REVUE

L'EMPLOI DU FROID DANS LES INDUSTRIES LAITIÈRES (1)

par CH. PORCHER.

Dans cette Revue, nous voudrions rappeler succinctement quelles sont les indications actuelles de l'emploi du froid en laiterie et en marquer les orientations nouvelles.

C'est une vérité, devenue en quelque sorte banale, de dire qu'il n'y a pas d'exploitation rationnelle du lait, quelle que soit la destination de celui-ci, sans le recours au froid. Malheureusement, pour banale qu'elle soit, elle ne saurait être trop rappelée, et nombreuses sont les circonstances dans lesquelles on néglige le froid, relatif, mais toutefois très efficace, que l'on a parfois facilement à sa disposition. Ce disant, c'est surtout au producteur que nous pensons. Dans les pays de montagne, l'eau courante fraîche, pouvant servir à refroidir le lait dès qu'il vient d'être traité, pourrait être régulièrement utilisée comme source de froid, en employant les réfrigérants ondulés, bien connus et faciles à installer. Là où l'on n'a pas l'eau courante à sa disposition, on pourrait s'adresser à des eaux profondes, froides également, mais dont l'extraction demande un dispositif plus compliqué : l'emploi de pompes et de moteurs. On ne devrait point reculer devant une dépense de premier établissement qui n'a rien d'excessif, dès l'instant qu'il s'agit de travailler tous les jours, matin et soir, sur une matière première dont la valeur est telle qu'elle permet d'assurer à la trésorerie de la ferme des rentrées régulières nécessaires à la bonne marche de l'ensemble.

Lorsqu'on ne peut malheureusement pas disposer d'eau froide — après tout, c'est plutôt rare — force nous est de recourir à de petites installations frigorifiques, dont le coût est plus élevé et l'amortissement, ralenti.

Ce qui importe, c'est, au lieu de production même, d'abaisser très rapidement, brusquement en quelque sorte, la température du lait, de 37 degrés qu'il a dans la mamelle, à 12 degrés ou 15 degrés environ ; c'est donc, en chiffres ronds, une chute de 25 degrés qui est nécessaire. Les températures de 12 à 15 degrés ne sont évidemment pas très basses ; mais, dès l'instant qu'elles sont acquises — répétons-le ici, car cela a une grande importance — dans les quelques minutes qui suivent la traite, on réalise une réfrigération très favo-

(1) Rapport présenté aux Journées d'études organisées au Palais de la Foire Internationale de Lyon les 13, 14 et 15 mars 1933 sur *Le chauffage et la réfrigération dans leur technique et leurs applications*, page 153.

rable à la bonne conservation du lait, parce qu'elle bloque, pour un temps suffisant, le développement de sa flore régulière.

Si donc, à défaut d'eaux courantes ou d'eaux de profondeur, fraîches les unes et les autres, l'importance de l'exploitation engage à recourir à un équipement frigorifique, disons-nous que le refroidissement du lait, *immédiatement après la traite*, n'exige pas des températures très basses ; il suffit, encore une fois, de refroidir le lait entre 10 et 15 degrés, de préférence aux environs de 10 degrés — ce qui est très possible — pour obtenir une très grande conservation.

Il va de soi qu'une fois les bidons pleins d'un lait déjà fortement refroidi par rapport à la température initiale, celle qu'il avait dans la glande mammaire, ces bidons doivent être placés dans une cuve remplie d'eau froide et aménagée convenablement pour qu'un courant d'eau lent, mais régulier, conserve la température de la source. Ces cuves doivent être munies d'un couvercle en bois, isolant et léger. Dans ces conditions, les bidons peuvent attendre le transport à la laiterie.

Il est certain que si des précautions de la nature de celles dont il vient d'être question, et qui n'ont rien de compliqué, étaient régulièrement prises par le producteur, ce serait grand bien pour l'industrie laitière, quelle qu'elle soit, appelée à travailler ce lait. Il y a là un effort considérable à faire, parce que c'est le manque de soins à l'origine même, chez le producteur ignorant ou indifférent, qui charge la matière première de défauts tels qu'il n'est pas toujours possible d'y remédier. Les fabrications défectueuses, les mauvais rendements, trouvent une part importante de leur explication dans l'absence d'une réfrigération, même modérée, à la sortie de la glande.

L'industrie fromagère de montagne n'exige pas une telle réfrigération, parce que le lait, dès la récolte, matin et soir, est amené à la laiterie pour y être travaillé. Il est encore chaud lorsqu'il est versé dans les cuves, et ceci ne présente aucun inconvénient. Les mal-façons, les mauvaises fabrications, tiendront plus particulièrement à une technique défectueuse et à une mauvaise qualité de la matière première relevant, comme cela est trop souvent le cas, d'infections méconnues de la mamelle.

