LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

G. GUITTONNEAU. — Les principes d'une technique rationnelle en industrie laitière.....	669
B. VAN DER BURG. — Dosage du sel marin dans le fromage....	690
H. KUFFERATH. — Considérations sur la législation hygiénique du lait.....	692
J. CANAC et J. PORCHEREL. — Hygiène et production du lait sur les hauts plateaux de l'Algérie.	704
G. PÉRODEAUD. — L'industrie du lait au Maroc.....	710
G. COLUMBIEN. — La laiterie hygiénique « De Vaan » (Suite et fin).....	712

Bibliographie analytique :

1 ^o Les Livres.....	725
2 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes.....	729
3 ^o Brevets.....	739
Bulletin bibliographique...	740

Documents et Informations :

Ch. PORCHER. — En lisant le livre de Ch. E. North : « Farmer's Clean Milk Book » (Le livre du lait propre à l'usage des fermiers).....	751
R. STENHOUSE WILLIAMS, W. A. HOY et M. SARGEANT. — Un article d'un grand intérêt pour tous les producteurs de lait : un fermier ordinaire peut-il produire du lait pur.....	755

MÉMOIRES ORIGINAUX ⁽¹⁾

LES PRINCIPES D'UNE TECHNIQUE RATIONNELLE EN INDUSTRIE LAITIÈRE

Le rôle des microorganismes en laiterie (1),

par G. GUITTONNEAU,

Ingenieur-agronome, attaché à l'Institut des Recherches Agronomiques.

Ce n'est guère que dans la deuxième moitié du siècle dernier, que sont passées de la ferme à l'usine, les diverses préparations desti-

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

(2) « Le Lait » est heureux de présenter à ses lecteurs l'intéressant travail de M. Guittonneau, dont la publication commence dans ce numéro. M. Guittonneau a repris, sous une forme nouvelle, une question qui est de la

nées à mettre sous leur forme de consommation courante, le lait et ses dérivés. —

La véritable industrie laitière est donc d'origine toute moderne. Cela explique que sa technique soit encore, si souvent, imprécise et hésitante.

Dans le plus grand nombre des cas, elle s'inspire de données empiriques, fort complexes, mais toujours incertaines parce qu'elles restent obscures. On a coutume de les énumérer sous la forme de « recettes » fastidieuses, desquelles ne ressort nettement aucune de ces idées d'ensemble, simples et générales, seules capables d'orienter les praticiens intelligents.

Dégager des faits les grands principes scientifiques, sur lesquels doivent reposer les méthodes industrielles de la laiterie moderne, tel est le but de ce travail.

C'est donc une série d'études critiques qu'il y faut entreprendre. Elles auront successivement pour objet :

- 1° L'insuffisance de la technique actuelle.
- 2° Les bases de la technique moderne.
- 3° L'approvisionnement de la laiterie et les ramassages de lait.
- 4° La technique des fabrications.

I. — Insuffisance de la technique actuelle.

Tous les consommateurs peuvent se rendre compte que la qualité du plus grand nombre des produits de la laiterie est extrêmement irrégulière.

première importance dans l'industrie laitière, là où les phénomènes fermentaires ont à intervenir.

Par ses recherches personnelles, commencées à l'Institut national agronomique et à l'Institut Pasteur, puis continuées à l'Etranger et dans l'Industrie, M. Guittonneau a su faire passer sur le terrain de la technique industrielle tous les enseignements qu'il a coordonnés au cours de ses études microbiologiques. Son étude constitue une synthèse complète et très condensée de toutes les acquisitions obtenues en une pareille matière depuis une vingtaine d'années.

Je ne mets pas en doute que le lecteur averti ne trouve dans ce travail des renseignements des plus utiles ; M. Guittonneau considère un par un, peut-on dire, tous les actes de l'industrie laitière lorsqu'il y a intervention des infiments petits, dans un sens favorable ou défavorable, en explique la marche normale et met en garde contre les fautes possibles dont il donne la genèse, le sens et la nature.

Ch. P.

Comme eux, les industriels (1) font cette constatation et, le plus souvent, s'en tiennent là.

Cependant, lorsqu'à certaines époques, les marchandises régulièrement mauvaises, qu'ils livrent au commerce, se déprécient au point de devenir invendables, ils peuvent se voir dans l'obligation d'interrompre leurs fabrications, pour une période plus ou moins prolongée.

Chaque année, au moment des fortes chaleurs, nombre de fromagers, en particulier, se trouvent, de ce fait, embarrassés pour utiliser, tant bien que mal, une matière première qui ne peut attendre, et qu'ils ne peuvent cesser de recevoir chaque jour. Elle arrive justement, alors, en quantité considérable, dans toutes les régions de pâturages naturels (Normandie).

Les producteurs de ces régions, en effet, désirant utiliser au mieux « les pousses de l'herbe », sont conduits à faire naître les jeunes, surtout au printemps ou au début de l'été. Le lait se fait donc rare en hiver, et, dans le but de n'en pas manquer, laitiers, beurriers et fromagers, s'efforcent alors, d'accroître leurs approvisionnements, en se disputant fournitures et fournisseurs.

Ceux-ci n'entendent pas, bien entendu, qu'on les abandonne quand survient l'abondance. Et, comme il faut toujours en revenir à eux, dans les moments difficiles, c'est, en fin de compte, leur volonté qui reste souveraine.

L'industrie se trouve ainsi encombrée, juste au moment où, dans plusieurs de ses branches, elle voit diminuer sa capacité d'absorption.

Elle devrait, alors, adapter son travail aux circonstances et mettre sous une forme de conservation convenable, en vue des besoins à venir, cette précieuse substance alimentaire, dont elle ne sait momentanément que faire, ou, tout au moins, les principaux de ses éléments constituants (laits stérilisés, laits concentrés, laits secs, fromages à pâte ferme, etc...); mais cela suppose un degré de perfection technique, dont elle est encore fort loin, en France.

Aussi n'a-t-elle guère d'autre ressource que d'écrémer le lait, pour transformer en beurre sa seule matière grasse. Tout le reste se retrouve sous forme de lait écrémé qui contient encore une partie importante des éléments nutritifs du lait (caséine, lactose, matières minérales).

Si on la considère dans son ensemble, l'utilisation de ce lait écrémé, est déplorable.

A l'heure actuelle, il est vrai, la caséinerie représente, pour lui, un débouché fort intéressant. Mais il n'en a pas toujours été ainsi, et il est à présumer que les cours actuels de la caséine ne se maintiendront pas.

(1) Nous désignons sous le nom d'industriel, tout chef d'industrie quel qu'en soit le mode d'exploitation, entreprise privée, société anonyme ou coopérative.

Il ne faut pas compter, d'autre part, sur la porcherie pour tout absorber.

