

Mémoire de M. BOURIEZ, sans attirer l'attention sur ce fait que les différents éléments d'appréciation du mouillage ne varient pas dans le même sens au cours de la lactation. Ainsi le rapport  $\frac{1000 \text{ D-E}}{\text{(E-B)}}$  toujours très nettement supérieur à 10 dans le lait des vaches très fraîches à lait, diminue au fur et à mesure que la période de lactation s'avance, pour tomber au-dessous de 9 le plus souvent dans les laits de vaches vieilles à lait.

L'extrait dégraissé, et, par conséquent, la densité du lait dégraissé augmentent par contre du commencement jusqu'à la fin de la lactation (1).

Par contre, la teneur en matériaux solubles du lait, ou constante de CORNALBA diminue en fin de lactation, par suite de la diminution de la teneur en lactose, fait qui a une répercussion marquée sur l'indice réfractométrique et sur la densité du sérum. Ces différentes valeurs ne sont donc pas liées par des relations constantes comme on pourrait le croire.

Ce que nous venons de dire montre que les diverses méthodes d'analyse indirecte du lait, quelque intéressantes qu'elles soient, ne nous apportent pas, à proprement parler, d'éléments nouveaux d'appréciation ; de plus, les résultats obtenus par le calcul présentent tous une telle marge d'incertitude, qu'il ne paraît pas y avoir actuellement intérêt à en développer l'emploi.

---

## LES PRINCIPES D'UNE TECHNIQUE RATIONNELLE EN INDUSTRIE LAITIÈRE.

*Le rôle des microorganismes en laiterie (suite),*

par G. GUITTONNEAU,

Difecteur de la Station centrale d'agronomie à l'Institut des Recherches Agronomiques.

---

### IV. — La technique des fabrications.

Dans l'ordre naturel des choses, le lait est destiné à être consommé à la mamelle. Il représente un ensemble, remarquablement équilibré, d'éléments nutritifs qui, par leur composition chimique, leur état

(1) M. BOUIN. — Contribution à l'étude des variations de la composition du lait de vache au cours de la lactation. Rapport présenté au Congrès de Strasbourg de l'Association Française pour l'avancement des Sciences, 26 juillet 1920.

physique ou leurs propriétés physiologiques, sont capables d'assurer une croissance rapide à l'organisme délicat des jeunes.

Un tel aliment ne peut manquer d'être envahi par les microorganismes, dont l'action l'altère, ainsi que nous l'avons vu, dès qu'il cesse d'être protégé par les réactions de défense des organes vivants qu'il ne devrait jamais quitter normalement, passant directement de ceux de la mère à ceux du petit qu'elle nourrit.

En admettant, du reste, que le lait ne devienne, après la traite, le siège d'aucune fermentation rapide, comme cela arrive lorsque la température du milieu ambiant est suffisamment basse, il n'en reste pas moins soumis à l'action des forces physiques qui régissent le monde des choses inertes. Certains de ces éléments, en simple suspension ou en solution colloïdale, se précipitent très lentement (phosphates), tandis que sa matière grasse, à l'état d'émulsion peu stable, vient assez vite se rassembler en surface, y formant une couche de *crème*.

Le lait ne peut donc rester sous sa forme originelle qu'un nombre d'heures toujours très limité, et l'idée devait naturellement venir à l'homme d'essayer de garder, pour les besoins de son alimentation, le plus possible des éléments nutritifs, susceptibles de quelque conservation, qui lui apparaissent faciles à séparer de ce liquide complexe et instable.

Or, l'agitation et les chocs répétés rassemblent les globules gras du lait ou de la crème, en un produit homogène de saveur agréable, *le beurre*. C'est une graisse relativement peu sujette aux avaries rapides.

D'autre part, l'acidification spontanée du lait détermine, dans sa masse, la formation lente d'un coagulum qui renferme la presque totalité de sa matière grasse et la plus grande partie de sa matière azotée. Un coagulum analogue se forme, très rapidement, au contact de la muqueuse qui tapisse l'estomac des animaux et, particulièrement, le caillette des jeunes ruminants. Les *caillés*, ainsi obtenus, deviennent le siège de transformations, dont nous avons étudié les mécanismes divers, et restent bons à consommer pendant un temps assez long.

De ces simples observations sont nées la beurrerie et la fromagerie, dont l'évolution a déterminé l'orientation générale de l'industrie laitière.

*L'évolution de la beurrerie et de la fromagerie.* — On peut obtenir le beurre en soumettant au *barattage* soit le lait entier, plus ou moins acidifié (populations arabes), soit simplement la crème qui s'en sépare, spontanément au repos. Celle-ci fut quelquefois employée.

*douce* (Europe centrale). Aujourd'hui, on la laisse à peu près partout *se mûrir*, tout d'abord, par acidification lactique.

Un ensemble d'opérations aussi simple ne pouvait donner lieu à une grande diversité de conceptions, dans ses adaptations pratiques. Mais, suivant les conditions de propreté du travail, la qualité du beurre est restée, cependant, fort inégale, dans les diverses contrées où on le fabrique.