Lorsqu'on quitte le terrain de la petite industrie laitière — celui des fromageries qui ne travaillent que sur quelques centaines de litres de lait, ou tout au plus sur 2.000 ou 3.000 litres par jour — pour passer sur celui d'une plus grande industrie qui manipule au moins 5.000 à 6.000 litres de lait par jour — et cela est un minimum — l'emploi du froid industriel s'impose inéluctablement. Les pertes qu'il permet d'éviter couvrent largement les frais d'installation et d'amortissement. Le tout est de savoir bien s'en servir, et le moins qu'on puisse dire, c'est que, malheureusement, dans beaucoup

d'exploitations laitières, on ne sait pas toujours l'utiliser à bon escient.

Lorsqu'une usine reçoit journellement une très grande quantité de lait qu'il lui est impossible de travailler rapidement, elle se doit de refroidir celui qui attend d'être manipulé à son tour et cela, quelle que soit la destination qui lui est réservée. Le tort de beaucoup d'industriels laitiers, notamment de ceux qui pasteurisent le lait de consommation courante, c'est de penser qu'il n'est pas obligatoire de refroidir du lait qui devra être traité par la chaleur quelques heures après ; ils estiment, bien à tort, qu'il y a là des dépenses inutiles. Pourquoi, disent-ils, refroidir, à 5 ou 6 degrés, par exemple, du lait qui sera pasteurisé quelques heures après ? Sans doute la flore se développera-t-elle si l'on ne refroidit pas, mais qu'importe, ajoutent-ils, puisque la chaleur saura détruire les éléments microbiens qui se seront multipliés. En fait, dans les petits centres de ramassage, ce refroidissement n'est peut-être pas absolument nécessaire, parce que la quantité relativement petite du lait à travailler fait que la pasteurisation en est rapidement effectuée. Mais, avec l'allure que prend l'industrie laitière, laquelle tend à concentrer, grâce aux transports automobiles, en des points moins dispersés, des quantités de plus en plus importantes de lait, le travail de la pasteurisation accusera plus de régularité ; il sera moins hâtif, donc mieux fait. Il se tiendra dans les limites que lui imposera nécessairement la marche des nouveaux appareils que l'industrie mécanique met à la disposition de l'industrie laitière. Il est vrai qu'il faut concilier le travail de l'usine avec les distances à parcourir pour parvenir jusqu'à la ville, donc avec les horaires. Il faut faire vite, en pasteurisation, mais, cependant, comme nous venons de le faire remarquer, on ne peut pas toujours se hâter comme on le voudrait, et si du lait doit attendre parce que les tournées de ramassage sont trop longues, il faut nécessairement le conserver, et cela ne peut être fait utilement qu'avec l'emploi d'un froid industriel. Ce froid ne doit avoir aucune interruption ; il commence son action à la laiterie et la poursuit pendant le transport, que celui-ci soit effectué en bidons ou en bacs, comme cela est réalisé à Paris depuis quelques années. Ici, on ne doit pas se contenter de températures oscillant entre 10 et 15 degrés ; il faut descendre aux environs immédiats de 5 degrés et recourir à l'emploi d'un matériel parfaitement isolé.

Une grande révolution est à prévoir dans le travail du lait de consommation lorsque la vente en bouteilles viendra se substituer, sous la pression des hygiénistes, avec l'aide du temps et la précieuse collaboration de l'industrie, aux modes de livraison actuels. Il est facile de prévoir, à la lumière de ce que l'on voit à l'Etranger, où la vente en bouteilles est devenue courante, ce qui se passera vraisem-

blement : les usines de pasteurisation encercleront les villes ; le lait leur parviendra refroidi en tanks parfaitement isolés, et crû ; les centres de ramassage ne seront plus que des centres de triage et de réfrigération ; ils seront moins nombreux, installés près des gares, à moins que, là encore, le transport sur route ne vienne faire une concurrence sérieuse au transport sur rail. Le matériel lourd à transporter que représentent les bouteilles, n'aura donc qu'un voyage très restreint à faire, qu'il n'est pas possible, celui-là, d'éviter : aller de l'usine centrale de pasteurisation à la boutique de vente, et retour.

Les industries des laits concentrés et des laits en poudre ont besoin, également, de recourir au froid, mais dans une mesure relativement restreinte. Concentration et dessiccation demandent beaucoup de méthode et de soins. Ce sont peut-être là, surtout en ce qui concerne la dessiccation, les opérations les plus délicates de l'industrie laitière.

A moins d'avoir, pour économiser du temps, un matériel abondant, ce qui coûte cher et peut être parfois inutile, le lait doit attendre avant d'être concentré ou desséché. Il est indispensable de le conserver à un froid rigoureux, à 4 ou 5 degrés, dans d'immenses cuves closes parfaitement isolées. Les boîtes de lait concentré ou desséché peuvent être stockées dans une chambre, à la température ordinaire. Cependant, certains recommandent, pour le lait en poudre, le stockage dans des chambres refroidies.

Nous voudrions, dans ce rapport, insister plus particulièrement sur l'emploi du froid en beurrerie, et surtout en fromagerie (1).

En beurrerie, la chose est loin d'être nouvelle, mais il est un point sur lequel il importe d'appeler l'attention afin d'expliquer les mécomptes qu'ont souvent eus les industriels dans la conservation du beurre.

