat à Leyde, n'eut aucune peine à démontrer la pureté du produit contrôlé suspecté et l'embargo fut levé.

Il paraîtrait qu'en 1938 à Tunis les mêmes faits ont failli se produire et cela de nouveau à cause de la *fameuse formule*.

Pour terminer, je me plais à attirer l'attention de mes collègues à l'étranger sur la marche à suivre quand il y a doute sur la pureté de nos beurres :

Afin de pouvoir établir la pureté d'un beurre provenant d'une laiterie contrôlée, on agit de la façon suivante :

Les beurres des laiteries contrôlées étant examinés plusieurs fois par mois, on est, au laboratoire de la station de contrôle, renseigné en toute saison sur la composition chimique du beurre provenant de toutes ses laiteries contrôlées.

Les stations de contrôle étant tenues de présenter mensuellement le relevé des chiffres de leurs analyses au directeur de la station laitière de l'Etat, celui-ci est renseigné sous tous les rapports sur la composition de tous les beurres produits dans les laiteries contrôlées.

Or, comme chaque lot de beurre contrôlé, qui passe la frontière, porte la marque de contrôle officielle numérotée (l'exportation de beurre non contrôlé étant interdite), on peut facilement et rapidement se renseigner sur l'origine du beurre.

Au moyen de la lettre majuscule et du numéro d'ordre figurant sur la marque de garantie, on retrouve de suite l'indice R.-M. auquel le beurre en question devra approximativement correspondre.

Par la comparaison des chiffres obtenus à l'analyse de l'échantillon en question avec les renseignements fournis par la station laitière de l'Etat, on est à même d'établir la pureté du beurre.

Donc, pour s'orienter sur la pureté d'un beurre ou d'un fromage hollandais, il suffit de s'adresser à M. le Directeur de la station laitière de l'Etat, M. le Dr KRUISHEER, à Leyde, en lui communiquant les lettres et numéros qui se trouvent sur la marque officielle dont il s'agit et de lui demander sa composition.

PROGRÈS RÉCENTS EN CHIMIE LAITIÈRE (1)

par

W. L. DAVIES

Parmi les progrès que la chimie laitière a effectués depuis deux ans, époque de notre précédente revue [1], les sujets qui ont éveillé le plus grand intérêt sont : la composition et l'oxydation de

(1) W. L. DAVIES. Revue biennale, *The Journal of Dairy Research*, vol. IX, n° 1, janvier 1938, p. 95. Traduction G. GÉNIN.

la matière grasse du beurre, la chimie physique du lait, les constituants secondaires et l'analyse du lait et des produits dérivés.

I. LA COMPOSITION DU LAIT

a) Variation de la composition du lait

TURNER [2] indique que l'on ne modifie pas beaucoup la composition du lait lorsqu'on donne à l'animal des rations alimentaires riches en protéines. Une alimentation riche en graisses végétales peut élever la teneur en matières grasses du lait, mais une nourriture qui contient des huiles de poisson peut abaisser cette teneur. La quantité de matières minérales contenue dans le lait n'est pas modifiée si on donne à l'animal des matières minérales, exception faite toutefois pour l'iode. On a constaté que, en général, lorsque la teneur du lait en matières grasses augmente, il en est de même de la quantité de protéines et de cendres, mais que la quantité de lactose diminue, et vice-versa. Des rations alimentaires régulières permettent d'obtenir un lait de composition régulière, mais si l'on diminue l'importance de la ration, le pourcentage de matières grasses augmente tandis que la quantité totale de lait et de matières grasses diminue. La soif augmente la teneur en matières grasses et en protéines et diminue la proportion de lactose. De jeunes animaux donnent un lait plus riche en matières grasses que des animaux âgés ; ceci est particulièrement vrai pour les races qui fournissent un lait riche en matières grasses. JACOBSEN [3] a calculé, d'après les résultats d'analyse de 10.000 échantillons de lait provenant de la Nouvelle Angleterre, que, chaque fois que la teneur en graisse s'élève de 0,10 % au-dessus de la teneur moyenne, il y a en même temps une augmentation de 0,04 % de la quantité d'extrait dégraissé.

OXLEY [4] a trouvé qu'il existe une faible corrélation entre la quantité totale et le pourcentage de matières grasses contenu dans le lait. Le pourcentage de graisse contenu dans le lait du matin est toujours inférieur à celui du soir, mais la quantité totale de matières grasses est plus grande le matin, car la quantité de lait donnée par l'animal est beaucoup plus importante lors de la traite matinale. La production totale de lait et de matières grasses diminue régulièrement pendant toute la durée de la lactation, mais le pourcentage de matières grasses diminue au début, puis augmente. CSUKAS [5] a constaté que si l'on trait trois fois par jour l'animal, la quantité de lait obtenu après les douze heures de nuit atteint 49 % de la production totale de lait et que ce lait contient 41,6 % de la production totale de matières grasses. Si l'on ne trait l'animal que deux fois par jour, la production nocturne atteint respectivement 56,4 % et 49,8 %. HARTLEY et BAKER [6] signalent un cas exceptionnel

(Nigerie) dans lequel la teneur en matières grasses est plus forte dans le lait du matin que dans le lait du soir. On a constaté ce phénomène au cours des saisons humides. Au cours des saisons sèches, c'est l'inverse qui se produit. Ce n'est pas dû à des différences de débit total, car la quantité totale de lait obtenue la nuit au cours des saisons sèches était sensiblement égale à celle que l'on a obtenue pendant les saisons humides. Ce phénomène doit être relié aux importantes différences climatiques et ne peut pas être compensé par des modifications de la ration alimentaire des vaches. STUFFE [7] a constaté que la teneur du lait en matières grasses et en cendres augmente lorsqu'on transporte les vaches d'une altitude faible à une altitude élevée.

DAHLBERG et ses collaborateurs [8], au cours de leurs recherches concernant la composition du lait de vaches atteintes de mastite, n'ont trouvé que de faibles différences, quel que soit le degré d'infection : légère diminution de la teneur en lactose, en extrait dégraissé, et de la densité ; légère augmentation de la teneur en chlorure et en albumine. Ils affirment que le lait dont l'apparence et les réactions sont normales, possède aussi une composition normale.

Les valeurs extrêmes de la composition du lait, indiquées par quelques auteurs, ont été réunies dans le tableau suivant :

Matière grasse	(Moyenne) %	Auteur	Pays
Hiver : 3,64	Eté : 4,16	SUSIURA [9]	Mongolie et Manchourie

Matière grasse	Lactose	Protéines	Cendres	Auteur	Pays
3,5 : 4,0	5,0	3,3 : 3,5	0,75	FLORENTIN [10]	Région Parisienne

D'après le rapport annuel du « Ministry of Health » [11] le nombre de cas de fraude sur le lait atteint environ 7,2 % du nombre d'échantillons examinés par les laboratoires publics.

1934-35 : 5.506 cas de fraude sur 76.930 échantillons prélevés soit 7,2 %
1935-36 : 5.798 cas de fraude sur 78.674 échantillons prélevés soit 7,4 %
1936-37 : 5.706 cas de fraude sur 80.082 échantillons prélevés soit 7,1 %

SHAH [12] indique la composition détaillée du colostrum de trois vaches Montgomery (Indes) : les quantités totales de matières solides, de cendres et d'acidité atteignent une valeur constante dans les vingt-quatre heures qui suivent la parturition, tandis que la quantité de protéine atteint le quart de sa valeur initiale après trente-six heures.

b) Le lait d'autres animaux

PISSAREWSKY [13] a étudié la composition et les propriétés du ait de buffle produit dans toutes les parties du monde. Ce lait convient parfaitement bien pour la fabrication du fromage et du

beurre. Il ne fait pas de crème lorsqu'on le laisse reposer, mais on peut extraire les matières grasses par centrifugation. Les valeurs extrêmes de sa composition sont les suivantes : matières grasses, 5,0 à 17,0 (moyenne 7,8) % ; caséine, 3,2 à 9,5%. GODDEN et PUDDY [14] indiquent les résultats des analyses des échantillons de lait fournis par huit brebis au cours d'une période de deux ans. La composition moyenne de ce lait est la suivante : matières solides, 19,3 ; protéines, 6,1 ; caséine, 4,6 ; albumine et globuline, 0,9 ; lactose, 4,8 ; graisse, 7,4 ; cendres, 0,97%. La teneur en calcium des matières alimentaires n'a pas d'influence sur la composition du lait.