C'est surtout dans la façon de conserver le caillé, que les initiatives les plus diverses et les plus intéressantes se sont manifestées. Elles ont abouti aux méthodes de préparation d'un nombre considérable de *variétés de fromages*, fort différentes d'une région laitière à l'autre. Et, bon nombre de ces régions ont pu s'acquérir une grande renommée, dans les spécialités qu'elles se sont ainsi créées.

*La question des crus de lait.* — La constatation de tels résultats, empiriquement obtenus, conduisit les praticiens à établir une étroite liaison entre les qualités particulières aux produits d'un pays, et celles du lait dont ils dérivent.

Comme il existe des crus de vin, on admit qu'il existait des *crus de lait*, et que la réussite, dans chaque genre de fabrication, était possible là seulement où la nature avait, tout d'abord, réalisé certaines conditions favorables.

C'était une formule commode, pour expliquer l'échec des entreprises audacieuses qui, rompant avec les préjugés et la routine, avaient pu tenter d'étendre la zone de telle ou telle production intéressante. Cette formule même marquait, d'ailleurs, la plus profonde ignorance de l'esprit qui doit guider tout travail rationnel en industrie laitière.

On ne peut nier que certaines qualités secondaires du lait, comme la couleur et la consistance de sa matière grasse, peut-être même un peu son arôme, soient influencées par la race et l'alimentation des vaches laitières. Mais, à cela se limite la minime importance qu'il faille attribuer aux crus de lait.

L'expérience a démontré, aujourd'hui, qu'on peut toujours obtenir n'importe où, et n'importe quand, n'importe quel produit d'excellente qualité. Deux conditions seulement sont nécessaires pour cela. Il faut, tout d'abord, disposer de lait bactériologiquement propre, et nous avons pu voir, dans une précédente partie de ce travail, qu'il est souvent difficile, mais qu'il n'est jamais impossible de s'en procurer. Il suffit, ensuite, de savoir conduire le travail des fermentations.

Ce sont donc les progrès de la bactériologie, qui ont permis de se préciser, aux conceptions modernes de la technique laitière. Ils ont

rendu possibles, en même temps, nombre de réalisations avantageuses pour la pratique. Cela ne veut pas dire qu'il n'y ait plus aucun profit à tirer des données de l'empirisme.

*Les données de l'empirisme en beurrerie et en fromagerie.* — Les recettes empiriques sont nées, en effet, d'une observation séculaire des faits et elles gardent, à ce titre, une grande valeur pratique. C'est toujours sur elles que reposent les bases de la technique beurrerie et de la technique fromagère. Mais il est nécessaire de pouvoir les appliquer judicieusement, en toute connaissance de cause, pour éviter les surprises. Il faut donc savoir les interpréter scientifiquement.

*L'empirisme et la lutte contre les microorganismes.* — L'action antiseptique du *sel marin* a été mise à profit de bonne heure, pour la conservation de toutes les denrées alimentaires et, en particulier, des produits de la laiterie.

C'est à elle qu'ont encore recours, aujourd'hui, certaines peuplades d'Orient, pour préserver des avariés, le caillé plus ou moins desséché dont elles se nourrissent en partie. Il est vraisemblable qu'à l'origine il en dut être ainsi un peu partout.

On n'a pas cessé, d'ailleurs, de mettre largement à contribution le pouvoir antiseptique du sel dans la beurrerie aussi bien que dans la fromagerie modernes. Et l'observation a montré que les microorganismes n'ont pas tous, vis-à-vis de lui, une égale résistance.

Les *ferments lactiques* et l'*oidium* y sont beaucoup plus sensibles que les *mycodermes* et que certains *ferments alcalinisants*. Ainsi s'explique l'usage, souvent exagéré d'ailleurs, que l'on fait du sel, pour entraver le développement prématuré et excessif de l'*Oidium* (*Maladie de la graisse*).

Les *acides*, particulièrement l'acide acétique (vinaigre) et l'acide lactique, apportent une entrave efficace à l'action de tout ferment sur la matière azotée (*Putréfaction*). Ce sont donc, aussi, d'excellents conservateurs pour les aliments.

L'*acidification*, due à une fermentation lactique vigoureuse, était indiquée pour jouer, en beurrerie et en fromagerie, un rôle de préservation particulièrement intéressant, puisqu'elle permettait de modérer les salages et de conserver, ainsi, aux produits, toute la finesse de leur goût.

Le *séchage*, suivant qu'il est plus ou moins poussé, peut paralyser ou simplement ralentir la vie des microorganismes, en les privant de l'eau qui leur est nécessaire.

Nous avons dit que c'est son action, jointe à celle du salage, qui permet, vraisemblablement, à l'origine, de conserver le caillé.

On lui fait jouer un rôle plus atténué, mais très important, au *hâloir*, ou il règle, dans une certaine mesure, la marche de la végétation qui évolue à la surface des fromages moisiss.

La *désinfection du matériel* est à peu près assurée, en pratique, par son *ébulliantage*, auquel les fermières ont su avoir recours depuis longtemps. Elles ont, quelquefois, fait mieux encore. Dans plusieurs régions (Ouest de la France), il était autrefois d'usage de passer toute la vaisselle laitière au four qui servait à cuire le pain, après que celui-ci en avait été retiré. Ce chauffage, assez énergique et prolongé, représentait un utile complément de stérilisation à sec.