L'habitude, prise par les directeurs d'usines, de distribuer gratuitement ce sous-produit encombrant, aux fournisseurs, pousse ceux-ci à s'outiller pour le bien utiliser (porcheries, élevage des veaux). Leurs exigences, en ce qui concerne le retour qu'on doit leur en faire régulièrement, se trouvent, de ce fait, accrues. Et, nous verrons qu'il y a là un des obstacles les plus sérieux à toute bonne organisation des ramassages de lait.

Certains industriels, enfin, n'ont pas hésité, ces dernières années, à envoyer au ruisseau ou au terrain d'épandage, durant l'été, des quantités considérables de lait écrémé, infectant, ainsi, des régions entières.

L'accaparement conduit donc les incapables à un gaspillage qui représente, pour l'alimentation, une perte sèche considérable. Si à la valeur de cette perte, on ajoute celle des denrées qui s'avarient, faute d'être convenablement traitées, on arrive à une somme énorme; qu'il serait utile de faire évaluer par les pouvoirs publics.

Quelque importantes qu'elles soient, ces dépenses insensées doivent être, en fin de compte, récupérées par les industriels. Et c'est, inévitablement, au consommateur, qu'on réserve l'honneur d'en solder, tôt ou tard, le montant.

A une époque où la difficulté des moyens d'existence des gagne-petit, qui sont la masse, pose les plus sérieuses questions sociales, il y a là un état de choses, dont on ne saurait se dissimuler la gravité.

Comme il résulte, en fin de compte, d'une carence industrielle, c'est de celle-ci qu'on doit rechercher la cause.

Or, l'industrie laitière travaille une matière première, dont la qualité est remarquablement constante, à son origine.

En effet, s'il présente dans sa teneur en matière grasse et en caséine, des variations, de nature à influencer sur les rendements, le produit normal de la sécrétion mammaire contient toujours, en proportions suffisantes, tous les éléments nécessaires à une fabrication irréprochable, et n'en contient pas d'autre.

C'est donc la technique industrielle qui est en défaut. Et, en fait, cette technique apparaît, dans son état actuel, comme nettement insuffisante pour faire face à toutes les difficultés que comporte la récolte et le travail du lait.

L'étude qui va suivre nous en montrera les points les plus faibles. Mais cette étude, pour être féconde, doit s'éclairer des principes scientifiques qui constituent les bases de la technique laitière.

II. — Les bases de la technique moderne.

La technique laitière industrielle a un large profit à tirer de l'outillage mécanique ; mais, c'est dans la chimie et surtout dans la Bactériologie, qu'il faut rechercher ses bases essentielles.

L'outillage mécanique en laiterie. — Dans certaines industries, qui ont atteint un haut degré de perfectionnement, la construction d'appareils ingénieux, basés sur les grands principes de la mécanique ou de la physique, a considérablement simplifié le travail de l'usine.

De tels appareils, en effet, doivent, en marche normale, satisfaire d'eux-mêmes les exigences des fabrications, aux besoins desquelles ils sont adaptés. L'ouvrier n'a donc plus qu'à en assurer, méthodiquement, la conduite et à en vérifier le fonctionnement.

Il en est ainsi en sucrerie, dont la technique, à l'heure actuelle, relève surtout de la mécanique.

Dans toute entreprise importante, il est désirable de pouvoir substituer la régularité d'un tel automatisme, aux manœuvres, trop souvent fantaisistes, d'un personnel, dont la valeur est inégale.

La laiterie a fait, dans ce sens, d'importants progrès depuis une cinquantaine d'années. Elle dispose, aujourd'hui, d'un outillage commode pour l'écémage, le barattage, le malaxage, la pasteurisation, la stérilisation, la concentration et le séchage du lait.

Il n'est pas douteux que les constructeurs aient, encore, beaucoup à faire. Mais, leurs conceptions ne seront fécondes que dans la mesure où ils sauront se plier aux indications des spécialistes, et respecter les exigences particulières au travail du lait.

D'autre part, il ne faut pas perdre de vue, qu'une machine ne peut convenablement exécuter que des opérations rigoureusement identiques à elles-mêmes. Leur nombre est nécessairement limité dans une industrie où ce sont, surtout, de lentes et incessantes transformations de la matière qui entrent en action.

La chimie et la technique laitière industrielle. — Puisque ces transformations, que doit subir le lait, se ramènent, en fin de compte, à des phénomènes d'ordre chimique, on a longtemps cru que la chimie pourrait donner les plus heureuses précisions, sur le mécanisme intime des fabrications.

Il n'en a pas toujours été ainsi. Ce fût, par exemple, une erreur regrettable, que de vouloir chiffrer le degré de maturation des fromages par le coefficient qui établit le rapport de l'azote soluble à l'azote insoluble de leur pâte (coefficient de maturation).

Cette conception a conduit, logiquement, les théoriciens, à rechercher les meilleurs agents de la maturation parmi les microorganismes

qui solubilisent rapidement la caséine. On ne peut attendre, au contraire, de ces ferments liquéfiant, que de graves accidents de la fabrication.

Par contre, c'est la chimie qui nous a fait connaître les éléments constitutants du lait, sur lesquels il est, dès lors, devenu possible de raisonner.

Elle nous permet de réaliser tous les dosages qui précisent la valeur véritable des produits.

C'est grâce à elle que la fraude peut être décelée et réprimée.

Tout cela suffirait à établir l'importance de son rôle, et n'en constitue cependant que la plus petite partie. Sans elle, en effet, il serait impossible d'étudier, scientifiquement, les phénomènes biochimiques dont nous allons voir toute l'importance.

Les données de la chimie biologique et de la bactériologie en industrie laitière. — La question des microorganismes et de leurs actions domine, dans toutes ses parties, la technique industrielle.

Aussitôt qu'il est sorti de la mamelle, le lait doit être soustrait aux contaminations qui le menacent de toutes parts (Hygiène de la traite et des transports).

Lorsqu'il doit être conservé, pendant un temps plus ou moins long, les opérations qu'il subit ont toujours pour but principal, et quelquefois pour but exclusif, de ralentir ou d'annihiler complètement toute fermentation qui en déterminerait l'avarie (Refroidissement, Pasteurisation, Stérilisation, Concentration et sucrage, Séchage).

En beurrerie, la crème se mûrit par une fermentation lactique, et tous les autres germes sont à éliminer, au cours de la fabrication.

C'est en fromagerie que les phénomènes microbiens ou diastasiques atteignent leur maximum de complexité. Il importe de les bien saisir, parce qu'on peut, ainsi, se faire une idée précise de leur valeur.

La théorie du caillage. — La première opération de la fromagerie, le caillage, met en œuvre deux actions distinctes :

1° L'acidification, produite dans le lait, par le développement des ferments lactiques.

2° Le pouvoir coagulant de la présure.

