

~~1639~~ (14 X 12)

00211



no Bib 3736331-166453

# LE LAIT ET LA SCIENCE

DANS LA MÊME SÉRIE

---

- L'exportation des vins*, par Prosper GERVAIS et Paul GOUY.. 4 fr.  
*Microbes et fertilité du sol*, par Edmond KAYSER..... 4 fr.  
*Les problèmes agricoles*, par Henri HITIER et Joseph HITIER.. 4 fr.

SOUS PRESSE :

- Les eaux et les bois*, par Henry LAFOSSE..... 6 fr.

LA RENAISSANCE AGRICOLE

DIRECTEUR PROSPER GERVAIS

ANCIEN PRÉSIDENT DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE  
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'AGRICULTURE

---

L. LINDET

MEMBRE DE L'INSTITUT  
MEMBRE DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE  
PROFESSEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

---

LE LAIT ET LA SCIENCE

Dmic 15



PAYOT, PARIS

106, BOULEVARD SAINT-GERMAIN.

1923

*Tous droits réservés*

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.

LILLE

## TABLE DES MATIÈRES

---

<i>AVANT-PROPOS</i> .....	8
<i>CHAPITRE PREMIER. — ZOOTECHNIE ET AGRONOMIE LAITIÈRES</i> .....	9
<i>CHAPITRE II. — HYGIÈNE ET THÉRAPEUTIQUE DES ANIMAUX LAITIERS</i> .....	20
<i>CHAPITRE III. — PHYSIOLOGIE DE LA SÉCRÉTION MAMMAIRE ET CONSTITUTION CHIMICO-BIOLOGIQUE DU LAIT</i> .....	28
<i>CHAPITRE IV. — MICROBIOLOGIE ET BIOLOGIE LAITIÈRES</i> .....	43
<i>CHAPITRE V. — LE CONTRÔLE SCIENTIFIQUE DE LA LAITERIE ; LES RENDEMENTS</i> .....	83
<i>CHAPITRE VI. — LA CONSTRUCTION MÉCANIQUE EN LAITERIE</i> .....	115
<i>CHAPITRE VII. — LA SCIENCE SOCIALE EN LAITERIE</i> .....	127
<i>CHAPITRE VIII. — LA SCIENCE ALIMENTAIRE ET MÉDICALE VIS-A-VIS DU LAIT</i> .....	132

---

## AVANT-PROPOS

---

Le cadre très restreint dont je disposais pour écrire ce livre, m'a obligé à abandonner le sujet dont j'avais été primitivement chargé, et, au lieu d'écrire un traité de laiterie, beurrerie, fromagerie, qui serait venu s'ajouter à tant d'autres, dont on ne saurait dire quel est le meilleur, j'ai pensé intéresser tous ceux qui, dans l'exercice d'une industrie, donnent à la science un rôle prépondérant, en leur montrant comment la technique laitière a su profiter des différentes sciences, l'agronomie, la zootechnie, l'art vétérinaire, la physiologie, la physique, la chimie, la biologie, la microbiologie, l'art mécanique, l'alimentation, la sociologie, etc... Avec de telles marraines, on ne s'étonnera pas que la laiterie ait pris, dans ces temps derniers, un développement, qui assure à nos populations un lait sain, convenablement recueilli, abondant et bon marché.

15 mars 1923.

---



## CHAPITRE PREMIER

### ZOOTECHE ET AGRONOMIE LAITIÈRES

Au début de l'humanité, c'est l'instinct seul qui a guidé le vacher dans la distribution à son bétail de la nourriture qui lui était nécessaire, de même que les troupeaux bovins, ovins et caprins se sont spontanément acclimatés dans les régions où ils trouvaient l'abondance et le climat favorable à leur développement. Ce fut l'agronomie, guidée par la zootechnie, qui, profitant de l'expérience acquise, mais capable de la corriger, créa l'alimentation rationnelle du bétail, traça les caractères des races et les améliora par la sélection et les croisements.

#### ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE

L'agronomie, aidée de la chimie qui fixe la composition des aliments, aidée de la zootechnie qui multiplie les expériences d'alimentation, a permis de connaître la valeur des différents fourrages, de les doser et d'en constituer des mélanges, susceptibles, suivant les cas de rareté et d'élévation de prix, de se remplacer les uns les autres. Grâce aux travaux faits par de nombreux expérimentateurs (Grandeau, Müntz, Alquier, Gouin, Malpeaux et Dorez, etc..., etc...), le bétail peut être nourri de façon telle que son alimentation soit, pour un prix minimum, le plus largement suffisante.

On sait que les animaux, comme les humains, doivent trouver dans leurs aliments des matières hydrocarbonées, tels que graisses et huiles, sucres, amidons et féculs, matières pectiques, gommés, celluloses, etc., des matières azotées, telles que gluten, caséines, fibrine, albumine, etc..., et des matières minérales, phosphates, chlorures, sulfates, etc... On sait que si 10 gr. de matières hydrocarbonées sont capables de dégager 4,1 calories, 100 gr. de matières azotées en fournissent 4,4, et 100 gr. de matières grasses 9,4. Mais il ne faut pas oublier que les matières azotées n'agissent pas seulement sur l'alimentation par leur carbone, mais aussi par leur azote qui est appelé à reconstituer les tissus.

Ce calcul des calories n'a jamais séduit l'agriculteur pour la fixation de ses rations ; il faut en effet connaître la composition chimique de chaque aliment en matières grasses, hydrocarbonées, azotées et salines, pour arrêter ce qu'il y faut introduire de chacune d'elles.

On préfère suivre les indications expérimentales qui établissent ce que l'on a appelé les « équivalents fourragers ».

Avant d'exposer cette méthode, il convient de faire remarquer que les vaches à l'herbage, soit dans les plaines de Normandie, soit dans les alpages des hautes montagnes, ne sont, au sujet de leur alimentation, soumises à aucun contrôle ; la bête mange à sa faim, sans être, comme à l'étable, sujette à des heures régulières de repas. Mais son alimentation est beaucoup moins substantielle que celle de l'étable : fourrages secs, tourteaux, etc... et il est nécessaire qu'elle retrouve dans la quantité ce qu'une autre prend en qualité à l'étable.

Les rations de l'étable ont pour base la connaissance préalable des équivalents fourragers. On a déterminé ceux-ci par expérience, en comparant deux lots d'animaux nourris de la même façon, sauf que l'on substituait dans l'un des lots, à l'un des aliments, celui dont on voulait

établir l'équivalent ; on le distribuait en quantité croissante jusqu'à ce que l'on ait obtenu, à la pesée des animaux, le même résultat. On a conclu de ces expériences, que pour équivaloir à 1 kilo de farine (prise comme unité), il faut donner 0,8 kilo de tourteau, 1,2 kilo de son, 1,5 kilo de foin, 4 à 5 kilos de paille, 10 kilos de betteraves, 12 kilos de navets, etc... L'unité fourragère sera dès lors le chiffre de ces différents aliments équivalents à 1 kilo de farine.

Le cultivateur donnera alors à ses animaux des rations composées de tant d'unités fourragères, en choisissant, de préférence, ces unités parmi celles dont il dispose à la ferme, le nombre de ces unités variant avec le poids des animaux. Si ce sont des vaches laitières, il convient de compléter la ration d'entretien, au moyen de  $\frac{1}{3}$  de ration par litre de lait secrété. D'autre part, cette ration devra être particulièrement azotée ; à 0,6 gr. de matières azotées par kilo de poids vif, qui constitue la ration d'entretien, on ajoutera une quantité de matières azotées représentant une fois et demie le poids des caséines contenues dans le lait que l'on veut obtenir, c'est-à-dire, pour une bonne laitière, trois fois plus que la ration d'entretien (Mallèvre).

Malgré la différence dans la valeur nutritive des aliments aqueux, ce sont encore ceux qui sont le plus à recommander, probablement à cause de la présence des vitamines, dont il sera parlé plus loin, et que la dessication, même à l'air libre, rend moins actives. Parmi ces aliments frais, l'herbe, arrachée sur le champ même par l'animal, est la meilleure, parce que celui-ci prend de l'exercice en mangeant et est à l'air ; l'herbe fraîche, les luzernes, les trèfles, le seigle et le maïs, coupés en vert, les sainfoins, les mohas, les choux fourragers sont excellents, même consommés à l'étable ; mais si ces aliments sont donnés secs, on devra les additionner d'une certaine quantité d'aliments frais.

Les betteraves fourragères, demi-sucrières, les rutabagas, les navets, les panais, les carottes, aliments de réserve, délivrés en fin de saison, et surtout les pulpes de betteraves, et les drèches de féculerie ont l'inconvénient d'être trop aqueux ; il convient de les assécher au moyen de menues pailles, balles, etc., avant de les donner aux animaux. On reproche aux pulpes et aux drèches d'avoir subi des fermentations butyriques et putrides qui peuvent provoquer des accidents chez les enfants, nourris par le lait des vaches qui ont consommé ces fourrages (D<sup>r</sup> Aviraguay). On remédie à cet inconvénient en ensemençant les pulpes avec des ferments lactiques (Bouilliant, Dumont et Crolbois).

Les farines et les grains concassés, spécialement la farine et les grains d'orge, la farine de lin, le son délivré en borbottage, les tourteaux oléagineux, et spécialement les tourteaux d'arachide et même de coprah, les tourteaux d'amidonnerie de maïs, de manioc, le gluten de maïs, sont des aliments concentrés dont il ne faut donner que proportionnellement aux besoins des animaux, moins à la fin d'une lactation qu'à son début. Pour obtenir 100 kilos de matières nutritives dans le lait, on fera manger 140 à 160 kilos de matières nutritives dans le tourteau d'arachides à 50 % de matières protéïques (Gouin).

Enfin, il y a lieu de ne pas négliger la quantité d'eau que la vache laitière doit boire pour produire la quantité de lait qu'une bonne alimentation lui permettra de sécréter ; elle réclame, à l'état d'aliment ou à l'état de *buvée*, environ 40 litres d'eau par jour. Le mieux est de lui laisser l'eau à sa disposition ; elle n'en boira jamais plus qu'il ne convient.

Autant que possible, le cultivateur fait entrer dans la ration de ses bêtes les produits de sa ferme ; mais il ne doit pas oublier que les suraliments qu'il achète, sons, farines, tourteaux, constituent un placement. Il doit calculer,

autant que possible, ce que lui coûte et ce que lui rapporte le litre de lait, et il trouvera, dans la plupart des cas, qu'il a bien placé son argent en achetant ce que sa ferme ne pouvait lui fournir.

La vache laitière, à l'étable, fait deux repas par jour ; la mangeoire doit être nettoyée après chaque repas ; car la vache ne mange pas de bon appétit ce qui a séjourné devant elle et a fermenté quelque peu.

#### CARACTÈRES D'UNE BONNE VACHE LAITIÈRE ; LES RACES ET LA SÉLECTION

La zootechnie a précisé les caractères, qui, en partie découverts par l'instinct des cultivateurs, permettent, en tenant compte des races, de juger des qualités laitières d'une vache.

Celle-ci a, en général, la poitrine étroite tandis que l'arrière-train est développé ; il ne faut pas exagérer la valeur de ces caractères ; car une poitrine trop étroite indique de faibles poumons, ce qui n'est pas une garantie de santé et de résistance. Ce qu'il convient de rechercher avant tout dans une femelle laitière, c'est la finesse et presque la délicatesse des formes ; le squelette ne doit pas être trop charpenté, la tête est étroite, les jambes plutôt délicates ; la peau se montre souple, c'est-à-dire « ne colle pas sur les os » ; il faut, qu'en la prenant entre le pouce et l'index, elle glisse sur elle-même ; « le cuir ne doit pas être adhérent ». Nous parlerons plus loin des renseignements que fournit l'examen de la mamelle.

Mais l'œuvre la plus intéressante peut-être à laquelle l'industrie laitière a collaboré avec l'agronomie, a été de demander à la zootechnie de fixer ces races, jusque-là distribuées un peu au hasard dans les régions de la France,

de les y étudier et de les sélectionner, de laisser éteindre celles qui présentent peu d'intérêt, tant au point de vue de la production, de la viande que de la capacité de travail et la sécrétion du lait, et de les remplacer par d'autres.

Sans doute, on peut se baser sur les signes extérieurs de la race, et de chaque vache en particulier, pour établir quelles sont les bonnes laitières que l'on doit conserver dans le troupeau, non seulement pour secréter du bon lait, mais encore pour donner naissance à une nouvelle génération de génisses, futures bonnes laitières, et de veaux, futurs taureaux, dits d'origine laitière, qui devront encore reproduire les qualités de la race, en lui imprimant une tendance à la lactation.

Mais ces signes extérieurs, sélectionnés par les connaisseurs les plus habiles, ne parviennent pas à la précision des observations qui consistent à peser le lait, et à y doser les matières grasses, et souvent même induisent en erreur celui qui s'y fie exclusivement. C'est cette pratique de contrôle exercé par les intéressés eux-mêmes que l'on suit au Danemark, en Hollande, aux États-Unis, et que nous commençons à adopter en France et spécialement en Normandie dans le pays de Bray et dans le pays de Caux et plus récemment en Seine-et-Oise et Seine-et-Marne. Les concours laitiers et les concours beurriers (récemment celui d'Yvetot) ne font que se superposer au contrôle et à en confirmer les résultats.

On conçoit dès lors que les possesseurs de troupeaux puissent, sur cette base scientifique, sélectionner leurs animaux et faire le sacrifice, dont ils seront plus tard récompensés, de se séparer des animaux qui mangent pour plus d'argent qu'ils n'en rapportent.

**Bétail bovin.** — La France est peuplée d'un bétail bovin appartenant à des races très variées, acclimatées aux régions

d'où elles tirent leur origine, mais qui, de plus en plus, croisées avec des animaux de races supérieures, perdent tant soit peu leurs caractères autochtones ; d'ailleurs la limitation des races à leurs régions d'élection devient chaque jour plus difficile à définir, non seulement à cause de ces croisements, mais également à cause de la transplantation d'animaux reconnus plus aptes soit au travail, soit à la boucherie, soit à l'industrie laitière.

Il est nécessaire, en face d'une semblable question, de ne pas perdre de vue que ce livre est consacré au lait, c'est-à-dire à la femelle laitière. Mais il n'est pas possible de parler d'elle sans connaître la valeur du taureau qui perpétue sa race avec ses qualités laitières, sans rappeler les aptitudes du bœuf, tant au point de vue du travail que de la qualité de sa viande.

Il est à remarquer que les races qui comptent les meilleures laitières, ne sont pas en général celles qui fournissent les meilleurs animaux de travail et de boucherie. De toutes les races, c'est peut-être la race normande qui fait un peu exception à la règle ; mais les animaux hollandais, flamands, bretons, montbéliards, parthenais, etc... sont peu capables d'efforts et ne nous offrent pas de viande succulente, comme le font les charolais, les limousins, les solers, etc... ; leurs femelles ont au contraire de faibles aptitudes laitières.

*Races du Nord : flamandes et hollandaises* : — Ces deux races ne sont pas seulement localisées dans nos départements du Nord, mais, en raison même de la grande quantité de lait sécrété par ses vaches, partout où les fourrages sont assez abondants pour satisfaire leur lactation, et partout où la consommation a intérêt à rechercher la quantité plutôt que la qualité du lait. La femelle est grande laitière, mais mauvaise beurrière, c'est-à-dire fournit du lait spécialement pauvre en matières grasses. — On peut rappro-

cher de ces races, la race *maubeugeoise*, l'*artésienne*, la *boullonnaise*, la *picarde*, la *guisarde*, la *maroillaise*, etc., toutes races locales.

*Races de l'Ouest : normandes, jersyaises, bretonnes ; croisés Durham.* — La race normande est celle qui s'est le mieux acclimatée hors de son pays d'origine ; sa zone d'expansion gagne chaque jour les environs de Paris et les départements du Centre, bien qu'elle rencontre là des conditions d'alimentation inférieures à celles de la Normandie. Remarquable laitière et beurrière ; lait moins abondant que celle de la flamande, mais beaucoup plus riche en matières grasses. La *cotentine*, l'*augeronne* sont des races locales qui tendent à disparaître. — La race *gersyaise* s'acclimate difficilement en dehors de l'île de Jersey, parce qu'elle ne trouve que difficilement d'aussi beaux pâturages. — La race *bretonne*, surtout la variété pie noire, est plus rustique et se contente de la nourriture quelquefois insuffisante qu'elle rencontre sur les terrains granitiques de la Bretagne. Excellente laitière ; lait spécialement gras. — Sur les terrains plus profonds de la presque île armoricaine, là où les pâturages sont meilleurs, il y a avantage à introduire des croisés Durham ou croisés normands. Ces derniers sont en général préférés, parce qu'ils participent des qualités laitières des normands ; les croisés Durham ne peuvent être adoptés que si on s'est préoccupé de recruter des taureaux d'origine laitière. — On rencontre encore dans l'Ouest la race locale *Durham-Mancelle*, dont la viande rappelle celle du Durham, mais dont l'aptitude laitière est médiocre. — La race *froment* tend à disparaître.

*Races de l'Est : montbéliarde, simmenthal.* — La race montbéliarde est le type de la race jurassique française ; on la voit s'étendre en dehors du Jura et du Doubs, où elle assure la fabrication du fromage de gruyère, dans les Vosges, la Haute-Saône, etc... Bonne laitière, lait assez

riche en matières grasses. — La *fémeline*, répandue autrefois dans la Haute-Saône, tend à être remplacée par la race suisse *simmenthal*. On retrouve celle-ci en Lorraine et en Alsace où elle est croisée avec la race locale.

*Races du Centre : charolaise, limousine, salers.* — Suivant le principe que nous émettions plus haut, de l'incompatibilité de l'aptitude à produire de bonnes viandes et à assurer un bon travail, avec les qualités laitières, il faut s'attendre à ce que la race *charolaise* (qui se confond avec la race nivernaise) et la race *limousine*, si réputées pour la qualité des viandes qu'elles fournissent, ne puissent en même temps assurer la valeur du lait de leurs femelles. — Il en est de même de la race des *salers* qui se distingue par la production du bœuf de travail. Cependant c'est elle qui également apporte le lait qui, dans l'Auvergne, est transformé en fromages du Cantal ou de La Guiole. — La race *ferrandaise* ou *ferrando-forezienne* est analogue.

*Races du Sud-Ouest : vendéenne ou parthenaise.* — Cette race améliorée par des croisements Durham, plus beurrière que laitière, préside en grande partie à la confection des beurres des coopératives des Charentes.

*Races du Midi.* — La température qui règne dans les pays méridionaux, réduisant beaucoup l'étendue et la valeur des herbages et rendant le travail de la laiterie difficile, s'oppose à ce que s'y établissent de bonnes races laitières ; le bétail *garonnais*, *gascon*, *bordelais*, *béarnais*, *basquais*, *landais*, etc... est plutôt destiné aux labours. — Il en est de même de la race *ibérique*, qui fournit les taureaux de combat, et dont les femelles n'ont pas grande valeur laitière.

**Bétail ovin.** — Parmi les nombreuses races ovines, il n'y a guère que la race du Larzac qui nous intéresse, parce que c'est la seule qui industriellement fournisse du lait,

celui qui précisément assure la fabrication du fromage de Roquefort. Le plateau de Larzac s'étend entre Saint-Affrique, Millau (Aveyron), Florac (Lozère) et Lodève (Hérault) ; mais le succès de la fabrication a porté l'habitat de cette race de brebis dans l'Aveyron, la Lozère, l'Hérault, le Tarn, et même la Corse, où se sont récemment établies nombre de fromageries *en blanc*. L'amélioration du troupeau, par une sélection intelligente, a permis de tripler la quantité du lait fournie autrefois par ces brebis. — Il convient cependant de citer quelques exploitations laitières de troupeaux ovins d'origine asiatique dans les cantons de Gisors et de Montélimar.

**Bétail caprin.** — Le lieu d'origine de la chèvre française semble se trouver dans le grand massif des Alpes. La race autochtone a été plus ou moins modifiée par le sang de races étrangères et spécialement asiatique. Bien nourrie et bien entretenue la chèvre peut fournir de grandes quantités de lait par rapport à son poids. C'est ce lait qui fournit les fromageries du Mont-Dore, de la Vienne, de la Haute-Vienne, du Lot, de la Corse, etc...

