

les quartiers guéris. Le propriétaire ne s'en souciera pas si le lait est abondant et bon. Le temps et l'expérience diront si cette gravité est plus théorique que pratique, tant au point de vue « consommateur de lait » qu'au point de vue de la santé de la mamelle. A ce dernier point de vue, nous ferons remarquer que les récidives des vaches (« Mignard », obs. X ; « Mère Blonde », obs. II ; « Joli Cœur », obs. XXV ; « Tétue », obs. XXVII ; « Nez Blanc », obs. XXVIII ; « Mirabelle », obs. XXIX ; « Victoire », obs. XXX) ont porté sur des quartiers non encore traités. Tous les quartiers traités sauf un (« La Noire », quartier AD) ont franchi sans incident le cap du vèlage suivant. L'immunité donnée par le traitement antiviral-bactériophage est donc très solide et strictement locale.

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] F. GERLACH et E. KRALICEK. *Deutsch. tierärztl. Woch.*, t. XXXV, 1927, p. 331.
- [2] J. CERNOVSKY. Importance des traitements dans la mammite des vaches. *Zveo likarskych Rosprav*, t. II, 1928, Brno (Tchécoslovaquie).
- [3] Ach. URBAIN, P. ROSENTHAL et CHAILLOT. *C. R. Soc. Biol.*, t. CII, 1929, p. 299.

CHIMIE COLLOÏDALE DU BEURRE. CONTRIBUTION A L'« HISTOLOGIE DES SUBSTANCES TECHNIQUES » (a).

par N. KING

à Tallin (Reval), Esthonie.

Introduction.

Lorsque l'on examine les substances que la technique permet d'obtenir, il faut considérer dans bien des cas, à côté des propriétés chimiques et des données analytiques, les particularités de leur structure physique [1]. Les substances à phases multiples qui sont principalement visées sont surtout d'origine organique, mais peuvent être aussi anorganiques. Souvent, les substances techniques d'origine biologique portent encore l'empreinte du matériel organique dont elles proviennent. Très justement, R. Ed. LIESEGANG [2] démontre la nécessité d'éclairer et de compléter le mode d'observation chimique par l'histologie, qui dévoilera la structure des substances techniques. Un grand nombre des propriétés physiques de ces substances, et aussi le cours des divers changements chimiques qui s'y produisent, sont étroitement liés à leur structure et à l'état des différentes phases qui sont à la base de cette dernière [3].

Pourtant, ces explications se heurtent encore à bien des difficultés.

(a) Travail paru dans *Kolloid-Zeitschrift*, 1930, 52, 319.

En terminant sa « Chimie capillaire », FREUNDLICH dit : « La chimie colloïdale présente aujourd'hui le tableau incomplet des particularités des structures à phases multiples et ce serait précisément par elles que devrait débiter l'étude des nombreux processus techniques et biologiques » [4].

Ces structures compliquées sont celles de nombreuses substances alimentaires et, parmi elles, le beurre. Indépendamment du procédé de préparation, on retrouve en partie la marque distinctive du matériel d'origine : le lait, dans le beurre qui en provient (présence des globules gras).

Il faut considérer la préparation du beurre comme une concentration répétée de la phase grasse du lait. Mais comme, dans le lait, la graisse se trouve à l'état d'émulsion, il faut considérer l'étude du processus comme rentrant dans le chapitre de la chimie des émulsions. Cette concentration se fait en deux étapes. Dans la première : l'écémage, la concentration de la phase grasseuse s'élève d'un pourcentage de graisse de 3 à 4 (lait) à un pourcentage de graisse de 25 à 35 (crème). Dans la deuxième étape (*butyration* (a) et malaxage), on atteint à un pourcentage de 80 à 84 (b). Entre temps, trouvent encore place des processus secondaires : pasteurisation, destruction des germes nuisibles, maturation de la crème, qui donnent au beurre son goût agréable et son arôme.

Le beurre ne prend son caractère définitif qu'à la seconde étape, qui sera particulièrement étudiée ici.

I. TYPE D'ÉMULSION DU BEURRE.

On ne peut nier que le lait et la crème ne soient du type *émulsion graisse-dans-eau*. Par contre, il n'est pas aussi simple d'établir quel est le type d'émulsion du beurre. Tandis que l'aspect microscopique du beurre par transparence indique que nous sommes en face du type *eau-dans-graisse*, l'observation par éclairage latéral à l'ultra-microscope fait apparaître des globules gras et permet d'admettre la possibilité d'un type contraire : *graisse-dans-eau*. Ces points de vue opposés sont exposés dans les deux théories de la structure du beurre : 1^o celle de M. H. FISCHER et 2^o celle de O. RAHN.