Dans le même ordre d'idées, *l'ébullition* augmente, notablement, la durée de la conservation du lait, et l'observation de ce fait est certainement fort ancienne. Mais, ce n'est pas seulement cette destruction, à peu près radicale, des germes, qu'avait pressentie l'empirisme dans l'action de la température.

Il avait su, également, tirer parti des chauffages plus modérés qui, sans détériorer les produits, tuent le plus grand nombre des espèces dont on redoute le développement.

Dans la fabrication des fromages cuits, le chauffage progressif du caillé, jusque vers 60°, en constitue une véritable *pasteurisation*. Les vieux praticiens essayaient, en cas de besoin, d'accentuer les heureux effets de cette opération, en prolongeant la durée du travail *après le feu*.

Un tel chauffage reste toujours insuffisant pour détruire les *ferments lactiques thermophiles*, qui ont, par la suite, un rôle capital à jouer dans l'égouttage du fromage et dans sa maturation. Il les favorise donc, en les débarrassant de beaucoup de leurs concurrents, ce qui revient à dire qu'il les *sélectionne*.

Mais cette sélection, qui n'est que limitative, ne peut à elle seule suffire pour peupler suffisamment le caillé en espèces utiles. Dans ce genre de fabrications, comme d'ailleurs dans la plupart des autres, il était nécessaire de les apporter en masse, là où elles doivent évoluer, par des *ensemencements*.

*L'ensemencement empirique des espèces utiles aux fabrications et ses incertitudes.* — On a eu recours, depuis une époque fort ancienne, à l'emploi des *levains* ou *pieds de cuves*, pour assurer la propagation des bonnes espèces microbiennes dans les *laits fermentés*, dans les *laits filants*, dans la *lange Wei* ainsi que dans l'*aisy*. Dans toutes ces préparations, en effet, la substance à faire fermenter est *ensemencée* avec une partie de celle qui est déjà en pleine voie de transformation (préparation de la veille ou des jours précédents).

La crème, que l'on abandonne à la maturation, est souvent traitée

d'une manière analogue. Cependant, c'est en général dans le *babeurre*, riche en ferments lactiques, qu'on est allé chercher le levain qui lui est ajouté.

Le lait frais qu'on laisse spontanément s'acidifier pendant 12 ou 24 heures, en le maintenant à une température convenable, constitue une *culture*, plus ou moins riche, de ferments lactiques, que les fromagers font souvent entrer dans les fabrications, surtout l'hiver, pour améliorer les conditions de l'égoûtage du caillé (lait de la veille).

Le caillage du *Gruyère* et de l'*Emmenthal*, se fait au moyen d'une *présure* dite *naturelle*, préparée à la fromagerie. Elle apporte dans le lait, non seulement la diastase coagulante des caillettes, mais encore un nombre considérable de microorganismes, qui ont proliféré dans le *petit lait* ou dans la *recuite* où les caillettes ont macéré de 24 ou 48 heures. Parmi ces microorganismes, les ferments lactiques utiles sont toujours très largement représentés, surtout si on les favorise par une température convenable et une légère acidification du milieu, à l'origine (*acide lactique-Casol*, etc.).

Le *Cantal* est souvent fabriqué, à la ferme, avec du lait qu'on vient de traire. On saisit alors moins bien le mécanisme de la contamination. Il se retrouve dans la pratique, assez générale d'ailleurs, en fromagerie, qui consiste à laver tout le matériel avec du *sérum* ou *petit-lait*, à la faveur duquel se perpétuent les cultures de ferments lactiques.

Les germes de la végétation superficielle des fromages moisissus ne peuplent que petit à petit les hâloirs. Ils se transmettent par l'intermédiaire des *cajets*, dont on faisait, autrefois, l'échange ou le commerce entre fromageries. Quelquefois, aussi, au début des fabrications, ou en cas d'accidents, on badigeonnait ces cajets avec une bouillie obtenue en délayant, dans un peu de lait, des fromages déjà *bien fleuris*, en particulier des *bondons*, sur lesquels avaient sporulé le *Penicillium candidum* ou le *Penicillium album*.

Tous cesensemencements, grossièrement exécutés, ont pu rendre de réels services aux praticiens. Mais ils les ont souvent aussi conduits à de sérieux déboires. Il est facile de concevoir, en effet, qu'ils peuvent propager les mauvaises espèces, en même temps que les bonnes.

C'est ainsi qu'on peut voir quelquefois, particulièrement en été, les levains lactiques tellement envahis par le *B. lactis aerogenes* ou le *B. coli*, qu'il y a grand intérêt à les supprimer radicalement.

De même, les bondons dont la pâte est, en général, préparée, sans aucun soin, à la ferme, apportaient la plupart du temps, dans les fromageries où on les introduisait comme semence, non seulement les bonnes moisissures, mais encore une multitude de microorga-

nismes nuisibles et en particulier de *levures*, causes de beaucoup de cas d'*amertume*.

Il n'est peut-être pas de cas où le hasard des ensemencements ait pu jouer un rôle plus invraisemblable que dans les macérations de caillettes, destinées à l'emprésurage des fromages cuits. Ces macérations constituent, en outre, ainsi que nous l'avons dit, les levains lactiques indispensables à la bonne marche des fabrications.