#### RETENTISSEMENTS, SUR L'AGRONOMIE, DU DÉVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE

Il ne faudrait pas supposer que le progrès accompli dans une industrie, comme l'industrie laitière, est incapable de rejaillir sur la science qui l'a provoqué ; c'est ainsi que par un juste retour des choses, on voit l'agronomie profiter du développement de l'industrie laitière ; tant il est vrai qu'ici-bas, il est toujours difficile de séparer les mérites du bénéficiaire de ceux du bienfaiteur.

Dans les pays, moins favorisés que la Normandie en

riches pâturages, dans les Charentes par exemple, les Deux-Sèvres, etc... le développement de la laiterie et par conséquent de l'élevage bovin a obligé d'établir des prairies artificielles, luzernes, sainfoin, trèfles, etc. Ces prairies demandent des terres propres, et dès lors, on s'est trouvé amené à adopter entre les assolements, la culture des plantes sarclées, betteraves, pommes de terre, maïs, etc... Or ces cultures ne peuvent se passer d'engrais et l'on voit, après betteraves, convenablement fumées, s'introduire la culture du blé, dont le rendement se trouve, de ce fait, singulièrement relevé. L'amélioration de la culture, son extension, jointe à la carence de la main-d'œuvre, justifie l'emploi des machines agricoles, des tracteurs, etc... et voilà comment l'agronomie qui exerce une heureuse influence sur l'alimentation des vaches laitières, sur l'utilisation par les veaux et les porcs du lait écrémé et du petit lait de fromagerie, va recevoir de l'industrie laitière un développement qui assurera l'extension des cultures et l'augmentation de leurs rendements, l'emploi des machines agricoles et des engrais.

---

## CHAPITRE II

# HYGIÈNE ET THÉRAPEUTIQUE DES ANIMAUX LAI TIERS

### HYGIÈNE DES ÉTABLES

Une bonne installation de l'étable, une suffisante aération et un éclairage aussi large que possible, assurent aux animaux une sérieuse immunité contre les maladies dont nous allons parler. Il est nécessaire en outre que les murs, souvent réparés des dégradations, soient blanchis à la chaux au moins une fois l'an ; que le pavage soit bien établi en pente, de façon à assurer l'écoulement des urines et du purin, que les pavés soient jointoyés au ciment, que les fumiers soient enlevés au moins une fois par jour, et plutôt deux fois ; en outre on doit éliminer plus souvent les parties de ces fumiers contaminées par des bouses. On peut, par mesure d'économie, laisser plus longtemps en place la partie de la litière qui n'a pas été piétinée ou tassée par l'animal, pour enlever et remplacer au contraire celle qui a été réduite à une faible épaisseur afin que la litière reste toujours suffisamment épaisse pour qu'il ne ressente pas, quand il se couche, la dureté du sol.

Les vaches doivent en outre être l'objet de soins de propreté que l'on ne saurait négliger sans s'exposer à la contagion des maladies ou à la pollution du lait. Le pansage, tous les matins, avec une étrille et une brosse de chien dent,

s'impose à toute étable bien tenue ; ce n'est que quand une vache est nouvelle à l'étable, qu'elle a séjourné dans une autre ferme ou sur un marché qu'il est prudent d'employer le savon noir. La toilette de la queue a son importance, celle-ci ramassant souvent de la boue ou des excréments et les distribuant au hasard de ses oscillations sur son propre corps, sur celui de ses voisines ou dans les seaux de la traite. Enfin le pis est lavé au savon noir, ce qui évite les gerçures, ou bien avec une eau chargée d'antiseptique, comme du formol. Autant que possible, le pansage a lieu bien avant la traite, les fenêtres ouvertes, de façon que les poussières et les poils ne retombent pas dans le lait ; de même on évite de donner le fourrage au cours de la traite. Il y a intérêt à ne nettoyer le pis qu'au moment de traire, afin que les poils et les poussières restent collées.

On se garde bien de traire dans les seaux qui ont servi à d'autres usages, à laver le linge par exemple.

#### MALADIES CONTAGIEUSES

De toutes les maladies contagieuses de l'espèce bovine, la plus terrible par ses conséquences, sa diffusion et l'absence de ses remèdes, est sans aucun doute la *fièvre aphteuse* ou « *cocotte* », dont ces dernières années nous ont montré la triste gravité.

La fièvre est difficile à déceler, si l'on n'y prend pas garde. La maladie commence par l'éruption de quelques vésicules sur la muqueuse buccale, les gencives sont tuméfiées ; l'animal se met à boîter ; il se paralyse de l'arrière-train ; il salive abondamment ; les aphtes caractéristiques apparaissent et la température monte. Mais avant même que les aphtes soient visibles, la vache émet une urine contagieuse. Son lait est contagieux pour le veau qu'elle

nourrit. Souvent même la maladie des veaux suit une marche si rapide qu'ils meurent avant que l'on ait constaté la maladie de leur mère, ou tout au moins 24 ou 36 heures après l'apparition, chez celle-ci, de l'hyperthermie, en même temps que la sortie des aphtes ou leur rupture ; l'infection date donc d'une époque antérieure aux premiers symptômes. Quelquefois à la suite du contact d'un animal auprès d'un sujet considéré comme sain, on voit apparaître la maladie si soudainement que l'on ne peut croire à sa transmission par le sujet sain (Hecker, Le Bailly, Vallée et Carré, etc...).

D'autre part, on a reconnu la disparition rapide de la virulence dans la salive des animaux infectés ; deux ou quatre jours après l'apparition des symptômes, surtout après rupture et cicatrisation des aphtes, les exsudats ne sont plus contagieux (Leclainche, Vallée et Carré).

Malgré toutes les recherches qui ont été faites du côté de la vaccination, de la sérothérapie ou de la sérovaccinothérapie, la fièvre aphteuse n'a pu être arrêtée à coup sûr. Il semble que le veau né d'une femelle récemment guérie soit indemne (Lebailly) ; de là on a pensé que le sérum d'une bête guérie depuis quinze jours (Moussu) permettrait d'immuniser une autre bête.

Il existe une ancienne pratique qui donne d'assez bons résultats au point de vue préventif, malgré sa grossièreté ; c'est « l'aphtisation » qui réussit quelquefois, quand la bouche de l'animal contient encore des vésicules infectieuses, et non en voie de guérison ; elle consiste à frotter avec un chiffon, imbibé de la bave d'un animal atteint, la bouche des autres animaux de l'étable.

En dehors de cela on ne trouve guère que les soins généraux de propreté et d'hygiène : l'isolement absolu des animaux atteints, le lavage de la vache et spécialement de ses pieds et de ses sabots avec des antiseptiques tels que de

l'eau crésylée à 4 %, du sulfate de fer ou du sulfate de cuivre, le lavage de la bouche avec de l'eau crésylée faible, avec de l'eau vinaigrée, salée et additionnée d'ail, etc..., l'administration de laxatifs de façon à faire tomber la fièvre, la traite à fond, qui évite la rétention dont nous parlerons plus bas. Mais tous ces remèdes, s'ils aident à la cautérisation des aphtes, ne préviennent pas la contagion.

Pourquoi la fièvre aphteuse a-t-elle été aussi sérieuse et aussi généralisée dans ces dernières années, et cela, dans le monde entier ? Il y a certainement des causes nombreuses. Il en a été signalé une, qui fait réfléchir. Cette généralisation a coïncidé avec l'emploi des écrémeuses. Le lait autrefois était écrémé spontanément, et au cours de l'écémage le ferment lactique se développait ; le lait écrémé renfermait donc de l'acide lactique et même des ferments lactiques, susceptibles d'annihiler, chez les veaux nourris de lait, le pouvoir toxique des bacilles de la fièvre aphteuse, et peut-être même les bacilles eux-mêmes.

Il est démontré que la fièvre aphteuse n'est pas contagieuse pour l'homme.

Il n'en est pas de même de la *tuberculose* qui se transmet à l'homme, spécialement par l'intermédiaire du lait, quand la tuberculose a atteint la mamelle et les trayons. L'ébullition du lait et même sa pasteurisation préservent le consommateur des dangers que ce lait présente.

On connaît malheureusement trop les symptômes de cette terrible maladie ; ils sont les mêmes que pour l'espèce humaine, ont les mêmes causes, les mêmes effets, devant lesquels l'impuissance des vétérinaires et des médecins est la même. Au début, rien ne laisse supposer la maladie, puis la bête perd de l'appétit, elle tousse, elle a de la fièvre, elle maigrit, elle devient cachexique. Elle a pris la maladie par injection de microbes, qu'une voisine a déversé sur elle par sa toux, par ses déjections, répandus sur les ali-

ments qu'une autre avait souillés, sur les barreaux du râtelier, sur la mangeoire..., etc. Là encore les soins d'hygiène, l'éclairage naturel et la ventilation de l'étable, la propreté, la liquidation fréquente des fumiers et des purins, la toilette des animaux s'imposent. Il est indispensable également d'isoler les animaux, dès que l'on a reconnu leur état, pour éviter cette contagion mutuelle dont nous venons de parler.

Cependant l'art vétérinaire, s'il ne peut soulager les animaux malades, possède vis-à-vis de la tuberculose un procédé de diagnostic, presque infailible, dont on manque malheureusement vis-à-vis de la fièvre aphteuse. C'est une culture de bacilles atténués, la *tuberculine*, culture glycinée du bacille de la tuberculose, chauffée à 110°, centrifugée et dont on ne prend que la partie claire.

Les méthodes qui dirigent son application ont varié avec le progrès de la technique. La première méthode consiste à injecter, derrière l'épaule, suivant l'âge de la bête, 1 à 5<sup>cc</sup> de tuberculine (Nocard). La température rectale s'élève de 1 à 4°, si la bête a moins de six mois, et de 0° 5, si elle est plus âgée ; la montée de température s'observe de la 8<sup>e</sup> à la 20<sup>e</sup> heure ; c'est ce que l'on nomme la *thermoréaction* ; toute bête qui réagit est suspecte de tuberculose ; ce sont les anticorps qui entrent en lutte avec les toxines de la tuberculose. — La *cutiréaction* consiste à mettre une partie de la peau à nu et de la badigeonner avec de la tuberculine ; les bords de la partie découverte, si la bête est tuberculeuse, s'enflamment après 24, quelquefois 48 heures (Von Picquet). — L'*ophtalmoréaction* permet, avec une goutte seulement de tuberculine versée sur la conjonctive, et après constatation de l'inflammation, consécutive de la 10<sup>e</sup> ou 12<sup>e</sup> heure, de suspecter un animal atteint de tuberculose. — L'*intradermoréaction* donne, après l'injection dans le repli de la peau, à la base de la queue, de 1 ou 2<sup>cc</sup> de

tuberculine, chez les animaux suspects, un œdème gros comme une noix, avant qu'il soit 48 heures (Moussu et Mantoux); — Enfin, l'*intrapalpébroréaction*, après l'injection dans le derme de la paupière (Moussu et Mantoux).

Le *charbon*, proprement dit, ou *charbon bactérien*, fièvre charbonneuse, sang de rate, etc... atteint plutôt les ovidés que les bovidés. La découverte de la bactérie, cause unique de la maladie et celle de la vaccination est peut-être le titre de gloire le plus éclatant de la vie scientifique de Pasteur, puisque c'est elle qui a servi de guide à un grand nombre de travaux et qui a contribué à fonder dans le monde entier, « l'École pastoriennne ». La durée de la maladie est extrêmement courte : le ventre, la gorge de l'animal se tuméfient; la mort est presque certaine. La maladie se propage par les vers de terre qui font remonter vers le sol les bactéries des animaux morts du charbon et que l'on a eu l'imprudence d'enterrer sans assainir leurs cadavres au moyen de la chaux, etc...; les bactéries peuvent également pénétrer, au cours de l'alimentation, par le tube digestif, surtout quand il présente quelque érosion. L'immunisation au moyen d'une culture de bactérie charbonneuse, préalablement atténuée, peut être considérée comme absolue, au moins pendant une année.

Le *charbon symptomatique* ou *amphysémateux* est dû également à un microbe, *Bacterium Chauvati*, et présente quelque analogie avec la maladie précédente. Les tumeurs se gorgent de gaz. La guérison est fort rare. Le vaccin de Thomas, et celui, plus récent et plus efficace de Leclainche, garantissent l'animal.

La *peste bovine* est une des maladies les plus graves qui puissent atteindre le bétail; elle est heureusement fort rare, et l'on peut lutter contre elle au moyen du sérum anti-pesteux.

La *péripleumonie contagieuse* atteint également l'espèce

bovine ; on ne possède malheureusement pas de procédés d'immunitation.

L'*avortement épizootique* provoque le vélage avant terme, entre le quatrième et le sixième mois. Le fœtus et le délivre sont contagieux, par le bacterium abortus (Huddleson) ; aussi faut-il les faire disparaître au plus tôt, afin de ne pas contaminer les vaches voisines. Le vagin de la vache doit être désinfecté au moyen d'injections au permanganate de potasse. On peut également faire des injections intra-veineuses de collargol (Dessouter).

Les dangers présentés par les maladies contagieuses que nous venons de citer ont fait l'objet d'un décret (19 octobre 1915) qui organise la police sanitaire des animaux. Ce décret exige, de la part des propriétaires et des vétérinaires, la déclaration des animaux atteints, même quand ils sont morts ; semblable obligation est faite aux compagnies d'assurance contre la mortalité du bétail. Le vétérinaire sanitaire, à qui il est interdit de faire de la clientèle, de façon à ne pas être exposé à des sollicitations gênantes, doit marquer les animaux malades, afin de les éloigner des marchés, les surveiller et en établir le recensement ; en cas de mort, on ne peut enterrer les animaux, sans y être autorisé par le maire de la commune.

**Maladies ordinaires.** — A côté des maladies épizootiques, l'art vétérinaire ne reste pas impuissant vis-à-vis des maladies ordinaires, tels qu'indigestions avec ou sans météorisation, bronchites et pneumonies, troubles des voies urinaires, mammites ordinaires, gerçures ou crevasses, gonflements et cloques des trayons, etc..., complications de la grossesse et du vélage.

**Galactothérapie.** — Depuis quelques années, on a vu, de plusieurs côtés, étudier une nouvelle méthode de médi-

cation, par le lait lui-même, employé en injections sous-cutanées. Les essais ont porté sur de nombreuses maladies, la fièvre aphteuse des bovidés et des porcins, le coryza gangréneux, les mammites, l'actinomycose, l'arthrite des poulains, les maladies sous-cutanées, flegmons, abcès, etc... L'injection se fait de préférence dans le muscle, à la dose de 50 à 100<sup>cc</sup> pour un bœuf ou un cheval, de 25<sup>cc</sup> pour un mouton, une chèvre, un porc... Il est vraisemblable que l'injection agit parce qu'elle apporte une protéine étrangère qui augmente la proportion d'anticorps, accroît le nombre des leucocytes et produit, dans l'économie, une modification importante. C'est là un nouveau chapitre de l'art vétérinaire et de l'art médical, qui s'ouvre, encore timide, sous le nom de colloïdothérapie (D<sup>r</sup> Widal et ses élèves).

Des expériences récentes permettent d'accepter les résultats annoncés avec certaine réserve (Panisset et Verge).

---

### CHAPITRE III

## PHYSIOLOGIE DE LA SÉCRÉTION MAMMAIRE ET CONSTITUTION CHIMICO - BIOLOGIQUE DU LAIT

### LA SÉCRÉTION MAMMAIRE

**La mamelle.**— Au début de cet important chapitre, l'attention du lecteur doit se porter sur la mamelle de la femelle laitière.

Celle-ci se divise en deux masses, accolées latéralement, formant un sillon médian, parallèle à l'épine dorsale de la bête. Chaque moitié comprend un quartier antérieur et un quartier postérieur, celui-ci plus volumineux. Ces deux quartiers sont également séparés, mais physiologiquement et non pas anatomiquement. Chaque quartier est, comme on le sait, terminé par un trayon indépendant.

Dans chacun des quartiers est une glande que l'on peut assimiler à une grappe, dont les grains seraient les lobules de la glande ou *acini* mammaires, dont les pédoncules et la raffe seraient les canaux collecteurs et le sinus galactophore qui débouche dans le canal du trayon ; celui-ci, en état de repos, est fermé par un sphincter. Le sang, arrivant par l'artère mammaire, puis par les capillaires, irrigue largement les acini et leur permet de sécréter les matières grasses, les matières azotées, la lactose, l'acide citrique, puis retourne à la circulation générale par la veine mam-

maire postérieure, située en profondeur, et la veine mammaire antérieure, sous-cutanée. Il existe encore à l'arrière deux ganglions lymphatiques et un réseau lymphatique pour chaque quartier, et enfin des ramifications nerveuses qui n'influent pas sur la sécrétion. Avant la traite, il n'est pas rare que le sinus galactophore et le trayon soient vides ; c'est sous l'influence de l'excitation procurée à la vache que « le lait descend ». Les acini et le sinus galactophore sont vides et ratatinés ; sous l'influence de l'érection, les acini se gonflent ; le sinus galactophore s'arrondit, et le canal même du trayon se dilate pour recevoir le lait que l'on tire à chaque fois.

C'est sur la différence de gonflement avant et après la traite que l'éleveur se base pour apprécier les caractères laitiers d'une vache. De plus, ce qui d'ailleurs est une conséquence de la première proposition, le pis doit être souple et élastique, ce qui indique que les acini sont nombreux et séparés par un tissu aussi peu charnu que possible. D'autre part l'éleveur tient compte de l'importance des veines mammaires, dont la grosseur est en rapport avec la bonne irrigation des acini. Ces veines pénètrent en effet à l'intérieur du corps sous le ventre à la hauteur du sternum, à une distance égale entre le pis et l'arrière des pattes antérieures. L'endroit où elles pénètrent a reçu le nom de « fontaines du lait ». D'autres caractères de la mamelle peuvent être l'objet d'examen attentifs, qui ne sauraient être pris ici en considération, tels que la régularité des quartiers, l'espacement des trayons, le fonctionnement de chacun d'eux, la forme générale du pis, en rapport avec l'âge de la vache, l'*écusson*, c'est-à-dire la hauteur, par rapport à la mamelle, de la ligne où les poils des fesses, dirigés de haut en bas, rencontrent les poils de la mamelle dirigés en sens inverse, l'*épis*, c'est-à-dire l'importance du tourbillon de poils placés autour de la vulve, etc...

La chèvre et la brebis ne présentent que deux mamelles. Les principes qui président au choix et à la sélection, dont nous avons parlé à propos de la vache, se retrouvent encore, mais ils sont, de la part des acheteurs, l'objet de moindres préoccupations.

### L'élaboration des éléments du lait : la rétention. —

La physiologie vétérinaire a su expliquer les phénomènes de la sécrétion mammaire et établir les relations isotoniques du lait et du sang. Malgré le secours de la biologie et de la chimie, elle n'est pas parvenue jusqu'ici à expliquer la transformation, quelque peu mystérieuse, des éléments du sang en éléments du lait ; la chimie s'est contentée de définir la nature, les propriétés et les quantités de ces éléments.

Examinons d'abord ce que la chimie nous apprend au point de vue brut de la composition moyenne des laits ; nous verrons ensuite comment ces matériaux s'élaborent dans la mamelle pour établir cette constitution équilibrée du lait.

La mamelle secrète un lait qui, pour les différents animaux dont on exploite industriellement les produits, offre les éléments suivants, dont nous détaillerons plus loin l'origine, la forme qu'ils revêtent, les variations qu'ils subissent :

	PAR LITRE, EN GRAMMES		
	Vache	Chèvre	Brebis
Matières grasses.....	40,0	60,0	70,0
Lactose .....	50,0	52,0	55,0
Caséines.....	35,0	43,0	56,0
Matières minérales.....	7,0	8,0	9,6
Extrait sec.....	132,0	163,0	190,6

Voilà le point final auquel la sécrétion mammaire va aboutir ; quels sont les moyens qu'elle va mettre en œuvre ?

Le sang, malgré la variété des aliments délivrés à l'animal, malgré les inégalités des rations, conserve une fixité de composition très remarquable, l'excès des éléments que la glande mammaire refuse, une fois son choix fait, va nourrir les tissus.