1. LE BEURRE CONSIDÉRÉ COMME UNE ÉMULSION EAU-DANS GRAISSE. — D'après M. H. FISCHER et M. HOOKER [5], il se produit lors de la formation du beurre une inversion des phases et, par conséquent, dans le beurre terminé, la graisse constitue la phase continue dans laquelle sont dispersées les gouttelettes de la phase aqueuse

(a) Ce mot, qui traduit le mot allemand *verbuttern*, correspond au moment de la formation du beurre, par agrégation rapide des globules gras à un moment donné du barattage.

(b) La troisième phase de la concentration de la graisse serait constituée par la production de « graisse de beurre fondue ». Par chauffage, le beurre « système d'émulsion » se décompose et se sépare en graisse pure et en eau qui surnage.

(babeurre et eau de lavage). D'autres chercheurs ont essayé eux aussi de confirmer cette opinion. Des preuves dans ce sens ont été obtenues par les procédés suivants :

- a) Examen microscopique du beurre par transparence ;
- b) Filtration à travers du papier mouillé ;
- c) Mesure de la conductibilité ;
- d) Etude de l'inversion des phases à l'aide d'indicateurs.

a) Examen microscopique du beurre par transparence. —

Si l'on examine une préparation de beurre par transparence, on observe, dispersées dans la masse de la graisse, de nombreuses gouttelettes d'eau presque rondes. L'image correspond absolument à celle d'une émulsion du type eau-dans-graisse. L'observation est confirmée par de nombreuses microphotographies [6].

b) Filtration à travers du papier mouillé. — La deuxième expérience présenterait en quelque sorte une application de l'analyse capillaire. En théorie, le papier-filtre ne doit entrer en contact qu'avec la phase continue de l'émulsion ; or, le beurre rend le papier-filtre gras [7].

c) Mesure de la conductibilité. — GORTNER et PALMER [8] essayèrent de se servir de la mesure de la conductibilité. Lors de l'inversion d'une émulsion graisse-dans-eau, on remarque une augmentation brusque de la résistance. PALMER observa, lors de la formation du beurre, une élévation de la résistance qui atteint un maximum, pour redescendre ensuite rapidement aux environs de ce qu'elle était à l'origine.

d) Etude de l'inversion à l'aide d'indicateurs. — PALMER [9] a essayé de fixer l'inversion des phases dans la formation du beurre par la méthode des indicateurs. Il utilisa la solution acétonique de Soudan III qui, on le sait, est soluble dans les graisses, ainsi que les solutions de fuchsine, pour colorer les globules gras de la crème, et il put ainsi démontrer l'inversion des phases. J. SIEDEL [10] a fait un essai analogue : il mélangea la crème avec de l'extrait d'alkanna soluble dans la graisse. Le mélange, d'un aspect uniformément sale, se modifia lors de la formation du beurre ; celui-ci se colora en rouge tirant sur le bleu et le babeurre, en bleu sale.

O. RAHN [11] critique deux des expériences ci-dessus : l'emploi du papier-filtre et la mesure de la conductibilité. Il met aussi en question l'état d'émulsion de la crème prête à baratter. S'appuyant sur les recherches de RICHMOND, FLEISCHMANN et VAN DAM, il admet que la graisse est à l'état solide dans la crème prête à baratter et qu'à vrai dire, celle-ci constitue une suspension. La graisse est également solide dans le beurre. C'est pourquoi l'on ne peut parler ici d'une inversion de phase. Quant à l'expérience de filtration, il dit que

le papier-filtre posé sur le beurre est non seulement gras, mais qu'il est humide dans certains cas. D'après lui, ce sont la température et le mode de préparation du beurre qui décident si le papier-filtre se mouillera ou deviendra gras. Pour ce qui est de la mesure de la conductibilité, RAHN a obtenu des augmentations semblables de la résistance lors de la butyration du lait maigre. Il admet que cette augmentation provient du chemin plus long que doit parcourir le courant électrique à la suite de la formation de l'écume abondante lors de la butyration. En fait, l'augmentation de la résistance est très minime et n'est pas deux fois celle de la crème. Et cependant, la résistance devrait être bien plus grande. La graisse pourrait même entourer les électrodes et produire ainsi une très grande résistance.