Après les travaux d'HAMMARSTEN (1) et les longues discussions qu'ils ont soulevées, on s'accorde, aujourd'hui, pour reconnaître que la caséine se trouve, dans le lait, à l'état de combinaison calcique (2). L'acide lactique, en la séparant de la chaux, détermine sa précipitation, théoriquement, à l'état de pureté.

(1) HAMMARSTEN. — Zur Kenntniss des Kaseins und der Wirkung des Labferments. *Festschrift. Upsala*, 1877, *Zeitschrift f. phys. Chim.*, t. VII, 1883.

(2) L.-L. Van SLYKE and Bosworth. *The J. of biol. Chem.*, 1915, t. XX, p. 135 et suiv.

Le coagulum, dont la présure provoque la formation, est, au contraire, chargé de substances minérales (chaux, acide phosphorique). On prétend souvent, après ARTHUS (1), qu'il est constitué par du « paracaséinate de chaux ». DUCLAUX (2) y voit plutôt un mélange de caséine et de phosphate de chaux. On peut toujours admettre qu'il représente le phosphocaséinate de chaux de LINDET (3), ou, plus exactement, suivant l'expression de PORCHER (4), le complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux du lait, qui se sépare en bloc.

Si la constitution même du coagulum ne nous est pas encore bien connue, on ignore à peu près tout du mécanisme auquel ce coagulum doit son apparition. Il réside, évidemment, dans une transformation, produite au sein de la pseudosolution des protéines et des phosphates du lait.

Pour les uns, cette transformation est purement physique, et se ramène à une rupture d'équilibre (DUCLAUX (5) LINDET (6)). Pour les autres, elle est d'ordre chimique. MALY (7) avait imaginé qu'elle comportait un dédoublement du caséinogène, et ARTHUS (8) confirma cette opinion (formation de paracaséine et de lactoprotéose). LINDET et AMMANN (9) ont montré qu'il ne pouvait en être ainsi, puisque le sérum, obtenu par filtration à la bougie, contient plus de caséine soluble que celui qui résulte du caillage. Pour ces auteurs, deux caséines différentes (caséine α et caséine β) existent, préformées dans le lait, et la présure ne précipite que la caséine α .

Ce qui nous intéresse plus particulièrement ici, c'est que les caillés obtenus par acidification, et ceux qui résultent de l'action de la présure, ont des propriétés physiques bien différentes, opposées même, à certains points de vue, et qu'il est possible de corriger les uns par les autres.

Les conditions théoriques de l'égouttage du caillé. — En effet, le caillé lactique, formé de fins flocons, se laisse facilement traverser par le sérum. Il s'égoutte si bien, que les fromages qu'il constitue deviennent secs et durs (fromages de chèvres).

La présure, agissant seule, donne, au contraire, un caillé de consistance gélatineuse et presque complètement imperméable. Par sa

(1) ARTHUS et PAGÈS. — *Archives de Physiologie*, t. II, 1890, p. 331 et 540.

(2) *Microbiologie*, t. II.

(3) LINDET et AMMANN. — *Ann. Inst. Agr.*, t. V, fasc. 2, 1906.

(4) PORCHER. — *Le Lait*, n° 2, p. 198.

(5) DUCLAUX. — *Microbiologie*, II.

(6) LINDET. — *Le Lait*, 1921, n° 4, p. 167.

(7) MALY. — *Jahresb.*, 1874, p. 154.

(8) ARTHUS. — *Loc. cit.*

(9) LINDET et AMMANN. — *Ann. Inst. Nat. Agr.*, 1906, p. 291. — LINDET, *loc. cit.*, 1910, p. 273

rétraction progressive, il abandonne, avec une extrême lenteur, le sérum qu'il renferme. De lui-même, il n'arriverait jamais à s'égoutter suffisamment.

Mais les ferments lactiques, présents dans le lait au moment de l'emprésurage, se multiplient dans sa masse. Par leur action acidifiante, il lui font perdre, ainsi, progressivement, son caractère propre d'imperméabilité et le ramènent, plus ou moins complètement, au type du caillé lactique.

En même temps, ils lui communiquent l'odeur et la saveur agréables, caractéristiques de leur développement (goût de noisette). Lorsque le travail et l'égouttage du caillé se font à température élevée, ce sont les thermophiles qui prennent la prédominance. Ils impriment, alors, à la pâte du fromage, des caractères particuliers (fromages cuits).

On sait, aujourd'hui, diriger l'action microbienne des ferments lactiques. (Nombre d'individus mis en action mesuré, pratiquement, par l'acidité du lait au moment du caillage. Variation provoquée dans leur développement, en agissant sur la température). On connaît bien, d'autre part, les lois de l'action diastasique de la présure (influences de la température — de la quantité de présure — de l'acidité du lait).

En admettant qu'on soit maître de l'acidité du lait, au point de départ, il devient donc possible, en principe, et on l'est, en fait, de régler à sa guise, les conditions de l'égouttage (1).

Les fromages égouttés spontanément. — L'égouttage peut être obtenu, en effet, dans d'excellentes conditions pratiques, par le seul jeu de cette double action. Il en est ainsi dans toutes les fabrications où il se fait spontanément (fromages frais, fromages moisis).

Mais, il n'est possible d'arriver à ce résultat qu'en poussant fort loin l'action des ferments lactiques. La pâte des fromages, ainsi obtenue, a donc une réaction fortement acide. La saveur aigrelette, qui en résulte, est appréciée dans tous ceux que l'on consomme frais. Ceux qui sont destinés à l'affinage doivent être débarrassés de l'excès d'acide lactique formé.

La maturation des fromages moisis. — C'est la flore comburante des milieux acides, qui se charge de la brûler. On ne tarde pas à la voir apparaître à la surface des fromages, lorsqu'après un léger salage, ils ont été portés au hâloir.

Cette flore superficielle comburante des fromages, dits moisis (*Camemberts, Brie-Coulommiers*), a été étudiée par MAZÉ (2). On peut y rencontrer des levures, des torulas et des moisissures diverses.

(1) P. MAZÉ. — Technique fromagère. *Ann. Inst. Past.*, 1910.

(2) P. MAZÉ. — *Loc. cit.*

Mais elle comprend quelques espèces prédominantes qui, seules, doivent être considérées comme utiles.

Le *mycoderme* apparaît dès le début (2^e jour), en produisant une odeur agréable d'acétate d'éthyle. L'*oidium* (*O. Camemberti*) se développe en même temps, mais plus lentement. Il doit laisser pointer les ramifications aériennes du *Penicillium* (*P. candidum*), qu'on peut apercevoir à partir du 6^e jour. C'est à leur base qu'il forme une membrane plissée, adhérente à la surface du fromage.