Cette fixité dans la composition du sang présente, pour l'industrie laitière, une très grande importance ; le sérum du sang et le lait, séparés par la couche des cellules épithéliales, vont se maintenir en « équilibre osmotique », c'est-à-dire que, malgré la différence de composition de leurs éléments, les deux liquides auront le même nombre de molécules (celles-ci étant représentées par le poids de chacune d'elles) ; ils auront la même « concentration moléculaire » (Winter, Porcher, etc...). Le sang présentant une concentration moléculaire fixe, le sérum du lait possède une composition constante, et les matières grasses, qui sont insolubles dans le sérum, constituent dès lors le seul élément variable. Nous verrons plus loin comment l'expert se basera sur ces données pour contrôler la pureté du lait.

Cet équilibre isotonique du sang et du lait nous apprend que la nourriture n'a pas, comme on pourrait le croire, une influence considérable sur la sécrétion lactée, en ce sens que, comme il a été dit plus haut, l'animal absorbe par ses tissus l'excès des éléments, qui lui sont inutiles pour constituer le lait. Il nous apprend également que l'addition d'eau à la ration, ce que l'on nomme « le mouillage au ventre », et même, l'utilisation de fourrages très humides, en dehors de la fatigue qu'elles imposent à l'animal, ne modifient que dans de faibles limites, la teneur en lactose et en sels, l'animal évaporant ce que son sang ne peut

absorber ; le mouillage au ventre, invoqué par les tribunaux, est une hérésie physiologique (Porcher).

Cette règle est en défaut chaque fois que, pour une cause quelconque, l'animal ne peut être traité. Dès lors, sous l'influence de l'osmose, les éléments solubles, le lactose spécialement, se résorbent et rentrent dans le sang ; ce sont là les phénomènes de « rétention » et de « résorption », qui privent le lait d'une partie de son lactose, pour en enrichir le sang ; cependant la quantité qui disparaît n'est pas égale à celle que l'on retrouve dans le sang ; une partie du lactose est brûlée par la respiration, en sorte que la lactosurie ne s'aperçoit que si elle est assez développée (Porcher).

Si le lactose est le premier à disparaître, à cause de sa nature « cristalloïde » et par conséquent de la faiblesse de son poids moléculaire qui facilite sa dialyse, on ne saurait négliger les autres éléments, dont la disparition, plus tardive, réclame l'action des phagocytes ; l'aspect que prennent ces laits résorbés présente avec le colostrum une certaine analogie, et montrent, comme le colostrum, les « corpuscules granuleux de Donné », c'est-à-dire des leucocytes imprégnés de matières grasses (Porcher).

C'est ce qui a fait supposer que l'on peut, en grande partie, diminuer la durée de la sécrétion colostrale, en employant le procédé qui évite la rétention, c'est-à-dire la traite fréquente (Porcher et Richet).

Ce principe, très gros de conséquence, qui permet, par la répétition des traites et par conséquent la gymnastique fonctionnelle imposée à la mamelle, d'augmenter la sécrétion laitière, a été deviné par la pratique, qui a imposé à certains animaux, suffisamment résistants, trois traites au lieu de deux. La quantité de lait sécrétée augmente, en même temps que le lait s'enrichit en matières grasses (Lami). Cette fréquence des traites empêche toute rétention.

La diminution de la sécrétion lactée et la pauvreté du lait en lactose dans les cas de fièvre aphteuse a fait supposer que l'on se trouve en présence d'un cas de rétention. On sait que l'on améliore l'état de santé des vaches aphteuses en ne cessant pas de les traire ; les expériences ont montré l'importance de ce principe que l'observation des cultivateurs avait su établir (Porcher).

La glande mammaire joue, au point de vue de l'élaboration du lait, un double rôle ; c'est une glande qui sécrète de toutes pièces certains éléments ; c'est un organe qui, à la façon d'un rein, laisse filtrer une certaine quantité de matériaux contenus dans le sang. On sait que le lactose, les caséines, la matière grasse, l'acide citrique sont sécrétés par la glande mammaire, pour l'excellente raison que le sang n'en renferme pas ; on discute encore sur l'origine de ces éléments dont on ne retrouve pas dans le sang même les produits susceptibles de les former chimiquement ou biologiquement ; tandis que l'on explique aisément la présence, dans le lait, de sels, des pentoses, d'acides aminés, de peptones, de vitamines et de ferments solubles, qui existent dans le sang, qui sont charriés par lui et filtrent à travers les cellules épithéliales de la mamelle.

Ces éléments de sécrétion et ces éléments de filtration vont se réunir en équilibre les uns par rapport aux autres pour former ce merveilleux liquide, nourricier, de tout temps et en tout pays, des petits des mammifères. Quelle est donc cette constitution équilibrée du lait ?

#### CONSTITUTION ÉQUILIBRÉE DU LAIT

**Les éléments chimiques.** — La physique et la chimie permettent de distinguer dans le lait un sérum qui renferme trois groupes d'éléments, des éléments dissous ou tout au

moins en dissolution colloïdale, des éléments en suspension colloïdale et enfin des éléments en émulsion.

*Le sérum et les éléments en solution.* — Le sérum d'un lait de vaches, présente une densité de 1029 à 1033, et, après avoir été débarrassé de ses matières grasses et de sa caséine colloïdale, une densité de 1034 à 1037. Il renferme de 40 à 52 gr. de lactose par litre, 5 à 6 gr. de sels solubles et 1 gr. environ d'acide citrique à l'état de sels alcalins. Le lactose est un sucre, peu sucré, de la famille des saccharoses, dont le pouvoir rotatoire susceptible d'être dédoublé en glucose et galactose est de  $^{\alpha}D = + 52^{\circ}5$ . Les sels qui sont dissous dans le sérum représentent des chlorures, des phosphates, des citrates de sodium et de potassium. Les chlorures et phosphates viennent du sang; le lactose et les citrates ont été élaborés par la glande.

Enfin on retrouve quelquefois dans le lait, provenant de la filtration directe à travers la mamelle, des éléments qui n'entrent pas dans la composition normale du lait, des acides aminés, du glyocolle (Pichon-Vendeuil), de l'urée, de la créatine, de la xanthine, etc...; on y rencontre des pentoses, entre autres de l'arabinose (Sebelien, Laxa), dont l'origine, dans le sang, remonte aux pentosanes apportées par les fourrages.

Les laits de chèvre ont une richesse un peu plus faible en lactose (Féry), en moyenne 45 gr. par litre, les laits de brebis une richesse un peu supérieure (Trillat et Forestier), en moyenne 55 gr. par litre. Leur teneur en sels pour l'un comme pour l'autre est un peu plus élevée.

*Les éléments colloïdaux; les caséines.* — Le sérum renferme, tant en suspension colloïdale qu'en solution colloïdale, les deux caséines qui constituent la matière azotée du lait. Ce sont deux protéines, à 15 % d'azote, ou plutôt

phosphoprotéines, parce qu'elles contiennent moléculairement de la chaux libre, du phosphate de calcium, probablement bibasique, du phosphore dit organique, probablement lui-même à l'état d'acide phosphorique combiné à la matière organique, du soufre, probablement à l'état de cystine. C'est donc ce que l'on appelle en chimie un complexe.

Les caséines possèdent une fonction acide et c'est à elle que l'on doit la retenue de la chaux et du phosphate de chaux. Son acidité propre ne marque ni au tournesol, ni à d'autres réactifs colorés ; on la mesure par la quantité d'alcali qu'elle absorbe en présence de la phénolphtaléine.

Les deux caséines se distinguent par leur pouvoir rotatoire ; l'une qui est la caséine proprement dite ou caséine  $\alpha$  possède un pouvoir rotatoire de  $-116^{\circ}$  ; l'autre, que les auteurs ont toujours appelé albumine et qui est en réalité la caséine  $\beta$ , un pouvoir rotatoire de  $-30^{\circ}$  (Sebelien, Lindet et L. Ammann, Young).

Elles sont toutes deux colloïdalement solubles dans les éléments du sérum, c'est-à-dire le lactose, les sels et spécialement les phosphates et les citrates alcalins. La quantité de caséine  $\alpha$  que le lait renferme est environ dix fois plus importante que celle de la caséine  $\beta$ , en sorte que celle-ci se dissout colloïdalement toute entière dans les éléments du sérum, tandis que ces mêmes éléments ne dissolvent colloïdalement qu'un dixième environ de la caséine  $\alpha$ . Quand on filtre du lait sur une bougie Chamberland, on a d'une part une solution colloïdale (une solution renfermant des corps à poids moléculaire aussi élevé ne peut être qu'une solution colloïdale) des deux caséines  $\alpha$  et  $\beta$ . Ce qui reste sur la bougie représente de la caséine  $\alpha$ , non plus dissoute, mais en suspension colloïdale. La même observation a lieu quand on caille le lait soit par l'acide, soit par la présure ; on obtient un caillot de caséine  $\alpha$  en suspension

colloïdale et un sérum qui représente une solution colloïdale des deux caséines. Celles-ci se coagulent par la chaleur, et c'est ce phénomène qui a fait donner au mélange, par erreur, le nom d'albumine (Lindet).

Les caséines sont d'autant plus solubles dans les éléments du sérum qu'elles sont moins minéralisées par le phosphate de calcium et la chaux ; et c'est à leur faible minéralisation que les caséines du colostrum, que l'on a également, pendant longtemps, appelé albumines, doivent leur grande solubilité (Lindet) ; il en est de même pour le lait de femme ; une partie importante des caséines est soluble.

Le poids total des caséines est d'environ 35 gr. dans le lait de vache, 43 gr. dans le lait de chèvre, mais plus élevé, en moyenne, 56 gr., dans le lait de brebis (Féry, Trillat et Forestier).

*Les éléments en émulsion ; les matières grasses.* — Enfin, le sérum, chargé de caséine  $\alpha$  en suspension, contient, en émulsion, cette fois, les globules de matières grasses, qui, émulsionnées d'eau à leur tour, constitueront le beurre.

Ces globules présentent un diamètre de 1,5  $\mu$  à 10  $\mu$ , variable suivant les races qui les ont fournis, plus gros chez les jersiaises que chez les bretonnes, les montbéliardes, que chez les flamandes, les normandes, etc...

Ils ont une densité de 0,87 et fondent à 33-35°.

Chimiquement les matières grasses du lait sont constituées par des « glycérides » ou éthers gras de la glycérine, c'est-à-dire des combinaisons d'une molécule de glycérine avec trois molécules d'acides gras ; 93 % des glycérides comportent des acides gras *fixes*, c'est-à-dire non volatils en présence d'un courant de vapeur d'eau ; c'est la stéarine, la palmitine, l'oléine, éthers tristéarique, tripalmitique, trioléique de la glycérine ; 7 % des glycérides comportent des acides gras volatils, en présence d'un courant de vapeur

d'eau ; c'est la butyrine, la caproïne, la capryline, la caprine ou éthers tributyrrique, tricaproïque, tricapyrrique, tricaprrique. Ce sont surtout ces derniers qui donnent au beurre son parfum, et qui permettent de le distinguer des graisses étrangères ; nous reviendrons sur ce sujet.

La matière grasse est pour ainsi dire le seul élément variable du lait et ses variations sont sous la dépendance d'une multitude de facteurs, races, faculté individuelle, et disposition journalière, nombre de parts, stabulation, ou travail, alimentation, fréquence des traites, quantité du lait sécrété, etc...

La vache fournit un lait dont la teneur en matière grasse oscille entre 35 et 50 gr. par litre ; la chèvre, entre 40 et 60 ; la brebis entre 69 et 75 gr.

A la matière grasse se rattache la présence, dans le lait des lécithines, corps complexes dans lesquels l'acide glycéro-phosphorique est combiné avec des acides gras, stéarique, palmitique, oléique, d'une part, de l'autre avec des bases organiques, comme la guanine ou la névrine. C'est surtout dans la crème que se logent ces produits. Si on écrème un lait renfermant 0,058 % de lécithines, on en retient 0,334 dans la crème et on n'en laisse que 0,018 % dans le lait écrémé (Bordas et Raczkowski). Le babeurre, c'est-à-dire le petit lait séparé du beurre après barattage est riche en lécithines (Dornic et Daire). Celles-ci sont dissociables par la chaleur, notamment par la pasteurisation.

*Variations des éléments chimiques.* — C'est par centaines que l'on compte les analyses de lait, qui ont pour objectif d'étudier les variations de composition que le lait subit sous des influences diverses. Ces expériences sont toutes sujettes à des réserves, en ce sens qu'elles ne sauraient être menées à bien sans s'exposer à négliger l'un des fac.

teurs susceptibles de les troubler. Si l'on fait une expérience de comparaison, on ne peut trouver deux vaches de la même race, du même âge, ayant la même capacité laitière, présentant le même nombre de parts, étant au même mois de leur lactation, etc... pour pouvoir ne faire varier que l'un des facteurs, l'alimentation par exemple. Si l'expérience a lieu sur une même vache, pour l'alimentation de laquelle on fait varier le régime, de deux semaines l'une, ou que, de deux semaines l'une, on fait travailler, on se rapproche davantage de la rigueur d'une expérience bien faite ; mais se met-on à l'abri de l'influence de la température, de l'humidité, de la dépression atmosphérique, et de ses dispositions particulières, de son avancement dans la période de lactation.

D'ailleurs ce que nous avons dit plus haut de la constante, de composition du sérum enlève à la question une grande partie de son intérêt. Toutes les études dont nous allons parler n'ont eu pour but que de chercher comment la teneur de matières grasses est susceptible de varier dans diverses circonstances.

On peut dire, d'une façon générale, que la quantité de lait sécrété est en raison inverse de la quantité de matières grasses contenues dans ce lait.

Nous avons eu l'occasion de parler des races laitières hollandaise et flamande, etc... en opposition avec les races beurrières normande, bretonne, jersiaise, etc... Dans une certaine mesure les aliments aqueux poussent plus à la quantité qu'à la qualité du lait (Waldmann).

En nourrissant une vache, avec deux sortes de rations, l'une très azotée (gluten d'amidonnerie de maïs), l'autre très pauvre en azote, mais très hydrocarbonée (farine de riz), et en substituant progressivement la première à la seconde, puis la seconde à la première, et cela pendant plus de deux mois, on a constaté que les variations dans

la quantité de lait étaient équilibrés par des variations, en sens inverse, de la teneur en matières grasses, en sorte que la vache a fourni, à chaque période de rotation, la même quantité de beurre (Jordan, Zeutner et Euler).

La même expérience a été faite en augmentant ou en diminuant, dans la ration, une quantité de matières grasses, prises sous forme de tourteau de Sésame, sans que la production du beurre se soit sensiblement modifiée (Malpeaux et Dorez, Brunel et Goussier, etc..).

L'influence des chaleurs de la vache sur la richesse de son lait semble assez contestable ; elle a été plusieurs fois affirmée et contredite (Malpeaux et Dorez). Il est possible que la vache, spécialement énervée à ce moment, sécrète moins bien, ne se laisse pas traire facilement et, comme on le verra plus bas, retienne une partie de ses matières grasses (Porcher) ; le lait est plus acide (Rolet).

C'est vers le 6<sup>e</sup> part que la vache fournit la plus grande quantité de lait ; mais il est d'ordinaire moins riche en matières grasses ; vers le 10<sup>e</sup>, 12<sup>e</sup> part, sa teneur en matières grasses est élevée, mais la quantité de lait sécrété est faible (Fleischmann).

Ce même phénomène se passe au cours d'une lactation ; après passage du colostrum, qui n'est pas du lait, la sécrétion lactée s'établit, et le lait devient de plus en plus gras au fur et à mesure que la vache touche au terme de sa lactation (Rolet).

Nous rappellerons que, dans une même traite, le premier lait tiré est peu chargé en matières grasses, et qu'il est ensuite sécrété, de plus en plus riche.

En général, la traite du matin est moins chargée de matières grasses ; quand on fait trois traites dans la journée, celle de midi est plus grasse que les deux autres (Martin, Rolet, Malpeaux et Dorez, Féry, etc.).

**Les éléments biologiques : enzymes et vitamines. —**

Le lait est un élément vivant, tant qu'il n'est pas cuit ou caillé. Nous aurons plus loin l'occasion de montrer la différence que présente à l'ultramicroscope le lait frais et le lait caillé ou le lait cuit, l'un est *vivant*, l'autre est *mort*. Pour répondre complètement à l'idée que nous nous faisons de cette substance quasi vivante, il nous faut y rechercher les diastases ou enzymes, et ces corps mystérieux que l'on nomme vitamines.

*Les enzymes.* — La question des ferments solubles ou enzymes du lait est tant soit peu problématique.

Le lait ne renferme pas de *lactase*, c'est-à-dire l'enzyme capable de dédoubler le lactose en glucose et galactose.

Apporte-t-il une *trypsine*, susceptible de digérer sa propre caséine et que l'on a appelée, improprement par rapport à la terminologie admise des enzymes, la *galactase* (Babcok et Russel) ?

Apporte-t-il de l'*amylase*, l'enzyme qui dissout les matières hydrocarbonées ?

Apporte-t-il de la *lipase*, qui saponifie les glycérides ?

Nous ne le croyons pas. Les expériences sont incertaines, en ce sens que le lait, aussitôt la traite, est envahi par les microbes et que ceux-ci sécrètent précisément de la lactase, de la trypsine et de la lipase, et que si, par stérilisation appliquée aussitôt la traite, on veut éviter cette invasion, on tue les enzymes en même temps que les microbes.

Le même raisonnement s'applique à des enzymes, mal définis encore, que l'on nomme d'une part la *réductase*, d'autre part la *catalase*.

La *réductase* ou *hydrogénase* est un enzyme capable d'enlever un ou plusieurs atomes d'oxygène à une matière colorante, comme l'indigotine (Duclaux), comme la fuschine, le bleu de méthylène, etc... (Vaudin, Bertin-Sans,

Gaujoux, etc..) et de la décolorer. Mais il semble que le lait frais ne renferme pas de réductase et que celle-ci n'apparaît qu'avec les microbes de fermentation, spécialement avec les ferments butyriques, qui dégagent de l'hydrogène, en sorte que la vitesse avec laquelle se produit la décoloration peut, toutes choses égales d'ailleurs, mesurer l'âge du lait.

La *catalase* ou *clastase* est un enzyme qui a la propriété de décomposer l'eau oxygénée. Le lait frais semble également ne pas contenir de catalase ; la légère décomposition de l'eau oxygénée qu'il produit est peut-être due à la caséine elle-même. Au contraire les microbes et spécialement les cellules des leucocythes sont susceptibles de dégager de l'oxygène en présence d'eau oxygénée. Là encore, la réaction permet d'estimer l'âge du lait.

Nous verrons plus loin que ces deux enzymes ou d'autres analogues que nous ne pouvons préciser, semblent encore agir, même en présence de lait frais, sans microbes, la réductase en présence de bleu de méthylène et d'aldéhyde formique ou acétique, la catalase en présence d'eau oxygénée et de paraphénylènediamine, de gâïacol, etc... et permettre la distinction entre le lait cru et le lait cuit.

*Les vitamines.* — La science a reconnu l'existence de trois vitamines que l'on désigne par les lettres A. B. C. La dernière, C, qui est antiscorbutique, doit être écartée de notre sujet, en ce sens qu'on ne la rencontre pas dans le lait.

Les deux autres sont des vitamines qui président à la croissance et qui se trouvent, l'une, A, dans la crème et dans le beurre, parce qu'elle est soluble dans les graisses (fat-vitamin d'Osborne et Mendel), l'autre, B, dans le lait écrémé, parce qu'elle est soluble dans l'eau (water vitamin de Mac Collum et Davis) ; celle-ci prévient même certains accidents de paralysie ; elle est antineurétique.

Les vitamines ne semblent pas très sensibles à la chaleur, ou du moins leur sensibilité dépend du milieu dans lequel elles sont chauffées, et surtout de leur contact avec l'air pendant le chauffage. En tous cas, il est préférable, si l'on ne craint pas la contagion par le lait, de le prendre plutôt cru que chauffé, plutôt pasteurisé que stérilisé.

Bien que l'étude de ces corps mal connus soit loin d'être complète, il ne semble pas que l'organisme animal puisse capable de les sécréter. Les vitamines arrivent toutes formées, à l'état de fourrages, passent dans le sang et filtrent à travers la mamelle de l'animal laitier.