Il faut encore ajouter ce qui suit à ces recherches sur la conductibilité : dans la butyration, les électrodes restent tout le temps dans la phase aqueuse, car l'inversion des phases ne se fait pas dans toute la masse du liquide, mais dans les petites masses butyreuses qui surnagent dans le babeurre. Le babeurre, qui représente maintenant la phase aqueuse, baigne aussi les électrodes.

En tout cas, RAHN [12] admet que l'image microscopique du beurre examiné par transparence (forme ronde des gouttelettes d'eau) prouve que c'est la phase grasse qui est continue.

2. LE BEURRE, ÉMULSION DU TYPE GRAISSE-DANS-EAU. — Dans sa théorie de la texture du beurre, RAHN part de ce fait que la graisse n'est pas dans le beurre une masse sans structure à l'encontre de ce que dit HUNZIKER [13]), mais que les globules gras originels (avec leur enveloppe protéique) y sont encore reconnaissables. Ce fait a déjà été établi en 1897, par STORCH [14], par l'examen à l'ultra-microscope, puis confirmé de divers côtés (voir plus loin, quand il sera parlé de la phase grasse). D'après la théorie de RAHN [15], dénommée « théorie de l'écume », les globules gras se rassemblent dans l'écume produite pendant le barattage et, à mesure que le processus s'avance, ils sont réunis en petites masses de beurre. « Le beurre serait donc une masse de globules gras pressés les uns contre les autres, encore entourés, pour la plupart, de leur pellicule protéique d'adsorption, et entre lesquels seraient emprisonnés du babeurre ou de l'eau en gouttes plus ou moins grosses. Le malaxage lui-même ne détruirait pas complètement les pellicules d'adsorption, qui formeraient une couche continue [16]. »

Le beurre présenterait ainsi la structure d'une crème très concentrée. H. BOYSEN [17] se rallie aussi à cette opinion d'une phase continue provenant de colloïdes gonflés par hydratation (*a*) (pellicules d'adsorption).

(*a*) *Hydratisierte* dit le texte allemand ; ce que nous traduirions par *hydratisé* si nous voulions nous permettre ce néologisme.

Pour confirmer sa théorie de la présence des globules gras dans le beurre, RAHN expose ses recherches sur la diffusion. Dans le cas où le colloïde gonflé formerait la phase continue, les substances solubles dans l'eau et insolubles dans la graisse devraient avoir la propriété de traverser ces minces pellicules. RAHN [18] laissa reposer pendant 3 mois un morceau de beurre non salé dans une solution saturée de chlorure de sodium. Le beurre lavé extérieurement fut coupé en tranches dont la teneur en sel fut déterminée. On put établir nettement la diffusion du chlorure de sodium dans le beurre. Le sel avait pénétré à environ 15 $\frac{m}{m}$ de profondeur. Un essai de contrôle démontra que le sel ne traverse pas une couche même mince de graisse pure de beurre.

Dans une étude sur la rapidité et l'importance de la formation d'acide dans le beurre, RAHN et BOYSEN [19] en viennent à conclure qu'il doit y avoir échange d'acide lactique entre les gouttelettes d'eau contenant des bactéries produisant cet acide et celles qui n'en contiennent pas. Mais l'expérience, excluant la possibilité d'une diffusion d'acide lactique à travers la graisse pure de beurre, ils admirent la diffusion par le réseau des enveloppes protéiques. Les expériences d'osmose de BOYSEN [20] confirmèrent aussi ces théories. Il trouva qu'un petit cristal de chlorure de sodium placé à l'intérieur d'un morceau de beurre non salé attire à lui l'eau de la région avoisinante. Il se forme alors autour du cristal une zone claire, transparente, d'où disparaissent les gouttelettes d'eau. Mais à l'intérieur de la zone, le cristal est entouré d'une couche de solution salée, couche qui augmente dans la mesure où les gouttes d'eau disparaissent autour du cristal. Le cristal de sel lui-même se dissout peu à peu. BOYSEN a aussi étudié ce procédé à l'aide du microcinématographe. La même expérience fut répétée avec une émulsion de lait maigre dans de l'huile de noix de coco du type eau-dans-graisse. Le cristal de sel ne montra cette fois aucune attirance pour l'eau et les gouttelettes d'eau restèrent sans changements, même autour du cristal. Ainsi l'eau ne put pas traverser la couche de graisse. J'ai observé pourtant que dans une émulsion eau-dans-graisse de beurre, les gouttes d'eau disparaissent autour d'un cristal de chlorure de sodium [21].