A ce titre, ce fut un véritable contre sens bactériologique que de prendre la *recuite* pour y faire macérer les caillettes, sans aucune précaution spéciale. La *recuite*, obtenue par chauffage du petit lait à une température d'environ 100°, se trouve d'autant mieux débarrassée de tous les germes vivants qu'elle renferme, qu'on l'acidifie, par surcroît, au moyen d'une addition d'*aisy*. Elle est donc, pratiquement, stérilisée, pour être recontaminée, aussitôt, par les microorganismes qui peuplent les caillettes, les mains des fromagers et les récipients dans lesquels on l'introduit. Fort heureusement, les ferments lactiques, qui se trouvent partout dans la fromagerie, sont ainsi introduits dans les macérations, où ils prolifèrent d'autant plus activement que la température leur est plus favorable. Ils acidifient le milieu et paralysent ainsi le développement des espèces les plus dangereuses (*Putréfiants-Ferments butyriques*). Pour cette unique raison, les choses tournent bien, en général, sans que les opérateurs aient le droit d'en tirer vanité.

Aujourd'hui que les écrémeuses centrifuges permettent de récupérer, sans chauffage (*bréchage*), la matière grasse restant dans le *petit lait de la chaudière*, il est infiniment plus logique d'avoir recours à ce petit lait pour préparer les présures. Il contient, en effet, toutes les espèces qui doivent entrer dans la fabrication. Et, de fait, la pratique a dû trouver avantageuse cette substitution, qu'elle a tendance à généraliser.

Ainsi, disparaît de la fromagerie cet *aisy* mystérieux, sur lequel on a dit tant de choses insensées. Il n'a pas d'autre vertu, cependant, que celle d'une solution acide. Grâce à cette réaction, il coagule une notable partie de la matière azotée soluble de lactosérum (*serac*), lorsqu'on *brèche* ou qu'on *tranche*. La légère acidité qu'il communique à la *recuite*, favorise sa stérilisation au cours du chauffage et peut, en outre, dans une certaine mesure, la protéger contre l'envahissement des *Putréfiants* et des *Ferments butyriques*, durant les premières heures de la macération des caillettes, avant que les ferments lactiques aient pris un développement suffisant pour se défendre par leurs propres moyens.

Le *petit lait* bénéficie du chauffage que subit le caillé dans la chaudière et se trouve, de ce fait, bactériologiquement purifié. Cependant,

cette purification n'est pas toujours suffisante et il peut, dans les présures, transmettre, d'une fabrication à la suivante, les germes qui provoquent certains accidents (*Gonflement*).

Quoiqu'il en soit, introduisant ainsi, tant bien que mal, les bons ferments là où ils sont utiles, ou se contentant de ceux que les circonstances y apportent spontanément, le praticien se rend compte qu'il pouvait, par la suite, régler, dans une large mesure, leur développement. Il lui suffisait, pour cela, d'agir sur certains facteurs essentiels à leur vie, qui lui étaient facilement accessibles.

*Le réglage empirique des conditions favorables aux diverses phases des fabrications.* — Parmi les facteurs qui influent, d'une manière décisive, sur l'allure des phénomènes les plus importants, mis à profit en beurrerie et en fromagerie, la *température* se place en première ligne.

Toutes les fermières, qui ont su bien fabriquer le beurre, se sont préoccupées de laisser la *crème se mûrir*, au chaud l'hiver, au frais l'été, c'est-à-dire à une température sensiblement constante et comprise entre 15 et 20°.

De même, les fabricants de fromages frais font cailler le lait à 14-16°, s'il s'agit des *Petits Suisses*; à 17-20°, s'il s'agit des *Demi-sels*.

A ces températures, les meilleures espèces de ferments lactiques se développent, en effet, fort bien, sans avoir à redouter la concurrence des *pseudo-ferments lactiques* (*B. Coli*, *B. lactis ærogenes*), adaptés à des températures plus élevées (37-38°).

Lorsque les fromagers laissent, aujourd'hui encore, comme autrefois les fermières, le lait *crémer* naturellement, entre 13° et 15°, ils lui permettent, en même temps, de se peupler lentement de ferments lactiques, producteurs d'arômes fins, qui le *mûrissent* dans d'excellentes conditions (fruitières et chalets de l'Est de la France et de Suisse, fromageries modernes de Hollande).

La présure a un pouvoir coagulant qui atteint son maximum d'intensité vers 40°. Plus on se rapproche de cette température, lors de la coagulation du lait, plus on accentue son action. Celle-ci se trouve nettement favorisée, lorsque le *caillage* se fait sur du lait à peine refroidi, après la traite, jusqu'à 33-34°. Il en est ainsi dans la fabrication, à la ferme, de certains *Bries* et du *Cantal*. L'emprésurage de l'*Emmenthal* se fait quelquefois, également, vers 34°, et celui du *Pont l'Evêque* vers 38-40°. Mais, en règle générale, c'est vers 28-30° que se pratique cette opération et cela est fort logique.

Nous savons, en effet, que l'égouttage du caillé est facilité par le développement des ferments lactiques. Nous avons vu, d'autre part, que si, parmi ces ferments, il existe des espèces plus ou moins

adaptées à toutes les températures, de 15 à 50°, les espèces intéressantes, pour ce qui concerne les fromages non cuits, s'accoutument particulièrement bien de celles qui sont comprises entre 25 et 30°.