---

## CHAPITRE IV

### MICROBIOLOGIE ET BIOLOGIE LAITIÈRES

De toutes les sciences qui sont venues au secours de l'industrie laitière, c'est la microbiologie, c'est la biologie qui sont les plus récentes. Ces deux sciences sont inséparables aujourd'hui, dès que l'on aborde leurs applications. Il ne suffit pas en effet d'étudier la morphologie des microbes ; il s'agit de suivre les transformations qu'ils font subir à la matière, et ces transformations sont d'ordre chimico-biologique ; donc on convient aujourd'hui que la biologie est la chimie des êtres vivants, la chimie des réactions qui, comme celle des diastases ou enzymes, celle des vitamines, etc... ne peuvent être rangées dans les lois mathématiques de la chimie proprement dite.

Nous allons alors rencontrer dans ce chapitre un très grand nombre de faits, qui vont, au premier abord, sembler s'écarter les uns des autres, parce qu'ils se rapportent aux différentes branches de l'industrie laitière, mais qui se rattachent tous aux phénomènes d'altération du lait, spontanés ou provoqués artificiellement, phénomènes dominés et réglés par la microbiologie et la chimie biologique. Ces faits se divisent d'eux-mêmes en trois grandes classes, ceux qui sont destinés à éviter les altérations, c'est l'*asepsie*, l'*emploi du froid*, la *pasteurisation*, la *stérilisation*, la *concentration* et la *dessiccation*, ceux qui au contraire ont pour but de profiter de ces altérations spontanées ou provoquées, comme le *caillage*, la *fabrication du beurre*

*et du fromage, celle des laits fermentés, de la caséine, etc.*  
et enfin les déviations de ces altérations comme les *maladies*  
*du lait, du beurre et du fromage.*

PROCÉDÉS DESTINÉS A LUTTER CONTRE L'ALTÉRATION  
SPONTANÉE DU LAIT

Nous supposerons que l'action des microbes du lait nous est connue, que nous savons ceux-ci tout prêts à évoluer, dès la traite, et à en altérer le goût et l'aspect, et nous commencerons ce chapitre par les procédés qui nous permettent de prolonger les qualités alimentaires du lait.

**Asepsie laitière.** — C'est là le procédé le plus rationnel, mais aussi le plus difficile à pratiquer et quelquefois même le plus décevant. Ce procédé ne pouvait être appliqué autrefois, quand on ne connaissait pas la raison de son emploi.

Les mains du vacher, le ventre et le pis des vaches ne peuvent pratiquement, je le reconnais, être débarrassés de tout microbe, comme les mains d'un chirurgien qui se les brosse au savon un quart d'heure avant d'opérer ; mais ce n'est pas une raison pour abandonner une pratique qui, sans être parfaite, assure, en grande partie, la conservation du lait. Il ne faut pas perdre de vue que les microbes agissent avec d'autant plus d'énergie qu'ils sont réunis en masses plus importantes, et que les associations de microbes sont plus dangereuses que les microbes isolés.

Les vases et ustensiles doivent être naturellement l'objet des mêmes soins. Les pots d'expédition, en fer blanc, en aluminium, sont presque toujours stérilisés par un jet de vapeur qui pénètre dans le pot renversé. On peut également

les rincer à l'eau très pure, additionnée même de formol, mais à la condition qu'un rinçage subséquent enlève toute trace de formol, dont la présence pourrait être considérée comme une intention frauduleuse destinée à la conservation du lait.

Ces soins de propreté s'étendent naturellement à la laiterie, telle que nous la concevons à titre de modèle. Elle est établie, dans un endroit frais, orienté au nord, loin du fumier, des étables qui produisent de mauvaises odeurs et attirent les mouches. Les fenêtres de cette laiterie idéale sont garnies de toiles métalliques.

A l'intérieur, la pièce où on reçoit le lait, où on le filtre, où on le transvase, etc. est aussi froide que possible, au besoin refroidie par une machine à glace. Elle est distincte de la pièce où on nettoie les vases et ustensiles, et qui comporte un fourneau destiné à chauffer de l'eau. Les étagères, le sol sont continuellement lavés à grande eau ; les murs, peints et souvent repeints à la chaux, à moins que l'on ne se serve de peintures à la caséine ou au ripolin, qui sont fréquemment lavées.

**Le froid en laiterie.** — Depuis fort longtemps, les pays du Nord, le Danemark principalement, avaient compris l'intérêt que présente pour la conservation du lait et le maintien des qualités des produits laitiers, l'emploi du froid qu'ils avaient, plus que nous, à leur discrétion. Ce fut le Suédois Swartz, de Hofgarten, qui le premier, mais quatre ans après l'apparition du mémoire de Pasteur sur la fermentation lactique, signala l'avantage que l'on peut retirer du froid en laiterie (1862). Le fait fut rapporté en France, en 1878, par Tisserand, revenant de mission au Danemark.

On conçoit en effet le bénéfice que l'on peut retirer d'un semblable emploi. Le microbe le plus à craindre dans les

manipulations de la laiterie qui se font en vue de la vente en nature du lait, est incontestablement le ferment lactique. On constate aisément que la première évolution de ce microbe, celle qui transforme le lactose en acide lactique, trouve une température favorable vers 30-35°. C'est donc arrêter, dès le début, son développement que de lui présenter une température de 5 à 10° au-dessus de zéro. Ce paragraphe complète le précédent, puisqu'il assure l'asepsie.

Aussi la laiterie d'expédition a-t-elle tiré un très gros bénéfice de la machine à glace, qui maintient dans la laiterie un air artificiellement froid, et qui peut même abaisser au voisinage de zéro la température des laits que l'on expédie vers les grandes villes.

L'emploi du froid artificiel fait sentir ses avantages non seulement dans la laiterie, mais encore dans le beurrerie, où, la crème recueillie et le barattage terminé, il y a intérêt à maintenir le beurre dans une atmosphère froide, et même dans l'eau refroidie.

Je n'apprendrai rien à personne en disant que la production du beurre est plus abondante en été qu'en hiver, et que le cours en été n'est pas aussi rémunérateur qu'en hiver. Aussi a-t-on utilisé la congélation vers — 50 des beurres d'été, en vue de leur vente, une fois l'hiver venu. Les résultats ne sont pas ce que l'on peut attendre de cette pratique; non seulement le maintien d'une telle température entraîne à des frais que la différence des prix du beurre ne rembourse qu'incomplètement; mais encore le beurre prend, à la longue, un goût de suif un peu rance, dont il est difficile d'expliquer la cause. La congélation des beurres se fait néanmoins; mais ceux-ci sont destinés plutôt à être incorporés dans des beurres frais qui en masquent l'arome.

Enfin les machines frigorifiques sont encore utilisées

dans certaines fromageries, dites de Roquefort, soit pour produire un froid artificiel, quand on ne dispose pas des caves, soit pour retarder la maturation des pâtes et permettre de les vendre mûres quand vient l'hiver, c'est-à-dire quand les fruits disparaissent de nos tables.

**Pasteurisation et stérilisation.** — Si nous plaçons ici cet important chapitre, c'est que la pratique de la pasteurisation et de la stérilisation assurent, dans le même ordre d'idées que l'asepsie et le froid, la préservation des actions microbiennes.

Ce n'est pas à Pasteur directement que l'on doit la stérilisation et la pasteurisation des laits ; mais elle est l'application toute naturelle de ses doctrines et spécialement de la pasteurisation des vins qu'il a créée ; la science a fait le reste.

Gay-Lussac avait dit que si l'on pouvait recueillir le lait en dehors du contact de l'air, il se conserverait longtemps. C'est en s'inspirant de cette idée et en même temps des travaux d'Appert, que Mabru, en 1867, imagina de chauffer, dans un bain-marie, des bouteilles de lait dont le goulot était prolongé par un tube de plomb, émergeant hors du bain, et que l'on aplatisait au moment voulu.

Le mérite de l'emploi de la pasteurisation des laits paraît revenir au danois Pjord.

Pasteuriser un lait, c'est le chauffer au-dessous de 100° ; le stériliser, c'est le soumettre à une température supérieure, vers 105°.

Il y a trois méthodes de pasteurisation : la plus ancienne, la *pasteurisation basse*, qui est la méthode française et que l'on baptise américaine, consiste à chauffer le lait à 60-65-70°, pendant un temps appréciable, que l'on peut fixer à dix minutes au maximum ; la *biorisation*, assez récente, méthode allemande, dans laquelle le lait pulvérisé,

par un appareil genre Gaulin, est soumis pendant un temps très court à 75°, sous une pression de 1/4 kilo, méthode qui donne à peu près les mêmes résultats que la pasteurisation basse et n'est pas employée en France ; et enfin la *pasteurisation haute*, ou méthode danoise, qui porte le lait à 80-95° pendant deux à trois minutes.

La méthode dite américaine se poursuit dans un vase, chauffé extérieurement, où le lait froid arrive continûment et d'où il sort continûment à la température déterminée ; la méthode danoise projette contre la paroi chaude d'un cylindre, par la force centrifuge, le lait en couche mince, qui remonte le long de cette paroi et sort automatiquement du pasteurisateur.

On pasteurise de l'une ou de l'autre façon les laits de consommation, les laits écrémés provenant des beurrieres, afin que les veaux ou les porcs qui en sont nourris ne soient pas exposés à contracter, à la suite du mélange des laits à écrémer, la maladie d'animaux infestés.

On pasteurise également le lait que l'on veut écrémer, afin d'ensemencer ensuite, comme il sera dit plus bas, de ferments lactiques, la crème de la centrifuge. On pasteurise enfin les laits de fromagerie, dans lesquels on introduit ensuite des ferments purs. Ces précautions sont surtout nécessaires quand on se trouve en face de laits de ramassage, qui sont forcément ensemencés de ferments lactiques et même d'autres ferments plus à craindre. C'est plutôt à la pasteurisation basse que l'on a recours dans ce cas, la pasteurisation haute, qui altère tant soit peu le goût du lait, étant réservée au chauffage des laits écrémés, destinés aux animaux.

Au point de vue chimique, les modifications apportées par la chaleur ne sont pas négligeables ; la chaleur affecte les caséines solubilisées dans le sérum, d'autant plus que la température est plus élevée. A 60-65°, il y a toute chance

pour que le coagulum ainsi formé se redissolve par refroidissement. Au delà il ne se redissout qu'avec peine et quand on atteint 75°, il ne se redissout plus du tout.

D'autre part, on sait que le lait ainsi chauffé ne se caille plus par la présure, et se caille d'autant moins qu'il a été chauffé à plus haute température ou plus longtemps. Le phénomène tient à ce que la caséine chauffée renferme son phosphate de chaux sous un état différent et que la minéralisation de la caséine telle que la nature la détermine garantit sa coagulation par la présure (Lindet); il suffit en effet de rajouter un peu de chlorure de calcium pour permettre au lait chauffé de cailler.

Les lécithines, dont il a été parlé plus haut et qui sont des combinaisons d'acide glycérophosphorique avec des acides gras et des bases organiques, se dissocient par la chaleur (Bordas et Raczkowski).

Enfin les vitamines du lait, si elles ne sont pas toujours tuées par la chaleur, ont néanmoins à en souffrir dans une proportion difficile à déterminer.

Au point de vue microbiologique, aussi bien avec l'une qu'avec l'autre méthode, on détruit 98-99 % des microbes existants, à la condition toutefois qu'il n'y ait pas de mousse, ni de coagulum, ni de peau, qui empêcherait la chaleur de se transmettre aisément au lait. Si on prolonge du double le temps de la pasteurisation on en élimine encore 0,5 à 1 % environ, sans que l'on puisse guère aller plus loin; les laits pasteurisés hauts contiennent souvent autant de bactéries que les laits pasteurisés bas (Weigmann, Orla-Jensen).

Plus la température est élevée, plus les laits sont préservés des fermentations diverses; car si la température de 60-65°, après 10-15 minutes tue les ferments, elle ne tue pas certains spores, qui, au bout de un ou plusieurs jours, suivant la température extérieure, évoluent et devien-

nent microbes. Les spores sont plus sûrement détruits à haute température. Néanmoins le lait pasteurisé ne peut pas se conserver indéfiniment ; il n'est pas enfermé dans un vase stérilisé et à l'abri de l'air ; on le vend à pots découverts, et il ramasse dans la rue toutes sortes de microbes, en sorte qu'une fois arrivé à destination, il est quelquefois plus dangereux qu'un lait non pasteurisé ; car celui-ci est envahi dès le début par le ferment lactique qui le protège contre l'action d'autres microbes. On a préconisé la conservation du lait pasteurisé dans des bouteilles d'aluminium dont le bouchon est serti à la presse.

Les microbes pathogènes et spécialement celui de la tuberculose sont aisément détruits ; une température de 60° le tue en 10 ou 20 minutes (Barthel et Stenström) ; il en est de même d'autres microbes pathogènes, mais sur lesquels nous manquons un peu de renseignements ; nous savons que ceux-ci, quand ils sont très développés, sont tués ou plutôt « fondent » sous l'influence de la pasteurisation ; mais parmi leurs produits de plasmolyse se trouvent des toxines, qui résistent fort longtemps à des températures élevées et qui peuvent causer des troubles digestifs chez l'enfant et chez l'adulte. Il en est de même des endotoxines, produits de la désintégration des microbes pathogènes, si bien que le lait infesté pasteurisé peut encore conserver une partie de sa virulence (Violle).

Ce qui a été dit de la pasteurisation nous dispense de discuter le côté scientifique de la stérilisation ; celle-ci s'exécute en bouteilles hermétiquement closes, contenues dans un autoclave chauffé vers 120° par la vapeur, afin que l'intérieur des bouteilles atteigne 105° ; les inconvénients de réensemencement, signalés plus haut, ne peuvent se produire et le lait stérilisé se conserve indéfiniment. Ces bouteilles sont faites d'un verre qui présente un coefficient de dilatation extrêmement faible, en sorte qu'au sortir de

l'autoclave, elles peuvent, sans grand danger de casse, être refroidies brusquement sous une pluie d'eau froide ; C'est là un procédé brutal, mais qui assure le succès de l'opération ; car si on abandonnait les bouteilles à un refroidissement lent, on risquerait de voir le lait prendre une teinte jaune.

**Conservation par concentration** (*dite de condensation*). — Ce paragraphe, comme le précédent, se relie à la question microbienne ; car ces laits sont chauffés, quelquefois il est vrai, à une température inférieure à celle qui serait nécessaire pour les rendre stériles ; mais en tout cas ils se trouvent être dans des conditions telles que les microbes ne peuvent s'y développer, même quand on les étend d'eau pour les consommer.

L'idée de conserver le lait par la concentration paraît être due à Gallais et Debauve, et à Newton (1836), qui l'évaporait au bain-marie en présence d'un courant d'air et même sous un vide partiel ; on cite encore parmi les précurseurs de la fabrication du lait concentré, Braconnot, Villeneuve, Robinet et Le Kou, etc. Mais c'est avec Martin de Lignac (1849) que l'opération prit un caractère industriel. Le lait cependant n'était pas évaporé dans le vide, mais, en couches minces dans des chaudières plates. L'idée de substituer à l'évaporation dans le vide l'évaporation à l'air libre appartient, semble-t-il, à la laiterie anglo-suisse de Cham. Depuis, cette industrie s'est développée en France, surtout en vue de l'exportation ; elle a rendu de grands services au cours de la guerre.

On fabrique deux sortes de lait concentré (l'expression condensé est impropre), le lait sucré et le lait non sucré, chacun d'eux pouvant être fabriqué soit avec du lait entier, soit avec du lait écrémé. Tous deux sont concentrés, l'un après sucrage à 150-160 gr. par litre, l'autre directement,

dans des chaudières, chauffées d'avance, de façon à ce que le lait, mis en ébullition dès son entrée, n'adhère pas aux parois, chaudières dans lesquelles on produit une dépression par la condensation des vapeurs d'évaporation elles-mêmes. Le lait bout à 55° environ sous une dépression de 65° de mercure environ. Il est évaporé jusqu'à ce qu'il marque environ 31-34° B<sup>e</sup> (à chaud).

La masse est ensuite refroidie aussi rapidement que possible dans des seaux métalliques, dits « topettes », entourés d'eau et munis d'un agitateur ; si le refroidissement était lent, c'est-à-dire obtenu spontanément, on verrait le lactose cristalliser en gros cristaux, qui se dissoudraient difficilement et craqueraient sous la dent. L'agitation et le refroidissement brusque provoquent au contraire une cristallisation confuse du lactose.

La concentration du lait entier ou écrémé, sucré, que nous avons eu en vue jusqu'ici, fournit un liquide sirupeux, à 40 % de saccharose que l'on verse directement après refroidissement dans les boîtes d'expédition ; celles-ci sont soudées ensuite, sans qu'il soit utile de les stériliser. Le produit en effet se conserve ainsi, à la façon des confitures.

A cette dose de sucre en effet, les microbes se plasmolysent, c'est-à-dire échangent leur pression osmotique avec celle du sirop de sucre qui est beaucoup plus élevé, jusqu'à ce que les deux liquides, le sirop et le plasma des microbes deviennent isotoniques. A ce moment-là les microbes ont laissé échapper dans le sirop de sucre, une partie importante de leur acide phosphorique, de leur potasse, quelques-uns de leurs éléments azotés et sont devenus incapables de se reproduire ; la stérilisation est dès lors assurée (Lindet).

Quand le produit concentré est obtenu sans sucre, qu'il provienne du lait entier ou du lait écrémé, la situation n'est

plus la même, et il devient indispensable de stériliser, à l'autoclave, les boîtes soudées qui le renferment. Il est également nécessaire au cours de cette stérilisation d'adopter un dispositif qui permette aux boîtes de tourner sur elles-mêmes, sous peine de voir le produit se prendre en masse.

**Conservation par dessiccation.** — La dessiccation du lait a été réalisée par deux procédés :

Le procédé Hatmaker (1902) consiste à verser le lait en couches minces à la surface de deux cylindres rotatifs, chauffés à la vapeur et tournant en sens inverse l'un de l'autre, de telle façon que le lait, délivré par une trémie, s'étale sur la surface supérieure ; la couche de lait s'évapore et laisse une pellicule fine de lait desséché, qu'un racloir tangent enlève continuellement.

L'autre procédé a été imaginé en France par Bévenot et de Neveu en 1900 ; il est aujourd'hui pratiqué en Angleterre sous le nom de spray process (procédé au brouillard) ; il consiste à pulvériser du lait dans une chambre close, dont les parois sont chauffées. Le lait, séché ainsi en poudre, tombe sur le plancher de la chambre.

C'est encore là un procédé de conservation puisque ces poudres renferment une quantité d'eau telle (environ 8 %) que les microbes n'y pourraient vivre.

En général ces poudres ne sont pas préparées avec du lait entier, parce que la matière grasse, ainsi desséchée, rancit très rapidement ; on lui substitue une quantité caloriquement équivalente de saccharose, c'est-à-dire 2,29 fois le poids de matière grasse que l'on a retirée par écrémage. Pour obtenir de la poudre de lait entier, qui ne rancisse que peu, il faut dessécher sur les cylindres du lait déjà évaporé jusqu'à 18° B<sup>e</sup>.

Ces poudres servent à reconstituer du lait ; mais il ne faut pas oublier que la matière grasse ne saurait, surtout

pour la nourriture des enfants, être remplacée par les sucres ; la quantité de calories peut être la même dans les deux cas ; mais on ne saurait impunément retrancher les graisses de l'alimentation.

#### PROCÉDÉS DESTINÉS A PROFITER DE L'ALTÉRABILITÉ DU LAIT

**Caillage du lait : la présure.** — Le caillage du lait est un phénomène connu de tous et qui caractérise son altérabilité.

Le lait caille sous l'influence de deux agents qui peuvent opérer séparément ou qui peuvent combiner leur action.

L'acidité, saturant la partie minérale des caséines, chaux et phosphate de calcium, détruit cet équilibre complexe qui retient la caséine  $\alpha$  sous sa forme colloïdale ; la caséine ainsi déminéralisée se coagule. Certains sels exercent une action analogue.

Mais en général, on emploie, pour assurer la coagulation du lait, le ferment soluble qui est contenu spécialement dans le quatrième estomac des ruminants, ou caillettes, en quantités plus grandes ou plus actives dans les organes des jeunes, veaux, agneaux, chevreaux, que dans les organes des adultes. Ce ferment soluble est appelé depuis fort longtemps du nom de *présure* ; il a plu à de trop nombreux physiologistes de le baptiser d'un nom étranger, le « lab » qui n'ajoute rien à ses propriétés (Hammarsten). On a même admis que ce ferment, parce qu'il prend une activité plus grande quand on lave la caillette, non plus avec de l'eau distillée, mais avec de l'eau acidulée, est contenu dans la caillette à l'état de « prolab » (Arthus et Pagès).