BERGMAN et TURNER [15] ont examiné le colostrum de chèvre. La composition de ce colostrum était : matières grasses, 8,2 ; matières solides, 18,8 ; protéines, 5,7 ; caséine, 3,7 ; lactose, 3,4%. Le lait normal a été sécrété le troisième ou le quatrième jour.

II. CHIMIE DES CONSTITUANTS DU LAIT

a) Les matières grasses

Composition. — BOSWORTH et HELZ [16] indiquent la présence d'un acide monohydroxy-palmitique doué d'activité optique $\alpha = 2,40 : 2,47$ et dont le point de fusion est compris entre 16°5 et 17°5. Les échantillons isolés contenaient toujours une trace d'acide non saturée. Le sel de plomb de cet acide est soluble dans l'éther et son savon de baryum dans la benzine. Cet acide est réduit par l'acide iodhidrique à l'état d'acide palmitique. Les mêmes auteurs [17] ont obtenu à partir de 162 kilogrammes de beurre, 750 grammes d'esters de méthyle ne distillant pas à 245° C. sous 5 millimètres de mercure. Le point de fusion de ces corps est de 62° et le point d'ébullition 286° (sous 15 millimètres de mercure). Ces acides étaient constitués par de l'acide cérotique (hexacosanoïque) presque pur.

HILDITCH et ses collaborateurs ont continué leurs recherches sur les constituants secondaires des matières grasses. GREEN et HILDITCH [18] ont examiné les matières grasses pour rechercher les acides polyéthénoïdes C^{18} en fractionnant les acides liquides puis en séparant les sels de lithium les plus solubles dans l'alcool éthylique. A partir des polybromures formés on a pu calculer que le mélange contenait 75% d'acide oléique, 1,5% d'acides tri ou tétraéthénoïdes C^{18} et 23,5% d'acide octadécadiénoïque. L'oxydation par le permanganate des esters de ce dernier acide semble indiquer qu'il est un isomère du même acide extrait des graisses végétales. L'oxydation de cet acide par une solution de permanganate donne de l'acide tétrahydroxystéarique, tout comme l'oxydation de l'acide extrait des graisses de graines. Les auteurs affirment que la

petite quantité d'acide linoléique qui existe dans les matières grasses du lait est obtenue par assimilation des graisses alimentaires et non par synthèse. HILDITCH et PAUL [19] ont recherché les acides inférieurs non saturés : ils n'en ont trouvé aucun qui possède moins de 10 atomes de carbone. Ils ont obtenu une trace d'acide décénoïque, environ 1% d'acide tétradécénoïque et 4 à 5% d'acide hexadécénoïque. La double liaison est dans la position 9-10 pour tous les acides. Ces résultats semblent montrer que les glycérides inférieurs des graisses du lait sont obtenus à partir des oléoglycérides et que les glycérides inférieurs non saturés sont des composés intermédiaires qui ont échappé à la saturation complète.

A la suite de ses recherches concernant les constituants secondaires des matières grasses, HILDITCH [20] a résumé ses hypothèses sur les relations qui existent entre la présence de ces substances secondaires et la composition régulière et constante des matières grasses : Les glycérides gras inférieurs et saturés peuvent être produits « in vivo » à partir des oléoglycérides préalablement formés. Cette hypothèse n'est pas en contradiction avec ce que l'on sait des substances qui se forment avant les matières grasses du lait ou avec le mécanisme des différents modes d'oxydation possibles dans une longue chaîne de carbone. Lorsque l'on incorpore de l'huile de foie de morue dans la ration alimentaire d'une vache, on constate une diminution de la quantité de graisse produite, ainsi que de la teneur en acides inférieurs non saturés, acides myristique et stéarique, tandis que la teneur en acide oléique augmente et que l'on voit apparaître des acides en C^{20} et C^{22} non saturés, caractéristiques de l'huile de foie de morue, en remplacement des acides polyéthénoïdes supérieurs (tels que l'acide arachidonique). Si l'on supprime l'alimentation en huile de foie de morue, on constate que la composition des matières grasses du lait sécrété est redevenue normale après quelques jours.

VIVARIO et BENEDEN [21] classent les acides gras contenus dans les matières grasses du lait en quatre groupes : acides saturés ayant un poids moléculaire faible, moyen, élevé, et acides non saturés. Ils indiquent des méthodes simples permettant de déterminer ces groupes. Ils ont constaté que si la proportion d'acides ayant un poids moléculaire moyen est élevée, la proportion d'acides saturés ayant un poids moléculaire élevé est faible et que la somme de ces deux groupes varie comme le quotient de la teneur en acide de poids moléculaire faible, par la teneur en acide non saturé.

MAYNARD et ses collaborateurs [22] ont étudié l'influence des graisses alimentaires sur la non saturation des matières grasses du lait. Ils ont mesuré la valeur de l'indice d'iode des matières grasses du lait fourni par des vaches dont les rations alimentaires contenaient des graisses de faible ou de forte non saturation. Le temps

minimum nécessaire pour que l'on puisse constater une modification de l'indice d'iode est de dix-huit heures. Dans tous les cas on a constaté une modification après vingt-quatre heures ; la transformation maximum se produit après trois à quatre jours. Le rapport étroit qui existe entre les graisses de l'alimentation et celles du lait indique que le métabolisme gras est soit très direct, soit très rapide.

RIEMENSCHNEIDER et ELLIS [23] ont recherché la composition des graisses du lait de chèvre en soumettant les acides contenus dans 3 kg. 5 de graisse à 63 fractionnements. Ils ont trouvé les mêmes constituants secondaires tels que les acides C^{10}-C^{16} énoïques et que l'acide arachidonique, qui existent dans le lait de vache. Ils n'ont pas trouvé d'acide linoléique. CHOLLET et CAMUS [24] ont constaté que la valeur de l'indice d'iode des matières grasses du lait de chèvre est généralement plus élevé que celle du lait de vache, mais que cette différence reste comprise dans les limites extrêmes de variation du lait de vache. La quantité d'acides gras solubles volatils est plus faible dans le lait de chèvre, tandis que la quantité d'acides gras insolubles volatils est plus forte. Les auteurs conseillent d'utiliser, pour déceler le mélange de lait de chèvre et de lait de vache, le rapport $\frac{\text{acides insolubles volatils}}{\text{acides solubles volatils.}}$

Ce rapport est compris entre 8 et 15 pour les matières grasses du lait de vache et entre 36 et 43 pour celles du lait de chèvre.

Propriétés physiques des matières grasses. — GALLUP [25] conseille de choisir, comme indice de la dureté des matières grasses, le nombre de grammes de mercure nécessaires pour enfoncer un plongeur de 5 millimètres de diamètre et pesant 50 grammes, à travers un disque de matières grasses ayant 6 millimètres d'épaisseur, à la température de 20° C.

GORYAEV [26] a observé que le point de solidification des matières grasses est différent suivant la vitesse de refroidissement : il conseille de choisir une durée standard de 20 minutes pour abaisser la température de 40 à 25° C. RICHARDSON [27] a recherché sur 9 échantillons le point de transition des graisses du beurre fondu, c'est-à-dire la température à partir de laquelle une seconde phase commencera à se séparer des graisses fondues. Il conseille également d'effectuer un refroidissement très lent. GALLUP et ses collaborateurs [28] ont cherché à relier les constantes des graines et leur durée de fusion, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que 25 cm^3 de matières grasses prises à 0° C. s'échauffent et fondent complètement lorsqu'on les plonge dans un bain à 45° C. L'indice de dureté [voir 25] et le point de fusion sont proportionnels, mais l'indice d'iode varie en sens inverse de la durée de fusion. Ils ont trouvé

qu'un facteur, autre que la non saturation, détermine la consistance des matières grasses.