Est-il nécessaire de rappeler que le froid ne détruit nullement les bactéries ? Un travail récent de P. Lassablière et G. Rotenberg (2) le montre à nouveau d'une façon très nette. Ces auteurs ont eu recours, pour juger de l'action du froid sur le lait, en vue de la conservation de ce dernier, non point à une numération directe des germes du lait, constitués en majeure partie de ferments lactiques, mais au dosage de l'acide lactique engendré par la vitalité de ces derniers, lorsqu'ils sont en mesure de se développer à leur aise.

Dans le lait tenu à une température de 0° à - 12° pendant vingt-quatre heures, la fermentation lactique est rigoureusement suspendue ; les ferments ne sont que peu détruits et tous les facteurs biochimiques du lait, dont les vitamines, sont conservés.

(1) On trouvera dans le *Bulletin International de Renseignements Frigorifiques* des renseignements nombreux et bien collationnés sur toutes ces questions.

(2) *Revue générale du Froid*, 1931, XII, 82.

Même au bout de quarante-cinq jours, entre -7° et -12° , la fermentation lactique peut reprendre.

Si le froid n'entraîne pas, pour l'ensemble des bactéries du lait, une diminution appréciable de leur nombre, il crée, selon la température, des circonstances plus ou moins favorables à certaines espèces.

Il en est du froid comme de la chaleur, avec cette différence, pour celle-ci, qu'elle supprime la concurrence en détruisant définitivement certaines espèces microbiennes pour en laisser subsister d'autres qui s'accommodent d'elle : les espèces thermophiles. Pour le froid, la concurrence n'est pas supprimée, puisqu'en remplaçant le lait à une température convenable, on verra réapparaître l'activité de certaines espèces que des températures peu favorables à leur activité n'avaient en quelque sorte qu'engourdies.

De même qu'il y a des microbes thermophiles qui s'accommodent de températures parfois élevées, il y a des espèces cryophiles poussant plus facilement que d'autres à des températures basses. Et, chose intéressante, comme les espèces thermophiles, elles sont plutôt indésirables.

P. RAMON (1) rappelle, dans une étude sur le refroidissement du lait, qu'aux basses températures, même à 0° , certaines bactéries conservent toute leur activité, si bien qu'avec l'aide du temps, le lait réfrigéré voit son goût se modifier et devenir, parfois, plus ou moins amer. Il faut incriminer ici certaines bactéries : le *B. vulgare*, le *B. fluorescens*, le *B. psychotolerans* et des levures qui agissent sur la caséine et sur la matière grasse.

BISCHOFF a trouvé que les bactéries d'un lait maintenu à 0° augmentent lentement pendant les trois à sept premiers jours, puis plus vite ensuite, de sorte qu'au bout de deux à trois semaines, leur nombre est élevé et que le lait prend un goût acide. A 6 ou 7 degrés, le lait s'altérerait au bout de quatre à sept jours.

ORLA-JENSEN, qui a étudié le développement des bactéries à diverses températures, note qu'une température de 5° est favorable au développement du *B. fluorescens* ; qu'entre 5° et 10° , se développent surtout le *B. fluorescens* déjà nommé, le *B. proteus*, des micrococci et de courts bâtonnets alcaligènes ; qu'entre 10° et 15° , les bacilles lactiques se développent à leur aise, mais lentement ; ils se développent beaucoup plus rapidement entre 15° et 25° ; enfin, si l'on passe entre 30° et 40° , avec les bâtonnets lactiques, on voit se développer concurremment et très aisément les microbes du groupe *Coli-aerogenes*.

P. RAMON rappellé également que Ivan BERGEN LEPSIM a cons-

(1) *Rev. da Soc. Rur. Brasileira*, septembre 1931.

taté que les bactéries du lait congelé entre -6° et -16° , pendant quarante-huit heures, sont détruites dans la proportion de 21 à 97 %.

Si nous n'avons rien dit de la congélation du lait, c'est parce que ce processus ne semble pas avoir donné, dans l'industrie laitière, les résultats qu'on aurait pu en attendre. Pratiquement, nous avons d'autres moyens, qui semblent meilleurs, pour conserver le lait.

D'après les renseignements que nous venons de tirer de l'examen rapide du travail de RAMON, nous voyons qu'il paraît tout à fait inutile de descendre au-dessous de $+5^{\circ}$ pour la conservation du lait. Mais il n'en est pas de même en ce qui concerne le beurre. Le beurre est extrêmement microbien ; il n'est pas toujours travaillé dans des conditions industrielles désirables et, si on le place en chambre frigorifique, à une température insuffisamment basse, on risque d'obtenir des résultats peu favorables. Si l'on veut entreposer du beurre en frigorifique, il faut d'abord le fabriquer d'une façon impeccable, c'est-à-dire travailler sur des crèmes qui ont été pasteurisées, puis ensemencées avec des ferments lactiques appropriés. On conservera mieux de pareils beurres que ceux qui sont obtenus si souvent dans les conditions ordinaires d'une industrie laitière mal disciplinée.