3. LE BEURRE, SYSTÈME EAU ET GLOBULES GRAS-DANS-GRAISSE LIQUIDE. — Tandis que RAHN [22] partait de l'essai de diffusion avec une substance soluble dans l'eau et insoluble dans la graisse, j'ai étudié la diffusion d'une substance insoluble dans l'eau, mais soluble dans la graisse. J'ai choisi pour cela une substance colorante soluble dans la graisse : le Soudan III, pour suivre le plus simplement possible le progrès de la diffusion. La solution du Soudan III fut faite dans la fraction de graisse de beurre restée liquide à la température de la pièce où fut faite l'expérience. La graisse de beurre fondue fut

refroidie très lentement à la température de la chambre (16-17°) et centrifugée ; la graisse liquide qui s'était séparée au sommet fut pipetée et on a dissous 1 % de Soudan III dans cette fraction liquide de la graisse. Une couche de cette solution fut versée sur le beurre remplissant les tubes. Les progrès de la diffusion furent extrêmement rapides. Après 7 jours, le Soudan III avait pénétré à une profondeur de 7 $\frac{m}{m}$, et après 65 jours, à une profondeur de 26 $\frac{m}{m}$. Le processus expérimental de ROBERTSON [23], qui consiste à saupoudrer la surface du beurre avec de la poudre de Soudan III, montrait déjà que, peu de temps après, des cercles de coloration se formaient dans le beurre autour des petites parcelles de poudre.

Cette expérience semble confirmer la théorie de la phase grasse continue, car le réseau de protéine gonflée (d'après la théorie de RAHN) empêcherait la pénétration du Soudan, soluble dans la graisse mais insoluble dans l'eau. Cette hypothèse de la phase grasse continue fut encore confirmée et consolidée par les observations et expériences suivantes :

Ainsi que le montrent les microphotographies et les observations microscopiques sur fond obscur [24] et en lumière polarisée, les globules gras du beurre sont assez régulièrement ronds. Mais comme il a été dit, les gouttelettes d'eau sont rondes aussi. On ne voit pas bien comment expliquer cela si on admet la phase aqueuse continue [25]. Il doit donc exister une substance pour combler les espaces entre les globules gras et les gouttelettes d'eau ; cette substance, ainsi qu'il ressort de ce que nous verrons par la suite, est la fraction liquide de la graisse de beurre.

La méthode de dilution (dite méthode de dilution des gouttes [26]) peut servir ainsi à la détermination du type d'émulsion du beurre. Une émulsion peut se diluer par addition de la phase continue. Lors des expériences de diffusion avec du Soudan III, le beurre coloré, ainsi que le liquide de diffusion qui surnageait, furent examinés au microscope. On constata dans le liquide de diffusion la présence de petits globules de graisse qui, vraisemblablement, étaient libérés de l'ensemble complexe que constitue le beurre. On observa aussi à l'examen des préparations butyreuses, dans la fraction liquide de la graisse apparue au bord, des globules gras, isolés libres. Plus tard, l'expérience fut un peu modifiée [27]. Un tout petit morceau de beurre fut mélangé avec soin sur une lame, à l'aide d'une aiguille de platine, avec une gouttelette de la fraction butyreuse liquide prise comme liquide de dilution. Après avoir couvert d'une lamelle, on examina à un fort grossissement dans le microscope polarisant ou à l'ultra-microscope. On constata que les globules gras, ainsi que les gouttes d'eau, étaient, pour la plupart, séparés les uns des autres.

Ainsi les globules gras du beurre ne perdent pas leur individualité,

bien qu'ils forment une couche d'huile lors de la fusion du beurre. Ils peuvent se libérer du complexe général du beurre, grâce à une influence même très légère, comme la dilution avec la fraction liquide de la graisse.

On peut aussi, à l'aide des expériences de dilution, suivre l'inversion de l'émulsion pendant la butyration. D'après les expériences de SIEDEL [28], dans le premier stade de la butyration, les globules gras, bien qu'en amas, se séparent en globules isolés si on les agite dans du lait maigre ou de l'eau ; c'est donc que le genre d'émulsion graisse-dans-eau domine encore. A la fin du processus de butyration, la partie de la graisse, qui fond lorsqu'on chauffe, augmente, et cette graisse ne se laisse plus répartir en globules gras isolés dans le lait maigre ou l'eau. Toutefois, ces petits amas de beurre peuvent se séparer en globules gras isolés si on dilue avec de la graisse de beurre liquide [29]. On peut donc conclure à l'existence d'une phase grasse continue et par conséquent à l'inversion des phases.