WHETHAM et HAMMOND [29] ont examiné les facteurs qui peuvent agir sur la coloration jaune des matières grasses. La race de l'animal, la quantité de lait fournie et la période de la lactation influent sur la couleur. Si l'on classe les races suivant la couleur décroissante des matières grasses on obtient l'ordre suivant : South Devon, Guernesey, Jersey, N. Devon, Friesian, Shorthorn, Ayrshire, Dexter, Red Poll, Kerry. On obtient un léger accroissement de couleur en se plaçant dans des conditions alimentaires qui tendent à augmenter le débit en lait. La couleur est la plus forte pendant les premières semaines de la lactation, puis elle diminue, mais après 180 jours de lactation la couleur augmente en même temps que diminue le rendement en beurre et qu'augmente la proportion de graisses fournie à l'animal dans sa nourriture. La matière grasse provenant du corps de l'animal est plus claire que celle qui provient de l'alimentation.

L'oxydation des matières grasses. — On a étudié tout particulièrement l'origine et le mécanisme du développement d'une saveur oxydée dans le lait. On continue à reconnaître l'influence de traces de métaux lourds. On a examiné et soutenu l'hypothèse qui attribue à la lécithine l'origine de la souillure, et on a discuté de l'influence de l'homogénéisation et de la pasteurisation à haute température pour arrêter le développement de ce phénomène.

DAHLBERG et CARPENTER [30] ont trouvé une augmentation de la teneur du lait en cuivre et en fer, après traitement, et ils ont remarqué que le développement de la saveur oxydée est accéléré pour cette raison. MOHR [31] indique que cette saveur est intensifiée lorsqu'on chauffe le lait dans des appareils en cuivre étamé, ou en bronze ou en fer. Le nickel a un effet bien moindre ; l'étain, le chrome, l'aluminium, et l'acier inoxydable n'ont pas d'influence. La source de la souillure se trouve dans la matière grasse ; elle se communique à la crème et au beurre. Cet accident est similaire, mais non identique à celui que l'on constate dans les huiles [32]. Si l'on ajoute du cuivre après pasteurisation et refroidissement, la saveur est beaucoup plus prononcée que si cette addition a été effectuée avant ce traitement. Le facteur qui se trouve à l'origine de cette saveur peut être entraîné par la vapeur. ROLAND et ses collaborateurs [33] ont constaté que cette saveur se développait principalement dans les laits qui ont une forte teneur en matières grasses et un nombre de bactéries faible, c'est-à-dire dans les laits de première qualité.

Le rôle joué par le cuivre, la lécithine et l'acide ascorbique dans le développement de cette saveur a été étudié par différents groupes

de chercheurs. SHARP et ses collaborateurs [34] expliquent l'influence de la pasteurisation à haute température qui retarde le développement de la saveur et la destruction de l'acide ascorbique, par l'hypothèse de la destruction des enzymes qui accélèrent ces réactions ; ces enzymes ne sont pas détruites à 62°5 C. L'action du cuivre est plus forte en présence de ces enzymes. L'addition de 100 milligrammes d'acide ascorbique par litre de lait retarde considérablement l'apparition de cette saveur. La pasteurisation à 63° C. pendant 30 minutes n'accélère pas d'une façon appréciable la destruction de l'acide ascorbique, à condition toutefois que l'on n'ajoute pas de cuivre. Les enzymes ne sont qu'affaiblies par cette pasteurisation : elles sont rendues inactives par un chauffage de 1 à 10 minutes à 77° C. BROWN et ses collaborateurs [35] ont constaté que la tendance du lait à prendre une saveur oxydée est très différente suivant la vache qui a produit ce lait. L'alimentation sèche augmente cette tendance, tandis que l'alimentation dans les pâturages la diminue. Cette tendance diminue considérablement si on donne à l'animal chaque jour 1 litre de jus de tomate ou de citron, ou 0 gr. 5 d'acide ascorbique. ANDERSON [36] attribue le développement de cette saveur à une déficience alimentaire, il la combat en donnant à l'animal des carottes ou de la luzerne séchée artificiellement. Une période de 7 à 9 jours s'écoule avant que l'on constate l'amélioration due à ce traitement. Une période plus longue s'écoule avant que l'effet de ce traitement cesse de se faire sentir. Il semble donc que le carotène est l'un des produits qui peuvent empêcher le développement de cette souillure.

THURSTON et ses collaborateurs [37] ont constaté que l'homogénéisation, l'agitation prolongée à basse température, la congélation et le dégel du lait réduisent ou suppriment la tendance du lait à prendre une saveur oxydée. Ceci semble venir confirmer leur hypothèse : c'est la lécithine qui est le facteur principal de cette souillure. ROSS [38] a remarqué que des pressions d'homogénéisation de 35 à 70 kilogrammes par centimètre carré sont partiellement efficaces pour empêcher le développement de cette saveur ; des pressions plus élevées sont encore plus efficaces. On a constaté cette influence même lorsqu'on avait ajouté du cuivre dans le lait avant homogénéisation. Il semble que l'adsorption sur la surface des globules de matières grasses, forme une couche protectrice presque solide de protéines.

DOAN et MYERS [39], au cours de leurs recherches concernant l'influence de la lumière solaire sur le lait, ont constaté que les bouteilles en papier protègent le lait contre le goût de brûlé mais non pas contre le goût de suif. Des bouteilles en papier bleu ou vert, des feuilles de cellophane bleue ou verte placées sur les bouteilles

en verre, retardent le développement de ces deux saveurs. Bien que la saveur oxydée apparaisse d'abord dans les bouteilles en verre clair, la saveur finale est plus forte dans les bouteilles en papier. La saveur oxydée domine dans les laits riches en matières grasses, le goût de brûlé se fait surtout sentir dans les laits pauvres en matières grasses. L'origine de cette saveur brûlée est dans le sérum qui ne contient pas de caséine ou d'albumine. Il y a une corrélation entre le degré de disfraction de la lactoflavine et la saveur. Aucun blanchiment de la lactoflavine ne se produit lorsque le lait a un goût de suif produit par l'action catalytique du cuivre.

Webb et Hileman [40] ont remarqué que le développement de la saveur en présence de cuivre est accompagné d'une augmentation du potentiel d'oxydation et que le lait d'été est capable de résister au développement de cette saveur même à des potentiels élevés. La catalyse par l'oléinase est différente : un potentiel élevé n'est pas nécessaire.

En étudiant l'oxydation des matières grasses pures Stebnitz et Sommer [41] ont constaté que le blanchiment se produit à la fin d'une période d'induction de l'oxydation des matières grasses et qu'il y a également un accroissement de la quantité d'acides gras volatils. La saveur suiffeuse est toujours par une forte teneur en péroxyde. Ils ont trouvé également de grandes différences dans la stabilité à l'oxydation des matières grasses produites par diffé rentes vaches. Cette stabilité semble varier en raison inverse de la non saturation des matières grasses. Les matières grasses produites par des vaches alimentées en pâturage sont moins facilement oxydées car le lait contient une plus grande quantité de substances protectrices. Il n'y a pas de relations entre la teneur en carotène et la stabilité des matières grasses. Greenbank [42] s'est aperçu que les graisses, après entraînement à la vapeur des acides gras libres, ne donnent pas un résultat positif à l'essai de Kreis, lorsqu'on les a conservées pendant 3 ans sous vide. Alcott et Mattill [43] trouvent que l'action modérée antioxydante des produits commerciaux est due à leur faible teneur en lécithine. C'est la céphaline qui possède le pouvoir antioxydant, mais il n'y a pas de relations quantitatives entre la teneur en céphaline et la durée de période d'induction. Il est probable que cette prolongation est due au radical de phosphate monobasique des lipoïdes.

b) Le lactose et les autres sucres

Lorsqu'on effectue la traite à intervalles réguliers la teneur en lactose du lait du matin est la même que celle du lait du soir, mais on trouve des différences considérables en effectuant la traite toutes les heures. Il n'existe aucune relation entre la teneur en

sucre du lait et du sang prélevés simultanément, mais on constate un certain rapport entre les échantillons de lait prélevés une heure après le prélèvement des échantillons de sang [44].

WHITNAH et CAULFIELD [45] ont cherché à isoler les sucres rares du lait par congélation partielle ou totale du petit-lait et enlèvement de la plus grande quantité possible de lactose. Ils signalent la présence d'un sucre ressemblant au glucose.