Cette membrane mesure la place au *Penicillium*, l'empêche de prendre une végétation trop luxuriante et l'affaiblit progressivement. Grâce à ce fait, les ferments du rouge, peuvent le faire entièrement disparaître, lorsque le caillé cesse d'être acide, pour devenir alcalin. Cette réaction ne permettant plus à l'*O. Camemberti* de végéter, il s'éteint alors de lui-même.

Parmi les ferments du rouge, quelques espèces seulement peuvent résister à une faible acidité. Ces ferments se développent, surtout, à la faveur de la première alcalinisation superficielle, qui résulte de l'attaque de la caséine par les champignons, et ils sont déjà nombreux vers le 10^e jour. A cette époque, la flore microbienne du fromage est entièrement constituée.

Tous les microorganismes, qui la composent, travaillent simultanément.

Les champignons brûlent l'acide lactique formé. Au fur et à mesure de sa disparition, les ferments lactiques en élaborent une nouvelle quantité, aux dépens du lactose. Les deux éléments disparaissent ainsi parallèlement et l'acidité de la pâte reste sensiblement constante, jusque vers la fin de ce travail de combustion.

D'autre part, les produits peptonisés, qui résultent de l'attaque de la caséine par les champignons, sont d'excellents aliments pour les ferments du rouge. L'ammoniaque qui apparaît, en fin de compte, dans cette désagrégation de la matière azotée, passe à l'état de sels, de lactate surtout, qui sont consommés par les champignons.

Ainsi, peut s'effectuer, progressivement, l'élimination de tout l'acide libre du caillé, en même temps que du lactose générateur, sans accumulation d'aucun produit intermédiaire de désagrégation, provenant soit de la caséine, soit du sucre. Il en doit être ainsi, pour que la saveur, souvent désagréable, de ces produits, ne vienne pas nuire à celle du fromage.

Cette épuration dure plusieurs semaines (trois ou quatre semaines). Lorsqu'elle est achevée, l'intérieur du fromage conserve encore la texture floconneuse du caillé acide. Il lui suffit, alors, de quelques jours, pour prendre l'aspect vitreux, mais non coulant, qui marque la fin d'un bon affinage.

Pour MAZÉ (1), la transformation se fait sous l'influence de la *caséase* des ferments lactiques, accumulée dans la masse, et qui peut entrer en action lorsque le milieu est devenu neutre ou faiblement alcalin. L'alcalinisation est assurée par la diffusion progressive, de la surface vers l'intérieur du fromage, des petites quantités d'ammoniaque, que mettent en liberté les ferments du rouge. Ceux-ci ne doivent sécréter que fort peu de caséase, pour que la maturation soit régulière. Ils se comportent donc, surtout, comme des *ferments alcalinisants*.

Derniers représentants de la flore superficielle aérobie, ce sont eux, d'autre part, qui, jusqu'au bout, protègent la pâte du fromage contre l'action oxydante de l'air.

Le développement de la flore superficielle ne doit pas dépasser la juste proportion qui assure le succès de l'affinage. S'il devient excessif, il provoque des accidents (grosse peau).

Or, ce développement dépend, dans son ensemble, de la quantité d'aliments hydrocarbonés, que les champignons trouvent dans le caillé, c'est-à-dire du degré d'égouttage de celui-ci.

L'égouttage est, lui-même, comme nous l'avons vu, en rapport avec le développement des ferments lactiques. Et le rôle de ces ferments qui, directement ou indirectement, règlent tout le travail, nous apparaît, ainsi, avec toute son importance, dans ce genre de fabrication.

C'est justement celui où l'enchevêtrement des interventions microbiennes est le moins contrarié, et où il atteint son maximum de complexité ; pendant que se trouve réduit, au minimum possible, le rôle actif du fromager.

La séparation du sérum des caillés à acidification limitée. — On modifie profondément la marche du travail lorsque, par des lavages ou des frottements répétés, on s'attache à détruire les champignons, dont nous avons indiqué le rôle comburant, au fur et à mesure qu'ils apparaissent sur le caillé.

Si l'acidité de celui-ci est élevée, il devient alors cassant et prend, au cours de l'affinage, une saveur désagréable (amertume du lactate d'ammoniaque). Elle ne peut donc atteindre qu'un degré, variable avec les diverses sortes de fromages, mais toujours faible.

Il en résulte que l'acidification doit être moins poussée. Comme, de ce fait, l'égouttage est rendu plus pénible, il devient nécessaire de le faciliter par « un travail » plus ou moins prolongé du caillé qui en sépare la plus grande partie du sérum (Port-Salut, Roquefort, Cantal, Hollande, Fromage anglais, Parmesan, Gruyère, Emmenthal, etc.).

(1) *Loc. cit.*

Ce « travail » peut être complété par l'action du chauffage, qui favorise la rétraction de la caséine (fromages chauffés, fromages cuits).

Pour l'achever, enfin, on a le plus souvent recours à un pressage, quelquefois léger (pâtes molles), d'autres fois, au contraire, très énergique (pâtes fermes).

La maturation des fromages lavés. - Lorsque ces divers traitements sont effectués avec assez de ménagements, le caillé reste imprégné d'une quantité importante de sérum. Il est donc encore mou et acide (*Port-Salut, Pont-l'Evêque, Munster, Limbourg*).

On fait disparaître les moisissures qui tendent à se développer à sa surface, en la frottant de temps en temps avec de l'eau légèrement salée (*fromages lavés*).

A la faveur de ce traitement, apparaît une flore superficielle, visqueuse, où se rencontrent de nombreuses espèces productrices d'ammoniaque, et qui emprisonne, dans sa masse, des anaérobies (*rouge lavé*).

L'ammoniaque, produite par cette végétation sature partiellement (*Port-Salut, Pont-l'Evêque*) ou totalement (*Munster*), l'acidité de la pâte, dont la maturation se poursuit, soit par l'action de la présure, en milieu acide, soit par celle des diastases microbiennes, en milieu neutre ou alcalin. La caséine peut, également, être en partie dissoute par l'ammoniaque, ou subir, en surface, une véritable putréfaction (production d'hydrogène sulfurée et d'indol).

La maturation des fromages persillés. - Au point de vue de leur mode de fabrication et du mécanisme de leur maturation, les fromages dits persillés (*Roquefort, fromage de Gex, Gorgonzola*), constituent un terme intermédiaire entre les fromages moisissés et les fromages à pâtes fermes.

En effet, c'est le développement d'une moisissure (*P. Glaucum Roqueforti*) à travers la masse du caillé, qui imprime à sa maturation un caractère particulier (combustion de l'acide lactique, solubilisation partielle de la caséine, hydrolyse partielle des matières grasses, d'où apparition d'une saveur spéciale).

Lorsqu'on a laissé, dans le caillé, une acidité suffisante, et qu'on l'aensemencée abondamment (pain moisi), cette moisissure se développe rapidement et son action commence de bonne heure. Il en est ainsi dans le *Roquefort*.