L'hypothèse qui consiste à admettre que la caséine se dédouble, sous l'influence de la présure, en une albumine soluble et une paracaséine constituant le caillé (Hammarsten,

Arthus et Pagès), a été démontrée fausse (Duclaux, Lindet et L. Ammann).

La seule hypothèse qu'il soit raisonnable de faire aujourd'hui repose sur les théories modernes des colloïdes (J. Duclaux).

Que se passe-t-il donc quand de la présure caille le lait ? Elle transforme, comme l'on dit, « l'hydrosol », c'est-à-dire la caséine en suspension colloïdale en « hydrogel », c'est-à-dire en caséine coagulée.

Les micelles de la caséine sont douées de pression osmotique, et il faut comprendre par là que la pression du sérum, séparé par une membrane dialytique qui est la surface de la micelle, pousse le sérum à pénétrer dans la micelle colloïdale, tandis qu'une force intérieure, agissant vers l'extérieur, se défend pour ainsi dire, jusqu'à ce que la pression extérieure du liquide intermicellaire équilibre la pression intérieure de la micelle, que les deux liquides externe et interne soient isotoniques. Sans cette pression osmotique, les micelles cesseraient d'être indépendantes et se souderaient par la force de l'attraction universelle; c'est là le procédé de défense des micelles vis-à-vis des liquides intermicellaires.

Or, les micelles, pour rester indépendantes, doivent porter une charge électrique, être dissociées électrolytiquement, être ionisées.

Un « électrolyte » est un corps qui conduit l'électricité en se dissociant; c'est le chlorure de sodium, Na Cl, qui se dissocie en ion Na et ion Cl. On admet que les albuminoïdes, c'est-à-dire la caséine, conduisent l'électricité (J. Duclaux).

Les complexes minéraux, et, par extension, les complexes organiques, peuvent être considérés comme dissociés en gros paquets d'atomes-ions, qui sont immobiles (granules) et en ions actifs. La partie active de la caséine disso-

ciée électrolytiquement doit être, par analogie avec les complexes minéraux, le phosphate de calcium et la chaux ; leur activité n'est pas douteuse ; car ces éléments jouent un rôle capital dans la coagulation de la caséine, dans la coagulation de l'argile, de l'acide pectique, du sang, etc... Voilà donc la caséine  $\alpha$  ionisée, avec un gros ion, intervenant peu ou pas dans la réaction, et avec un cortège d'ions actifs (Lindet).

Tout cela n'explique pas encore la coagulation par la présure. Il faut prendre en considération cet axiome que la coagulation d'un colloïde traduit une perte plus ou moins grande dans l'ionisation de ses micelles, et secondairement dans leur pression osmotique. Dès lors, la micelle cesse d'être indépendante et tend à se réunir aux voisines. Donc tout revient à se demander sous quelles influences les micelles vont perdre leur ionisation ?

Si on ajoute un électrolyte minéral à un autre électrolyte minéral, par exemple du sulfate de sodium,  $\text{S}^{\text{O}_4} \text{Na}^2$ , à un complexe hydrochloroferrique, les ions  $\text{S}^{\text{O}_4}$  et  $\text{Cl}$  se substituent l'un à l'autre ; on trouve  $\text{S}^{\text{O}_4}$  dans la partie coagulée ferrique et  $\text{Cl}$  dans le liquide. Or les ions ainsi substitués n'ont plus la même activité ; la pression osmotique se modifie, les micelles deviennent indépendantes et se réunissent ; c'est l'hydrogel.

Or, si on admet avec J. Duclaux que les enzymes, dans le cas actuel la présure, est un colloïde ionisable, dans lequel il y a un noyau métallique d'ions actifs comme le noyau métallique de la laccase (G. Bertrand), on arrive à l'hypothèse d'un changement d'ions entre la présure et les micelles, et, de là, une perte de pression osmotique et la coagulation.

Toute cette longue et difficile explication ne fait pas intervenir le microbe ; elle relève de la physique et de la biologie.

La physique a permis encore de montrer un résultat fort intéressant, qui éclaire d'ailleurs la constitution biologique, nous pourrions dire vitale de la caséine en émulsion. Quand à l'ultramicroscope, grâce à un éclairage spécial, on examine de la caséine, on aperçoit les micelles, c'est-à-dire des particules extrêmement ténues de quelques  $\mu$ , qui sont comme animées d'un mouvement brownien, en suspension dans le liquide intermicellaire, qui est le sérum ; aucune des parties de la plaque n'est immobile et l'on croirait voir un amas grouillant de vers. Puis, quand on fait passer sur le porte-objet une goutte de présure, on constate que le champ du microscope devient brusquement immobile. On a l'illusion de quelque chose de vivant que la mort anéantit. Le caillage est bien une action biologique.

L'introduction directe de la caillette dans le lait pour en obtenir le caillage ne se fait plus aujourd'hui ; la plupart des fromagers emploient des solutions de présure qui sont fabriquées, avec toute garantie, par l'industrie ; les caillettes, convenablement nettoyées, sont hâchées et mises à macérer dans de l'eau, à laquelle on ajoute, dans le but de conserver la solution, de l'alcool, du sel marin, de l'acide borique ; ces solutions, dites présures liquides, sont assez actives puisque 1 litre suffit pour cailler 10.000 litres de lait. — On trouve également dans le commerce des présures séchées, provenant de la dessiccation à basse température de ces solutions de présure.

Dans les pays à gruyère, dans le Doubs, le Jura, la Savoie, etc... les fromagers n'admettent que difficilement l'usage des présures commerciales, et traditionnellement, fabriquent eux-mêmes leurs présures, par les procédés suivants, qui, nous le reconnaissons, ne leur ont pas été indiqués par la science ; il faut bien que celle-ci apprenne quelque chose de la pratique. Quand le caillé, chauffé au sein du petit

lait, a été séparé de celui-ci, le fromager procède à la récolte d'un second fromage, dit « serac ». Pour cela, il ajoute au petit lait une certaine quantité de liquide, dont nous verrons plus bas l'origine, très acidifiée par la fermentation lactique (10 à 11 gr. d'acide lactique par litre), dit « aisy ». Cet aisy coagule ce qui reste de caséine, fait le serac, et c'est le petit lait de ce serac, auquel il donne le nom de *recuite*. Or, avec cette *recuite*, le fromager procède d'une part à la fabrication de l'aisy, qu'il fait fermenter lactiquement, d'autre part à la préparation de la présure; en y faisant macérer des caillettes fraîches de veau ou d'agneau; comme on le voit, la présure neutre n'est plus seule à agir; l'aisy a introduit dans la chaudière et par conséquent dans ce qui sera la *recuite*, une certaine quantité d'acide qui ajoutera son action à l'action de la présure.

La quantité de caséine coagulée reste la même, quand les conditions ne changent pas; mais il ne faut pas perdre de vue que l'on est en présence d'un phénomène de coagulation, et que ceux-ci sont influencés par la présence des sels et spécialement des sels de chaux, non seulement au point de vue du rendement, mais aussi de la fermeté du caillé. Si on ajoute à du lait du chlorure de calcium, les phosphates alcalins du sérum font double décomposition avec le chlorure de calcium et donnent du phosphate de calcium et du chlorure de sodium. La molécule complexe de caséine se trouve ainsi minéralisée davantage, et une proportion légèrement plus grande de caséine  $\alpha$ , représentant 2,5 à 3 % de la caséine totale, caille, au détriment, bien entendu, des caséines dissoutes dans le sérum; le fabricant de fromage retire donc l'avantage d'obtenir un caillé plus ferme, contenant une quantité de caséines supérieure à celle qu'il aurait obtenue sans addition de chlorure de calcium (Lindet).

La rapidité de la coagulation et l'importance du coagu-

lum dépendent également de l'acidité du milieu. L'action de la présure et l'action de l'acide se superposent évidemment, puisque toutes deux concourent au même résultat. Les fromagers le savent et ajoutent d'autant moins de présure que le lait est plus acide.

La température agit de même. Comme tous les enzymes, la présure possède, toutes choses égales d'ailleurs, une température de prédilection que l'on a fixée à 41°. Au-dessous de ce point, la coagulation est de plus en plus lente, le coagulum de plus en plus mou, jusqu'à la température d'environ 20 ou 15° C ; au-dessus au contraire, le caillé se raffermi peu à peu ; mais l'effet de la présure se ralentit vers 50-55°, température à laquelle elle devient nulle ; l'enzyme est tué.

Les fromagers utilisent une partie de cette gamme de températures, suivant les fromages qu'ils veulent fabriquer. Les laits destinés à la fabrication des fromages genre Gervais, qui sont fortement rechargés de crème, sont caillés à une température très basse, 14-15° ; il convient d'employer une température de 15 à 18° pour cailler les fromages de Roquefort qui, préparés avec du lait de brebis, sont très gras, une température de 25-28° pour cailler les fromages à pâte coulante, comme le Brie, le Camembert, etc..., une température de 32-35° et même un réchauffage vers 40° pour obtenir le caillé des fromages à pâte ferme, comme le fromage de Hollande, de Port-de-Salut, etc... Quant au Gruyère et à l'Emmenthal, sa fabrication entraîne un caillage à 28-35° et un réchauffage à 55-60° au sein de son petit lait.

La température à laquelle on chauffe une pâte à gruyère a été déterminée par la pratique ; là encore, la théorie a montré le bien fondé des observations qui, à travers les années, ont guidé cette technique de la fromagerie. Il faut chauffer d'autant moins que le caillé est plus acide, parce

que, dans ce cas, le caillé tend à se désagréger, sous l'effort du mouvron qui l'agite dans la cuve. Il faut chauffer d'autant plus que les fragments sont plus gros, parce que la chaleur a plus de peine à pénétrer ces fragments et à en expulser le petit lait.

L'emploi de ce chauffage, du caillé, a une autre raison d'être, sans que ceux qui ont créé et suivi cette technique n'aient songé à l'expliquer ; c'est un procédé de sélection des microbes ; le fromage ne retient que ceux qui lui sont utiles, plus ou moins protégés contre une température excessive par la masse des fragments du caillé, entre autres le *thermobacterium helveticum* (de Freudenreich).

**Les ferments lactiques vis-à-vis du lait frais.** — Au moment où nous abordons l'étude des ferments lactiques que nous allons poursuivre à propos du beurre et des fromages, nous évoquerons le grand nom de Pasteur. Ce sont les recherches sur les ferments lactiques qui, avec les recherches sur les levures, ont été le point de départ de ses études microbiologiques et de ses immortelles découvertes. Dans son mémoire de 1857 on trouve les détails les plus précis sur les ferments qui nous occupent aujourd'hui.

Depuis cette époque, déjà bien reculée, de nombreux auteurs ont démontré la prédominance des ferments lactiques dans tous les produits de la laiterie (de Freudenreich et Orla Jensen, Gorini, Kayser, Mazé, etc...), contrairement à l'idée de Duclaux, qui faisait jouer aux *tyrothrix* un rôle qui, comme on le verra plus loin, ne leur appartient pas.

Il convient de distinguer tout d'abord les ferments lactiques vrais, qui seuls « prennent le gram <sup>1</sup> » et les pseudo-ferments lactiques qui ne le prennent pas.

1. Les microbes qui « prennent le gram » sont ceux qui, étalés sous le porte objet du microscope, séchés à la flamme, puis dégraissés, puis recouverts d'une solution de violet de gentiane dans l'alcool et l'acide phénique, conservent leur couleur violette, malgré des lavages à l'iodure de potassium ioduré, à l'alcool et à l'eau.

Les premiers, que l'on rencontre spécialement dans les ferments industriels, transforment le lactose intégralement en acide lactique ; la molécule de sucre, supposée hydratée ( $C^6 H^{12} O^6$ ) se scinde en deux molécules d'acide lactique ( $C^3 H^6 O^3$ ). Les seconds, qui sont plutôt des ferments non cultivés, secrètent, en même temps, suivant quantités variables, et en plus de l'acide lactique, de l'acide acétique, de l'acide formique, de l'acide succinique, de l'acide carbonique, de l'alcool, de la glycérine, de la mannite, etc... Les ferments vrais fournissent, en général, un acide lactique de pouvoir rotatoire droit ; le pouvoir rotatoire de l'acide lactique, chez d'autres ferments lactiques, peut être droit, inactif ou même gauche comme pour le ferment bulgare du Yohourt, ou pour le *B. lactis aerogenes*.

Les ferments industriels ne secrètent pas de présure ; ils ne caillent le lait que parce qu'ils le rendent acide ; d'autres au contraire secrètent simultanément de l'acide et de la présure. Les premiers donnent leur acide en un temps plus court et fournissent un caillé plus ferme (Mazé).

Le pouvoir acidifiant des ferments industriels ne dépasse guère 9 à 10 gr. par litre ; au delà de cette limite, le ferment lui-même souffre et ne peut continuer son œuvre que si on sature son acidité au moyen du carbonate de calcium, par exemple.

On demande encore aux ferments industriels, spécialement à ceux qui assurent la fabrication du beurre, de parfumer la matière grasse.

En dehors de cette fonction acidifiante et productrice d'odeurs, les ferments lactiques en ont une autre très importante pour la fabrication des fromages, qui est de liquéfier la caséine qu'ils ont précipitée. C'est cette fonction que Duclaux avait établie pour les tyrothrix et qu'il leur attribuait exclusivement. Ils secrètent, disait-il, un ferment soluble, la caséase, susceptible de transformer pour leur

nourriture la caséine en acides aminés, ammoniacque, ammoniacques composées et acides gras.

Il y a donc, dans tous ferments lactiques, une double fonction, celle qui produit l'acide lactique et celle qui liquéfie et dégrade la caséine, la fonction *saccharolytique* et la fonction *caséolytique*; et c'est cette double fonction qui a fait donner aux ferments lactiques le nom d'acidoprotéolytiques (Gorini).

Ces deux fonctions ne sont pas synchrones; elles se produisent l'une après l'autre, à deux températures différentes. L'action saccharolytique a lieu de préférence vers 30-35°. A quelques degrés près, c'est la température du caillage et du dressage (mise en moules), et, d'autre part, cette action gêne, par l'acidité qu'elle sécrète, l'action caséolytique. Celle-ci se développe de préférence aux températures basses, vers 12-15°; c'est autant que possible la température d'affinage des fromages. A ce moment, l'acide lactique a disparu dans le petit lait et ne contrarie plus la liquéfaction de la caséine; cette liquéfaction a lieu dès lors dans un milieu qui devient de plus en plus neutre, du fait de l'ammoniaque élaborée, jusqu'à ce qu'il devienne ammoniacal, plus propre encore à l'action caséolytique.

Ajoutons enfin que les ferments lactiques auraient la faculté de créer des vitamines, comme les levures d'aïlleurs. Or, nous avons dit plus haut que le lait ne renferme que les deux vitamines A et B, et qu'il est dépourvu de vitamine C, c'est-à-dire de la vitamine antiscorbutique. C'est, semble-t-il, cette vitamine que les ferments lactiques produiraient (Wolmann).

Au point de vue morphologique ces bacilles lactiques se présentent sous forme de petits articles ovoïdes, groupés en général par deux (*diplocoques*), ou en chaînettes (*streptocoques*); mais ces chaînettes ne doivent être

constituées que de quelques éléments, 8 ou 10 ; en général les ferments qui forment des chaînettes plus longues appartiennent à des espèces plutôt nuisibles. Ce sont donc des *coques*, ou *cocci*, c'est-à-dire des éléments arrondis, qui sont les vrais ferments lactiques ; on rencontre cependant, mais plus rarement, des *bacilles*, c'est-à-dire des éléments allongés, indépendants ou en chaînes (*streptobacilles*), *bacterium casei*, *bacterium vulgaricum*, *caucasicus*, *Bacillus coli liquefaciens*, qui ne sont pas à recommander pour les produits de la laiterie. Ce sont des ferments qui ne prennent pas le Gram.

Tous ces microbes sont immobiles. Quelques-uns seulement sont sporogènes (Gorini). Ils sont anaérobies, mais peuvent vivre néanmoins en aérobies. Ils sont lents à se développer sur gélatine ou sur gélose, et préfèrent un milieu dans lequel le carbonate de calcium est en suspension de façon à ce que l'acide lactique, qui fait obstacle au développement du microbe, puisse être saturé au feu et à mesure de sa formation.

Les nombreuses espèces de ferments lactiques, dénommés par les auteurs semblent se simplifier ; car ils sont sujets à des mutations (Gorini). « Ces variations sont liées à des divergences individuelles des cellules d'une même espèce ; elles peuvent être transitoires et oscillantes, ou permanentes et transmissibles. Cela amène à substituer à la conception de la pluralité des espèces, races et variétés, la conception de l'unité de l'espèce avec variations, liées à des différences normales des individualités cellulaires (Gorini) ».

Ainsi qu'il a été ci-dessus, il est impossible de préserver le lait de la contamination lactique ; le ferment est dans l'air de l'étable, sur les poils de la bête, sur son pis et ses trayons, sur les mains des vachers, sur les seaux et instruments, si bien qu'ils soient lavés. Les ferments se déve-

loppent et augmentent l'acidité, et cela d'autant plus vite que la température est moins froide. Il ne faut pas oublier que, conformément à ce qui précède, les ferments lactiques sont des ferments protéolitiques, capables de liquéfier la caséine. Il a y donc double intérêt à ne pas laisser le lait s'acidifier ni dégrader sa caséine ; car si l'on veut en faire du fromage, cette augmentation de solubilité de la caséine correspond à une perte de pâte, qui s'écoule, à l'état digéré, dans le petit lait.

C'est par un essai alcalimétrique, dont il sera parlé plus bas, à propos du contrôle, que l'on estime la quantité d'acide sécrété.

**Les ferments lactiques pendant la maturation des crèmes et pendant le barattage.** — Lorsqu'on a fait usage, pour la première fois, des écrémeuses centrifuges, on a été fort étonné que la crème extraite ne puisse être barattée aussitôt sa séparation ; le beurre se réunissait mal et il était peu parfumé. Elle ne renfermait pas assez d'acide lactique et l'on sait aujourd'hui que celui-ci est nécessaire pour obtenir un bon barattage, probablement parce que les petits grumeaux de caséine, formés sous l'influence de l'acide lactique, servent d'amorce aux petites masses de beurre qui tendent à s'accrocher sous l'action de la baratte. On sait également que si le beurre, provenant de l'écémage spontané est plus parfumé, cela tient à ce que les globules butyreux, en remontant sous forme de crème, ont tout le temps désirable pour absorber les produits parfumés de la fermentation lactique.

Dès lors, on a jugé indispensable de faire mûrir les crèmes au sortir de l'écrémeuse et avant de les baratter, c'est-à-dire reproduire, au sein de la crème, la fermentation lactique qui se produisait dans l'écémage spontané.

Mais la crème est déjà envahie par des ferments lactiques

qui ne sont pas toujours ceux que l'on désire y voir figurer. De là, l'usage qui consiste à pasteuriser les crèmes et à les ensemercer de ferments sélectionnés par les méthodes pastoriennes. Généralement on se contente d'employer à l'ensemencement une petite quantité du lait débeurré ou babeurre, provenant d'une opération précédente et que l'on juge avoir produit du beurre de bonne qualité.

L'acidification se fait à une température basse, 14° C environ, afin de modérer l'action des ferments ; elle a lieu dans des bassins entourés d'un courant d'eau froide, facile à basculer, et on la pousse jusqu'à ce qu'il se soit formé, dans la crème, 5,5 à 6,0 gr. d'acide lactique par litre (55 à 60° Dornic, dont nous verrons l'emploi plus loin). En été, on adopte plutôt un minimum d'acidité, parce que celle-ci tend à augmenter au cours du barattage.

La crème que l'on soumet ainsi à la maturation, ne présente pas la même concentration en été qu'en hiver. En été, on l'extrait de l'écrèmeuse très épaisse, contenant, par exemple, 35-38 % de matière grasse ; à ce taux-là, elle renferme le minimum de sérum, c'est-à-dire de bouillon de culture pour les ferments lactiques, et sa fermentation est lente. En hiver, au contraire, où on tire les crèmes à 25 % de matières grasses, on provoque, par la présence d'une plus grande quantité de sérum, une fermentation plus rapide.