Les auteurs sont nombreux qui ont insisté sur la nécessité de recourir aux très basses températures pour l'entreposage du beurre en frigorifique. OLDHAM (1) montre que, pour une courte période de conservation, une température très peu inférieure à 0° peut être utilisée ; mais, pour un entreposage de longue durée, de huit à neuf mois, il préconise des températures beaucoup plus basses, allant jusqu'à -11° C. ; il recommande même de descendre encore et d'atteindre 0° F., soit $-17,8^{\circ}$ C., si la période de conservation doit s'étendre jusqu'à douze mois.

On a l'habitude de dire qu'à ces basses températures, le beurre se congèle ; mais il convient de faire remarquer qu'en réalité c'est moins une congélation qu'un véritable durcissement. Le beurre répond au type d'émulsion eau-dans-huile et sa congélation, qui entraîne nécessairement celle de l'eau très dispersée qu'il renferme, n'amène aucune des modifications que l'on réaliserait dans le lait si on congelait ce dernier à une aussi basse température, le lait étant un type d'émulsion contraire : huile-dans-eau. Ces différences de structure entre le beurre et le lait jouent évidemment dans les conséquences que la congélation peut entraîner sur l'une et l'autre de ces substances. Nous aurons à revenir sur le même sujet, mais à un autre point de vue, quand nous envisagerons l'emploi du froid dans l'industrie fromagère.

(1) *Cold Storage*, 1922, et *The British Cold Storage and Ice Association*, 1921.

J.-T. BOWEN, dans un rapport au V^e Congrès International du Froid, à Rome, en 1928, a le soin de rappeler que, pour un entreposage de courte durée, d'une semaine à dix jours tout au plus, il n'est pas nécessaire que le beurre soit conservé à une température inférieure à 1^o,7 C. (35^o F.), mais que, pour un entreposage de plusieurs mois, il faut maintenir la température entre 0^o et - 10^o F., c'est-à-dire entre - 17^o,8 et 23^o,3 C. Il semble, dit-il, que plus la température est basse, mieux le beurre se conserve en entrepôt, le facteur limitant la température étant uniquement la dépense nécessaire à son entretien. Personnellement, nous avons vu, aux Etats-Unis, entreposer du beurre en vue de la fabrication du lait régénéré (remade milk), à une température de - 10^o à - 15^o F., c'est-à-dire à au moins - 25^o C. Il s'agissait de beurre fabriqué avec des laits peu acides, la matière grasse devant être réémulsionnée au moment voulu dans un lait écrémé obtenu avec de la poudre de lait fabriquée par le procédé du brouillard (*Spray process*).

R. A. WHYTE (1) dit qu'en Irlande l'accord n'est pas unanime sur la température la plus désirable à laquelle on doit conserver le beurre, notamment celui qui est fabriqué et entreposé vers la fin de mai pour être livré à la consommation aux mois de janvier et février suivants. Certains estiment qu'une température de 12^o F., c'est-à-dire - 11^o C., est nécessaire, tandis que d'autres pensent que la température de 18 à 20^o F., soit - 7^o,8 à - 6^o,7 C., permet de conserver le beurre en excellent état pour cette période de huit à neuf mois, à condition que la température de la chambre ne varie pas de plus de 2^o environ, car ils affirment que ce sont les variations de température qui sont la cause des altérations constatées dans le beurre entreposé en frigorifique.

G. DELLA TORRE (2) relève les altérations du beurre conservé soit à la glacière, c'est-à-dire à une température qui n'est pas très basse, soit en frigorifique. Le beurre conservé à la glacière subit assez vite de notables altérations dans ses caractères organoleptiques. Le septième jour, il y a déjà, à l'extérieur, un commencement de rancissement; la couleur vire au jaune, l'odeur et le goût deviennent piquants; le trente et unième jour, le rancissement se trouve déjà fort avancé.

En chambre frigorifique, ces transformations ne se produisent qu'après un temps beaucoup plus long, et seulement dans une couche très mince de la surface.

Le beurre conservé en frigorifique contient un nombre très élevé de micro-organismes, jusqu'à 15 millions de germes par gramme. Il s'agit surtout de bactéries lactiques et leur nombre, dit DELLA

(1) *Ice and Cold Storage*, mai 1923.

(2) *Revue internationale de Renseignements agricoles*, 1923.

TORRE, est sans effet sur la bonne qualité du produit ; mais il n'en est pas de même si, à côté des ferments lactiques, et prédominant sur eux, en raison de la basse température de conservation, se trouvent des espèces lipolytiques, des champignons qui attaquent surtout les matières grasses et provoquent des altérations notables dans le beurre.

Le beurre doit être réfrigéré aussitôt que fabriqué, ou du moins porté immédiatement au centre de ramassage pour l'envoi au frigorifique.

