

4. ROGERS, L.-A., and DEYSHER, E.-F., and EVANS, F.-R. — The relation of acidity to the coagulation temperature of evaporated milk. *Jour. of Dairy Science*, v. 4, n^o 4, pp. 294-309, July 1921.
5. BANCROFT, WILDER, D. — Applied colloid chemistry, 1921.

LA CLASSIFICATION DES BACTÉRIES LACTIQUES.

par M. le D^r ORLA-JENSEN,

Professeur à l'Ecole Polytechnique de Copenhague.

On sait qu'il existe un nombre immense d'organismes très divers qui sont aptes à produire au moins de faibles quantités d'acide lactique. *Il faut donc procéder avec prudence, si l'on veut établir une famille de bactéries lactiques en se fondant uniquement sur l'aptitude particulièrement développée à former de l'acide lactique.* Cependant, les bactéries que nous appelons les véritables bactéries lactiques possèdent en commun tant d'autres propriétés, que leur étroite parenté ne paraît point douteuse. C'est ainsi que, à l'égal des animaux, elles se montrent excessivement exigeantes à l'égard de la nature de leur nourriture azotée et qu'elles ne peuvent croître qu'en présence de protéines ou de complexes d'acides-aminés ; et, chose singulière, elles ne sont point capables de libérer l'oxygène de l'eau oxygénée. De plus, ces bactéries sont dépourvues du pouvoir de réduire les nitrates, et elles ne produisent pas de végétation de surface dans les cultures de piqûre. Enfin, elles prennent toutes le Gram, affectent la forme de bâtonnets ou de globules non mobiles et sans formation de spores, et leurs divisions ont ordinairement lieu dans un seul plan.

D'après mes recherches (1), on peut les grouper de la façon suivante :

A. — Les bactéries qui, en outre d'acide lactique, ne forment que des traces de produits accessoires.

FORMES DE BÂTONNETS. — I. *Thermobacterium*, produisant de l'acide lactique lévogyre ou inactif.

II. *Streptobacterium*, produisant de l'acide lactique dextrogyre ou inactif.

FORMES SPHÉRIQUES. — III. *Streptococcus*, produisant toujours de l'acide lactique dextrogyre.

(1) The Lactic Acid Bacteria. — *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Copenhague*, 1919, 2 tomes avec 51 plaques.

B. — Bactéries lactiques formant, en sus de l'acide lactique, d'appréciables quantités de gaz ou d'autres produits accessoires.

FORMES DE BÂTONNETS. — Genre IV. *Bifidobacterium*, produisant de l'acide lactique dextrogyre.

Genre V. — *Betabacterium*, produisant presque toujours de l'acide lactique inactif.

FORMES SPHÉRIQUES. — Genre VI. *Betacoccus*, produisant de l'acide lactique généralement lévogyre, rarement inactif.

Avant de passer à la description des différentes espèces, je ferai observer qu'en les établissant, je me suis fondé exclusivement sur des propriétés spécifiques constantes. Aussi, avant de procéder à la classification des cultures que j'avais isolées, j'ai fait bien des fois, pendant dix années, l'examen et l'étude de chacune d'elles.

J'ai constaté que quelques-unes des propriétés ordinairement utilisées pour la classification des espèces bactériennes — par exemple, l'apparence de leur culture en piqure — sont souvent tellement variables, qu'elles paraissent n'avoir guère de valeur au point de vue de la classification. L'aptitude à attaquer la caséine varie suivant la manière dont est cultivée la bactérie dont il s'agit, et le pouvoir de faire fermenter les divers sucres se trouve sous la dépendance de la qualité de la source d'azote. Il n'est pas jusqu'à la quantité de produits accessoires prenant naissance en sus de l'acide lactique, qui ne soit sujette à de fortes variations. Une bactérie douée d'une grande vitalité ne manquera naturellement pas d'utiliser davantage la source d'énergie qu'une autre de même espèce dont la vitalité est moindre ; conséquemment, la première produira une plus forte quantité de gaz et d'acide volatil que la seconde.

J'ai été très circonspect en établissant des espèces nouvelles, et je suis persuadé de n'en avoir pas établi un trop grand nombre ; je pense que, par la suite, on arrivera bien plutôt à en augmenter le nombre en les divisant ultérieurement.