Il y a lieu cependant de ne rien exagérer ; une crème trop épaisse colle aux parois de la baratte ; une crème trop claire rend le barattage trop long.

**Les ferments lactiques, les mycodermes, les oïdium, les penicilles pendant la maturation des pâtes.** — La maturation des pâtes est un des phénomènes les plus complexes auxquels la microbiologie et la biologie puissent présider ; les variétés innombrables de fromages, l'univer-

salité d'une fabrication, influencée par les habitudes locales, les climats sous lesquels elle est poursuivie, la propreté plus ou moins grande qui y préside, rendent le problème des plus ingrats.

C'est Duclaux qui, le premier, l'a abordé et, s'il s'est trompé sur la nature des microbes, du moins a-t-il exactement défini leur action, et a-t-il ouvert la voie à ceux qui ont eu sous leurs microscopes les véritables agents de la maturation des fromages.

Duclaux, observant la différence d'aspect des fromages frais et des fromages murs, avait été frappé de voir que, dans les premiers, la pâte était sèche et opaque, que, dans les seconds, elle devenait progressivement coulante et transparente ; il en avait déduit que la caséine s'était solubilisée dans l'eau apportée par le caillé ; observant ensuite que le fromage avait pris une odeur et une saveur, sur lesquelles il n'est pas nécessaire d'insister, il avait conclu que la caséine était décomposée et l'analyse lui avait permis de reconnaître, parmi les produits de dégradation, la leucine et la tyrosine, les acides gras, acétique, propionique, butyrique, valerianique, l'ammoniac et les ammoniacs composés.

Différents auteurs ont retiré des fromages mûrs un certain nombre d'acides aminés, tels que l'arginine, la lysine, l'histidine, le tryptophane, etc... mais l'incertitude des méthodes employées, la difficulté de séparation de ces produits, doivent laisser des doutes, non pas sur leur existence, puisque ce sont là des acides aminés qui dérivent des matières protéiques, mais sur la réalité de leur séparation (Abderhalden et ses élèves). Nous reviendrons sur ce sujet, à propos de l'alimentation lactée.

Restait à trouver le ou les microbes auteurs de cette dégradation ; Duclaux les rencontra dans une famille qu'il appela les *tyrothrix* (τύροσ, fromage). Il en distingua plusieurs,

*T. tenuis, filiformis, distortus, geniculatus, turgidus, scaber, virgula, urocephalus, catenula.* Ces tyrothrix élaborent un ferment soluble, un euzyme, la *caséase*, ou endoéruptine qui, pour soutenir l'alimentation du microbe, va dissoudre la caséine, en faire de la *caséone*, puis dégrade cette caséone en les produits énumérés ci-dessus.

Cette notion fut acquise à la science jusqu'au jour où l'on constata que les tyrothrix étaient des microbes banaux que l'on rencontrait dans le foin, qui pouvaient se trouver dans certains fromages, ramassés par le lait, mal recueilli à l'étable, comme ceux du Cantal, sur lesquels Duclaux avait opéré, mais qu'en réalité ce n'est pas aux tyrothrix, mais aux ferments lactiques que l'on doit rapporter la plus grande partie du travail de liquéfaction des fromages (de Freudenreich, Gorini, Mazé, etc...). D'ailleurs ces ferments lactiques présentent le même processus dans la sécrétion de l'enzyme, la caséase ou *endoéruptine*, le même processus dans la dégradation de la molécule protéique. Nous avons donc raison de dire au début que Duclaux pouvait s'être trompé sur le microbe spécifique ; sa découverte du mécanisme qui préside à la maturation des pâtes reste intangible et maintiendra son nom parmi les plus fins observateurs.

Toute fabrication de fromage débute par le caillage du lait, c'est-à-dire par un phénomène que nous avons étudié plus haut et qui coagule la caséine  $\alpha$  ; le caillot se rétracte, se recroqueville progressivement et laisse suinter le petit lait, composé de lactose, de caséine  $\beta$  et d'une partie de la caséine  $\alpha$ , soluble, toutes deux, dans les éléments du sérum, et enfin des sels, tandis que ce caillot conserve la caséine  $\alpha$  avec son phosphate de calcium, sa chaux, et la matière grasse.

C'est à l'intérieur d'un tel mélange, au cours de son égouttage dans le moule que les ferments lactiques com-

mencent à évoluer ; le petit lait devient de plus en plus acide, jusqu'à ce que la production d'acide soit paralysée par l'acidité même, qui ne dépasse guère à ce moment, et comme nous l'avons dit, 10 gr. par litre. Il est nécessaire que le petit lait devienne acide, pour assurer le retrait du caillé, pour que le fromage « se tire ». Cependant il reste toujours assez de petit lait dans la pâte mal égouttée pour servir de bouillon de culture aux ferments lactiques qui vont maintenant attaquer la caséine.

Mais ils ne l'attaqueront pas seuls, et voilà où la question se complique. A côté des ferments lactiques et peut-être dans certains cas, des tyrothrix, qui sont des ferments, sinon anaérobies, du moins vivant en anaérobies, se trouvent d'autres ferments, dits de surface, dont le rôle a été, pour plusieurs d'entre eux caractérisé par Duclaux. Ces ferments de surface sont de plusieurs espèces : on y rencontre des *mycodermes* (Mazé), des champignons, parmi lesquels des *oïdium* (*oïdium camemberti*) et des *penicillium* (*album*, *candidum*, *glaucum*), et enfin des *ferments du rouge* (Mazé).

Ces ferments et spécialement les champignons pénètrent par leurs filaments à l'intérieur des fromages et au delà de la croûte ; leur rôle vis-à-vis de la caséine n'est pas éloigné du rôle du ferment lactique ; tous, à des degrés différents, sécrètent de la caséine et possèdent un pouvoir liquéfiant et dégradateur.

Mais ce que l'on attend d'eux, c'est de jouer un rôle carburant. Leur nature aérobie va leur permettre en effet de brûler les dernières traces de lactose et d'acide lactique qu'un égouttage imparfait a laissées, et même, dit-on, de brûler des produits d'odeur et de saveur désagréables laissés par les fermentations intérieures. De plus elles maintiennent, au-dessous de la croûte, une atmosphère plutôt réductrice, qui protège la vie anaérobie des ferments intérieurs. Enfin ces ferments de surface possèdent une

activité transpiratoire considérable ; le fromage « sue » et se sèche légèrement et c'est peut-être au cours de cette sudation que s'échappent les produits malodorants dont il a été parlé.

De tous les fromages, c'est certainement celui de camembert, et, par extension, les fromages dits à pâte molle, qui a été, au point de vue microbiologique, le mieux étudié (Mazé). Au début, au moment du dressage dans les moules (*cliches* de Camembert, *roulets* du Pont-l'Évêque, etc...), le caillé, exclusivement envahi par les ferments lactiques, présente une odeur de beurre frais. Le fromage est ensuite porté au séchoir, ou hâloir ; il est envahi par des mycodermes, analogues au *micoderma vini* ; il se produit des traces d'alcool, des traces d'acide acétique, et la pièce prend une légère odeur vineuse d'acétate d'éthyle ; les fromages attirent même les mouches qui d'ordinaire fréquentent les vinaigreries. Cela dure peu, et à ces mycodermes, assez fragiles d'ailleurs, succèdent les champignons, le *P. album* et le *P. candidum* ; à partir du 6<sup>e</sup> ou 7<sup>e</sup> jour, ces moisissures laissent pointer leurs filaments aériens ; on dit que le fromage « prend le blanc » ; mais en même temps, les oïdium et spécialement le *O. camemberti* devient visible à son tour par le plissement qu'il forme à la base de la moisissure, plissement qui doit rester adhérent à la pâte. A l'odeur éthérée, fournie par les mycodermes, succède, pendant 2 ou 3 jours, une odeur de moisi, qui fait rapidement place à l'odeur caractéristique des fromages. A ce moment l'acide lactique a complètement disparu, brûlé par les champignons, et la croûte s'est alcalinisée. La moisissure montre ses spores bleues ou verdâtres. Peu après, les ferments du rouge deviennent visibles ; car si les champignons peuvent se développer sur la caséine insoluble, les ferments du rouge vivent sur les produits de sa dégradation (Mazé). Duclaux avait donc raison de

signaler le rôle comburant des moisissures vis-à-vis de l'acide lactique, leur rôle protecteur des ferments anaérobies de l'intérieur, leur rôle peptonisant des protéines et l'aide qu'ils se prêtent mutuellement dans la destruction de la caséine, ce qu'il traduisait, avec humour, en représentant les microbes du fromage comme une société de secours mutuels.

Au point de vue chimique, la maturation de la pâte de camembert, et par extension des fromages à pâte molle, est progressive, c'est-à-dire que, si l'on dose, à différents moments de la fabrication, l'azote soluble pour le rapporter à l'azote total, ce que Duclaux a appelé le « coefficient de maturation », on constate que le chiffre augmente régulièrement, depuis le halage (opération qui consiste à dessécher superficiellement le fromage après égouttage) jusqu'à la fin du cavage; ce coefficient de maturation atteint pour chaque fromage un niveau différent. Dans l'espace de cinq semaines, le coefficient de maturation de fromages de camembert, préparés à l'École de laiterie de Mamirolles, a passé progressivement de 8,1 à 86,1.

D'autre part, on peut apprécier la maturation par le dosage, dans la pâte, de l'ammoniaque; celle-ci, dans la même période, s'est élevée de traces jusqu'à 0,284 % du fromage. Mais, d'une façon générale, la courbe qui indique la production de l'ammoniaque par rapport à la matière azotée soluble n'est pas parallèle à celle qui traduit la production de matière azotée soluble par rapport à la matière azotée totale; cela veut dire qu'il s'élabore d'autant plus d'ammoniaque que la molécule caséine est déjà plus dégradée (Lindet et L. Ammann).

Enfin, la maturation biologique des pâtes se traduit par la production des acides gras volatils, qui sont, ainsi qu'il a été dit, les produits de dégradation de la caséine plutôt que ceux de l'attaque de la matière grasse. Le dosage

de ces acides, par distillation de la partie soluble du fromage, en présence d'acide phosphorique, indique que dans le fromage de camembert, tout l'acide lactique a disparu, même au début, et que les acides volatils sont, en majeure partie, constitués par de l'acide butyrique (Lindet et L. Ammann).

La fabrication des fromages, que l'on désigne d'ordinaire par fromages à pâte ferme, n'a guère été étudiée au point de vue microbiologique, si ce n'est par Duclaux, pour le fromage du Cantal. Nous avons dit que la personnalité des tyrothrix était aujourd'hui mise en doute, mais que la théorie de la maturation par ces tyrothrix subsiste ; il est probable qu'à quelques détails près, on peut substituer à leur action, ainsi décrite, celle des ferments lactiques.

La maturation chimique montre que des fromages de Port-de-Salut, au bout de sept semaines, ont présenté un coefficient de maturation qui s'est élevé de 5,9 à 20,2, chiffre beaucoup plus faible que celui du camembert, après un temps plus long ; l'ammoniaque, nulle au début, n'a donné à la fin que 0,022, alors que le camembert donnait 0,345 % ; les acides gras n'ont pas été dosés (Lindet et L. Ammann). C'est que le Port-de-Salut est un fromage dont le caillé, avant toute opération, est pressé ; nous verrons plus loin l'intérêt qu'il faut attacher à l'hydratation du caillé.

Nous ne possédons pas de renseignements au point de vue de la maturation chimique du fromage de Cantal, qui se fait en deux fois ; le caillé est d'abord recueilli et pressé, mis à fermenter légèrement ; la « tôme » est ensuite égrenée, salée et remise dans des moules, ou « faisselles », pressée de nouveau ; elle constitue le « fourme », dont la fermentation s'achève en caves.

Le fromage de Roquefort est, comme chacun sait,ensemencé de *penicillium glaucum*, dont on récolte les spores

en faisant moisir des pains de seigle dans une cave humide. Comme tous les champignons, le *P. glaucum* est avide d'oxygène ; aussi a-t-on soin, avant la descente du fromage à la cave, de percer celui-ci, de part en part, avec un réseau d'aiguilles, qui ménagent, à l'intérieur, de véritables cheminées d'aération, et d'éviter que ces cheminées ne se bouchent par les moisissures superficielles, dites « reverun », lesquelles sont continuellement enlevées par grattage. Nous manquons de détails sur le développement micro-biologique et biologique de ce fromage au cours de sa maturation ; elles seraient d'autant plus intéressantes que c'est le seul fromage fait de lait de brebis.

La maturation du fromage dit de Gruyère est mieux connue. On sait que le caillé, une fois formé, est découpé, puis chauffé dans son petit lait, avec certaines précautions, et en évitant de dépasser la température de 55-60° ; en même temps que ce chauffage permet à la caséine de se recroqueviller et de perdre de l'eau, cette température, avons-nous dit, sélectionne les microbes, détruisant ceux qui sont impropres à une bonne maturation. Parmi les ferments qui subsistent et qui, concurremment aux ferments lactiques, accomplissent un travail spécifique, on relève la présence des ferments propioniques, qui décomposent le lactose ou les lactates en alcool propylique ou en acide propionique, acide acétique, acide carbonique et hydrogène ; ce sont ces deux gaz, qui, dégagés de chacune des colonies, éparses dans la pâte, vont former les « yeux » du gruyère (de Freudeureich).

En l'espace de trois mois, des fromages de Gruyère, préparés à l'École de laiterie de Mamirolle, n'ont augmenté, dans leur coefficient de maturation, que de 3,7 à 15,1, dans leur teneur en ammoniacque que de zéro à 0,029, chiffres bien inférieurs à ceux que nous avons signalés pour le Camembert et le Port-de-Salut. Dans les produits

de distillation, en présence d'acide phosphorique, nous rencontrons des doses croissantes d'acide acétique, d'acide propionique, et même d'acide lactique, qui n'a pas été brûlé, par l'action des moisissures, parce qu'il est d'usage d'en arrêter le développement, en frottant la surface avec un chiffon imbibé de saumure (Lindet et L. Ammann).

Dans ce fromage, comme dans les autres d'ailleurs, la production microbiologique d'ammoniaque est arrêtée par la réaction acide des pâtes et se développe au contraire quand la pâte est alcaline, comme dans le Camembert, le Brie, etc... Si préalablement à sa maturation, on injecte un fromage d'une petite quantité d'ammoniaque, celui-ci mûrit plus vite et plus complètement (Lindet et L. Ammann).

La matière grasse des fromages, au fur et à mesure de leur maturation, n'est touchée ni par les microbes (tout au plus provoquent-ils la rancissure), ni par l'ammoniaque qui pourrait saponifier les acides gras, parce que la pâte reste légèrement acide. Un fromage de Gruyère, préparé avec du lait complètement écrémé, donne autant d'acides volatils, par rapport à la caséine entrée en travail, qu'un autre fromage de Gruyère, préparé avec du lait entier. Ces acides volatils proviennent uniquement de la dégradation de la caséine (Lindet et L. Ammann).

C'est à ce moment qu'il convient de se demander comment tant de fromages, fabriqués dans des conditions très analogues, peuvent présenter, en dehors de la forme à laquelle on les assujettit, des différences aussi considérables que le moindre des amateurs ne puisse s'y tromper.

Les différences que l'on constate ainsi ont leur origine dans les premiers stades de la fabrication, au moment où on caille et où on dresse les pâtes dans les moules. Les pâtes, en effet, doivent subir la fermentation et il est certain que celle-ci est d'autant plus active et complète que le

caillé renferme plus de sérum, servant de bouillon de culture aux microbes, c'est-à-dire reste mou après un emprésurage à basse température et égouttage sommaire. Ce sont donc les fromages les plus hydratés qui possèdent le plus haut coefficient de maturation et la plus forte quantité d'ammoniaque.

Le caillé des fromages de Camembert, celui du Brie de Meaux sont ramassés au moyen d'une louche ou d'une passoire et, pour éviter que le caillé ne soit brisé, déposés avec précaution dans le moule ; on « poche » un Camembert, le caillé conserve ainsi toute son humidité ; une fois mûr, il en renferme 53-54 %, et son coefficient de maturation varie de 60 à 85 %, sa teneur en ammoniaque de 0,18 à 0,23 pour 100 de fromage. — Dans la fabrication du fromage de Brie de Melun, il suffit de « gâcher » le caillé dans le moule pour faire recroqueviller celui-ci et obtenir une moindre hydratation (50 %), une pâte plus ferme et un moindre coefficient de maturation, 53 %. — Le caillé du fromage de Pont-l'Évêque est légèrement pressé dans le « store » avant d'être introduit dans le roulet ; (eau 51 %, coefficient de maturation 44, ammoniaque 0,13 %). — Le caillé du livarot se recueille de même, à travers une « glotte », il est ensuite cavé, « passé » dans une atmosphère confinée, très ammoniacale, pendant un temps assez long, et, bien que, ayant 51 % d'eau et un coefficient de maturation de 56, sa teneur en ammoniaque, 0,36 %, est supérieure à celle du Pont-l'Évêque. — Le fromage du Cantal présente une pâte pressée ne renfermant, après maturation, que 40-41 % d'eau ; les microbes ont eu plus de peine à évoluer, et il en est résulté un coefficient de maturation de 46 et 0,11 % d'ammoniaque. — Le fromage de Marolles, d'une hydratation analogue, donne à l'analyse un coefficient semblable, mais plus d'ammoniaque, 0,32. — Enfin, le fromage de Gruyère, dont la

pâte est chauffée, en présence du petit lait à 55-60°, et, par suite déshydratée en partie, n'a plus que 35-36 % d'eau ; sa maturation ne dépasse pas 22-23, et sa teneur en ammoniacque se réduit à 0,05 %.

La différenciation que nous venons d'établir est basée sur la plus ou moins grande facilité avec laquelle la flore fromagère se développe ; mais nous avons eu en vue plutôt la quantité que la qualité. Cette qualité n'est plus un secret. Sans doute elle dépend en partie des bâtiments dans lesquels on pratique la fabrication, depuis le dressoir et le séchoir jusqu'à la cave, dans lesquels se trouvent acclimatés de précieux microbes, et cela grâce à la température, à la disposition des pièces, des fenêtres, des portes, qui assurent l'aération. Mais il ne faut pas exagérer l'importance de ces considérations, et aujourd'hui on peut, dans n'importe quelle pièce, faire telle sorte de fromages, et même dans plusieurs pièces distinctes, faire plusieurs sortes de fromages.

Le premier point est d'assurer au fromage une bonne fermentation lactique. L'usage des levains est connu depuis de nombreuses années, levains que l'on prépare en ajoutant dans du lait écrémé, pasteurisé, un peu de lait spécialement choisi, ou mieuxensemencé de ferments purs. On livre en effet aujourd'hui des cultures de ferments lactiques extraits des meilleurs fromages. C'est Roger, de la Ferté-sous-Jouarre, dont le successeur est Mesnil, qui mit le premier ces produits dans le commerce ; l'Institut Pasteur, dans la personne de Mazé, a développé beaucoup, au gros avantage de la fromagerie, l'emploi de ces cultures. Autrefois on demandait au sel marin de protéger la fermentation lactique contre toute autre ; aujourd'hui on peut, sans danger, diminuer l'addition de sel jusqu'à la limite où la consommation le réclame.

En outre pour assurer un bon développement des myco-

dermes, des champignons et des ferments du rouge, il était d'usage d'employer les *cagets*, *cakeots*, *paillassons*, *paillons*, *stores*, *glottes*, etc..., sur lesquels on dispose les fromages, sans leur faire subir un nettoyage; et même, quand la fabrication devenait défectueuse, on en empruntait aux bonnes fromageries. Aujourd'hui on nettoie à fond les *cagets* après chaque fabrication au carbonate de sodium, puis à l'eau pure; mais on a soin de pulvériser dans la cave, où les moisissures se développent, un mélange des différents champignons qui paraissent les meilleurs. Ce sont en général des *P. album*, afin qu'ils prennent le pas sur les *P. candidum* qui ne sont pas stables dans les laiteries et surtout sur le *P. glaucum*, qui est malheureusement beaucoup plus résistant, et dont nous reparlerons à propos des maladies du fromage (Mazé).