L'hydrolyse du lactose du lait de femme est identique à l'hydrolyse du lactose du lait de vache. Le sérum du lait de femme contient une quantité de glucose qui atteint 3 % de la quantité totale de sucre et des polysaccharides, genre dextrine. Le glucose obtenu à partir du lait de femme est plus facilement fermentable que le glucose cristallin [46].

c) Protéines

Caséine. — THÉOPHILUS et ses collaborateurs [47] ont étudié l'influence de différents facteurs de la fabrication de la caséine naturelle aigre sur ses propriétés (220 échantillons). Le lavage est le facteur le plus important. Une acidité supérieure ou inférieure à 0,64 % au moment de la coagulation et une proportion de graisses dans la crème du lait supérieur à 0,16 % donnent une couleur et une odeur inférieures. La solubilité diminue lorsque la température de coagulation s'élève au-dessus de 40° C. et que la température de cuisson dépasse 49° C. La faible teneur en cendres dépend de l'exactitude du réglage de l'acidité à 0,64 % au moment de la coagulation et de la perfection de la précipitation et du lavage. En effectuant la cuisson à une température supérieure à 49° C., on obtient un lait caillé compact et difficile à laver, ayant une faible solubilité et une grande viscosité. Les auteurs indiquent les détails des différentes étapes de la fabrication d'une caséine d'excellente qualité.

SHARP et MCINERNEY [48], au cours de leurs recherches concernant l'influence des sels sur la solubilité de la caséine et de la paracaséine, ont trouvé que la zone de *p*H dans laquelle la précipitation de la paracaséine peut s'effectuer est beaucoup plus grande que la zone concernant la caséine. Le fluorure, le chlorure et l'iodure de sodium élargissent la zone de solubilité alcaline de la caséine et diminuent celle de la paracaséine. L'iodure de sodium a sur la paracaséine une action peptonisante plus grande que le chlorure de sodium. Il existe trois zones de solubilité de la paracaséine dans une solution de chlorure de sodium de concentration 0,1 à 0,5 N. *p*H 2,5, 6,0 et 9,0. Les zones d'insolubilité sont : 1,0, 4,5 et 7,0 à 9,0. En appliquant ces résultats à la fabrication du fromage on en déduit que sa texture est influencée par la méthode de chauffage, la com-

position, le degré de mûrissage, la zone de *p*H, l'enlèvement du calcium et la peptisation de la paracaséine.

La caséine obtenue à partir du colostrum est soluble dans l'alcool à 70 %, légèrement acidifié. En ce qui concerne sa solubilité, elle ressemble à l'albumine d'Osborne et Wakeman, mais sa composition est celle de la caséine [49]. Il n'y a pas de modifications essentielles dans la composition de la caséine au cours des trois premiers mois de la lactation. Perov [50] décrit une méthode de préparation de la caséine cristallisée en humidifiant de la caséine pure avec de l'alcool, en la peptisant dans une solution diluée de soude et en ajoutant lentement la quantité équivalente d'acide chlorhydrique. Une opalescence se forme dans cette solution diluée au bout de deux ou trois jours et après six jours des plaques hexagonales se séparent. Kopaczewski a étudié l'influence des anions et des cations sur la gélification de la caséine. Les ions de Cl, Br, SO^4, PO^4, Mg, Cd, La, Ce, accélèrent la gélification ; les ions de Ba, Cu, Ze, Al, Sn, la retardent.

Pederson [52] a analysé la caséine du plasma de lait par des méthodes d'ultra-centrifugation. La caséine est présente à l'état de système grossièrement polydispersé. Dans les solutions-tampon contenant des sels de sodium et de potassium, la caséine forme un système très complexe dont le degré de dispersion dépend de la concentration. Il y a au moins trois protéines dans le sérum : une protéine à faible poids moléculaire, la lactobuline de Palmer, et la protéine qui est généralement appelée lactobuline.

Lampitt et Bushill [53] ont étudié la précipitation de la caséine du lait par le phosphate de calcium. On ajoute des solutions de chlorure de calcium, de phosphate disodique et de soude jusqu'à ce que le précipité flocule ; on dialyse ensuite le précipité pour éliminer l'excès de phosphate, quand la caséine pure reste en solution.

Martin [54] indique que le point isoélectrique de la caséine du lait de femme est situé à *p*H 4,2 et qu'il peut être précipité des solutions-tampons dans l'intervalle de *p*H 3,8 à 4,2.

La manufacture et les propriétés de la laine artificielle fabriquée avec de la caséine ont été étudiées par Ray [55] et d'autres auteurs [56, 57].

Autres protéines. — La dénaturation par la chaleur de la lactalbumine et de la globuline a été étudiée par Fischer [58] et Rowland [59]. Fischer a montré que la vitesse de la dénaturation de la globuline est plus grande en présence d'une faible quantité de protéine préalablement dénaturée. La vitesse de la dénaturation est généralement exponentielle. La dénaturation peut provenir des réactions des groupes WH^2 et SH préalablement renfermés à l'intérieur de la molécule et qui prennent une structure analogue à

une tête de brosse. Le coefficient élevé de température de la réaction est probablement dû à des transformations stériques.

ROWLAND signale que l'albumine et la globuline sont rapidement dénaturées à une température supérieure à 75° C. La durée de la dénaturation complète à 80, 90, 95 et 100° est respectivement de 60, 30, 10 à 15, 5 à 10 minutes. Il n'y a pas de transformation des matières azotées non protéiques à une température inférieure à 100° C. L'hydrolyse des protéines est appréciable lorsqu'on chauffe à 115-120°. La coagulation maximum est produite par un chauffage de solutions ayant un *p*H de 4,75 à 4,80 ; une ébullition prolongée de ces solutions ne produit pas d'hydrolyse. La proportion de l'azote coagulable atteint 70% de quantité totale d'azote soluble. Au cours de la précipitation par l'acide trichloroacétique, des variations qui dépendent de la concentration de l'acide indiquent la présence d'une fixation protéose-peptone. Si on détermine la quantité de protéines solubles coagulées à *p*H 4,7, par coprécipitation avec la caséine, la quantité d'azote coagulée atteint 76% de la quantité totale d'azote soluble. On considère que cette valeur représente la quantité maximum d'albumine et de globuline contenue dans le sérum débarrassé de caséine. L'hydrolyse de l'enzyme de lactalbumine a été étudiée par MILLER et CALVERY [60]. La pepsine fournit à elle seule 22% de la quantité d'azote sous forme aminée. Une hydrolyse plus poussée avec de la trypsine et de la protaminase peut porter ce chiffre à 32%. Les enzymes peptiques et pancréatiques réunies donnent 68% de l'azote aminé et la destruction de 94% des liaisons.

On a étudié l'azote non protéique du lait de différentes espèces. PERKINS [61] indique que cette fraction correspond à 5% de la quantité totale d'azote du lait. La moitié de cette fraction est constituée par de l'urée ; la teneur en acide urique est variable et est plus élevée dans le lait fourni par des animaux recevant une ration alimentaire contenant peu de protéines. BHAGRAT [62] indique que la fraction d'azote non protéique du lait d'ânesse et de vache, renferme respectivement : mélanime, 7,0, 6,0 ; amide, 15,5, 12,6 ; amine, 50,1, 52,0 ; non aminé, 2,8, 1,7 ; basique, 25,8, 28,2 ; arginine, 17,6, 11,5 ; urée, 21,2, 20,3 mgr. par litre.

DAVIES [63] a étudié les différentes protéines contenues dans 96 échantillons de lait du matin recueilli pendant une période de deux années et provenant d'un troupeau de vaches Shorthorn. Il a obtenu les chiffres moyens suivants (exprimés en pourcentage de la quantité d'azote totale), protéine, 93,9 ; caséine, 76,7 ; albumine et globuline, 17,2 ; albumine, 13,4 ; globuline, 4,6 ; azote non protéique, 6,1. La quantité d'azote de la caséine contenue dans un lait similaire recueilli au cours des cinq années qui ont précédé

ces essais est en moyenne égale à 76,5% de la quantité totale d'azote. La teneur moyenne du lait en azote total pendant ces deux périodes était de 0,501 et 0,517%.

d) Matières minérales

Calcium et phosphore. — Olson [64] a trouvé que la teneur du lait en calcium est aussi élevée au début et à la fin de la lactation. Elle est moindre après 6 à 8 semaines. La teneur en phosphore diminue et atteint une valeur normale après 6 semaines ; elle diminue vers la fin de la lactation. Burr et Witt [65] ont indiqué la variation de la teneur en calcium et en phosphore du lait de 70 vaches :

CaO, 1,20 à 2,04 ; P^2O^5, 1,68 à 2,75 gr. p. litre.