1. — *Thermobactéries*. — Les espèces appartenant au genre *Thermobacterium* présentent la forme de longs bâtonnets et ne se développent guère au-dessous d'une température de 22° C., mais croissent rapidement entre 40 et 50° C., ou même au-delà ; par suite, elles prennent généralement le dessus dans le lait maintenu à des températures dépassant 40° C. La végétation dans l'extrait de levure est luxuriante et, à l'exception du *Tbm. cereale* (ordinairement appelé *Bacillus Delbrücki*), qui ne croit pas dans le lait, les *Thermobactéries* attaquent fortement la caséine et, en conséquence, jouent un rôle important dans la maturation des fromages cuits, qui se fabriquent de manière à

demeurer chauds pendant longtemps. Elles prospèrent mieux en l'absence de l'air et sont, parmi toutes les bactéries lactiques, celles qui produisent les plus grandes quantités d'acide. Les espèces de *Tbm.* qui forment de l'acide lévo-lactique peuvent produire 4,7 % d'acide, et celles formant de l'acide lactique inactif sont aptes à en produire dans le lait 2,7 % et même davantage. Elles ne font jamais fermenter les pentoses, et souvent même la salicine échappe à leur action.

Ce genre comprend, au moins, cinq espèces, à savoir :

Tbm. helveticum (nommé autrefois *Bacterium casei* ϵ). C'est cette espèce qui joue le rôle prépondérant dans la maturation du fromage suisse d'Emmenthal ; elle produit de l'acide lactique inactif et fait fermenter le maltose, mais non le saccharose.

Tbm. jugurt, qui apparaît dans le lait caillé bulgare (Yoghourt). Cette bactérie forme sur la gélose des colonies plumeuses, et elle produit de l'acide lactique inactif.

Tbm. bulgaricum, la bactérie la plus importante du yoghourt. Elle est riche en granules, qui avec le bleu de méthylène prennent une teinte plus foncée que le reste du protoplasme. Elle produit de l'acide lévo-lactique. Les deux bactéries de yoghourth ne font fermenter ni le maltose, ni le saccharose, et ne peuvent se conserver que dans du lait.

Tbm. lactis, la thermobactérie la plus répandue dans le lait. Elle forme de l'acide lévo-lactique et fait fermenter le saccharose aussi bien que le maltose.

Tbm. cereale, la bactérie de la trempe (*Maische*), employée dans la fabrication de l'alcool et de la levure. Elle produit de l'acide lévo-lactique et ne fait pas cailler le lait.

II. — *Streptobactéries*. — Les microorganismes (appartenant au genre *Streptobacterium* se présentent quelquefois sous la forme de longs bâtonnets, mais forment le plus souvent de longues chaînes de bâtonnets courts. Ces derniers sont parfois tellement courts que, lorsqu'ils se montrent en même temps arrondies, ils ont un faux air de *Streptococci*. Les *Streptobacteria* prospèrent le mieux à 30° C., et croissent rarement aux températures supérieures à 37-40° C., ou inférieures à 10° C. Ils croissent très lentement et, même à leur température optima, mettent au moins deux jours à cailler le lait ; pourtant, comme ils forment, et aussi supportent, beaucoup plus d'acide que les *Streptococci*, ils arrivent graduellement à prédominer dans les produits de laiterie et, parlant, se rencontrent toujours dans les fromages.

J'ai établi seulement deux espèces de ce genre :

Sbm. casei (*Bacterium casei* α), qui est apte à décomposer la caséine, est l'espèce bactérienne la plus importante pour la maturation du fromage. Elle préfère le lactose au saccharose et au maltose, et ne fait fermenter qu'exceptionnellement le raffinose, l'inuline et les pentoses. Elle forme ordinairement de l'acide dextro-lactique.

Sbm. plantarum, espèce inapte à décomposer la caséine, se rencontre d'ordinaire dans les matières végétales en voie de s'aigrir ; conséquemment, elle fait fermenter un grand nombre de sucres. Elle forme ordinairement de l'acide lactique inactif.

III. — *Streptocoques*. — Les *Streptococci*, quand ils sont cultivés dans du bouillon, forment généralement de longues chaînes, alors que dans le lait et milieux nutritifs solides ils se présentent sous des formes variées. C'est un groupe de bactéries très répandu et qui offre une richesse extraordinaire d'espèces différentes, qui toutes produisent de l'acide dextro-lactique, toutefois seulement en quantité dépassant rarement $1/2$ à $3/4$ ‰, c'est-à-dire légèrement plus grande que celle exigée pour coaguler le lait. Excepté le *Sc. liquefaciens*, les *Streptococci* ne montrent qu'une aptitude fort peu marquée à hydrolyser la caséine, et, lorsqu'ils ne sont pas cultivés dans du lait, ils perdent même entièrement cette aptitude.