Pour permettre au lait de recevoir avec profit la semence lactique, puis les spores de champignons, il est avantageux de le pasteuriser au préalable. Cette pasteurisation doit se faire au-dessous de 68°, afin d'éviter que la caséine soluble se coagule d'une façon définitive sans pouvoir se redissoudre; aussi propose-t-on de chauffer le pasteurisateur avec des vapeurs d'alcool qui, circulant autour des tubes remplis de lait, le maintiendront à la température voulue (Mazé).

**Laits fermentés.** — Il y a fort longtemps que l'humanité fait servir le lait caillé à son alimentation. Il suffisait en effet d'abandonner le lait à lui-même pour que, sous l'influence de l'acide lactique produit, il se caille, c'est-à-dire que la caséine  $\alpha$ , englobant la matière grasse, s'insolubilise et présente, une fois séparée du petit lait, un aliment plus concentré qui n'est que le fromage.

De nos jours, l'emploi du lait caillé est répandu chez un grand nombre de peuples et spécialement chez les peuples d'Orient; peu importe le nom, le produit est

sensiblement le même : le *kumis* ou *koumiss* est préparé avec du lait de jument dans la Russie méridionale ; le *képhir*, au Caucase principalement, avec du lait de chèvre ; le *yohourt* en Bulgarie ; le *cieddu* ou *gieddu*, en Sardaigne ; le *dahdi* aux Indes ; le *leben* en Égypte ; le *mazun* ou *madzon*, en Arménie.

L'introduction du lait caillé dans l'alimentation a été faite en France, il y a quelques années, par Metchnikoff, qui a préconisé spécialement le lait caillé au moyen d'un ferment lactique dit bulgare, et désigné par lui sous le nom de yohourt. Comme tous les ferments lactiques, le *bacterium bulgaricum* fournit de l'acide lactique, de l'acide formique et d'autres acides volatils, aux dépens de la caséine, qui disparaît dans la proportion d'environ 12 % (G. Bertrand et Weisweiler, Effront) ; il sécrète de la lactase qui transforme le lactose en glucose et en galactose (G. Bertrand). On trouve également dans ces laits de l'alcool provenant de l'action soit du ferment lactique soit de levures (Adametz, Kayser, de Freudeureich, etc...). Tous ces ferments sont très fragiles ; il faut, pour les conserver, les rajeunir fréquemment.

Ces laits, en partie digérés et peuplés de ferments lactiques, modifient la flore intestinale et combattent d'autres ferments, du type putréfactif. Ils font, comme on l'a dit souvent, la police dans les intestins.

**Préparation de la caséine par emprésurage et acidification du lait écrémé.** — L'emploi de la caséine s'est, dans ces dernières années, répandu d'une façon un peu imprévue ; la fabrication des colles pour la clarification du vin ou du cidre, pour l'enduisage des papiers, pour la préparation des peintures laquées, pour l'alimentation (pains de régime), etc., pour la fabrication des plastiques avec addition de formol (Trillat) (galalithe, lactolithe, lactite,

etc...), en demandent des quantités considérables chaque année.

La caséine est préparée de plusieurs façons, mais toujours en partant du lait écrémé de beurrerie : ou bien on caille par la présure ; la caséine, dans ce cas, renferme toute sa matière minérale ; la caséine à la présure est réservée à la fabrication des plastiques ; — ou bien la caséine est précipitée par un acide, en général de l'acide formique, mais de préférence par l'acide lactique, né de la fermentation ; on laisse donc le lait écrémé s'acidifier ; la caséine se précipite. C'est alors cette caséine, partiellement déminéralisée, qui est employé surtout à la préparation de la colle et des enduisages. On la mélange avec du silicate de sodium dont l'alcalinité la dissout, ou avec de la chaux éteinte, ou de l'ammoniaque et du borax, pour la rendre imputrescible.

La caséine, recueillie après précipitation, porte, comme les fromages blancs, le nom de *caillebotte*. On la sèche dans des étuves à air chaud, dont les étagères, montées sur wagonnets, se rapprochent progressivement de la source de chaleur. Elle en sort à l'état recroquevillé et est broyée dans des appareils à cylindres, puis blutée.

La caséinerie et les emplois de la caséine constituent une industrie toute moderne, qui n'a pas d'histoire et pas de tradition, et qui a été, dès le début, dirigée par la science.

#### LES MALADIES DU LAIT, DU BEURRE ET DES FROMAGES

**Maladies du lait.** — Les maladies du lait sont rares aujourd'hui, tant on a fait de progrès dans la récolte et dans les manutentions du lait. Nous nous contenterons donc de les rappeler.

Le lait devient *amer* par le développement du tyrothrix geniculatus (Duclaux), et d'autres microbes, parmi lesquels le *B. lactis amari* (de Freudenreich). L'amertume est due

à la formation de l'aldéhydate d'ammoniaque (Trillat et Santon).

Le lait devient *visqueux, filant, gélatineux*. Le nombre de microbes qui en sont cause est incalculable, baptisés de noms différents, parmi lesquels citons le *B. actinobacter* (Duclaux), le *B. lactis viscosi* (Adametz), le *B. surgeri* (Dornic et Daire), etc.

Le lait devient *rouge* à la suite d'une invasion du *B. erythrogenes*, du *B. lactorubefaciens*, collaborant avec le *B. prodigiosus* ou le *sarcina roséa*. Il ne faut pas confondre ce lait rouge avec celui qu'engendre une hémorragie mammaire ; dans ce cas, les globules rouges se déposent et le lait se décolore.

Le lait *bleu*, dû au *B. cyanogenes*, le lait *jaune*, au *B. synxanthus*, le lait noir, au *B. lactis niger*, etc. sont beaucoup plus rares ; ils révèlent un mauvais entretien des instruments ou de la laiterie elle-même.

**Maladies du beurre ; rancissure.** — La rancissure est la maladie spécifique du beurre. A peine celui-ci est-il abandonné à lui-même, surtout dans un endroit trop éclairé et trop chaud, qu'il prend une odeur et une saveur qui est malheureusement connue de tous.

La rancissure se produit avec d'autant plus d'intensité que le beurre a été mal lavé et renferme encore du lait débeurré, bouillon de culture des ferments qui en provoquent l'altération.

Celle-ci est malheureusement encore mal connue : on admet cependant qu'il y a, dans la rancissure, deux phénomènes, un phénomène d'oxydation et un phénomène de dédoublement.

Le phénomène d'oxydation semble indépendant des microbes, puisqu'il se produit à la température de  $-5^{\circ}$  C. Il est moins actif à l'obscurité, très actif au contraire à la

lumière. Entre autres produits, il se forme de l'acide oxyoléique, aux dépens de l'acide oléique (Duclaux).

Quant au phénomène de dédoublement, il est sous la dépendance des microbes. Ceux-ci sécrètent une lipase, enzyme, capable de saponifier, c'est-à-dire dédoubler les glycérides en acide gras et glycérine; la lipase se porte de préférence sur les glycérides à acides gras volatils, comme la butyrine, la caprine, la capryline et la caproïne et met en liberté l'acide correspondant, tandis que la glycérine disparaît, brûlée par les microbes. C'est ainsi que l'on peut expliquer la présence, dans le beurre ranci, de butyrate d'éthyle (Amthor). Quels sont ces microbes saponifiants? On en connaît autant que d'auteurs, et on se perd dans leur terminologie: *B. fluorescens liquefaciens*, *B. prodigiosus*, *oïdium lactis*, *microbutyricus liquefaciens*, *aerogenes streptococcus*, *cladosporium butyri*, etc...; peut-être même rencontre-t-on des ferments ammoniacaux ou de putréfaction, dont l'ammoniaque dégagée permettrait aux ferments d'évoluer sur de la caséine solubilisée et même de saponifier légèrement les acides gras, en fournissant des savons ammoniacaux, doués d'une sapidité accentuée (Orla Jensen). La transformation du beurre se fait progressivement de l'extérieur à l'intérieur; les couches superficielles deviennent, les premières, transparentes; on se demande si elles ne servent pas à nourrir les microbes et à liquéfier, comme dans le fromage, le peu de caséine que le beurre a conservé.

Il arrive parfois que les beurres, mal recueillis, accidentés, devenus rances, etc... ne peuvent être présentés au commerce. Il s'est créé, aux États-Unis, une industrie qui « régénère » les beurres non marchands. On les fond et on les traite par une insufflation d'air, sous une pression de 0,350 kilos, à une température de 32-39° C. Ce courant d'air entraîne l'acide butyrique et analogues, entraîne

l'acroléine, etc... puis on ajoute comme on le fait en margarinerie vis-à-vis de graisses qui n'ont rien de commun avec le beurre, du lait fermenté ou de la crème fermentée à 60-70° d'acidité Dornic, au contact desquels on émulsionne la matière grasse; celle-ci, refroidie au-dessous de zéro, à la façon de la margarine, est colorée, malaxée, réposée, remalaxée, etc.

**Maladies des fromages.** — Les maladies des fromages se caractérisent quelquefois par un goût amer; ce goût leur est communiqué par le tyrothrix geniculatus, qui, plus haut, a été signalé comme donnant les laits amers. Certaines levures de lactose sécrètent encore des produits amers.

On retrouve également, dans les fromageries, les microbes qui déterminent la viscosité du lait.

Il est moins rare peut-être de voir la pâte du fromage boursofflée, surtout quand elle a été obtenue avec du lait écrémé à la centrifuge, parce que celui-ci est nécessairement aéré au maximum. On a, dès lors, à craindre le *B. lactis aerogenes*, les *colibacilles*, et même certains *ferments propioniques* qui fournissent, à côté de l'acide propionique, de l'acide carbonique et de l'hydrogène.

Enfin, nous ajouterons que les fromageries sont quelquefois envahies par « le noir ». C'est le *P. glaucum*, qui débute par des efflorescences blanches; celles-ci bleuissent, verdissent et deviennent noires. Ce champignon, que l'on cultive intentionnellement dans les caves de roquefort, est nuisible au goût des autres fromages. Il est très tenace et ne peut être éliminé d'une fromagerie que par un nettoyage très énergique des murs, des boiseries et des ustensiles.

## ÉPURATION DES EAUX DE LAITERIE

La question d'épuration des eaux de laiterie est, bien loin d'être résolue ; elle se rattache à ce chapitre, en ce sens qu'elle est le correctif de l'altération si rapide des produits laitiers ; ce sont les bacilles lactiques, qui n'ont pas grand inconvénient ; ce sont les tyrothrix et surtout les ferments de putréfaction qui trouvent dans les résidus de la laiterie, de la beurrerie, de la fromagerie un bouillon de culture sucré et azoté.

Ces résidus sont d'origine très différente ; résidus de lait écrémé ou débeurré, eaux de lavage des ustensiles, eaux de lavage des beurres, et même petits laits de fromagerie. Tous ces résidus présentent des concentrations différentes.

Les eaux de laiterie peuvent être épurées chimiquement, soit par les sels de fer et la chaux, les sels d'alumine et la chaux, etc..., c'est-à-dire par le procédé général d'épuration des eaux industrielles, soit par l'addition de superphosphate et de chaux, qui permet de récupérer dans les boues, un engrais azoté et phosphaté (Daire et Dornic) ; ce procédé a été essayé industriellement à la laiterie de Courçon d'Aunis.

Dans l'un et l'autre cas, on réduit d'environ 60 à 75 % la teneur en azote des résidus qui vont à la rivière.

On peut encore utiliser les forces septiques et les lits bactériens qui ont fait leur preuve (D<sup>r</sup> Calmette).

Enfin, on peut recourir à l'épandage.

---

## CHAPITRE V

### LE CONTROLE SCIENTIFIQUE DE LA LAITERIE ; LES RENDEMENTS

Le contrôle scientifique est à la fois un contrôle de pureté et un contrôle de rendement.

Si la pureté du produit qui est mis en vente intéresse le consommateur et par conséquent le chimiste ou l'expert qui est son représentant, la pureté du produit qui entre en fabrication est, pour l'industriel, l'assurance d'une marchandise de bonne qualité.

D'autre part, le fabricant a une autre préoccupation, celle de son rendement ; il ne lui suffit pas d'être assuré que le lait acheté par lui, est loyal et marchand ; il le pèse, l'analyse au besoin, et il doit se rendre compte, à la fin de sa fabrication si son personnel n'a pas commis d'erreur ou de négligence et s'il a obtenu le maximum de rendement qu'il est en droit d'attendre. Le rendement est une des formes du contrôle. Nous examinerons donc, à la fin de ce chapitre, la question des rendements.

Il nous semble superflu d'exposer ici comment le contrôle scientifique est de date récente ; la chimie, la physique, la microbiologie ne pouvaient apporter leur concours à la défense du consommateur ou de l'industriel ou bien assurer une plus grande régularité dans la fabrication du beurre, des fromages, etc... puisque ces sciences n'étaient pas encore nées.

Il ne saurait s'établir un contrôle sérieux s'il n'était pas

guidé par une définition ; aussi le 2<sup>e</sup> congrès international pour la répression des fraudes a-t-il eu soin de définir ce que doit être le lait.

« Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée ; il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. »

Nous devons faire remarquer que les procédés de contrôle qui s'appliquent tant à la répression des fraudes, dans le but d'assurer le commerce loyal et marchand du lait, qu'à la vérification de la nature du lait qui entre dans la laiterie de vente, dans la beurrerie, la fromagerie, la condenserie, la caséinerie, etc... sont les mêmes. En réalité, on se trouve en face du même problème ; car entre la protection du consommateur et la sécurité de l'industriel, la différence est impondérable. Sans doute, l'industriel, pressé dans son travail, ne demande que des dosages sommaires et quelques dosages seulement ; il se contente du dosage de la matière grasse, de la mesure de l'acidité, etc... mais si son travail de surveillance l'amène à une contestation, il faut qu'il connaisse les procédés de prélèvement, et les méthodes les plus délicates dont les experts font usage.

Nous n'examinerons pas ces méthodes, avec l'arrière-pensée que ces méthodes pourront être suivies, mot à mot, par les chimistes appelés à les appliquer. Cela ne répondrait pas à la direction générale que nous voulons donner à cette étude ; les chimistes trouveront ces méthodes dans des livres plus didactiques que celui-ci. Nous ne voulons exposer que le principe scientifique sur lequel les procédés reposent ; sans nous préoccuper des précisions que leur emploi exige, et des tournemains qu'ils entraînent, et le lecteur comprendra dès lors que la science, en laiterie comme ailleurs, établit les grandes lignes des problèmes d'après lesquels les praticiens en assurent l'application.

## CONTRÔLE DEMANDÉ A LA CHIMIE

**Contrôle du lait.** — *L'extrait sec, l'extrait sec dégraissé et la constante simplifiée.* — La fraude la plus fréquente que l'on pratique sur le lait consiste à enlever les matières grasses par écrémage, et à ajouter de l'eau à la place, et même quelquefois en quantités plus grandes que les matières grasses ainsi éliminées : c'est le mouillage.

Le moyen qui vient d'abord à l'esprit est que l'on peut estimer cette diminution des matériaux du lait soit en prenant la densité du liquide, soit en évaporant une partie de ce liquide au bain-marie : c'est la mesure de l'extrait sec.

Il faut convenir d'abord que tout instrument basé sur la densité seule donne forcément des résultats nuls. Le lait, en effet, offre une densité de 1029 à 1033 ; si l'on en retire la crème, sa densité s'élève à 1038, 1040, et il suffit, pour rétablir la densité, d'ajouter de l'eau, dont la densité est de 1000. L'application du densimètre, à la recherche de la pureté du lait, constitue donc une erreur scientifique.

Cependant, au début du siècle dernier, on a fait usage d'un instrument, dit *lactodensimètre*, qui associé aux crémomètres dont il sera parlé plus bas, a rendu de grands services (Quesneville). Il consistait en un densimètre, portant deux échelles, l'une pour le lait entier, l'autre pour le lait écrémé ; si un lait, je suppose, marquait 1029 à l'une des graduations (jaune), on l'abandonnait à l'écrémage ; le lait écrémé marquait 1032-1035, à l'autre graduation (bleue) ; en se basant sur la constance de la composition du sérum, le lait était déclaré pur ; si sa densité, après écrémage, ne parvenait qu'à moins de 1032, il était déclaré

mouillé. D'autre part le crémomètre indiquait la fraude par écrémage (G. Quesneville).

Nous passons rapidement sur le procédé qui consiste à prendre la densité du sérum après caillage comparative-ment à celle du lait (Génin), à calculer le poids de l'extrait sec du lait, et par conséquent son mouillage, en fonction de la densité du lait et du dosage des matières grasses (Fleischmann, G. Quesneville, Lescœur, Louise, Riquier, Génin, etc...).

Aujourd'hui tous ces procédés sont abandonnés ; nous avons néanmoins tenu à en donner le principe, pour montrer l'effort que, depuis cinquante ans, la science a fait pour contrôler la pureté du lait.

L'extrait sec d'un lait est toujours obtenu directement, par évaporation d'une petite quantité de lait dans une capsule de platine, et pour qu'il y ait concordance dans les résultats, on convient du diamètre et de la hauteur de la capsule, du temps qu'elle doit rester sur le bain-marie, etc...

Les experts tirent un grand parti de ce que l'on appelle l'extrait sec dégraissé, c'est-à-dire l'extrait tel que le donne le bain-marie, déduction faite de la matière grasse que l'on a dosée d'autre part. Nous avons dit que la matière grasse est le seul élément variable du lait, et que le lactose, les sels, et la caséine sont en quantités constantes ; on se rend donc mieux compte de la composition du lait, au point de vue de la recherche du mouillage, quand on élimine par la pensée l'élément qui la troublerait ; cela n'empêche pas, bien entendu, de prendre en considération particulière le dosage de la matière grasse, qui seul permet de conclure à l'écrémage. L'extrait sec dégraissé ou « constante de Gros » est, pour la composition moyenne du lait que nous avons adoptée dans le chap. III, de 92 gr. par litre pour le lait de vache, 88 pour le lait de chèvre, 103 pour le lait de brebis.

On rapporte en général l'extrait sec dégraissé au litre de lait ; mais on constate que le pourcentage ainsi déterminé rend d'autant moins compte de la valeur du lait que le lait est plus riche en matières grasses. Il est donc préférable d'énoncer le chiffre d'extrait sec dégraissé non plus par rapport au litre de lait, mais par rapport au litre de lait, déduction faite du volume de la matière grasse. On trouve ainsi, pour les mêmes moyennes, citées au chap. III, 95,8 pour le lait de vaches, 109,0 pour le lait de chèvres, et 129,0 pour le lait de brebis.

On peut également adopter une autre constante, plus fixe encore, c'est l'extrait dégraissé, déduction faite de la caséine. Cette constante, dite « de Cornalba », est moins variable que la constante de Gros. Le dosage de la matière azotée a l'inconvénient d'être long ; on l'estime souvent par différence ; la constante dans ce cas ne signifie plus rien.

Nous avons parlé, au chap. III, de l'équilibre osmotique qui se produit entre le lactose et les sels et qui fournit une constante ; celle-ci est, en général, mesurée par l'abaissement du point de congélation, que nous retrouverons plus loin ; mais les procédés chimiques peuvent également l'établir.

Pour cela on dose le lactose et les sels, en faisant entrer en jeu l'équivalent isotonique de ces sels, que Bouin a fixé à 5 et Fonzes Diacon à 3, soit  $L + \text{sels} \times 5$  ou 3.

Mathieu et Ferré se contentent de doser le chlorure de sodium qui représente une forte partie des sels, la plus stable (Porcher) et la plus ionisée. Leur constante, dite « constante moléculaire simplifiée », « C. M. S. » représente la valeur  $L \times \text{Na Cl} \times 11,9$ . Elle ne descend guère au-dessous de 70, 71 gr. par litre, et, dans ces conditions, rend de grands services pour déceler le mouillage.

La constante moléculaire peut être apparente ou réelle,

apparente quand on rapporte le chiffre au litre de lait entier, réelle quand on le rapporte au litre de lait déduction faite de la matière grasse que l'on dose d'autre part. Ce dernier chiffre est le seul acceptable ; il est compris entre 74 et 79 (Mathieu et Ferré).