Dans le *Gorgonzola*, on la favorise beaucoup moins. Elle n'est pas ensemencée artificiellement et elle n'intervient que tardivement. Les premières phases de la maturation sont, alors, identiques à celles que nous indiquerons à propos des fromages à pâte ferme.

Pour permettre à l'oxygène de l'air d'arriver jusqu'au *Penicillium*, la surface de ces fromages doit être débarrassée de toute végétation superficielle (*raclages*, *revirages*, *brossages*). On lui ouvre, quelquefois, des voies d'accès plus larges, au moyen de *piqûres* (Roche-fort).

La maturation des fromages à pâte ferme — En ne laissant, dans le caillé, qu'une très faible quantité de sérum, on obtient des fromages dont la pâte est ferme et reste très faiblement acide. Elle peut se mûrir sans l'intervention d'aucune flore superficielle et celle-ci, étant inutile, est éliminée par des *frottages* ou des *brossages* répétés. La caséine se durcit, alors, en surface et forme une *croûte* protectrice que l'on rend quelquefois plus lisse et plus isolante, en l'enduisant d'un corps gras (huile de lin).

La saveur caractéristique de la fermentation lactique ordinaire se retrouve dans le *Cantal*, le *Hollande*, les *fromages américains*, lorsqu'ils sont de bonne qualité. La flore microbienne normale du lait n'est pas sensiblement modifiée, en effet, par l'action de la température atteinte au cours de la fabrication de ces fromages.

Leur maturation a été quelquefois attribuée aux microbes peptonisants des milieux acides. Pour GORINI (1), celle du *Parmesan* est due surtout aux Tetracocci peptonisants, qui produiraient, suivant O. JENSEN, une *exotrypsine* active en présence d'une légère acidité.

BOEKHOUT et de VRIES (2) ont montré que les bactéries peptonisantes ne peuvent jouer aucun rôle important dans la maturation du fromage d'Edam, que VAN DAM (3) attribue surtout à l'action de la présure.

En effet, la diastase (chymosine) qui coagule la caséine, la digère ensuite en milieu acide (4). Il est, incontestable qu'en un tel milieu, toute bonne transformation du caillé relève de son action, jointe à celle des ferments lactiques.

Dans le *Gruyère* et l'*Emmenthal*, le caillé est chauffé, au cours de son travail, jusqu'au voisinage de 60°. Un tel chauffage accélère l'élimination du sérum qui est poussée fort loin. Il sélectionne, en outre, les bactéries lactiques thermophiles, maintenues longtemps à une température favorable à leur développement, dans la masse de ces énormes fromages, qui sont dit « cuits ».

La maturation des *fromages cuits* a été longuement étudiée par DE FREUDENREICH et O. JENSEN.

(1) *Rev. gén. du Lait*, 1910, vol. 8, p. 337.

(2) *Rev. gén. du Lait*, 1910, vol. 6, p. 1.

(3) *Centralblatt f. Bakt 2 Abt*, 1910, Bd. XXVI, p. 189.

(4) O. JENSEN, *Landw. Jahrb. d. Schweiz*, 1904, p. 404, et 1907, p. 97.

(4) PÉTRY, *Wiener klinische Wochenschrift*, 1906, p. 143.

Pour ces auteurs, la faible acidité restant dans le caillé se trouvant suffisamment saturée par la chaux qu'il renferme, ce serait une *endoéropsine* (1) des bactéries lactiques, mise en liberté après leur mort (2), qui interviendrait dans le phénomène. Elle pousse assez loin la désagrégation de la matière azotée, pour expliquer la proportion importante d'amino-acides signalés dans ces fromages (3).

La production des *yeux*, recherchés dans le Gruyère et l'Emmental, que l'on met en cave chaude à 18 et 20°, est due, pour DE FREUDENREICH (4) et O. JENSEN (5), aux ferments propioniques. Ce sont des bactéries immobiles, non sporulées, qui décomposent le lactose ou le lactase de chaux en acide propionique, acide acétique et anhydride carbonique. CLARCK (6) n'a trouvé que ce gaz dans les yeux normaux du fromage.

Cependant, dans bien des cas, les ferments butyriques semblent aussi prendre part au phénomène, et il se dégage un mélange de d'hydrogène et d'anhydride carbonique.

Quoiqu'il en soit, si ces ferments producteurs de gaz, ont un rôle utile à jouer, lorsqu'ils sont en petit nombre, ils provoquent le gonflement des fromages en cave, et deviennent ainsi dangereux, dès que leur action prend un peu trop d'importance.

Les manipulations les introduisent toujours dans le lait en nombre suffisant, et on n'a guère à s'en préoccuper, en industrie, que pour les éviter le plus possible.

Nous entrons donc dans la catégorie des microorganismes, capables de provoquer des accidents de la fabrication, et que l'on doit combattre.

Avant d'en poursuivre l'étude, il y a lieu de jeter un coup d'œil en arrière. L'exposé précédent nous a fait apparaître, en effet, dans le travail qu'elles ont à accomplir, tant en beurrerie qu'en fromagerie, un certain nombre d'*espèces utiles*, dont il est bon de préciser maintenant les caractères essentiels.

Les microorganismes utiles en industrie laitière. — Ces *espèces utiles* se rattachent à trois genres de champignons : *Mycoderme*, *Oidium*, *Penicillium* et à deux groupes de bactéries, assez homogènes physiologiquement, les *ferments alcalinisants* et les *ferments lactiques*.

(1) DE FREUDENREICH et O. JENSEN, *Landw. Jahrb. d. Schweiz*, 1899, p. 167.

(2) O. JENSEN, *Landw. Jahrb. d. Schweiz*, 1906, p. 303.

(3) O. JENSEN, *Centralblatt f. Bakt.*, 2 Abt., 1900, Bd. VI, p. 840 et 1904, Bd. XIII, p. 521.

(4) DE FREUDENREICH et O. JENSEN, *Jahrb. d. Schweiz*, 1906, p. 320.

(5) O. JENSEN. — Thèse de doctorat.

(6) CLARCK, *U. S. Dept. of Agric. Bureau of Animal Industry*, Bull. 151, 1912.

Les champignons dans leur rôle utile. — Les champignons, qui se développent sur les fromages dit moisissés, ont été étudiés par ROGER, puis par MAZÉ (1).

A. — Les *Mycodermes* se rapprochent beaucoup du *Mycoderma vini*. MAZÉ en a isolé trois espèces voisines.

B. — L'*Oidium* qu'on rencontre partout, en laiterie, est l'*O. Lactis*. Pour MAZÉ, on aurait décrit sous ce nom plusieurs espèces différentes. La plus intéressante est l'*O. Camemberti* qui se développe fort mal, sur milieu neutre ou alcalin, caractère précieux en pratique, ainsi que nous l'avons vu.