Comment expliquer la diffusion du chlorure de sodium dans le beurre avec l'existence d'une phase grasse continue ? Les possibilités suivantes paraissent se présenter : La lécithine et quelques autres substances analogues donnent dans le chloroforme, l'éther de pétrole, l'éther et dans d'autres solvants organiques, des solutions colloïdales ayant la propriété de dissoudre des substances qui, par ailleurs, ne seraient pas solubles dans ces solvants. C'est ainsi que LOËWE [30] trouva que le bleu de méthylène et quelques autres matières colorantes ne se dissolvent pas dans le chloroforme, mais dans une solution colloïdale de céphaline dans le chloroforme. PORGES et NEUBAUER [31] ont aussi démontré que les solutions de lécithine dans l'éther dissolvent aussi des substances, telles que le glucose, qui ne se dissoudraient pas dans l'éther seul.

J'ai essayé [32] d'appliquer ces données à la solution de lécithine dans de la graisse de beurre. Une expérience préparatoire prouva la pénétration du bleu de méthylène dans la graisse de beurre contenant de la lécithine. C'était déjà se rapprocher de l'hypothèse ci-dessus. De là à supposer que la diffusion du chlorure de sodium dans le beurre est provoquée par la lécithine contenue dans le beurre, il n'y avait pas loin. Il serait intéressant à ce sujet d'établir une combinaison chlorure de sodium-lécithine qui se dissoudrait dans l'éther [33].

Pour que l'inversion des phases puisse se produire, il doit y avoir à leur disposition un peu de graisse liquide, car on ne pourrait admettre l'inversion avec de la graisse solide. Il est probable que les globules gras de la crème ne sont pas solides dans toute la masse, et qu'il se produit une séparation de la graisse en une partie liquide et en une partie solide [34]. Les expériences d'ARUP [35], qui isola une fraction de graisse de beurre, liquide à 10°, montrent que les globules gras

contiennent encore de la graisse liquide à une température de 10° , qui est environ celle de la limite inférieure des températures de barattage.

On observe aussi au microscope cette inversion des phases dans le beurre [36]. Les tout petits grains de beurre (de 50 à 300 μ de diamètre environ) montrent au microscope des amas de globules gras sans gouttes d'eau rondes entre eux. Mais il n'est besoin que d'une pression moyenne sur la lamelle pour qu'en résulte l'image typique du beurre : une grande quantité de gouttelettes d'eau rondes dans la masse de la graisse. Les globules gras ne sont pas brisés, car, en employant l'ultra-microscope ou la lumière polarisée, on voit que la masse de graisse se compose d'une quantité de globules gras plus ou moins ronds. Vraisemblablement, et grâce à l'action mécanique de la pression, l'inversion des phases a eu lieu. La fraction liquide de la graisse est exprimée en partie hors des globules gras et elle forme maintenant la phase continue dans laquelle sont dispersés les globules gras avec leurs enveloppes de protéine, les gouttelettes d'eau et les bulles d'air. Une expérience de G. QUAGLIARIELLO [37] montre qu'une telle expression de la fraction liquide de la graisse est possible. En centrifugeant du lait refroidi au-dessous de 10° , on obtient la séparation de la couche de la graisse en une couche supérieure de graisse liquide fortement jaunâtre, analogue à l'huile d'olive, et une couche inférieure presque tout à fait blanche de graisse solide. J'ajouterai ici une observation microscopique personnelle [38]. Lors du refroidissement du lait (au-dessous de 10°), une partie de la graisse liquide s'exprima des globules gras, formant sur ces derniers des calottes en forme de demi-sphère. C'est pourquoi l'expression de la graisse liquide est facilitée lorsqu'il y a pression. Peut-être, sous l'action de la pression, une partie des globules gras est-elle détruite, augmentant ainsi l'apport de la graisse de la phase continue qui n'aurait pas la forme sphérique.

L'expérience de diffusion avec du Soudan III et de dilution du beurre avec de la graisse liquide confirme l'opinion que la phase continue du beurre se compose de la fraction liquide de la graisse de beurre. Le Soudan III (ainsi que le p. diméthylaminoazobenzène) ne colore que la fraction liquide de la graisse, mais non pas la graisse solide très cristalline [39]. C'est ainsi que la graisse liquide doit provoquer la pénétration du Soudan III. De même, la fraction liquide de la graisse se mélange, lors des expériences de dilution, avec la phase continue. Il doit y avoir encore, quand la température est inférieure à 10° , un peu de la fraction liquide de la graisse dans le beurre, car, au-dessous de 10° , le beurre se colore lorsqu'il est saupoudré de poudre de Soudan [40] ; mais cette coloration se produit lentement.