Au point de vue de la laiterie, les deux espèces les plus intéressantes sont les *Sc. lactis* et *Sc. cremoris*. La première (encore appelée *Bact. lactis acidi* *Leichmann*), qui envahit toujours le lait conservé à la température ordinaire, y affecte généralement la forme de *Diplococci*. Aux températures inférieures à 40° C., elle croît ordinairement mal ; de même au-dessus de 40° C. Elle fait fermenter la dextrine, mais non le saccharose. *Sc. cremoris*, qui communique au lait un bon goût et qui, pour cette raison, est utilisé pour la maturation de la crème dans la fabrication du beurre, forme, quand il n'est pas affaibli, de longues chaînes dans le lait. Cette espèce peut croître entre 3° et 35° C., mais non au-delà. Elle ne fait fermenter ni le saccharose, ni le maltose, ni la dextrine.

Certaines variétés de *Sc. cremoris* sont enclines à rendre le lait visqueux ; telles sont notamment la bactérie du lait « long » (*Bact. lactis longi*, de Troili Petersson) et celle du petit-lait visqueux, jadis usité dans la fabrication de l'Edam hollandais (*Sc. hollandicus* de Weigmann).

Parmi les autres *Streptococci* observés dans le lait, il convient de citer le *Sc. thermophilus*, qui se développe le mieux à 40° C., et qui, par conséquent, se trouve dans le yoghourt et le jeune fromage d'Emmenthal. Il est de forme irrégulière et peut être facilement isolé.

du lait maintenu à température élevée. Il fait fermenter le saccharose, mais ni le maltose, ni la dextrine, ni la salicine.

Sc. faecium est une forme typique de diplococcus, qui croît même à 50° C., et se trouve très généralement dans le fumier des mammifères. Fait fermenter toujours l'arabinose, d'ordinaire aussi le saccharose, et souvent le raffinose et le rhamnose.

Le *Sc. inulinaceus* et le *Sc. bovis* font fermenter l'inuline. Ce dernier Streptococcus est celui qui se trouve le plus généralement dans le fumier de vache; mais il apparaît rarement dans le lait, parce qu'il ne peut croître au-dessous de 22° C.

Le *Sc. glycerinaceus* et le *Sc. liquefaciens* se caractérisent par leur pouvoir de faire fermenter la glycérine et la sorbite. Ils croissent encore, et assez bien, à 45° C. *Sc. liquefaciens*, le seul Streptococcus qui soit capable de liquéfier la gélatine, possède le pouvoir de peptoniser le lait; il communique un goût amer au beurre et au fromage; aussi était-il originairement dénommé *Micrococcus casei amari* par FREUDENREICH. Il apparaît constamment dans le lait qui coagule prématurément et dans le lait caséineux (1).

Le *Sc. mastitidis* (*Sc. agalactiae*) est la cause de la mastite ou inflammation du pis de la vache. Il produit dans le lait de notables quantités d'acide lactique et ressemble au *Sc. cremoris*; mais, à la différence de cette dernière espèce, il fait fermenter le saccharose, le maltose et la dextrine. Il forme souvent, au bout d'un certain temps, un pigment orangé dans la gélose ou le bouillon additionnés de caséine peptonée et d'amidon soluble. D'après mes recherches, la mastite des femmes semble attribuable aux mêmes Streptococci que celle des vaches.

Le *Sc. pyogenes* est une désignation générale d'un certain nombre de Streptococci pathogènes qui ne coagulent pas le lait.

IV. — *Bifidobactéries*. — *Bifidobacterium* est le nom générique que j'ai donné aux bactéries lactiques anaérobies claviformes ou fourchues (*Bacillus bifidus* de TISSIER) qui constituent la grande majorité des bactéries qui envahissent les fèces des petits enfants. Elles produisent de fortes quantités d'acide acétique en même temps que d'acide dextro-lactique. Elles ressemblent aux *Betabacteria* par leur action sur les divers sucres. Quelques espèces de ce genre ne font pas fermenter le saccharose; mais elles font toutes fermenter la lactose et le maltose, lesquels peuvent, par conséquent, être considérés comme de meilleurs sucres pour les nourrissons élevés au biberon, que ne l'est le saccharose.

(1) Par « lait caséineux », j'entends ici celui qui coagule de la même façon que si l'on y avait ajouté de la présure. Le coagulum se contracte, en expulsant le petit-lait.

V. — *Betabacteries*. — Les *Betabacteria*, qui à l'état de culture fraîche produisent des quantités perceptibles de gaz, d'acide succinique et d'autres produits accessoires, ne font pas fermenter la salicine, et à peine le mannose. Elles n'exercent nulle action sur la caséine, et et prospèrent le mieux dans l'extrait de levure.