Une alimentation riche en calcium n'a pas d'influence sur la teneur du lait. Une coagulation lente avec de la présure se produit dans des laits contenant moins de 1,3% de CaO et moins de 1,7% de P^2O^5.

Pyne [66] et Ling [67] ont employé des méthodes tétrimétriques pour déterminer la quantité de phosphore contenu dans le lait. Pyne précipite les phosphates solubles par addition de chlorure de calcium. Tout le phosphate est alors transformé en phosphate soluble par addition d'oxalate. Le phosphate inorganique du petit-lait de présure est environ 6% plus faible que celui du dialysat. Ling a également utilisé le titrage du lait additionné d'oxalate pour déterminer la quantité de phosphate de calcium colloïdal. On a pris, comme valeur représentant la quantité de phosphate inorganique colloïdal, la différence entre la quantité totale de phosphate inorganique contenue dans le lait et la quantité corrigée pour tenir compte du phosphate contenu dans le petit-lait. Lorsqu'on augmente l'acidité du lait, la quantité de phosphate qui se dissout est égale à l'accroissement de phosphate total contenu dans le petit-lait. Le calcium contenu dans le petit-lait augmente plus rapidement car celui du caséinate y entre également. Il existe une relation linéaire entre l'acidité du lait et celle du lait caillé.

Parmi les laits des différentes espèces d'animaux, c'est celui du buffle d'eau qui contient le plus grand pourcentage de calcium dans ses cendres (28% contre 18% dans le lait de vache). Ce lait ne contient toutefois que 0,64% de cendres. Parmi les races de chèvres c'est la Toggenburg qui donne un lait le plus riche en calcium [68].

Chlorures. — Caulfield et Riddell [69] indiquent qu'ils ont trouvé les pourcentages suivants de chlorure dans les laits de différentes espèces : Ayrshire, 0,126 ; Jersey, 0,125 ; Guernesey, 0,124 ; Holstein, 0,139. Certaines vaches ont donné du lait conte-

nant de 0,07 à 0,29 % de chlorure, mais 96 % des échantillons étaient contenus dans l'intervalle 0,08 à 0,20 %. DAVIES [63] donne pour des vaches Shorthorn la valeur moyenne de 0,086 % et d'après des recherches sur le lait d'autres espèces il semble que les valeurs indiquées par CAULFIELD et RIDDELL soient trop élevées. DAVIES [70] examinant du lait de vaches Shorthorn et Guernesey a trouvé une quantité de chlorure de 0,095 % en 1935 et 0,092 % en 1936. BLOOD et ROWLANDS [71] ont trouvé les valeurs comprises entre 0,07 et 0,12 % ; ils indiquent que la teneur en chlorure ne peut pas être utilisée pour le diagnostic de la mastite. SHARP et STRUBLE [72] ne trouvent que peu de différences dans la teneur en chlorure du lait du matin et du lait du soir ; ils n'en trouvent pas davantage dans les laits obtenus des différentes parties des mamelles de l'animal. Lorsque l'animal est atteint de mastite le lait tiré au début et à la fin contient une forte proportion de chlorure, mais la portion moyenne est normale. On constate de grandes différences dans la teneur en chlorures du lait provenant de régions infectées. La teneur en chlore diminue pendant les quelques jours qui suivent le début de la lactation, puis elle reste constante pendant environ 60 % de la lactation et elle augmente ensuite. La teneur en chlore augmente lorsque le débit des vaches de Jersey ou Guernesey tombe à moins de 15 livres et celui des Holstein à moins de 25 livres anglaises.

Potassium. — LEULIER et ses collaborateurs [73] ont étudié la variation de la teneur en potassium du lait de femme au cours de la journée. Ils ont trouvé les valeurs suivantes : matin, 0,043 à 0,062 ; midi, 0,046 à 0,070, et soir, 0,042 à 0,060 %.

e) Enzymes

Peroxydase. — La recherche de la peroxydase a été utilisée pour distinguer les crèmes brutes ou pasteurisées et les beurres fabriqués avec ces crèmes. WATERS et ZURN [74] ont appliqué l'essai de la benzidine à un sérum de sulfate de magnésium en ajoutant de l'eau oxygénée et de l'éther et ont observé la couleur de la couche aqueuse. Une coloration bleue qui se développe en moins de 30 minutes indique que la crème n'a pas été chauffée à 80°. Une coloration blanche indique que la crème était pasteurisée. Des beurres âgés fabriqués à la ferme, les beurres rancis ou suiffés ne satisfont pas à cet essai par suite de la destruction de l'enzyme. MULLER [75] a recherché avec un égal succès la peroxydase ; il conseille l'emploi de benzidine pour les échantillons de lait conservé avec de la formaldéhyde, ou pour les échantillons de lait aigri. MASEK [76] a constaté que l'âge du lait avait une grande influence sur les résultats de l'essai de Storch. Un lait conservé à 88° C. donne un essai négatif, mais il tend à donner un résultat positif après

24 heures. Dix parties de lait pasteurisé mélangées à trois parties de lait cru ont donné un résultat positif, mais après 24 heures le résultat est devenu négatif. Une acidité de 0,33 % ne gêne pas l'essai.

JENSEN et WINTHER [77] ont ajouté au lait différentes quantités de limon avant pasteurisation et ils ont constaté que la possiblité de redonner une réaction positive est fonction de la durée et de la température de chauffage ainsi que de la quantité de limon ajoutée. Si la durée de chauffage est trop courte pour détruire la peroxydase des leucocytes, les organismes tuberculeux du limon n'ont pas été détruits : la valeur de cet essai pour démontrer l'efficacité de cette forme de pasteurisation est donc renforcée. RITTER [78] a constaté que les bactéries qui pénètrent dans le lait après pasteurisation peuvent blanchir les colorants d'indophénol. L'essai de peroxydase n'est pas assez sensible pour permettre de déterminer la quantité de cuivre introduite dans le lait au cours de son traitement.

La réaction de la peroxydase du lait de femme est plus intense pendant la période qui s'étend du troisième au sixième mois de la lactation [79].

Lipase. — REDER [30] utilise un mélange stérilisé d'huile d'olives pour la recherche de la lipase et il assure que l'on peut déceler 0 mgr. 6 d'une préparation de lipase en 60 cm³. KAY et ses collaborateurs [81] ont constaté que la teneur en lipase du lait de vaches varie considérablement au cours de la lactation. La lipase est moins stable à la chaleur que la phosphatase et on trouve plus de lipase dans le sérum que dans la crème, tandis que l'inverse est vrai pour la phosphatase. Il n'existe pas de relations entre la teneur en lipase et en phosphatase.

KRUKOVSKY et SHARP [82] ont rencontré des difficultés à baratter la crème du lait de vaches dont la période de lactation était avancée par suite de l'action de la lipase et de la concentration des savons et acides gras à la surface de séparation de l'air et du plasma. La pasteurisation effectuée aussitôt après la séparation supprime cet inconvénient.

Amylase. — SCHLOEMER [83] a trouvé que le lait contient de l'amylase et que les meilleures conditions dans lesquelles il faut opérer sont : température, 37° ; *p*H, compris entre 6,3 et 6,7. Ces conditions peuvent être modifiées par l'emploi de solutions-tampons. L'amylase est étroitement associée avec les protéines contenues dans le sérum du lait et son activité dépend de la présence des sels du lait, et en particulier des chlorures. Par dialyse on supprime cette activité mais on peut la recréer par addition de chlorures, et surtout de chlorure de calcium.