L'*O. farinosum* se trouve sur certains fromages et est caractérisé par son aspect poussiéreux. Au contraire de l'*O. Camemberti*, il pousse bien sur milieu neutre ou faiblement alcalin.

L'*O. Gueraldi*, isolé par GUÉRAULT, est très rare. L'*O. Humi* est répandu dans le sol et les eaux. Quant à l'*O. tenuis*, qui fournit des cultures peu abondantes, il se trouve surtout dans le beurre.

C. — Les espèces de *Penicillium* se distinguent par la couleur que leurs spores communiquent aux cultures, lors de leur formation.

Le *P. album* devient plus ou moins bleuté. C'était autrefois la moisissure recherchée sur le Brie, et aussi sur le Camembert.

Le *P. candidum* reste blanc, mais avec toute une gamme de tons, tirant sur le jaune très clair. Il se trouve sur les bondons, et on le préfère aujourd'hui au *P. album* sur tous les fromages moisissés.

Le *P. glaucum Roqueforti* prend une couleur vert foncé.

Tous les champignons sont capables de détruire l'acide lactique et le lactose, qui sont leurs aliments hydrocarbonés par excellence. C'est le *Mycoderme* qui est doué d'un moindre pouvoir comburant. *Oidium* et *Penicillium* brûlent, avec une égale rapidité, l'acide lactique ; mais le *Penicillium* oxyde, plus vite que l'*Oidium*, le sucre de lait.

C'est également le *Penicillium* qui s'attaque le plus énergiquement à la caséine, voire même à la matière grasse. Pour cette raison, nombre de fromagers voient volontiers l'*O. Camemberti*, dont la végétation s'arrête toujours à temps (milieu alcalin), prendre sur lui la prédominance.

Les ferments alcalinisants dits « du rouge ». — MAZÉ (2), qui a également étudié les ferments alcalinisants ou ferments du rouge des fromages moisissés, les rattache à huit espèces, qu'il considère comme indispensables, en raison de leur inégale résistance à l'acidité du caillé. Peut-être ne serait-il pas impossible de réduire ce nombre.

(1) MAZÉ, loc. cit.

(2) MAZÉ, loc. cit.

Ce sont des bacilles, morphologiquement très différents, et qui ne constituent un groupe homogène que par l'ensemble de leurs propriétés physiologiques. On peut, toujours d'après le même auteur, résumer ainsi qu'il suit leurs caractères.

Ils sont strictement aérobies, non sporulés, se développent lentement à partir de 7° et, dans les conditions les meilleurs, vers 25-30°. Ils sécrètent de la présure et de la caséase en petite quantité.

Les matières azotées-dégradées sont, pour eux, d'excellents aliments, et ils produisent, à leurs dépens, un peu d'ammoniaque. Ils brûlent les sucres, sans donner de produits intermédiaires.

Toutes les espèces ne coagulent pas le lait, l'action de la caséase pouvant être plus rapide que celle de la présure. Mais, toutes, lui communiquent une saveur agréable rappelant celle du consommé, tout au moins pendant plusieurs semaines. A la longue, les cultures prennent un goût de vieux fromage. En même temps, elles rougissent progressivement à partir de la surface, lorsque les produits de digestion s'y sont accumulés. Cette coloration apparaît plus vite sur les fromages, où les microbes trouvent des aliments déjà dégradés (action des champignons).

Grâce à ces diverses propriétés, les ferments du rouge peuvent remplir le rôle qui leur revient, dans l'affinage des fromages moisissés, et qui se ramène, ainsi que nous l'avons vu, aux trois points principaux suivants :

- 1° Arrêter l'action des champignons ;
- 2° Alcaliniser légèrement le caillé ;
- 3° Protéger la pâte du fromage contre l'action oxydante de l'air.

Le rouge lavé est constitué par un grand nombre d'espèces microbiennes, parmi lesquelles se trouvent beaucoup de putréfiantes.

O. JENSEN (1) a isolé de la surface des *fromages de Limbourg* et de *Romadour*, un tetracoccus peptonisant et une bactérie, le *Bacterium casei limburgensis*, à l'association desquels il donne la valeur d'une symbiose.

Si on voulait vraiment entreprendre, parmi ces microorganismes une sélection sérieuse, on serait conduit à y rechercher des bactéries, analogues à celles du rouge des fromages moisissés les plus résistantes à l'acidité.

Les ferments lactiques industriels. — Nous connaissons l'importance fondamentale du rôle qu'ont à jouer, en laiterie, les ferments lactiques, dont le développement règle, en quelque sorte, l'évolution de tous les phénomènes biologiques ou chimiques, qui interviennent dans les fabrications.

(1) O. JENSEN. — Studier over de flygtige Syrer i Ost., etc. Thèse de doctorat, 1904, p. 74.

Il existe un nombre considérable de microorganismes dont l'action sur les sucres fait apparaître de l'acide lactique. Dans un récent travail, O. JENSEN (2) en a fait une remarquable étude d'ensemble. D'après cet auteur, leur caractère commun le plus important est de ne pas former de spores et d'être, par conséquent, faciles à détruire par la chaleur.

Parmi ces espèces, celles-là seules doivent intervenir en industrie laitière, qui produisent l'acide lactique, d'une manière à peu près exclusive aux dépens du lactose ; avec de petites quantités, seulement, d'acide acétique et des traces d'alcool, sans dégagement gazeux apparent. Elles ne doivent, d'autre part, s'attaquer que très modérément à la caséine.

Les bonnes variétés se distinguent, en outre, par ce fait capital, que leur développement dans le lait y détermine l'apparition d'une odeur et d'un goût agréables, caractéristiques, et qui se retrouvent dans tous les bons beurres et tous les bons fromages (Goût de noisette).

A. — Le plus grand nombre des espèces utiles sont représentées par des coccobacilles ovoïdes, de dimensions différentes, mais toujours petites, isolées ou groupées en un petit nombre d'éléments, tout au moins dans le lait. Ils ne peuvent guère y produire plus de 10 à 11 grammes d'acide lactique droit par litre.

La température la plus favorable à leur développement se trouve en général aux environs de 25-30° (*Streptococcus cremoris*). Mais certaines espèces s'accommodent beaucoup mieux que les autres des températures relativement basses (15-16°) ; ce sont les plus intéressantes en beurrerie.

Par contre, c'est vers 40° que le *Streptococcus thermophilus* prolifère le mieux.

Si la plupart des coccobacilles sont tués par un chauffage à 65°, pendant 5 minutes, quelques espèces résistent à 80° et même 85° pendant le même temps (ferments résistants à la chaleur). Ces espèces croissent, en général, très lentement à la température ordinaire.