A 37-38°, pendant que ces bonnes espèces sont déjà très sensiblement gênées dans leur évolution, les *pseudo ferments lactiques* (*B. lactis ærogenes* et *B. Coli*) arrivent, au contraire, au maximum de leur vigueur.

Il peut être utile de pousser jusqu'à 35-40° le chauffage du caillé, pour faciliter sa rétraction ; mais il n'est nullement indiqué de le maintenir longtemps à ces températures, surtout l'été.

Lorsque le caillé doit rester un nombre d'heures considérable en contact avec le sérum (de 24 à 48 heures pour les *Demi-Sels*, *Bondons*, *Malakoffs*, etc.), il est même très prudent de maintenir le tout au-dessous de 20°.

Au cours de l'*égouttage*, les ferments lactiques ont à poursuivre leur action, et la température de la salle devrait, logiquement, être maintenue à 28-30°. Mais la surface du caillé ou celle des sacs qui le renferment se recouvrent alors, d'une couche visqueuse, imperméable, qui s'oppose à tout écoulement du sérum au bout de peu de temps. Elle est constituée par une végétation excessive de l'*Oïdium*, qu'on a beaucoup moins à redouter à 18-20°. C'est pourquoi ces dernières températures ont été indiquées, avec une généralité frappante, comme étant les plus propices à un bon égouttage en fromagerie.

Le *Gruyère* et l'*Emmenthal* font pourtant exception à cette règle générale. Fortement chauffé dans la chaudière (60°), leur caillé garde pendant 24 heures environ, sous la presse, une température qui s'abaisse de 50 à 35°. Mais, nous savons que ce sont les *bactéries thermophiles* qui ont alors un rôle particulier à jouer.

La *température du haloir* a été fort judicieusement fixée comme devant être tempérée, et se rapprocher de 15°, pour maintenir le bon équilibre dans le développement de la flore superficielle des fromages moisissés. Quand elle s'écarte notablement de ce chiffre, c'est l'*oïdium* qui a tendance à prédominer si elle s'élève, et la *moisissure*, si elle s'abaisse. Nous connaissons les inconvénients qui en résultent dans l'un et l'autre cas (*Graisse-Grosse peau*)

Dans les *caves* à 12-13°, les *ferments du rouge* ont une vie ralentie ; ils ne produisent ni trop d'ammoniaque, ni trop de caséase, et l'affinage des fromages moisissés peut s'achever, sans qu'ils deviennent coulants. Les fromages pressés, placés dans les mêmes conditions de température, n'ont plus guère à redouter le développement des *ferments butyriques*, qui en provoqueraient le gonflement (fermentation du lactate de chaux), et l'avarie.

D'autres facteurs que la température peuvent influencer sur le développement des microorganismes et certains ont été remarquablement discernés par les fromagers.

C'est ainsi que le départ des *ferments du rouge*, sur les fromages moisis, est favorisé par une *atmosphère ammoniacale*, qui alcalinise légèrement leur surface. Une telle atmosphère existe normalement, dans les bonnes caves d'affinage. Elle existe aussi dans les étables, où les fabricants de Brie laissaient autrefois séjourner quelque temps leurs fromages, à la sortie du hâloir.

Certains fromages, fortement salés, et à pâte acide, sont placés dans la *terre*, dans les *cedres*, dans le *foin*, dans les *feuilles mortes*, dans le *marc de raisin*, etc., parce que leur maturation ne peut guère se faire qu'avec le secours d'une quantité importante d'ammoniaque. Ils la peuvent trouver dans l'atmosphère, ainsi créée autour d'eux.

Remarquons, enfin, que chaque fois qu'une végétation superficielle, avide d'oxygène, a un rôle important à jouer dans l'affinage, les fromages ont, en général, un faible volume et offrent, à l'air ambiant, une *large surface* de contact (*Brie, Camembert, Coulommiers, Neuchâtel, Bondon, Port-Salut*, etc.). C'est le contraire qui est réalisé dans le *Cantal*, le *Gruyère*, l'*Emmenthal*, dont la maturation se poursuit par des phénomènes purement internes.

Il ne serait pas difficile de faire nombre d'autres remarques analogues. Comme les précédentes, elles montreraient qu'en industrie laitière, en fromagerie surtout, les praticiens furent souvent des observateurs perspicaces. Bien avant qu'on ne connut le mécanisme des fermentations, ils surent déterminer les principales des conditions qui les règlent, et en tirer bon profit.

Mais, c'est seulement lorsque les travaux de Pasteur eurent mis en lumière le rôle des microorganismes, que tout devint clair et que tout s'expliqua progressivement. Du même coup, l'industrie vit s'élargir singulièrement son horizon.

*Les moyens d'action de la technique moderne.* — Ce n'est pas, en effet, dans les perfectionnements de l'outillage qu'il faut voir les progrès véritables réalisés en laiterie, au cours de ces dernières années.

Il serait, certes, fort injuste de méconnaître l'utilité des améliorations apportées à l'ancien matériel de la beurrerie ou de la fromagerie. Les services que rendent journellement les *écrémeuses centrifuges*, les *barattes malaxeurs*, les *presses à fromage perfectionnées*, les *brassoirs mécaniques*, etc., le montrent assez. Mais, ces améliorations n'ont fait que faciliter l'exécution du travail, sans en accroître les possibilités. C'est justement en nous basant sur cette constatation, et sur quelques autres du même ordre, que nous avons

été amené à préciser le rôle qui doit être assigné à la mécanique, considérée comme base de la technique en industrie laitière.