REID, de l'Université de Missouri (1), a étudié l'arome du beurre conservé en entrepôt frigorifique. En général, dit-il, le beurre ne se conserve pas au delà de neuf mois. Conservé plus longtemps, son arôme s'altère, à cause de certaines bactéries et moisissures et de la présence dans le produit, en quantités trop élevées, de certains métaux. Les bactéries du groupe *Coli-aerogenes* constituent le groupe le plus important de ceux qui sont la cause d'une saveur désagréable du beurre. Plusieurs variétés de ce groupe sont assez résistantes à la pasteurisation, *a fortiori* si celle-ci est mal effectuée ; de plus, elles réensemencent facilement le lait et la crème. Leur développement dans le beurre, lequel est favorisé par un mauvais lavage, qui laisse une proportion de protéine résiduelle assez élevée, produit assez vite une saveur et une odeur désagréables.

Le goût de poisson, que certains beurres conservés en frigorifique acquièrent, résulte d'un processus oxydant, catalysé par certains métaux, portant sur la lécithine du beurre.

Le rancissement, si fréquent, provient, comme on le sait, d'une décomposition hydrolytique de la matière grasse. Les espèces qui jouent le rôle le plus marqué en l'occurrence sont surtout des moisissures : l'*Oidium lactis*, le *Cladosporium butyrii*, le *Penicillium glaucum*. L'*Oidium lactis*, dit REID, est un des organismes les plus importants de ceux qui contribuent à l'apparition d'un arôme désagréable dans le beurre conservé au froid ; c'est l'organisme intermédiaire entre les moisissures et les bactéries, qu'on trouve si abondamment dans le lait lorsque celui-ci s'acidifie. REID fait remarquer, avec beaucoup de raison, que l'aptitude du beurre à la conservation en chambre froide ne dépend pas tant des températures qui y règnent que de la qualité du lait avec lequel le beurre est fabriqué.

Le froid qui, dans l'industrie beurrière, joue un rôle si considérable pour l'entreposage de la matière première, intervient également dans la fabrication, et nous rappellerons très rapidement que la crème, avant d'être barattée, doit être refroidie à 6 ou 7°. A défaut

(1) *Bulletin des Renseignements frigorifiques*, 1928, IX, 818.

d'un équipement frigorifique, on mettra de la glace dans la baratte, en petits morceaux, de façon à ne pas en abîmer les parois, et, au moment du barattage, afin que celui-ci soit effectué à une température convenable qui ne doit pas dépasser 15°. Elle peut même s'abaisser à 10° ou à 12°.

L'industrie beurrière fait également appel au froid pour le transport de la matière première en wagons frigorifiques. La Compagnie des Transports Frigorifiques ayant constaté que, pour le groupage des beurres de Touraine, des Charentes et de Bretagne, acheminés sur Lyon, Marseille et la Côte d'Azur, l'action de la glace n'était pas suffisante, a décidé de recourir à un wagon frigorigène permettant d'effectuer simultanément :

1° La réfrigération des beurres en attente, qui seront ainsi raffermis en vue d'un chargement complet ;

2° La prérefrigération des wagons en partance, qui sera assurée dans de meilleures conditions qu'avec des bacs à glace.

Cette solution offre l'avantage d'éviter l'installation, dans une gare, de chambres froides qui ne sont utilisées qu'une partie de l'année. Elle permet, en outre, d'opérer successivement dans diverses gares, puisqu'on possède une station mobile de prérefrigération.

L'emploi du froid dans l'industrie fromagère n'est point une nouveauté. Il y a déjà bien des siècles que l'affinage du fromage de Roquefort s'effectue de la façon la plus régulière, grâce à la basse température existant dans les caves de ce pays. BOURGAIN (1) nous rappelle que, dans les grottes naturelles que l'on trouve à Roquefort, la température est basse et l'humidité très élevée.

Dans d'autres fabrications fromagères, le fromage, après sa fabrication, passe également dans des chambres froides ; mais on doit à la vérité de reconnaître qu'il n'y a pas là une systématisation de l'emploi du froid, dans le but de régler parfaitement la température des chambres. Froides l'hiver, à une température convenable conduisant à des fabrications appréciées, l'été, ces caves se réchauffent légèrement et le processus de maturation, c'est-à-dire l'affinage, s'effectue dans des conditions différentes. Ajoutons à cela que la qualité du lait est loin d'être l'été ce qu'elle est l'hiver, du fait, évidemment, de la température atmosphérique, et l'on comprend que les produits de l'industrie fromagère soient moins appréciés, l'été que l'hiver. Cependant, en se plaçant sur le terrain scientifique, en faisant état de tous les facteurs qui interviennent dans la fabrication des fromages, il n'y a point de raisons pour que les fromages

(1) *L'Industrie fromagère*, par MM. BEAU et Ch. BOURGAIN, t. II : « La Pratique fromagère », p. 106.

d'été soient inférieurs à ceux d'hiver. Si le lait était ramassé convenablement, s'il était refroidi dès après sa récolte, sans que cela soit à des températures très basses — il est même préférable qu'il en soit ainsi — si, après le travail du fromage, celui-ci était placé dans des chambres ayant une température convenable, il n'apparaît pas douteux que l'on puisse obtenir des résultats aussi bons l'été que l'hiver. C'est parce qu'il en est différemment que l'industrie fromagère pense de plus en plus à pasteuriser le lait. Il s'agit là d'une grosse réforme à apporter dans une industrie souvent millénaire, et qui ne doit être envisagée qu'à la condition de prendre toutes les précautions nécessaires et de suivre à la lettre les enseignements de la science. La pasteurisation du lait en vue de la fabrication du fromage ne doit être effectuée que sur des laits dont la réaction n'accuse pas une hyperacidité trop élevée ; elle doit être réalisée avec des méthodes qui ne touchent qu'au minimum à la structure intime du lait. Après pasteurisation, le lait doit êtreensemencé avec des ferments appropriés, en association, qui doivent être retirés de la flore lactique habituelle des laits de la région même où se fait le fromage.