Phosphatase. — Un nouvel essai a été mis au point par KAY et GRAHAM [84]. La phosphatase réagit sur le diphénylphosphate en

libérant du phénol qui est dosé colorimétriquement au moyen du réactif de Folin et Ciocalteu. On conseille d'effectuer deux modifications : *a*) un essai rapide laissant l'enzyme réagir à 47° C. pendant 10 minutes ; *b*) un essai lent d'une durée de 24 heures à 37-38° C. L'essai a montré les erreurs grossières qui ont pu être faites au cours de la pasteurisation, tandis que l'essai *b*) permet de voir si le chauffage n'a duré que 20 minutes au lieu de 30, si la pasteurisation a été effectuée à moins de 1° en dessous de la température fixée, ou si l'on a ajouté plus de 0,25 % de lait cru au lait pasteurisé. La technique de ce procédé est également décrite dans d'autres articles [85, 86].

Koppejan [87] a étudié la cinétique des relations qui se produisent au cours de la destruction de la phosphatase par le chauffage du lait. La destruction effectuée à 60, 61, 62° C. demande respectivement 75, 45 et 20 minutes. On a obtenu un essai positif en ajoutant 0,1 % de lait cru dans du lait pasteurisé. L'enzyme est moins sensible à la chaleur, au point de vue perte d'activité vers *p*H 7. Certains sels accélèrent l'action de la chaleur, ce sont NaCl KCl, KBr, KI, Na^2HPO^4. Les sulfates, lactates et lactose n'ont pas d'influence.

Autres enzymes. — Le *p*H optimum pour la déhydrogénase (xanthine oxidase) est 8,0 [88]. Les matières colorantes acides n'ont pas d'action sur l'enzyme, mais les colorants basiques arrêtent son action. Les groupes actifs semblent être acides, dans l'enzyme de Schardinger et dans la xanthine oxidase, ce qui semble indiquer l'identité de ces enzymes.

f) Constituants secondaires du lait

Les métaux lourds. — Gangl et Liedl [89] décrivent une méthode micrométrique permettant de séparer le plomb à l'état de sulfate de plomb dans 100 cm³ de lait. Kasahara et ses collaborateurs [90] indiquent que le lait aux Etats-Unis renferme 0,02 à 0,04 p. p. m. de plomb. Le lait japonais en renferme beaucoup plus : 0,01 à 0,59 p. p. m. Dans le lait sec il y en a 0,17 à 3,26 et dans le lait condensé 0,17 à 4,59.

Krauss et Washburn [91] étudiant le lait de Holstein et Jersey, Davies [63] examinant le lait de Shorthorn, n'ont constaté que de faibles variations saisonnières de la teneur en cuivre et en fer. Par des méthodes micrométriques Brock et Woolf [92] ont déterminé la teneur en cuivre, zinc et manganèse du lait et du colostrum (femme et vache). Ils signalent des teneurs en cuivre moins grandes que celles qui sont indiquées par d'autres chercheurs : 0,028 p. p. m. dans le lait de vache et 0,16 dans le colostrum. Le lait de femme est plus riche en cuivre (0,46). La teneur en manganèse est respectivement de 0,01 à 0,007 et 0,007 p. p. m. ; elle peut être augmentée par

une alimentation riche en manganèse, à base de sucre de betterave par exemple. La teneur en zinc, 3, 4; 5,8 et 3,5, est en général plus forte à la fin de la période de lactation, mais elle peut varier dans des proportions importantes. La teneur en cuivre du lait est plus basse lorsque les vaches sont alimentées en pâturage et non à l'étable.

Ritter [93] a employé la réaction de la peroxydase pour rechercher le cuivre dans le lait, la crème, le beurre, et les matières grasses fondues. Les matières grasses traitées dans des récipients en cuivre donnent une réaction de peroxydase plus forte que celles qui ne contiennent pas de cuivre. Le traitement de tous les produits laitiers dans des récipients en cuivre est nuisible à la saveur de ces produits : le cuivre développe un goût de suif et d'autres goûts oxydés similaires. Le fer, le nickel et le zinc sont également nuisibles. L'aluminium, ses alliages et les aciers inoxydables sont sans action.

Gaz carbonique. — Jackson [94] a constaté que la teneur en gaz calorique est de 26 à 29% du volume, soit environ la moitié de la teneur du sang. La quantité de gaz carbonique contenue dans le sang et dans le lait correspond à peu près à la somme de la quantité de potassium et de sodium qu'ils renferment. McDowall [95] décrit une méthode permettant de déterminer la teneur en CO^2 du lait par aspiration et absorption dans la baryte.

Ammoniaque. — La teneur en ammoniaque du lait a été surtout considérée comme une mesure de la qualité bactériologique et le critérium d'une conservation efficace. Polonovski [96] a trouvé une quantité moyenne d'ammoniaque de 0,8 pouvant s'accroître au cours de la conservation ou de l'ébullition jusqu'à 1,5 p. p. m. Tout l'ammoniaque contenu dans le lait provient de la caséine. Le lait condensé sucré dont la teneur en ammoniaque n'augmente pas lorsqu'on le conserve 4 jours à 20° C. peut être considéré comme un produit ayant une bonne conservation.

Kluge [7] a constaté que le lait frais contient 1,3 p. p. m. d'ammoniaque ; cette valeur n'est pas modifiée au cours de la période de lactation. Elle peut augmenter en cas d'infection du pis. La pasteurisation n'augmente que légèrement la teneur en ammoniaque, mais la présence dans le lait de matières fécales l'augmente considérablement. Lorsque le lait contient plus de 3,5 p. p. m. d'ammoniaque' c'est que des précautions d'hygiène suffisantes n'ont pas été prises. S'il contient plus de 5,0, il ne saurait être livré à la consommation. Burstein et Frum [98] ont choisi comme limite déterminant l'état antihygiénique du lait, la proportion de 2,3 p. p. m.

Phospholipides. — HOLWERDA [99] définit le phospholipide vrai du lait comme étant la différence entre la quantité de phosphore contenu dans les extraits à l'éther du lait entier et de la crème. La quantité de phospholipides dans le lait atteint 0 mgr. 7 à 0 mgr. 8 %. On peut extraire du beurre ou de la partie dégraissée du beurre un phospholipide monoaminé dont la composition est relativement constante. Dans la crème sèche du lait on a pu extraire un composé phosphoré soluble dans l'eau et ayant les propriétés des esters : ce corps n'est pas un phospholipide. HOLM et ses collaborateurs [100] ont étudié la nature chimique et la distribution des phospholipides dans le lait. Ils ont trouvé que leur poids moléculaire moyen est 776.

HORRALL [101] a constaté que les matières grasses contiennent une quantité sensiblement constante de lécithine après le quatrième jour de la lactation. La teneur en lécithine du colostrum augmente jusqu'à la naissance du veau puis diminue. Le lait des grandes organisations contient une quantité de lécithine qui atteint 0,24 % de la quantité de matières grasses. La quantité de lécithine augmente lorsque le lait provient de régions contaminées. La teneur en lécithine de la crème est d'environ 14 % de matières grasses. La crème fraîche crue contient environ 0,43 % de lécithine. La crème pasteurisée contient 0,17 % de lécithine. Les matières grasses des beurres correspondants contiennent respectivement 19,7 et 17,9 % de lécithine. La teneur en lécithine du beurre fabriqué avec de la crème aigrie diminue lentement, tandis que la teneur en lécithine du beurre fabriqué avec de la crème fraîche reste constante pendant au moins 24 jours.

Divers. — LAMPITT et ROOKE [102] et REICHARD [103] ont publié des méthodes permettant d'effectuer la détermination de la teneur du lait en acide citrique par la méthode à la pentabromacétone. Ils ont réussi à isoler de l'acide citrique à partir de lait en poudre. La teneur du lait en acide citrique diminue au fur et à mesure que l'acidité du lait augmente. MCHARGUE [104] signale que la teneur du lait en iode est en général de 30 p. p. m., mais qu'elle peut atteindre 400 p. p. m. lorsqu'on incorpore des iodures dans la ration alimentaire des animaux.

TROUT et TAYLOR [105] ont étudié la répercussion des rations de betteraves sur l'odeur et sur la saveur du lait. Ils ont remarqué que la saveur du lait du soir est plus prononcée, mais que l'on peut la réduire par aération et pasteurisation. DAVIES [106], ayant recherché quelle pouvait être l'origine de la saveur de poisson que possède le lait de certaines vaches alimentées avec des sous-produits de l'industrie des betteraves, a découvert la présence de petites quantités de triméthylamine et de son oxyde dans le lait.