Il en va tout autrement pour ce qui est des éléments techniques, introduits en laiterie par les données de la Bactériologie. C'est de ces éléments qu'ont pu se constituer les seules méthodes vraiment fécondes, dont se soit enrichie la pratique.

Ainsi, la notion de l'influence qu'exerce la température sur le développement des agents de la transformation du lait, assez nettement définie déjà par l'observation séculaire des faits se trouva, fort utilement, complétée par la mise en lumière de deux points capitaux :

1° Les basses températures ralentissent ou paralysent le développement des microorganismes.

2° Les températures élevées tuent tous les germes.

L'emploi du froid ou de la chaleur artificiels devait donc permettre non seulement de réaliser toujours les températures les plus favorables aux fabrications, mais encore d'arrêter, momentanément ou définitivement, tout développement microbien dans le lait. Cela revient à dire qu'il devenait possible d'en assurer la *conservation*, primitivement impossible, par le refroidissement ou par le chauffage.

De même, l'étude des ferments ayant montré qu'ils ne peuvent se développer si le milieu, où ils doivent évoluer, ne renferme pas une certaine proportion d'eau, il était naturel de songer à réaliser, également, cette conservation du lait par la *dessiccation*. L'action préservatrice du séchage, dont nous avons parlé, était d'ailleurs d'observation fort ancienne, et la technique moderne n'a guère fait qu'en préciser le mécanisme. Elle a ainsi déterminé les conditions rigoureuses de sa mise en œuvre efficace.

Il existe, d'autre part, des substances qui, en vertu de leurs propriétés toxiques, sont capables de détruire les microorganismes ou de les gêner dans leur développement : ce sont les *antiseptiques*. Avec juste raison, la loi a rigoureusement interdit l'addition, aux denrées alimentaires, de tous ceux qui peuvent exercer une action nocive sur l'organisme humain. Le *sel*, dont nous avons parlé et le *sucre*, employé à haute dose, qui sont, en même temps, des aliments pour l'homme, peuvent seuls être licitement utilisés, pour conserver les produits de la laiterie, destinés à être consommés en France.

Mais, l'emploi des antiseptiques s'impose pour la *désinfection du matériel et des locaux*, qu'il y a si grand intérêt à tenir rigoureusement propres.

A un autre point de vue, nous avons souligné les inconvénients des méthodes empiriques, par lesquelles le praticien avait été conduit à apporter, dans les fabrications, les germes qui leur sont néces-

saires. Dès qu'on sut *isoler* les microbes, rien n'était mieux indiqué que de substituer, aux levains impurs d'autrefois, les *cultures pures de ferments sélectionnés* que préparent, aujourd'hui, les laboratoires.

De ces données générales sont nés des procédés de travail dont la pratique a su tirer bon profit. Elle s'est souvent heurtée, cependant, au cours de leur application, à des difficultés qu'elle n'a pas toujours pu surmonter très heureusement. Elle a su faire, par contre, à leur sujet, des observations de détail qui ont leur intérêt.

Il n'est donc pas inutile de s'arrêter, un peu plus longuement, sur ces méthodes de la technique moderne, en les examinant sous la forme que leur a donné la réalisation industrielle. Nous aurons ainsi à examiner successivement : *La stérilisation. La fabrication du lait concentré non sucré. La dessiccation. La pasteurisation. La fabrication du lait concentré sucré. La conservation par le froid du lait et de ses dérivés. La désinfection du matériel et des locaux. La question des ferments sélectionnés et de leur utilisation.*

*La stérilisation.* — Dans l'état actuel de nos connaissances, l'*action de la chaleur* peut, seule, permettre de *stériliser* le lait sans altérer profondément ses qualités nutritives, et en garantir une conservation de durée, théoriquement illimitée.

La méthode industrielle de stérilisation, partout appliquée aujourd'hui, n'est qu'une adaptation de la technique bactériologique, grâce à laquelle, depuis Pasteur, on a pu priver de germes vivants les milieux nutritifs, dits milieux de culture. Elle consiste à chauffer le lait dans des récipients où il se trouvera, l'opération une fois terminée, à l'abri des contaminations du milieu extérieur.

On peut l'enfermer dans des *boîtes* de fer blanc hermétiquement closes, par sertissage ou soudure, comme les autres conserves alimentaires, qui subissent un traitement analogue.

Le plus souvent, on le met en *bouteilles*.

Lorsque les bouteilles sont bouchées avant le passage à l'autoclave, une petite quantité d'air s'y trouve emprisonnée, même lorsqu'on a soin d'y introduire le lait à 65-70°.

Si, au contraire, elles sont stérilisées ouvertes et qu'on les ferme rapidement, encore très chaudes, avant ou dès l'ouverture de l'autoclave, elles sont pratiquement privées d'air. La fermeture se fait automatiquement lorsqu'on utilise certains dispositifs spéciaux, qui se ramènent tous au principe d'un clapet. Celui-ci se soulève sous la pression des gaz contenus dans la bouteille, lors du chauffage, et se referme sur la dépression qu'y produit la condensation, lors du refroidissement. Le fonctionnement de ces dispositifs n'est, malheureusement, pas toujours très satisfaisant.