Après le travail du caillé et la mise en moules, il convient de penser à la maturation et de la régler de la façon la plus rationnelle. C'est ici qu'interviendra le froid ; mais, là non plus, il ne faudra pas s'en servir « au petit bonheur », comme nous pourrions dire ; le degré de température, le degré d'humidité, doivent être fixés avec le plus de précision possible.

Si, d'une façon très générale, nous avons vu jusqu'ici le froid servir d'agent de conservation — qu'il s'agisse du lait de consommation courante, des laits concentrés ou des laits desséchés — si nous l'avons vu intervenir dans le travail du beurre, avant d'aider à sa conservation en frigorifique, lors du barattage, il s'agit, pour les fromages, d'un processus plus délicat, puisque le recours au froid dans de bonnes conditions, qui, sans doute, varieront avec la nature du fromage, ne tend rien moins qu'à régulariser le processus de la maturation. Il ne s'agit plus, pour le froid, de conserver une matière première fabriquée, mais de contribuer à sa fabrication même, en intervenant dans le réglage, peut-on dire, des pullulations microbiennes et des actions diastatiques dont le jeu des associations provoque ce qu'on appelle la maturation du fromage.

Depuis un certain nombre d'années déjà, à l'étranger beaucoup plus qu'en France (à l'exception, bien entendu, du fromage de Roquefort, pour lequel l'emploi du froid est courant), on a utilisé le froid pour l'entreposage de certaines espèces de fromages, entreposage qui était accompagné de phénomènes se passant dans la pâte et qui venaient continuer ou parfaire la maturation.

J. OLDHAM (1), dans des notes sur l'entreposage frigorifique des denrées périssables, fait remarquer que cet entreposage, appliqué au fromage, empêche le développement des saveurs désagréables et des gaz délétères qui transforment le goût et la texture du fromage, en même temps qu'il permet à la présure de se conserver et de développer son action.

Quand le fromage est tenu à une trop haute température, la matière grasse du beurre est attaquée et désagrégée, dans une certaine mesure. Si la température est trop basse, le fromage gèle et le caillé sèche et s'émiette.

Nous avons vu plus haut que les très basses températures s'échelonnant de -15° à -25° , sont recommandées pour l'entreposage prolongé des beurres. Il ne s'agit pas, avons-nous fait remarques, de congélation du beurre, mais plutôt du durcissement de celui-ci, le taux de l'eau dans le beurre et son mode de dispersion physique n'apportant aucun trouble dans la texture du produit, avec les températures très basses dont il vient d'être question. Pour le fromage, il en va tout autrement. L'eau du fromage atteint un taux de 40 à 50 %. C'est une eau de gonflement, fixée sur la matière protéique et non dispersée en gouttelettes isolées, comme elle l'est dans le beurre. Son taux élevé nous permet de comprendre, *a priori*, comment les basses températures seraient nuisibles ici, car cette eau, en se congelant, détruirait la structure du fromage.

Ce n'est pas, d'ailleurs, ce qu'on recherche, et il faut penser de plus en plus que les froids auxquels on peut recourir dans l'industrie fromagère sont là pour établir une distinction dans les espèces microbiennes qui habitent la pâte, favoriser les unes et inhiber, en quelque sorte, les autres.

Jusqu'ici, le froid a été utilisé en fromagerie pour les fromages à pâte ferme, demi-cuite, comme le Cheddar, le Chester et certains fromages leur ressemblant, tels que le Chubut de l'Amérique du Sud et le Sbrinz. Nous avons peu de documents sur les fromages à pâte molle, mais, personnellement, je puis dire que j'ai fait mûrir, dans d'excellentes conditions, dans une petite glacière dont la température oscillait entre 7° et 10° , des camemberts que j'avais reçus encore « blancs », n'ayant que quelques jours de fabrication.

En somme, avec le beurre, les grands froids sont là pour bloquer la flore et fixer en quelque sorte le beurre dans l'état microbien où il était lorsqu'on l'a introduit dans la chambre frigorifique. Pour le fromage, au contraire, le froid, moins prononcé, oriente la maturation. Il est là, en quelque sorte, comme un filtre d'activités microbiennes.