III. CHIMIE PHYSIQUE DU LAIT

a) Propriétés physiques

HELN et BELLE [107] et KOPACZEWSKI [108] ont mesuré la tension superficielle du lait, et ont trouvé des valeurs dont la concordance est satisfaisante. Les premiers auteurs indiquaient que cette tension est comprise entre 46,6 et 55,3 dynes par centimètre, pour des laits vieux de 4 à 5 heures et conservés à 18° C. Le dernier signale que, d'après ses mesures, la tension superficielle est presque toujours de 53 dynes par centimètre. Cette valeur n'est que légèrement modifiée par dilution ou par écrémage du lait ; elle augmente cependant par agitation et au cours du vieillissement.

LEVITON et LEIGHTON [109] ont étudié la viscosité d'émulsions contenant des matières grasses. Ils ont constaté que le degré de dispersion des matières grasses ne modifie pas sensiblement la viscosité du lait. En faisant varier la teneur en matières de 0 à 36 %, il est possible d'augmenter la viscosité et de la porter à cinq fois sa valeur initiale.

Les conditions de formation de l'écume du lait ont été examinées par SIRKS [110]. Il se forme une plus grande quantité d'écume par barattage lorsque la température est plus basse. Par barbottage d'air on obtient plus d'écume que par barattage ; l'influence de la température reste la même. On obtient une quantité maximum d'écume lorsque la crème du lait possède une acidité voisine du point à partir duquel le lait peut se cailler. L'auteur a également examiné la vitesse à laquelle le volume d'écume diminue lorsqu'on poursuit le barattage. Cette vitesse est plus grande pour de la crème pasteurisée que pour de la crème fraîche, car les globules de graisse pasteurisée ont un plus faible pouvoir absorbant.

SHARP et ses collaborateurs [111] ont remarqué que l'on peut enlever à seize reprises l'écume formée par le lait sans supprimer la possibilité de produire encore de l'écume. Ces essais ont été effectués à des températures de 5, 10, 32 et 50° C. Les protéines s'accumulent dans l'écume et peuvent constituer 0,12 à 0,68 % de celle-ci. Les proportions relatives des différentes protéines ne sont pas modifiées lorsqu'on enlève l'écume à différentes reprises. Avec du lait entier on ne constate aucune diminution de la formation d'écume jusqu'à ce que le lait caille. Les auteurs affirment que le petit-lait ne peut pas former d'écume, non pas parce qu'il ne contient pas certaines substances qui aident à la formation de l'écume, mais parce qu'il contient des produits qui brisent les émulsions.

Lorsqu'on effectue la congélation du lait et de la crème, la distribution des matières grasses entre la phase liquide et la phase congelée dépend de la vitesse relative de formation de la crème par rapport à la vitesse de congélation ; elle dépend aussi de la forme

et des dimensions du récipient. La teneur en matières grasses des parties congelées augmente beaucoup lorsqu'on diminue la vitesse de formation de la crème par chauffage ou par homogénéisation. Lorsqu'on augmente la quantité de matières grasses, la diffusion des constituants du lait dans la phase liquide diminue et tend vers zéro pour une proportion de 25% de graisses. La destruction des émulsions de matières grasses par congélation est due à l'augmentation de pression développée par la congélation de l'eau [112]. Le lait pasteurisé congelé rapidement est plus homogène que le même lait congelé plus lentement, en huit heures par exemple [113].

Restivo [114] a déterminé les dimensions des globules de graisse dans le lait de femme et dans le lait de vache. Dans ces deux laits le nombre des globules varie de 1 à 6×10^6, et leur diamètre de 1 à 25 μ. Le lait de femme contient 25% de globules ayant un diamètre supérieur à 10 μ tandis que le lait de vache n'en contient que 9%. La séparation de la crème enlève 99% des globules dont le diamètre est supérieur à 10 μ, 94% de ceux dont le diamètre est compris entre 5 et 10 μ et 32% des globules plus petits. Le nombre des globules gras augmente considérablement lorsque le pourcentage de graisse dans le lait dépasse 3,5%.

Sirks [115] a constaté qu'il existe une concordance presque absolue (99%) entre la valeur donnée par la méthode de Gerber, pour la détermination de la matière grasse du lait, et la quantité de globules visibles au microscope. La matière grasse du petit-lait, qui peut être rassemblée par la méthode de Gerber n'est pas visible par un examen microscopique du petit-lait.

Rimpila et Palmer [116] ont étudié les composés adsorbés sur les membranes des globules gras. Par des lavages et des centrifugations successives ils ont constaté que la quantité de protéines et de phospholipides n'est pas constante dans les différents échantillons de crème, mais que pour un même échantillon elle reste constante du quatrième au dixième lavage. Les émulsions des graisses du petit-lait de présure, du lait écrémé et du petit-lait possèdent des membranes dont la composition est différente de celle de la crème, en ce qui concerne le pourcentage et les propriétés des protéines et des phospholipides. L'activité phosphatasique de la crème est localisée dans la membrane ; elle ne peut pas être enlevée par lavage. Les protéines de la membrane ne proviennent pas du plasma du lait. Elles contiennent un groupe prosthétique qui rend faible le pourcentage d'azote : ce groupe a été observé dans les protéines des membranes provenant de crèmes naturelles ou de crèmes artificielles.

Tracy et Ramsey [117] ont recherché les facteurs qui sont cause de la faible « fouettabilité » de certaines crèmes. La pasteurisa-

tion à 77° C. n'a pas une influence plus grande que celle qui est effectuée à 62° C. La crème ayant un pourcentage de matières grasses convenable (35 à 40 %) est plus facilement fouettable lorsqu'on la sépare directement à cette concentration que la crème dont on règle la concentration par addition de matières grasses ou par dilution. L'addition de citrate au lait cru entier facilite la formation de la crème fouettée. La congélation du lait augmente la vitesse de production de la crème fouettée. La pasteurisation de la crème séparée du lait congelé améliore sa « fouettabilité ».

LAMPITT et BUSHILL [118] ont indiqué deux méthodes (une méthode de contrôle rapide et une méthode plus précise) permettant de juger de l'efficacité de l'homogénéisation. Après centrifugation dans un cylindre du lait homogénéisé, le lait est caillé à 37° C. au moyen de présure. Dans l'essai de contrôle on compare la teneur en matières grasses de la partie inférieure du caillot et celle du lait entier. Dans la méthode précise on congèle le caillot et on dose la matière grasse dans les différentes couches, au moyen de méthodes gravimétriques. Il existe une relation entre la teneur en matières grasses des couches inférieures et la pression d'homogénéisation utilisée. TRACY [119] affirme que le lait doit être homogénéisé à des températures supérieures à 40° C. et à des pressions au moins égales à 140 kilogrammes par centimètre carré, pour que l'on n'aperçoive plus de crème. La sédimentation du lait homogénéisé est due à des protéines et à des cellules déstabilisées ; elle peut être évitée en clarifiant le lait avant de l'homogénéiser. Le lait homogénéisé est plus sensible à l'action de la lumière solaire que le lait brut. Lorsqu'on a traité le lait à une température trop élevée il possède un goût de lait cuit.

b) Tension de coagulation

RIDDELL et ses collaborateurs [120] ont étudié les modifications de la tension de coagulation pendant la période de la lactation. Cette tension diminue rapidement au cours du premier mois et atteint un minimum après deux ou trois mois. La race des vaches est un facteur particulièrement important : si on les classe en commençant par celles qui donnent un lait dont la tension de coagulation est faible on obtient l'ordre suivant : Holstein, Ayrshire, Guernesey, Jersey. Des résultats très différents obtenus par la méthode de Hill, peuvent être dus à des variations de température, à l'intervalle de temps qui s'écoule entre le moment où l'on ajoute le coagulant et celui où l'on effectue la mesure, à la proportion de pepsine et de chlorure de calcium que l'on a ajoutée.