On admet que les premiers stades de la formation du beurre évoluent d'après la théorie de l'écume de RAHN (abondance de graisse dans l'écume, formation d'amas). Le beurre produit ne reste pas sous la forme d'une masse de petits globules gras réunis les uns aux autres et dans l'intervalle desquels il y a de l'eau. Il se produit, au contraire, une inversion des phases. Cette inversion a-t-elle lieu aux derniers stades de la butyration ou du malaxage ? La question n'est pas résolue. G. E. HOLM [41] suppose que l'inversion des phases progresse dans la masse quand se forment les petits noyaux de globules gras. Il y a donc deux étapes à considérer dans la butyration : 1^o la concentration de la graisse dans l'écume avec formation de petites masses et 2^o l'inversion massive des phases.

Dans le beurre de la crème non refroidie, on observe, emprisonnées dans les grumeaux du beurre, des gouttelettes d'eau plus grosses et dans lesquelles les petits globules gras sont animés d'un vif mouvement brownien [42]. CLOWES [43] a décrit des faits analogues dans l'inversion des émulsions. D'après SEIFRIZ [44], il s'agit dans ce cas d'une émulsion complexe, la phase dispersée (eau) contenant encore des gouttelettes de la phase continue (graisse).

II. LES FORMES DE LA GRAISSE DANS LE BEURRE.

D'après les données exposées, la graisse se trouve dans le beurre sous deux formes :

- 1^o Celle des globules ;
- 2^o Comme milieu de dispersion pour les globules et les gouttelettes d'eau.

G. E. HOLM [45] donne la formule suivante pour la structure physique du beurre : « Butter consists therefore of fat globules, air bubbles and water droplets, each surrounded by hydrated protein films. Some of the fat may also be found in an unprotected state. »

Il faut comprendre par partie « non protégée » de la graisse, la partie qui, en tant que phase continue, remplit l'espace entre les globules gras et les gouttelettes d'eau.

1. GLOBULES GRAS DANS LE BEURRE. — Les globules gras forment la plus grande partie de la graisse du beurre. La forme sphérique de la graisse du lait a été conservée malgré les longs trajets à travers les appareils de laiterie (a). Mais la grosseur des globules est influencée (d'après les mensurations de RAHN [46]) par les machines (réchauffeurs, centrifuges, pompes) et par le trajet dans les tuyaux (princi-

(a) Il y a lieu aussi de relever l'analogie de cette structure du beurre avec celle du produit obtenu avec le latex de l'hévéa. E. A. HAUSER et M. HÜNEMÖRDER ont trouvé qu'une sorte de caoutchouc nommé « smoked sheet » (feuilles fanées) présentait au microscope après immersion prolongée dans de l'eau un conglomérat très dense des particules que l'on observe dans le latex.

palement par les courbures de ces tuyaux). D'après ces observations, un réchauffeur et une pompe ont sur la graisse une action nettement dispersante. La concentration de la phase grasse est ici d'une grande importance. Pendant que la pompe disperse la graisse du lait, elle provoque le contraire dans la crème. On observe une forte prise en masse de la graisse dans un lait qui passe par la centrifugeuse, par l'appareil de pasteurisation, par la pompe centrifuge et par vingt-trois mètres de tubes avec sept courbures. La rapidité du courant de lait, ainsi que la température, ont une grande influence sur les différentes modalités de la division de la graisse.

STORCH [47] avait déjà découvert, en 1897, à l'aide de l'examen sur champ obscur et de la lumière polarisée, que le beurre contient les globules gras dans leur forme originelle. Depuis, cette découverte a été fréquemment confirmée. En examinant au microscope le beurre inclus dans de la glycérine, WINKLER [48] a observé distinctement les globules gras isolés, dont les enveloppes apparaissent sous forme de petites pellicules plissées. D'après RAHN [49], on peut apercevoir ces globules gras sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des moyens particuliers, quand ces observations sont faites sur les bords transparents et secs (c'est-à-dire après avoir été exposés un ou deux jours à l'air) de préparations minces de beurre. On voit alors distinctement par transparence les contours délicats des globules gras. Les enveloppes des globules ne sont pas visibles dans le beurre normal à cause de la réfraction irrégulière des nombreuses gouttelettes d'eau. Ce n'est que lorsque ces gouttelettes ont disparu que l'on peut voir les globules gras. J'ai pu les observer aussi sur des préparations très fraîches, dans la mince couche périphérique, dont l'eau était en partie exprimée. Le procédé Winkler d'emprisonnement dans de la glycérine est basé sur le phénomène de la disparition des gouttelettes d'eau disparaissant sous l'action deshydratante de la glycérine. J'ai observé [50] que, dans ces préparations, aux endroits où, par transparence, les globules gras apparaissent, les gouttes d'eau ont toutes, ou presque toutes, disparu. BOYSEN aussi [51] observa que dans la zone d'éclaircissement du beurre, autour des cristaux de sel qui avaient attiré les gouttes d'eau, les globules gras s'apercevaient directement par transparence. BOYSEN [52] a confirmé ces observations. En outre, il relève qu'en examinant des préparations butyreuses entre des nicols croisés, certains globules gras étaient entourés d'un bord à double réfraction. J'ai confirmé [52] ce comportement du beurre à la lumière polarisée.