(1) *Loc. cit.*

OLDHAM (1), en travaillant avec du Cheddar, a obtenu de bons résultats en emmagasinant les fromages d'abord à 40° F. (+ 4°,4 C.), puis en abaissant graduellement la température, dans le cours des trois ou quatre mois suivants, exactement à 0° C. (32° F.). Il faut prendre grand soin de maintenir cette température aussi constante que possible; il ne faut jamais descendre au-dessous de 30° F. (— 1°,1 C.) et, même à cette température, dit l'auteur, la texture du fromage peut devenir cassante, s'il s'y trouve maintenu pendant une longue période.

A. WHIBLEY (2) fait une étude extrêmement intéressante sur la maturation du fromage au froid et l'économie du système. Il rappelle que, dès 1902, des essais de maturation du fromage à des températures plus basses que celles habituellement employées jusque-là, furent tentés à la Station Agricole du Wisconsin, par BABCOCK, RUSSELL, VIVIAN et BAER; mais le principe n'avait jamais été adopté en Nouvelle-Zélande avant l'intervention de M. T. A. COLSON, qui imagina un dispositif ingénieux pour obtenir une basse température, lequel consistait à envoyer dans les chambres de maturation un courant réglé d'air froid provenant d'un frigorifère. Même par les temps les plus chauds de la région d'Auckland, le fromage est maintenu à une température uniforme de 50° F. (10° C.); on peut même obtenir une température plus basse. Ce qu'il y a d'intéressant ici, c'est que le fromage est préservé des envahissements par les moisissures, l'air étant desséché par le frigorifère. Il y a, de plus, une diminution dans la perte de poids, en même temps que le fromage acquiert une merveilleuse saveur. C'est BABCOCK qui a montré combien était erronée la théorie prétendant que le fromage mûrissait mieux dans une atmosphère chaude. Les basses températures utilisées — de 10° C. (50° F.) et au-dessous — donnent uniformément un goût très savoureux, qui ne devient pas âpre avec le temps, comme c'est le cas pour le fromage mûri à 60° F. Presque sans exception, ces fromages ne sont devenus ni durs, ni amers. D'autre part, les ennuis provenant de la moisissure étaient pratiquement éliminés dans les fromages mûris à basse température (il s'agissait ici de Cheddar). Relativement à la consistance et à la couleur, BABCOCK a remarqué que le fromage mûrissant entre 33° et 40° F. (1° à 4°,5 C.) avait une coupe très uniforme et très régulière, tandis que celui mûri à 60° F. (15°,5 C.) avait une coupe fréquemment décolorée, présentant un aspect marbré.

Ce sont là les conclusions d'un travail datant de 1900, mais qui ont été confirmées par d'autres auteurs, notamment par M. J. CARTH, qui déclare que le fromage traité à 60° F. (15°,5 C.) et au-

(1) *Loc. cit.*

(2) *New Zealand Dairyman*, 1923.

dessus, mûrit rapidement en été, mais montre, au bout de trois mois au plus, une désagrégation marquée et, au bout de cinq mois, une altération prononcée. Au contraire, le fromage traité à 40° F. (4° 5 C.) ne fait que s'améliorer entre huit et douze mois. Le fromage mûri au froid, dit cet auteur, possède une saveur très douce, mais agréable et franche, exempte de toute trace d'amertume ; il se présente avec une texture fine, cireuse. D'ailleurs, les recherches faites sur le fromage comme le Cheddar et le Chester ont été nombreuses dans la Nouvelle-Zélande et dans l'Australie, en raison des températures moyennes élevées de ces pays et de la nécessité dans laquelle on se trouve de les abaisser, si l'on veut obtenir une fabrication plus régulière.

T. H. ATKINSON (1) étudie plus spécialement la température de la chambre de maturation pour fromages. Une température appropriée joue un rôle important quant à la qualité des fromages. Une réduction de température de 25° F. (14° C.) améliore beaucoup la qualité du produit et, en même temps, assure une économie en poids de 2,4 %. L'évaporation de l'eau est d'autant plus grande que les dimensions du fromage sont plus petites et, bien entendu, que la température augmente. ATKINSON nous engage à considérer :

1° Qu'une température trop élevée, en activant la maturation, fait perdre au fromage trop d'humidité et, en favorisant la fusion et l'altération de la graisse, donne un goût désagréable, une texture et une consistance moins favorables ;

2° Que, par contre, une température trop basse retarde l'action de la présure et des autres bons ferments nécessaires à la maturation du fromage. Elle favorise le développement d'autres microbes indésirables, qui donnent quelquefois un goût amer.

La température la plus convenable varie de 40° à 60° F. (4° 5 à 15° 5 C.) suivant la saison et l'espèce de fromage. Elle est, en même temps, le plus sûr moyen de limiter l'activité des bactéries gazeuses dans les fromages fabriqués avec du lait non pasteurisé.

ATKINSON conclut que la chambre de maturation doit être munie d'une installation de réfrigération artificielle et qu'elle doit être en même temps bien aérée et isolée.

La Société Emmenthal, à Lucerne, a organisé un nouvel entrepôt frigorifique pour la conservation des fromages à Lucerne. L'emplacement et la disposition des caves ont été choisis d'une façon très judicieuse, pour qu'elles soient soustraites le plus possible aux influences extérieures. L'installation comporte essentiellement :

(1) *Agricultural Gazette of N. S. W.*, septembre 1924.