Il est, enfin, possible d'effectuer le bouchage sous le vide, au moyen d'appareils spéciaux, qui commencent à entrer dans le domaine de la pratique.

La conservation du lait stérilisé *sous le vide* atténue, dans une certaine mesure, son brunissement. Elle évite surtout le développement des goûts suiffeux, dûs à une oxydation de sa matière grasse. Cette oxydation est, comme on le sait, favorisée par l'action de la lumière (DUCLAUX). Elle est plus particulièrement à redouter si les globules butyreux viennent se rassembler, à la surface du liquide, en une couche solide, d'aspect d'ailleurs fort désagréable. *L'homogénéisation*, qui évite cette séparation, est donc une opération recommandable, dans tous les cas.

Si le lait est totalement privé d'oxygène libre, et rigoureusement soustrait au contact de ce gaz, ce qui est rare, les microorganismes strictement aérobies, dont les spores ont pu résister au chauffage, ne peuvent s'y développer (*B. subtilis*). Par contre, les *ferments butyriques* y trouvent un milieu particulièrement favorable à leur multiplication.

Que les bouteilles aient été ou non purgées d'air, ce qui importe avant tout, c'est, qu'après la stérilisation, aucun germe ne puisse pénétrer à leur intérieur. Il y règne, justement, une dépression qui tend à y produire un appel d'eau non stérile, lors du refroidissement dans l'autoclave ou, par la suite, de l'air atmosphérique, avec tous les microorganismes qu'il tient en suspension. Le *bouchage* demande donc une attention toute particulière.

Il est, en fait, très difficile à réaliser, d'une manière satisfaisante. Les bouchons de liège, en particulier, doivent être d'excellente qualité et dépourvus de veines longitudinales, qui représentent des points de moindre résistance, et se transforment, souvent, en canaux de contamination (*Cheminées*). Par prudence, il est toujours indiqué, non seulement de les paraffiner, mais encore de les recouvrir, avant le passage à l'autoclave, d'une *capsule* imperméable, s'adaptant exactement sur le goulot de la bouteille, qui réalise, en somme, une deuxième fermeture, superposée à la première.

Dans bien des cas, les avaries du lait stérilisé sont dues au développement de microorganismes, incapables de résister au chauffage qu'il a subi. C'est alors le mauvais bouchage qu'il faut toujours incriminer.

La chaleur, qui tue les germes vivants, provoque, d'autre part, dans le lait, en détruisant ou en altérant certains de ses éléments constituants, des transformations d'ordre physique, chimique ou biologique. Nous reviendrons, un peu plus loin, sur cette question, à propos de vitamines. Mais, le résultat immédiat de cette action

complexe est un *brunissement du lait*, auquel est lié une modification de sa saveur (*goût de cuit*).

Ces altérations sont d'autant plus marquées que l'action de la chaleur, qui les détermine, est plus intense et plus prolongée. On est donc conduit, pratiquement, à déterminer *la température et la durée minima d'une stérilisation efficace*, qui laisse au lait, autant que possible, toute sa blancheur, et sa saveur originelles. Cette température et cette durée dépendent, bien entendu, de la nature des germes que contient le lait, et, par conséquent, de son état de propreté. (*Epreuve de résistance à la température*).

Il ne faut pas oublier que l'action stérilisante de la chaleur doit atteindre toutes les parties du liquide. Il convient donc d'ajouter au temps théorique de la stérilisation, celui qui est nécessaire à l'établissement de l'équilibre des températures dans toute la masse. Ce dernier dépend de plusieurs circonstances. Toutes choses égales d'ailleurs, il est d'autant plus court que le chauffage est plus lent, d'autant plus long que le nombre de bouteilles ou de boîtes, traitées à chaque opération, est plus considérable et que ces bouteilles ou ces boîtes sont de plus fortes dimensions. On peut et on doit le déterminer expérimentalement, dans des conditions de travail bien établies, au moyen de thermomètres à maxima, placés dans certaines bouteilles qu'on distribue, convenablement, parmi les autres.

C'est d'ailleurs une précaution tout à fait indispensable, que de contrôler souvent les indications du thermomanomètre par celle du thermomètre.

Lorsqu'il s'agit de boîtes métalliques, il est indiqué de les chauffer dans l'eau, pour favoriser la bonne et rapide répartition de la chaleur. On peut opérer de même avec les bouteilles, si elles sont définitivement bouchées avant la stérilisation.

Une fois celle-ci terminée, on a intérêt à *refroidir* la masse, le plus rapidement possible. Dans ce but, on peut injecter de l'eau froide dans l'autoclave, qu'on maintient sous pression constante, si ce sont des bouteilles qu'il contient, pour éviter les débouchages et les éclatements.

Le chauffage et le refroidissement étant d'autant plus rapides que les *autoclaves sont plus petits*, les dimensions de ces appareils doivent être aussi réduites que le permettent les conditions économiques du travail.

En pratique, on obtient généralement une bonne stérilisation du lait en le chauffant à 105° pendant 50-60 minutes, ou à 107-108° pendant 30 à 40 minutes.