Le fait que les globules gras ne se fondent pas dans la fraction liquide de la graisse semble confirmer l'hypothèse d'une enveloppe. D'après RAHN, les globules gras du beurre sont entourés d'une enveloppe d'adsorption protéique qui provient du lait et de la crème. L'épais-

seur de cette couche d'adsorption semble faible (environ 3 à 10 $\mu\mu$; 36 $\mu\mu$ au plus). La nature chimique de la substance des enveloppes est encore un problème. RAHN admet que la substance de l'écume et la substance qui enveloppe les globules gras sont identiques. Récemment, G. SCHWARZ [53] a émis l'opinion que la substance qui entoure les globules gras a les propriétés des mucoïdes (glycoprotéïdes). Il confirme ainsi l'opinion antérieurement émise par STORCH. Plus tard, SCHWARZ [53] trouva que le ferment perhydridase adhérait fortement aux enveloppes des globules gras. J'ai observé au microscope, dans le sédiment, au moment de la fusion du beurre, des formes rappelant des globules pressés les uns contre les autres et plissés. J'ai pensé que c'étaient là des enveloppes de protéine. Le microscope bi-oculaire donna des images particulièrement nettes. Les enveloppes n'étaient pas à double réfraction et se coloraient par la solution de Ziehl et par des solutions aqueuses de fuchsine. Dans un échantillon de beurre à globules particulièrement gros, ces enveloppes étaient plus grandes que d'ordinaire.

Comme il a été dit, ces globules, observés entre des nicols croisés, étaient entourés d'une couche à double réfraction. La couche protéique n'étant pas à double réfraction, il s'agit vraisemblablement ici d'une seconde couche, à double réfraction [54]. L'épaisseur de cette couche était d'environ 1/10 du diamètre des globules (en admettant un diamètre moyen de 5 μ environ, donc 0,5 μ). Je pense que cette couche à double réfraction est composée de la partie plus difficilement liquéfiable de la graisse de beurre, en d'autres termes d'une fraction de graisse solide. L'examen du caractère de double réfraction de cette couche (fait à l'aide de la lamelle de gypse rouge I) permet de voir qu'elle est formée de petits cristaux de graisse en aiguilles et qui sont orientés tangentiellement vers la surface de la sphère. Il y a ici une analogie intéressante avec les petits globules de caoutchouc du latex. Ainsi que le montrent les expériences de FREUDLICH et de HAUSER [55], faites avec l'appareil microopérateur de PETERFL, une gouttelette de caoutchouc est également entourée de deux enveloppes : une enveloppe d'adsorption de protéines et de résines et une seconde enveloppe de caoutchouc polymérisé. Il serait intéressant de faire des recherches analogues sur la structure et la composition des globules gras. Peut-être, les globules gras, isolés à l'aide de la fraction liquide de la graisse, s'y prêteraient-ils particulièrement bien [56].

Il faut considérer la formation de cette couche à double réfraction comme un processus de séparation de la graisse liquide d'avec la graisse solide. Mais la phase grasse solide ne se sépare pas seulement en tant que couche à double réfraction, mais aussi sous la forme de cristaux. On observe, en effet, dans les globules gras, à l'aide du microscope polarisant et avec un fort grossissement, des cristaux en aiguilles

isolés, plus grands, à double réfraction, mais ces cristaux ne deviennent jamais plus grands que la longueur du diamètre des globules [57]. Cela confirme les dires de RAHN [58], à savoir que, dans les cas les plus favorables, les cristaux des globules gras atteignent la grandeur du diamètre des sphères, car l'enveloppe arrête le développement des cristaux au delà de cette longueur. On a pu observer dans les plus grandes sphères, la présence de faisceaux d'aiguilles radiaires.