- 1° Une aération suffisante des caves avec de l'air pur et sec provenant d'un réfrigérant ;
- 2° Une désodorisation complète de l'air vicié refoulé ;
- 3° Le refroidissement artificiel des caves, dont la température oscille entre 8 et 10 degrés centigrades ;
- 4° Un degré hygrométrique d'environ 85 à 90 % dans toutes les caves.

Au récent Congrès International du Froid, qui a eu lieu à Buenos-Ayres il y a quelques mois, MM. P.-M. LEES et G. BERGERET, se basant sur les bons résultats obtenus par l'emploi du froid dans la maturation du fromage, ont procédé à divers essais sur le fromage dit « Chubut », dans le but de démontrer les avantages de cet emploi dans l'Uruguay. Ils ont fait mûrir des fromages respectivement aux températures de 3°, 10° et 17°,5, avec des taux d'humidité de 93, 92 et 90 %. De leurs premières recherches, ils concluent que le froid artificiel peut trouver de grands débouchés dans l'industrie fromagère en Uruguay, parce que :

- 1° Il permet de livrer au consommateur un produit uniforme, la fermentation se faisant plus régulièrement ;
- 2° Il permet d'obtenir un produit de meilleure qualité, tant au point de vue de l'aspect que de la saveur, qui est plus agréable ;
- 3° Il satisfait plus régulièrement aux exigences du consommateur, parce que son effet retardateur sur la maturation permet d'utiliser le lait avantageusement, aux périodes d'abondance ;
- 4° La réduction des pertes par évaporation et par diminution des déchets, ainsi que l'amélioration de la qualité du fromage compensent les frais d'installation et de fonctionnement des appareils de production du froid artificiel dans les fromageries.

L'emploi du froid artificiel dans l'entreposage des fromages a surtout des débouchés à l'Etranger, dans les pays anglo-saxons, qui fabriquent principalement le type Cheddar et le type Chester, fromages de grosse exportation.

Déjà pour un fromage non cuit, comme le Roquefort, dont la pâte est plutôt ferme, nous savons les avantages que le froid apporte à la maturation de cette sorte remarquable. Mais, pour les fromages demi-cuits, à pâte tendre, on peut noter, dans ces dernières années, des résultats tout à fait encourageants. Les fromages genre Bel Paese doivent beaucoup au froid.

Le professeur G. FASCETTI, au Ve Congrès International du Froid, en 1928, a étudié justement la manière dont se comporte le

Bel Paese vis-à-vis du froid, durant les trois phases de sa maturation : au début, au milieu et à la fin, tant au point de vue chimique qu'au point de vue microbien. Ce fromage, dit-il, est le fils du froid artificiel, puisque, un jour après sa fabrication, pendant lequel il est maintenu dans une atmosphère humide, à 25° C., il passe dans des milieux artificiellement refroidis à environ 7°, jusqu'à ce que sa maturation soit terminée.

Les études bactériologiques ont démontré que les ferments lactiques prédominent jusqu'à atteindre 110 millions par gramme, mais qu'ils sont accompagnés d'une très grande quantité de levures : 3 millions environ.

L'étude chimique a mis en évidence que le fromage Bel Paese, lorsqu'il passe à la chambre frigorifique, présente déjà une solubilisation des matières azotées, atteignant 10 %. Au milieu de la maturation, alors que se poursuit la solubilisation de l'azote, celui qui avait été solubilisé au début se décompose d'une manière plus profonde, en dégageant de l'ammoniaque. A la fin, la solubilisation n'est pas sensiblement accrue, mais il y a une augmentation dans la production de l'ammoniaque provenant de l'azote antérieur dissous, pouvant atteindre 7 % de l'azote total, l'azote soluble arrivant jusqu'à atteindre 28,5 % de cet azote total.

Le fromage Bel Paese se caractérise donc par la rapide solubilisation de sa matière azotée, dans le cours d'un mois environ, et aussi par une flore copieuse de ferments lactiques encore en pleine activité.

Le froid est donc susceptible de rendre de très grands services dans la maturation des fromages en général. Il y a lieu, bien entendu, d'examiner, pour chaque sorte, les meilleures conditions dans lesquelles son action peut s'exercer.

Dans l'industrie laitière, nous voyons se développer très rapidement l'emploi d'un produit relativement nouveau : l'acide carbonique solide. L'industrie de l'ice-cream, si largement développée aux Etats-Unis, et qui tend également à prendre une place importante dans les pays d'Europe, est transformée, en quelque sorte, par l'emploi de l'acide carbonique solide, notamment en ce qui concerne le transport du produit fabriqué. Nous n'insisterons pas davantage sur cette question qui est en pleine évolution. Nous tenons néanmoins à la marquer, laissant à l'avenir le soin de fixer avec plus de précision pour quels produits de l'industrie laitière et dans quelles conditions l'acide carbonique solide devra être plus particulièrement utilisé.