Il arrive, cependant, que ces chauffages restent insuffisants, car ils ne peuvent tuer les spores, particulièrement résistantes, de certains

microorganismes (certains *subtilis*). On est alors conduit à élever la température de la stérilisation jusque vers 115°. Mais on provoque ainsi une coloration beaucoup trop accentuée du lait, si on ne le refroidit pas très rapidement.

On peut dire que le véritable remède, à ces sortes d'accidents, consiste à *améliorer les conditions hygiéniques de la récolte du lait et de son ramassage*, pour éviter ses contaminations.

Il n'en reste pas moins que la stérilisation industriel le gagnerait à être plus radicale et, par conséquent, plus sûre. Pour qu'il puisse en être ainsi, il est nécessaire de l'envisager sur d'autres bases, de manière à éviter les inconvénients signalés d'un chauffage trop prolongé.

Plusieurs chercheurs se sont demandé, en effet, si, pour priver de germes vivants certains produits délicats, comme le lait, il n'y aurait pas intérêt à réduire le plus possible la durée du chauffage. Il faut alors pousser celui-ci rapidement jusqu'à une *température élevée*, qu'on maintient juste le *minimum de temps* nécessaire, et le faire suivre, aussitôt, d'un refroidissement suffisant pour mettre très vite un terme à son action violente.

O. JENSEN a vérifié que les spores les plus résistantes ajoutés à du lait, étaient tuées, en 40 secondes, à 135°, en 50 secondes à 130°, et en 90 secondes, à 125°.

L'expérience semble avoir montré, d'autre part, que de tels chauffages n'altèrent que relativement peu les qualités organoleptiques du lait, à la condition que celui-ci soit toujours maintenu sous une pression suffisante, pour ne jamais bouillir.

Mais l'opération doit, évidemment, être effectuée en dehors des bouteilles, et le *remplissage* de celles-ci doit se faire *aseptiquement*. Ce dernier point comporte, sans doute, quelques difficultés de réalisation en grand.

Jusqu'à ce jour, cette méthode de travail n'a reçu que trop peu d'applications pratiques, pour qu'on puisse la bien juger industriellement (*Procédé Stassano, Méthode Rousseau. Stérilisateur Nielsen*).

**Le lait concentré non sucré.** — Au lieu de conserver le lait sous sa forme originelle, on peut, tout d'abord, le réduire à la moitié ou même au tiers de son volume initial.

La *concentration* se fait sous une dépression de 680 à 700 mm. de mercure, à une température voisine de 40°.

A cette température, beaucoup de microorganismes peuvent se multiplier activement. C'est pourquoi il importe d'en détruire, tout d'abord, le plus grand nombre possible, par une *pasteurisation énergétique* (85°-90°).

La viscosité du produit obtenu étant insuffisante pour s'opposer à l'ascension des globules butyreux, il est utile de l'*homogénéiser* avant de l'enfermer hermétiquement dans les boîtes où il est *stérilisé* et conservé.

La stérilisation se heurte dans ce cas aux mêmes difficultés, et elle présente les mêmes inconvénients que lorsqu'il s'agit du lait. Elle en a, en outre, un nouveau : la plupart du temps, le lait concentré *se prend en masse gélatineuse*, dans les boîtes, au cours du chauffage.

Il faut attribuer cette coagulation partielle de la caséine à l'action des sels de chaux solubles, qui se concentrent dans le produit. En solubilisant de la chaux, l'acidification microbienne du lait favorise sa coagulation lors du chauffage, et la production de présure par certains microorganismes qu'il peut contenir, agit, évidemment, dans le même sens. C'est pourquoi il n'est possible de réussir cette fabrication délicate qu'autant qu'on dispose de laits aussi purs que possible de germes microbiens, c'est-à-dire *frails* et remarquablement *propres*.

On arrive à réduire le coagulum formé par une agitation énergique et prolongée (*Trembleurs*).

L'emploi des *autoclaves rotatifs* permet, dans une certaine mesure, d'éviter cette prise en gelée, grâce au remuage incessant qu'ils déterminent dans les boîtes. Du fait même de ce mouvement, une meilleure répartition de la température se trouve d'ailleurs assurée dans toute la masse, et la stérilisation est d'autant facilitée.

(A suivre).

---

## BIBLIOGRAPHIE ANALYTIQUE.

---

### 1° LIVRES.

J. RENNES, Directeur des Services Vétérinaires de Seine-et-Oise. — **Le lait qui tue, le lait qui sauve**, brochure in-octavo de 64 pages, éditée par *Le Lait*, Lyon, 1923. L'exemplaire 2 francs ; par 25 exemplaires et au-dessus, 1 fr. 25 l'un.

Cette brochure est une œuvre de propagande pour laquelle nous ne saurions trop féliciter son auteur. C'est un travail d'homme de foi dans lequel R. ne masque pas sa pensée derrière des formules aux précautions oratoires ; il dit nettement ce qu'il croit être le vrai dans un langage aux expressions des plus heureuses.

C'est un travail courageux, et rien qu'en lisant les premières lignes qui suivent la couverture, on peut se rendre compte que son auteur n'a pas hésité à mettre le consommateur en face de deux alternatives entre lesquelles il reste à son intelligence et à son cœur de choisir :