On a tout particulièrement examiné l'influence de la composition et du traitement du lait sur la tension de coagulation. KUGELMASS [121] relie cette propriété à la teneur du lait en calcium et en

caséine. La tension la plus faible a été observée dans un lait contenant 0,124 % de calcium et 2,5 % de caséine. Elle augmente dans les laits qui contiennent une plus grande proportion de ces produits. La concentration de la présure n'a aucune influence. Cette tension diminue lorsqu'on étend le lait, elle augmente lorsqu'on élève la température, passe par un maximum à 40° C., puis décroît. L'addition d'acide ou d'alcali modifie sa valeur ; la tension maximum est obtenue pour *p*H 6, mais si l'on ajoute du sucre ou de la gélatine on déplace le maximum dans un intervalle entre *p*H 5,5 et 6,5. Pour le même *p*H, la tension dépend de la nature de l'acide qui a été ajouté : si l'on classe les acides par ordre de fermeté croissante on obtient les acides chlorhydrique, phosphorique, acétique, lactique et citrique.

TRACY [119], et CAULFIELD et MARTIN [122] ont constaté que l'homogénéisation du lait diminue cette tension. Celle-ci est réduite proportionnellement à la pression d'homogénéisation jusqu'à 140 kilogrammes par centimètre carré. On peut ainsi obtenir une réduction maximum de 57 % (49-61 %). Il n'y a aucune différence entre le lait frais et le lait vieux. La ré-homogénéisation ne produit aucune nouvelle réduction.

PALMER et TARASSUK [123] discutent l'affirmation de LUNDSTEDT [124] qui pense que la transformation d'un lait à forte tension, en un lait à faible tension est due au barattage qui sépare la lécithine de la surface des globules gras et lui permet d'être absorbée par le réseau de caséine. PALMER et TARASSUK croient que la faible tension de coagulation du petit-lait frais est due au fait que les constituants de la membrane des globules gras se sont détachés et sont passés dans le lait. L'agitation du lait à des températures inférieures à des températures normales de barattage ne produit aucun abaissement de la tension. Les globules gras n'absorbent pas les substances provenant de la peau du lait qui réduisent la tension du plasma du lait, mais ils absorbent ces substances qui proviennent du petit-lait de présure et la tension de coagulation diminue.

CHARLEY [125], DAVIES [126] et COURTNEY [127] communiquent les résultats de leurs études physico-chimiques des mélanges de lait et de jus de fruit. CHARLEY indique que le mélange d'une partie de jus de fruit contenant 45 à 55 % de sucre et de cinq parties de lait donne un produit non coagulable dont le *p*H est voisin de 5. DAVIES a observé que les courbes-tampons des jus de fruits naturels ou synthétiques sont linéaires et que celles des mélanges de lait et de jus de fruit sont logarithmiques. Le *p*H d'un mélange de lait et de jus de fruit peut être obtenu par la formule $pH = 6{,}6 - \log_{10} n\ (8\ B + 1{,}2)$ ou n est le nombre de centimètres cubes de jus mélangé à 50 cm³ de lait et B une constante dépendant de la nature du jus. Cette équa-

tion n'est pas valable pour les jus naturels ou synthétiques ayant une faible acidité. La zone de *p*H dans laquelle on observe une précipitation visible du lait est comprise entre 4,9 et 5,3. La quantité de jus qu'il faudrait ajouter pour atteindre cette acidité est beaucoup plus grande que celle que l'on ajoute d'ordinaire. COURTNEY conseille d'ajouter du jus de citron en quantité suffisante pour produire la coagulation, de façon à obtenir un lait caillé mou.

c) Acidité

CAULFIELD et RIDDELL [128] ont mesuré l'acidité titrable du lait frais obtenu à partir de vaches de différentes races. Ils indiquent les valeurs moyennes suivantes : Jersey, 0,179 ; Guernesey, 0,172 ; Holstein, 0,161 ; Ayrshire, 0,160 %. Lorsque l'on considère séparément le lait provenant de différentes vaches, les valeurs peuvent varier de 0,098 à 0,215 %. L'acidité moyenne de 10 échantillons de colostrum est de 0,44 %. L'acidité du lait provenant d'un groupe de 36 vaches diminue pendant toute la durée de la période de lactation. Cette diminution est plus rapide au début qu'à la fin de cette période. Entre deux traites consécutives la variation maximum d'acidité a été de 0,038 %.

VAILLANT [129] dans une étude sur l'état du lait avant pasteurisation indique que les produits dont l'acidité est inférieure à 0,14 % proviennent de vaches malades ; ceux dont l'acidité est comprise entre 0,14 et 0,18 % proviennent de vaches saines ; au delà de 0,18 % le lait est douteux. La coagulation du lait à 15° C. se produit pour une acidité de 0,63 à 0,67 % et à 60° C. pour une acidité de 0,45 %. Si l'on constate que le lait coagule lorsqu'on ajoute de l'acide mais que l'on n'a pas encore atteint cette concentration, il faut penser que la pasteurisation du lait n'a pas été efficace : la coagulation peut être due à la présence d'enzymes coagulantes provenant des bactéries.

MAYOROV [130] n'a trouvé aucune corrélation entre l'acidité titrable, le *p*H et la coagulation de MORRES au cours de l'acidification naturelle du lait. Le *p*H se modifie rapidement au début et lentement ensuite, tandis que l'acidité titrable augmente régulièrement. La coagulation de MORRES est très sensible aux changements de composition du lait. SCHWARZ et FISCHER [131] recommandent l'emploi du lait stérile au lieu de solutions-tampons, pour la détermination colorimétrique du *p*H du lait. Un sérum constitué par deux parties de lait et trois parties d'alcool est utilisé pour effectuer l'étalonnage et la détermination.

On a porté une attention toute particulière au procédé électrolytique qui permet d'éliminer l'acidité du lait. Ce procédé consiste à faire passer du lait dans un récipient contenant une série d'élec-

trodes espacées par une distance qui peut varier de 5 à 40 millimètres, à travers lesquelles passe un courant dont l'intensité peut varier de 3 à 25 m. a. par centimètre carré [132]. PIEN et BAISSE [133] ne croient pas à la théorie d'après laquelle c'est l'acide lactique qui est détruit au cours de ce traitement, et pensent, comme l'auteur de cette revue l'a déjà signalé, que les chlorures alcalins sont électrolysés et que l'alcali libre ainsi formé neutralise l'acide, tandis que l'halogène entre en combinaison avec la protéine. La caséine du lait électrolysé contient des quantités relativement élevées de chlore et on a constaté qu'en électrolysant des solutions de chlorures contenant de faibles quantités de protéines on formait de petites quantités d'hypochlorite. Cette méthode n'est pas applicable au lait caillé, car il ne contient pas une proportion suffisante de chlorures. On a constaté également que l'abaissement de l'acidité est effectué dans les meilleures conditions lorsque l'acidité initiale est de 0,2 %. La teneur du lait en chlorures est le facteur le plus important qu'il faut considérer pour déterminer jusqu'à quel point il sera possible d'abaisser l'acidité par la méthode électrolytique. On recommande l'emploi d'électrodes en aluminium. *(A suivre.)*

REVUE

L'INDUSTRIE LAITIÈRE A L'ÉTRANGER

par G. GÉNIN
Ingénieur chimiste E. P. C.

Avant de commencer l'énumération des faits qui ont paru dignes d'être mentionnés dans cette chronique, nous reproduisons les renseignements donnés sur le prix du lait dans les principaux pays producteurs, par le ministre anglais de l'Agriculture en réponse à une question posée par l'un des membres de la Chambre des Communes, Sir Adrian BAILLIE.

D'après M. MORRISON, le prix payé aux producteurs et le prix de vente au détail du lait s'établit comme suit dans quelques pays européens et aux Etats-Unis.

En ce qui concerne l'Angleterre, le chiffre qui est relatif au prix payé au producteur est celui fixé en décembre dernier par décret et le prix de vente au détail est celui qui est indiqué par le Ministère du Travail comme étant le prix moyen pour toute l'Angleterre. Le prix allemand comprend en ce qui concerne le prix payé au fournisseur la subvention que celui-ci reçoit et le prix de détail a été relevé à Berlin. Le prix de détail suédois est le prix moyen de 49 villes, celui de France est celui ayant cours à Paris et le prix américain est la moyenne de 51 grandes villes.