Les globules gras résistent assez bien aux actions mécaniques, puisqu'ils peuvent subir le malaxage. J'ai observé [59] que les globules isolés par la graisse liquide ne sont pas détruits par les chocs, mais si l'on appuie plus fortement sur la lamelle, la plupart des globules se brisent en fragments d'enveloppe à double réfraction, en forme de croissant, qui se divisent eux-mêmes par la suite, en très petits cristallites.

Certaines modifications du processus peuvent donner naissance à des images différentes. Par exemple, avant la butyration, une partie des globules gras se réunit en grosses gouttes ; puis, lors du refroidissement, la fraction solide de la graisse, qui apparaît d'ordinaire sous la forme d'une couche de bordure à double réfraction ou sous la forme de petits cristaux isolés, cristallise en agrégats de cristaux plus importants. C'est ce que l'on entend par « beurre farineux » [60]. Lorsqu'on examine ce beurre au microscope, on voit de grands agrégats de cristaux de graisse entre les globules gras. On accuse le maintien de la crème pendant longtemps à des températures de pasteurisation, d'être la cause de la formation « farineuse ». De même, en hiver, la liquéfaction de la crème gelée, au moyen d'eau très chaude, provoque la soudure des globules gras et la formation de grosses masses qui cristallisent lors de la solidification [61]. Le contact du beurre préparé avec des ustensiles chauds provoque aussi la fusion partielle de la graisse. Lors du refroidissement, on observe dans le beurre des taches claires, jaunes, qui présentent au microscope de petites aiguilles de graisse [62].

Etant donné que le beurre normal, pur, n'accuse avec un faible grossissement (100 fois environ), aucun cristal, tandis que la margarine et les graisses employées pour la fraude sur le beurre en présentent au contraire, on a pensé à utiliser l'examen microscopique à la lumière polarisée pour découvrir les fraudes sur le beurre. LITTERSCHEIDT [63] se sert, dans ce but, d'un petit microscope polarisant de poche.

En comparant la division des globules gras dans la crème et dans le babeurre, RAHN [64] trouva que lors de la butyration, les petits globules gras restent en grande partie dans le babeurre. D'après lui, le diamètre moyen des globules gras comporte environ 5 μ . J'ai déterminé dans 10 échantillons [65] la répartition des globules gras de différents diamètres. Le maximum de la courbe de répartition était

en moyenne de 3,9 et 5,2 μ . Le calcul du diamètre moyen concordait avec les données de RAHN.

Le nombre de globules gras dans le beurre est très grand. D'après les calculs de BOYSEN [66], il varie pour 1 gr. de beurre, entre 9 et 25 milliards.

(A suivre.)

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES BABEURRES

par

JEAN PIEN

et

ROBERT MARTIN

Ingénieur chimiste (I. C. R.),
Docteur ès-sciences,
Directeur des Laboratoires
des « Fermiers Réunis ».

Ingénieur chimiste (I. C. R.),
à la Société des « Fermiers Réunis ».

Travail exécuté en collaboration avec M. Bonn, Expert-chimiste près la Cour d'Appel de Paris et le Tribunal civil de la Seine.

Etant donné l'importance prise par le babeurre en diététique et en thérapeutique infantiles, nous avons cru intéressant de procéder à une étude assez complète de la question.

Nous voulons d'abord dans le présent article rassembler quelques documents généraux sur cette question, concernant, non seulement le babeurre véritable, mais aussi les babeurre médicaux et les babeurre que nous appellerons « reconstitués ».

Le but précis de cette première et courte note est d'établir la distinction qui doit exister entre les différentes sortes de babeurre — sans d'ailleurs pousser très loin l'étude de chacun d'eux.

Nous allons envisager successivement :

- 1° *Le babeurre véritable.*
- 2° *Les babeurre médicaux.*
- 3° *Les babeurre reconstitués.*

* * *

I. LE BABEURRE VÉRITABLE.

I. Définition. — Le babeurre véritable est le produit du barattage de la crème.

VAQUEZ [1] l'appelle « le liquide résiduel du barattage du lait ».

MANQUAT [2] le désigne comme étant « le lait qui reste après l'extraction du beurre ».

Le Professeur PORCHER [3] le définit comme étant « du lait écrémé modifié par les fermentations lactiques lors de la maturation de la crème ».

LEMOINE et GÉRARD [4] considèrent le babeurre comme « le liquide restant après barattage du lait ou de la crème ».