Sous le nom de *Bacterium lactis longi* et de *Streptococcus Hollandicus*, GERDA, TROILI-PETERSSON (1) et WEIGMANN (2), ont décrit des ferments lactiques qui se distinguent par la production de matières mucilagineuses, rendant le lait filant. De telles espèces se trouvent dans la « *lange wei* » utilisée, autrefois surtout, comme levain, pour la fabrication du fromage d'*Edam*, ainsi que le *Tätmyölk* de Suède. *Tättenmyelk* de Norvège et le *gros lait* de Bretagne.

(1) O. JENSEN. — The lactic acid bacteria. Monographie publiée par l'Ac. des Sc. de Copenhague.

(2) *Zeitschrift f. Hyg. und Infektionskrankheiten*, 1899, Bd XXXII, p. 361.

(3) *Milchzeitung*, 1899, Bd. XVIII, p. 18.

B. — Dans beaucoup de fromages, dont la fabrication peut comporter le maintien plus ou moins prolongé du caillé vers 35-40°, on rencontre des *streptobactéries*, qui trouvent à cette température les conditions *optima* de leur croissance.

Elles sont formées de chaînes, plus ou moins longues, de bactéries, dont les dimensions sont variables, et elles produisent de l'acide lactique droit ou inactif. Le *Streptobacterium casei* attaque la caséine (*Bacterium casei* α de DE FREUDENREICH).

C. — Les *Thermobactéries* atteignent quelquefois une grande longueur. Elles végètent bien à 40-50° et même au-dessus de cette température. Au-dessous de 20°, leur multiplication est à peu près nulle.

Elles ont sur la caséine, en milieu neutre, un pouvoir hydrolysant très notable, grâce auquel elles peuvent jouer, dans la maturation des fromages cuits, où le chauffage du caillé vers 60° les sélectionne, le rôle que leur ont attribué DE FREUDENREICH et O. JENSEN.

C'est dans ce groupe qu'on rencontre des producteurs d'acide les plus puissants. Le *Thermobacterium Helveticum* (*B. casei* ϵ de DE FREUDENREICH) et le *Thermobacterium Yugurt* peuvent former, dans le lait, jusqu'à 2,7 % d'acide lactique inactif, pendant que le *Thermobacterium Bulgaricum* ne donne que 1,7 % d'acide gauche,

Les microorganismes nuisibles en laiterie. — Le lait et les produits de sa transformation, qui prennent naissance au cours des fabrications, représentent d'excellents aliments pour la plupart des espèces microbiennes saprophytes.

Il ne faut donc pas s'étonner de rencontrer, en laiterie, un nombre considérable d'entre elles, qui apparaissent quand les circonstances le leur permettent. En dehors de celles que nous venons de décrire comme utiles, les autres sont indifférentes ou, le plus souvent, *nuisibles*.

Ces *microorganismes nuisibles* sont si nombreux qu'il serait fastidieux et inutile de les énumérer tous. Mais certains manifestent leur présence avec tant de régularité qu'il est indispensable de les bien connaître.

Le chauffage est le moyen artificiel auquel on a recours pour assurer la conservation du lait, et l'acidification représente son mode de défense naturel. Les microorganismes qui *résistent à l'action de la température* (sporulés), et ceux qui, *en évoluant en milieu acide*, y produisent des *accidents* (Dégagement gazeux) sont donc particulièrement gênants.

D'autre part, lorsque les divers produits de la laiterie ne sont plus protégés par une acidité suffisante, ils redoutent l'envahissement de

toute une flore microbienne, se développant bien même à basse température, qui s'attaque à la matière azotée, voire même à la matière grasse, et qu'on rattache au groupe, assez peu nettement défini, des *putréfiants*. Fréquemment, l'apparition d'une réaction neutre ou alcaline marque également le point de départ d'une active multiplication des ferments butyriques.

Enfin, les moisissures doivent, le plus souvent, être considérées comme nuisibles, en laiterie.

Les bactéries sporulées résistant au chauffage. — Nous avons dit déjà que les *ferments butyriques* provoquent le gonflement tardif des fromages cuits, en cave. Ce sont des bâtonnets, anaérobies, polymorphes, mobiles ou immobiles, qui se développent entre 15° et 40°. Ils forment des spores, quelquefois très résistantes, grâce auxquelles il arrive à certaines variétés d'échapper aux stérilisations industrielles insuffisamment poussées. Elles déterminent, ensuite, l'avarie du lait traité qui devient infect et acide, formant un coagulum que brisent les dégagements gazeux (H et CO_2).

Un accident analogue, et plus fréquent, peut-être est dû au développement de bactéries aérobies, se rapprochant du *Bacillus subtilis*, dont les spores sont plus résistantes encore que celles des ferments butyriques. Certaines de ces bactéries sont thermophiles et se multiplient fort bien à des températures atteignant 50° et même 60°. La plupart ont encore une vie très active aux températures ordinaires. Elles provoquent, sans dégagement gazeux, une coagulation (présure) et une digestion de la caséine du lait, qui devient, le plus souvent, alcalin.

Si les ferments butyriques et le *B. subtilis* se laissent difficilement détruire par l'action de la chaleur et sont, de ce fait, gênants (pasteurisation), il s'accommodent fort mal des milieux acides, ce qui limite singulièrement leurs méfaits.

Les microorganismes producteurs de gaz des milieux acides. — Par contre, toute une catégorie de microorganismes évoluent à l'aise dans les milieux acides.

Les plus fréquents, qui apparaissent surtout lorsque la température est un peu élevée, se rattachent aux groupes du *Bacillus lactis aerogenes* et du *Bacterium coli*. Ce sont de petits bacilles, qui trouvent vers 38° la température la plus favorable à leur croissance.

Ils font fermenter le lactose, avec dégagement de CO_2 et d' H . Dans ces fermentations, l'acide lactique apparaît toujours en quantité importante, et cela les fait considérer comme des fermentations lactiques spéciales (*pseudo-ferments lactiques*). En même temps, prennent naissance de l'acide acétique et d'autres corps à fonctions diverses,

sur lesquels nous ne pouvons insister ici. La matière azotée est, d'autre part, attaquée et donne, de son côté, des produits de dégradation dont l'odeur est désagréable.

Le dégagement gazeux, lié au développement de ces microorganismes, peut se manifester dans la crème en voie de maturation, voire même dans le lait avant son emploi. C'est lui qui détermine, au cours de l'acidification, le gonflement précoce des fromages (pâtes dites fermentées des fromages frais, — gonflement dans les moules des fromages égouttés spontanément, — gonflement sous presse des fromages pressés). A ces accidents, se joint l'apparition de mauvais goûts, qu'il faut attribuer à divers produits de la fermentation.