A titre d'exemples, on peut citer le *Bbm. breve* et *Bbm. longum* (respectivement, *Bacterium casei* γ et δ). Le premier fait fermenter fortement l'arabinose, souvent aussi le xylose ; sa température maxima est de 38° C. Le *Bbm. longum* ne fait jamais fermenter l'arabinose, mais souvent le xylose et le raffinose ; température maxima : 45° C.

Bbm. caucasicum est le constituant principal des grains de kéfir ; associé à la levure, il forme, même à la température de la chambre, des quantités appréciables d'acide, mais en l'absence de levure, il ne prospère pas dans le lait.

VI. — *Betacocci*. — Les *Betacocci* ont été ainsi nommés parce qu'ils se trouvent généralement dans les betteraves, les choux-raves et les turneps. Comme ils font fermenter très activement les pentoses, ils contribuent à la dégradation des pectines. Dans les contrées où les racines susmentionnées s'emploient largement comme fourrage, les *Betacocci* apparaissent habituellement dans le lait et dans le fromage qui en provient. Certains *Betacocci* peuvent se diviser dans deux directions ; mais, le plus souvent, ils se présentent sous forme de Diplococci ou de courtes chaînes, difficiles à distinguer des Streptococci. Toutefois, par opposition à ces derniers, ils forment presque toujours de l'acide lévo-lactique et rendent plus ou moins visqueux le bouillon additionné de saccharose. La fermentation visqueuse s'observe le mieux en culture par piqûre dans la gélatine à saccharose. Au nombre des *Betacocci* produisant du mucilage, il faut compter aussi les *Leuconostoc*, qui causent parfois de grands ennuis dans la fabrication du sucre de betteraves. De plus, la bactérie de la choucroute (*Sc. brassicae*) appartient à ce même genre.

J'ai établi seulement deux genres :

Bc. arabinocaceus, qui fait fermenter très fortement l'arabinose et le xylose ; et *Bc. bovis*, qui ne fait jamais fermenter l'arabinose et souvent même laisse le xylose intact.

Aux véritables *Bactéries lactiques* se rattachent de plus ou moins près les *Pseudo-bactéries lactiques*, qui peuvent se ranger en deux groupes :

1) Celles qui prennent le Gram et dont les exigences à l'égard de la source d'azote sont habituellement aussi grandes que celles des véritables bactéries lactiques, mais qui en règle générale forment de

la catalase, réduisent les nitrates et peuvent croître à la surface des liquides nutritifs.

Ce groupe comprend deux sous-groupes :

a) Les *Microbacteries*, petits bâtonnets qui résistent à des températures assez élevées et qui, par suite, se rencontrent quelquefois dans le lait pasteurisé. Au genre *Microbacterium* appartient la bactérie des fèces, autrefois appelée très improprement *Bacillus acidophilus*.

b) Les *Tetracocci*, qui comprennent, parmi les *Micrococci* et les *Sarcinae*, les formes produisant de l'acide.

II. -- Les Bactéries qui ne prennent pas le Gram, qui se contentent, comme source d'azote, de sels d'ammonium.

C'est à ce groupe qu'appartient les nombreuses bactéries du type *coli-aerogenes*.

LE MACHINISME EN LAITERIE (1),

par M. BROSSÉ,

Ingénieur des Arts et Manufactures,
 Chef des Services techniques de la Société Dyle et Bacalan.

M. le Professeur Ch. PORCHER a jugé nécessaire de compléter les leçons qu'il donne sur le lait, par un aperçu d'ensemble sur le machinisme en laiterie.

Il serait illogique, en effet, qu'un auditoire, ayant assisté pendant de nombreuses leçons à un exposé très détaillé des questions du lait, quittât cet amphitéâtre, sans emporter des éléments d'appréciation sur celle du machinisme laitier.

Je m'efforcerai donc de vous indiquer au cours de cette leçon, les rapports que le machinisme — en général — peut avoir avec l'industrie laitière, pour la réalisation pratique des conditions théoriques de traitement du lait et des produits dérivés, conditions que les leçons précédentes ont déterminé avec précision.

La question du machinisme en laiterie est d'ailleurs beaucoup trop vaste pour qu'il puisse entrer dans mes intentions d'en traiter à fond les diverses faces en une heure de temps.

Je passerai donc très rapidement sur les machines d'emploi courant en laiterie ; elles n'ont rien de compliqué ; elles figurent dans toutes les expositions et foires commerciales où l'on peut les examiner à loisir, et il en existe une bibliographie très complète.

(1) Leçon du Cours sur le lait, fait à l'Institut Pasteur (7 novembre-20 décembre 1923).