Il existe, des races de *levures* qui déterminent, aux dépens du lactose, une fermentation alcoolique, avec dégagement de CO^2 . Cette transformation se révèle par l'odeur qu'elle dégage (pâtes de certains fromages frais).

Les levures sont considérées, comme étant une cause fréquente de l'amertume (*Torula amara*).

Dans le képhir et les boissons analogues, on a tiré parti de l'association d'une telle fermentation alcoolique avec la fermentation lactique.

Lorsque le saccharose du lait concentré sucré fermente, sous l'action de certaines levures sauvages qui ne redoutent pas la concentration du produit, celui-ci prend une forte odeur d'alcool et se coagule pendant que les boîtes, qui le renferment, gonflent sous la pression du CO^2 mis en liberté.

Toute cette flore microbienne des milieux acides ne résiste pas aux températures de la pasteurisation.

Les microorganismes dits putréfiants. — Le *Bacterium fluorescens liquefaciens* et le *Bacterium prodigiosum* sont capables d'hydrolyser la matière grasse et, d'après O. JENSEN, font assez souvent rancir le beurre, dans lequel les apportent les eaux de lavage.

Les *Bactéries putréfiantes* peuvent encore provoquer la pourriture des fromages, devenus alcalins (*Cocci peptonisants*, *Proteus divers*, *Plectridium*, *Bactéries fluorescentes*).

Plusieurs ferments des maladies du lait sont à rapprocher des putréfiants. Ils sont, d'ailleurs, assez rares. Le *Bacterium synxanthum*, du lait jaune, et le *Bacterium erythrogenes*, du lait rouge, sont classés par O. JENSEN dans le groupe du *Proteus*. Le *Bacterium syncyaneum*, qui colore le lait en bleu, en présence d'acide lactique, et quelques espèces voisines, qui peuvent lui donner la même couleur quand il est neutre, se rattachent, pour le même auteur, aux *bactéries fluorescentes*.

Les moisissures dans leur rôle nuisible. — Rappelons encore, qu'en dehors des espèces précédemment étudiés considérés à leur place normale, l'apparition de toute moisissure étrangère sur les fromages en déprécie la valeur. Le *P. glaucum* détermine la *maladie du noir* sur les fromages moisiss.

L'*Oidium lactis* ou l'*Oidium tenuis*, le *Penicillium glaucum* et le *Cladosporium butyri*, au même titre que le *B. fluorescens liquefaciens* et le *B. prodigiosum* sont des agents du rancissement des beurres. Mais les acides gras, mis en liberté, peuvent être ensuite consommés en partie par les champignons. Sous l'action oxydante de ceux-ci, des éthers odorants peuvent, également, prendre naissance.

POUR ROGERS, DAHLBERG et EVANS (1), les amas brunâtres qu'on trouve souvent à la surface des vieux laits condensés sucrés, dans les boîtes, sont dus à l'*Aspergillus repens*. Cette moisissure cesse de se développer dès qu'elle manque d'oxygène ; mais les enzymes protéolytiques qu'elle secrète continuent leur action et digèrent son mycelium, dont on ne retrouve plus trace au bout d'un certain temps.

L'origine des microorganismes qui peupent le lait. — On retrouve tous les microorganismes que nous avons rencontrés, au cours de cette étude, dans les excréments, dans le fumier et dans la terre, où ils poursuivent normalement la tâche de désagrégation de la matière organique qui leur est assignée dans la nature. De là, ils passent dans les eaux, dans les poussières de l'air, sur les fourrages et, d'une manière générale, un peu partout.

Leur introduction dans le lait peut ainsi, du fait même de son mode de production, être considérée comme à peu près inévitable, dès sa récolte.

Mais, si les contaminations ne sont pas trop massives, la plupart des germes n'y prolifèrent pas, parce qu'une lutte s'engage entre eux, où s'affirme la supériorité des ferments lactiques.

Les ferments lactiques dans le lait. — Ceux-ci représentent, incontestablement, l'espèce la mieux adaptée à ce milieu de culture, d'ailleurs si remarquablement équilibré, qu'est le lait.

Ils pullulent partout où ils trouvent cet aliment, dans les récipients qui en ont contenu, sur tous les objets qu'il a touchés, sur la peau et les poils des animaux.

Si, comme l'ont montré les recherches de WARD (2) et de

(1) *Journal of Dairy Sciences*, 1920, vol. 3, p. 122.

(2) *Cornell University Agricultural Experiment Station*, 1900, Bull. 78.

BARTHEL (1), ils ne sont pas présents dans la mamelle saine elle-même, où seules d'autres espèces banales de la peau semblent pénétrer, ils l'entourent du moins de toutes parts, lors de la traite. Aussi se répandent-ils abondamment dans le lait encore chaud. Ils s'y multiplient activement, paralysant ainsi, le plus souvent, les espèces concurrentes.

Dans cette lutte, l'acidification qu'ils produisent est une arme puissante, à laquelle ne résistent, nous l'avons vu, ni le *B. subtilis* ni les *ferments butyriques*, ni les *bactéries putréfiantes*.

Malheureusement, cette acidification devient, en même temps, un obstacle pour nombre de fabrications (condensation, stérilisation, fromages pressés). Aussi, importe-t-il, souvent, de ralentir dans le lait, pour assurer sa bonne conservation, le développement des ferments lactiques, et à plus forte raison de toutes les autres espèces.

Les grandes directives théoriques de la technique laitière industrielle. — Et, en dernière analyse, nous entrevoyons ainsi que le programme technique à réaliser en industrie doit s'établir sur cette double directive théorique :

1° Eviter, le plus possible, les contaminations du lait par les espèces microbiennes nuisibles et ralentir le développement de toutes celles qu'il renferme, nuisibles comme utiles, depuis la traite jusqu'à la fabrication.

2° Eliminer des fabrications toutes les espèces microbiennes, sauf celles qui doivent y prendre une part active. Nous avons vu, à cet égard, le rôle joué par les ferments lactiques, comme agents de protection et de travail tout à la fois.

L'intervention de la technique laitière industrielle doit donc commencer à la traite, et ne cesser qu'à la vente du produit fabriqué, prêt pour la consommation.

La partie du travail qui se réalise à l'usine est d'une surveillance facile ; elle peut être soumise à une discipline efficace.

Il n'en est pas de même, pour celle qui concerne l'approvisionnement de la laiterie. Celui-ci fait intervenir un nombre, toujours considérable, d'agents qui, en général, opèrent à leur guise, et loin de tout contrôle.

Le problème des ramassages de lait est l'un des plus délicats qu'ait à résoudre l'industrie. C'est aussi le plus important ; car, faute de lui avoir donné une solution suffisante, tous les efforts qu'on pourrait tenter seraient, en principe, voués à l'impuissance.

(A suivre).

(1) *Rev. gén. du Lait*, tome 1, p. 505 et suiv. et p. 529 et suiv.