*Les matières grasses.* — Nous avons, pour la facilité de l'explication, dans le paragraphe précédent, supposé que le dosage des matières grasses était connu. Ces matières grasses représentent les seuls éléments du lait qui soient sécrétés en quantités nettement variables ; mais ces quantités varient entre des limites que la science a fixées et dont on ne saurait s'écarter, sans risquer d'être taxé de fraudeur. D'ailleurs l'expert, en cas de soupçons, n'acceptera les chiffres fournis par l'analyse qu'après un prélèvement officiel du lait, pris sur la même vache dans la même étable, et dans les mêmes conditions. D'autre part le dosage des matières grasses éclairera également l'industriel ; car ce sont elles qui doivent être, pour ainsi dire, prises en charge, quand on veut transformer le lait en beurre ou en fromages.

On peut se rendre compte de la teneur de matières grasses en mesurant la crème, mais il est préférable de doser les matières grasses elles-mêmes.

La première manière de faire n'a rien de précis, puisque le volume de la crème est indépendant de sa teneur en matières grasses, et que celle-ci, suivant les conditions de température, de largeur du vase d'écémage, peut varier entre 25 et 35 %. De plus, elle a l'inconvénient de demander 24 heures pour attendre la montée de la crème. L'expérience se fait dans une simple éprouvette graduée que l'on baptise, pour la circonstance, de crémomètre. — Pjord, dans le but d'activer la séparation de la crème, avait remplacé l'éprouvette par de petits tubes gradués que l'on rangeait autour d'une roue verticale et qui tournaient en même temps qu'elle. La force centrifuge ramenait rapidement

cette fois vers le centre, la crème, dont on mesurait le volume. Ces appareils, dits contrôleurs Pjord, n'ont plus de raison d'être depuis la vulgarisation du procédé Gerber, dont nous parlerons plus bas.

Aucun procédé indirect ne saurait d'ailleurs se maintenir en présence de celui qui est capable d'isoler en un temps extrêmement court les matières grasses en nature débarrassées de tous réactifs ; il en est ainsi du procédé Gerber. Mais auparavant il nous semble utile de passer rapidement en revue ceux qui étaient employés avant lui ; ils le sont peut-être encore ; c'est amour-propre d'auteurs et c'est surtout souci, tant soit peu paresseux de la part de ceux qui s'en servent, de conserver les méthodes auxquelles ils ont été habitués.

Le *lactobutyromètre* de Marchand est un tube de verre, dans lequel on traite par un mélange d'alcool, d'éther et d'un peu de soude, une certaine quantité de lait ; les matières grasses remontent, mais elles ne remontent pas seules ; il y a, d'après la loi des phases, équilibre entre l'alcool aqueux, l'éther aqueux et les matières grasses, en sorte que celles-ci retiennent un peu de ces liquides ; on mesure donc, à la partie supérieure du tube, des matières grasses qui ne sont pas pures.

Le *galactomètre* ou *galactotimètre* d'Adam, modifié par Meillère, est une double ampoule de verre terminée par un tube gradué et un robinet ; on a substitué l'ammoniaque à la soude, dans le mélange éthéro-alcoolique de Marchand. Les matières grasses, encore mélangées du réactif, remontent à la partie supérieure ; on élimine le liquide sous-nageant en tournant le robinet inférieur ; on lave les matières grasses, pour les débarrasser du réactif, dans l'appareil même, avec de l'eau acidulée d'acide acétique, et on les amène dans le tube gradué ; dans ce cas on ne saurait soulever la même critique que ci-dessus. Au lieu de lire

le volume de ce liquide, on peut, avec avantage, le faire écouler dans une capsule où on l'évapore et où on le pèse.

Meillère ajoute un peu d'essence de pétrole pour enlever certaines substances que l'éther n'élimine pas, et qui restent fixées à la matière grasse. De plus, l'appareil est un peu différent.

Ces appareils et procédés donnent des résultats exacts.

Le procédé de Bruno-Røse ressemble beaucoup au précédent, si ce n'est qu'au mélange d'alcool absolu et d'ammoniacque, on ajoute un mélange d'éther ordinaire et d'éther de pétrole. Il a été perfectionné par Gottlieb, qui emploie exclusivement, avec l'alcool ammoniacal, de l'éther de pétrole. Dans l'un et l'autre cas, on mesure le volume de matières grasses, et comme celles-ci entraînent du réactif, on en prélève une partie que l'on sèche et que l'on pèse, pour en rapporter le poids au volume observé.

Le procédé Fouard est le perfectionnement d'un procédé allemand, dit procédé Sal (Siegfeld) qui attaque, à chaud, le lait par un mélange de soude caustique, de sel marin, de tartrate de sodium et de potassium (sel de Seignette) et d'alcool butylique. Suivant la loi des phases, il y a partage et les matières grasses entraînent de l'alcool butylique. Fouard avait la précaution de laver les matières grasses à l'eau bouillante. Hoyberg a repris et perfectionné le procédé Sal, en modifiant les tubes et la composition des liqueurs.

Une autre tentative a été faite pour traiter le lait par la résorcine qui a la singulière propriété de dissoudre la caséine, surtout en présence d'une goutte de soude, et de libérer entièrement les matières grasses que l'on mesure dans le tube gradué où s'est faite la réaction (Lindet); mais la résorcine est d'un prix élevé.

Il semble que le seul procédé qui, s'il n'est pas partout encore répandu, est appelé à l'être, tant qu'il ne restera

devant lui que les procédés dont nous venons de parler, est celui de Babcock, perfectionné et universalisé par Gerber. Le procédé emploie, pour la dissolution de la caséine, l'acide sulfurique ordinaire, auquel il ajoute un peu d'alcool amylique ; celui-ci n'a pas de pouvoir dissolvant ; mais l'expérience démontre qu'il fait disparaître les mousses qui gêneraient la lecture du volume des matières grasses ; il se dissout dans l'acide sulfurique étendu de l'eau que le lait a naturellement apporté avec lui, et contrairement à certains autres réactifs, ne s'ajoute pas au volume, lu sur la graduation. Pour activer la remontée de la matière grasse dans le tube gradué dit acidobutyromètre où se fait la séparation, on chauffe au bain-marie et on centrifuge. La couche de matières grasses est mesurée à la température de 100°. Le tube est gradué en grammes de matières grasses par litre de lait.

Rappelons que dans les expertises, on n'admet d'ordinaire le dosage des matières grasses que s'il est obtenu par les procédés chimiques, c'est-à-dire qu'après avoir évaporé une certaine quantité de lait au bain-marie, ce qui donne « l'extrait sec », on reprend par l'éther, on évapore celui-ci et on pèse. Cette méthode, un peu longue, très exacte, ne l'est pas plus que la méthode Gerber, quand elle est consciencieusement pratiquée.

Cependant dans le procédé Bordas et Touplain qui a été rendu officiel dans tous les laboratoires agréés pour la recherche des fraudes (loi du 1<sup>er</sup> août 1905), on opère de façon différente, dans le but de permettre le dosage de tous les éléments du lait sur le même échantillon. Le lait est coagulé par addition d'alcool acidulé faiblement par de l'acide acétique, et le coagulum est rassemblé au fond des tubes d'une centrifuge, décanté et lavé à plusieurs reprises, puis traité par un mélange d'alcool et d'éther ; le mélange est décanté, le coagulum lavé à l'éther, et le liquide éthéré

est évaporé. Nous verrons plus loin que l'on dose le lactose sur les liquides alcooliques provenant de la coagulation et de la centrifugation.

*Le lactose, le glucose et le galactose.* — Le lactose ne peut être dosé qu'à la condition de déféquer le lait, c'est-à-dire de le débarrasser de sa caséine et de sa matière grasse. On y parvient au moyen de l'acide acétique, qui a l'inconvénient de trop diluer la liqueur, ou bien par l'acétate basique de plomb et mieux encore par du sulfate de bioxyde de mercure en liqueur étendu de son volume d'eau (Lindet). Ces deux derniers déféquants permettent de doser le lactose au moyen du polarimètre, la déviation étant proportionnelle à la quantité de lactose. Le pouvoir rotatoire moléculaire, qui entre en jeu dans la formule générale du saccharimètre, est de  $\alpha_D = + 52^{\circ} 5$ . Quand la liqueur est étendue, il est utile de faire usage de la liqueur de Barreswill, dite de Fehling (tartrate double de cuivre et de potasse); 100 gr. de glucose réduisent cette liqueur comme 135 à 141 gr. (suivant concentration) de lactose, mais il est préférable de titrer la liqueur avec du lactose pur.

Quand on a employé le procédé Adam ou Adam-Meillère, on reprend, pour le dosage du lactose, les liqueurs hydro alcoolétherées, et on titre par la liqueur de Barreswill.

Dans le procédé officiel dont il a été parlé, les liqueurs hydroalcoolétherées, acidulées, se prêtent également à ce mode de dosage.

Cependant, lorsqu'un lait est altéré, par le fait d'un séjour trop prolongé dans les flacons de prélèvement, il arrive que les microbes sécrètent une lactase qui transforme le lactose en glucose et galactose; dans ce cas le dosage au polarimètre ne donne plus de résultats exacts; car si le lactose possède le même pouvoir rotatoire que le glucose, le pouvoir rotatoire du galactose est assez différent pour

venir troubler le résultat ( $\alpha_D = + 81^\circ$ ) dans des solutions étendues (Tanret). Il convient alors d'employer le procédé Le Grand qui permet de doser séparément les monoses ou sucres non dédoublables, en l'espèce glucose et galactose, des bioses ou sucres dédoublables, en l'espèce lactose non encore transformé. Les monoses sont dosés par la réduction d'une liqueur d'acétate de cuivre, et le mélange des monoses et des bioses par la liqueur de Barreswill. Par différence on obtient le lactose.

*Les caséines.* — Le procédé de dosage des matières azotées, universellement adopté aujourd'hui (Kjeldahl), trouve son application dans le cas des caséines. Toutes les protéines renferment la même quantité d'azote, c'est-à-dire 15 à 16 %, et il suffit, après avoir dosé l'azote, à l'état d'ammoniac, de multiplier l'azote par le coefficient 6,25, pour en déduire le poids de caséines.

*Acidimétrie.* — Le dosage de l'acide lactique n'a aucun intérêt en cas d'expertise, puisque la quantité que l'on en constate, a été acquise, depuis le prélèvement de l'échantillon. Mais cette constatation dans le lait, par le préposé à la réception, est de la première importance, étant donné que l'acidité mesure l'âge du lait ; s'il est vrai que le fromager ou le beurrier opèrent en milieu lactique, ils veulent néanmoins que l'acide lactique soit produit par un ou plusieurs ferments qu'ils savent capables de fournir la qualité des produits qu'ils recherchent ; en outre, ils repoussent la présence d'autres acides, l'acide butyrique par exemple, qui seraient élaborés par d'autres ferments.

Il y a lieu d'abord de considérer que le lait, aussitôt trait, présente une acidité propre, mais une acidité qui ne marque pas au papier de tournesol, par exemple ; c'est plutôt une capacité de saturation, parce que la caséine, qui possède une fonction acide, est insoluble ; la caséine va donc avant de faire virer au rose la solution de phénolphthaléine, absorber

une certaine quantité de soude. Cette acidité représente, traduite en acide lactique, 1,8 gr. ou 2 gr. d'acide par litre.

Toute acidité supérieure à 1,8 gr. ou 2 gr. est une acidité acquise, qui est produite par la fermentation lactique; celle-ci est progressive; mais la dose d'acide ne dépasse guère 6,5 gr. à 7 gr. d'acidité par litre, comptée en acide lactique. Au delà de cette quantité, le lait tend à cailler spontanément.

Soxhlet avait conseillé d'estimer cette acidité en c. c. de liqueur de soude *quart normale* pour 100<sup>cc</sup> de lait.

Dornic, considérant l'intérêt qu'il y a pour les fabricants de beurre à examiner constamment l'acidité du lait qu'on leur livre, a imaginé une autre méthode de comptage. La soude est titrée de telle façon que le virage de 10<sup>cc</sup>, en présence de phénolphthaléine, d'un lait qui contiendrait 1,8 gr. d'acide (compté en acide lactique), se produise quand on a versé 18 divisions, soit 1,8<sup>cc</sup> de la liqueur de soude; que le virage d'un lait qui contiendrait 3,2 gr. d'acide, 5,6 gr. d'acide, se produise quand on a versé 32 divisions, 56 divisions, soit 3,2<sup>cc</sup>, 5,6<sup>cc</sup>; on dit alors que le lait marque 18, 32, 56° Dornic ou D. Il a, en même temps, fait connaître le dispositif d'une caisse portable, qui comprend les instruments nécessaires pour faire le dosage.

Le dosage de l'acidité est indispensable pour établir, avant barattage, l'acidité de la crème.

En fromagerie, on est appelé quelquefois à prendre l'acidité des petits laits, lorsque les fromages s'égouttent mal.

*L'acide citrique.* — L'acide citrique, à l'état de citrates alcalins est un des constituants normaux du lait. On en constate la présence dans les laits précédemment déféqués en transformant l'acide citrique, au moyen du permanganate de potassium, en acide acétone dicarbonique, lequel

donne avec le sulfate mercurique un précipité qui trouble la liqueur, si la quantité d'acide citrique est faible (Denigès), et qui dans le cas contraire, dépose un précipité susceptible d'être pesé (Beau).

*Les lécithines.* — Les lécithines, après élimination de la caséine  $\alpha$  et des matières grasses par l'alcool, acidulé légèrement avec l'acide acétique, passent en grande partie dans le filtrat ; on les décompose par la potasse, et l'on recherche, d'une part les acides gras et d'autre part l'acide phosphorique, après avoir éliminé par l'acide nitrique, puis le permanganate, la glycérine à laquelle il était combiné (Bordas et Raczkowski).

*Les matières minérales, le chlorure de sodium.* — Le dosage des sels du lait a quelque intérêt dans la recherche des fraudes, à cause de la quasi fixité de leurs poids, et même de leurs constituants, le sel marin et l'acide phosphorique. Ce dosage s'exécute en incinérant l'extrait sec.

Si on veut doser le sel marin, pour établir, par exemple, la constante moléculaire simplifiée, il est nécessaire d'incinérer à très basse température pour éviter sa volatilisation.

L'acide phosphorique est dosé par les procédés ordinaires.

*Les antiseptiques : bicarbonate de sodium, acide borique, acide salicylique, formol, etc...* — L'addition du bicarbonate de sodium est considéré comme frauduleuse, car il n'est ajouté au lait que pour masquer la formation d'acide lactique qu'il sature. On le recherche dans les cendres du lait ; mais il n'y est pas contenu à l'état de carbonate de sodium, comme on pourrait le croire ; il fait double décomposition avec le phosphate de calcium et il se retrouve dans les cendres à l'état de phosphate soluble de sodium. C'est à cet état qu'on le dose (Padé).

L'acide borique, très peu employé, est recherché également dans les cendres ; on additionne celles-ci d'acide sulfurique et d'alcool méthylique ; le borate de méthyle brûle avec une flamme verte caractéristique.

La fraude par l'acide salicylique est si facile à reconnaître qu'elle est des plus rares. On extrait le lactosérum ; on agite celui-ci avec de l'éther ; on évapore l'éther et on dépose quelques gouttes de perchlorure de fer qui donne avec l'acide salicylique une coloration violette.

Le formol (aldéhyde formique) révèle sa présence par la formation, au moyen de la diméthylaniline, d'une base qui, oxydée par l'oxyde puce de plomb, se colore en bleu (Trillat). On peut également employer directement le chlorhydrate de diamidophénol qui provoque une coloration rouge ou violacée, si le lait n'a pas été additionné de formol, et jaune serin, dans le cas contraire (Mangin et Marion). Les réactifs propres à découvrir le formol par la formation de couleurs vives sont extrêmement nombreux : métaphénylènediamine (Nicolas), méthylpyramidophénol (Thévenon), phloroglucine (Jorrissen), nitrite de sodium et acide chlorhydrique (Voisenet), acide sulfurique et perchlorure de fer (Eury), etc...

*Distinction entre les laits de vaches, de chèvres ou de brebis.* — Il est plus facile de distinguer dans un lait s'il a été sécrété par des vaches, des brebis ou des chèvres que de distinguer si, dans un fromage de brebis ou dans un fromage de chèvres, on a introduit du lait de vaches. Mais ces recherches sont toujours fort délicates et il faut faire à leur égard les plus expresses réserves.

Le lait de chèvres caille, surtout à la chaleur, par l'addition d'ammoniaque, tandis que la caséine du lait de vaches se dissout.

Un autre procédé, plus délicat encore, mais plus scienti-

fique, repose sur la seroprécipitation ou seroagglutination, imaginée par Bordet. En injectant, plusieurs fois, à un lapin du lait de vaches, on parvient à obtenir un sérum qui agglutine exclusivement le lait de vaches. On imagine aisément que le même procédé permette d'obtenir des sérums qui agglutinent exclusivement des laits de chèvres ou des laits de brebis (Wassermann et Schulze, Mullie, etc...).

*Mouillage par des eaux impures ; nitrates ; et ammoniacque.*

— En cas de présomption de mouillage, il est opportun de rechercher les éléments qui ont pu être apportés par les eaux ; celles-ci peuvent être polluées par des nitrates ou des nitrites, comme par de l'ammoniacque. Il est nécessaire d'avoir à sa disposition des réactifs assez sensibles pour déceler des traces infinitésimales de ces deux éléments, qui contribueront à servir de preuves contre les fraudeurs.

La présence des nitrates et des nitrites est révélée par la coloration bleue que développe la diphenylamine. — On peut également retourner la réaction employée pour rechercher le formol par les nitrates et nitrites, citée plus haut, c'est-à-dire ajouter au lait de l'acide chlorhydrique et du formol, qui provoquent une réaction violette.

La présence de l'ammoniacque se constate au moyen de la coloration violet noire, engendrée par la formation, sous l'influence du trichlorure d'iode, d'une quantité correspondante d'iodure d'azote (Trillat, Turchet et Sauton).

*Les sédiments.* — Beaucoup de laits sont malproprement recueillis et apportent avec eux des déchets de fumier, des excréments, matières que les toiles, sur lesquelles le lait est filtré, laissent passer en partie. Il est bon de se rendre compte de cet état de malpropreté et il suffit d'abandonner le lait à lui-même pour recueillir au fond du vase les débris dont il s'agit. On active le dépôt en faisant usage de petits

tubes, dont l'extrémité est effilée et graduée, et en plaçant ces tubes dans un appareil centrifuge.

Il est peut-être plus simple de filtrer une quantité de lait déterminée sur un entonnoir garni d'un tampon de coton ; rien ne s'oppose à ce que l'industriel refuse ces laits malpropres ou qu'il fasse une réfaction, puisqu'il est obligé de le filtrer. Ce serait l'achat à la propreté (Porcher).

*Les échantillons destinés aux expertises.* — La rapidité avec laquelle s'exécutent les prélèvements de lait, en cas de soupçons de fraude, assure leur exactitude ; mais la lenteur avec laquelle se font les transmissions administratives compromet la bonne conservation des échantillons ; il n'est pas rare en effet de voir des échantillons de lait frais arriver entre les mains des experts, deux ou trois mois après leur prélèvement.

La justice s'est donc préoccupé de conserver ces échantillons, éminemment périssables. Le seul moyen indiscutable consiste à les déposer dans un frigorifique ; la matière grasse remonte dans les flacons de prélèvement ; il est facile par une douce agitation de la remettre en suspension dans le sérum. Mais l'objection capitale est que l'on ne peut disposer partout d'un frigorifique ; aussi a-t-on proposé des agents de conservation, tels que le formol, le bichlorure de mercure, etc... ; le premier possède des propriétés réductrices qui gênent le dosage du lactose ; le dernier, en dehors des dangers qu'offre sa toxicité, a l'inconvénient de cailler le lait. Le seul réactif admis est le bichromate de potassium, à petite dose. Il est loin d'être parfait ; car s'il ralentit l'altération du lait, il ne l'arrête pas.

Or, quand un échantillon très altéré arrive chez l'expert, celui-ci est fort embarrassé pour poser ses conclusions. La matière grasse se remet bien en suspension, et, malgré la perte d'une petite quantité de celle-ci, provoquée par

la saponification lipasique des microbes, elle est intacte. Mais le lactose a disparu en tout ou partie, à l'état d'acide lactique, d'acide butyrique et homologues et même d'acide carbonique. Aucun dosage ne peut intervenir, alors qu'il serait avantageusement employé vis-à-vis d'une matière dont nous avons signalé la constance. Enfin la matière azotée est profondément modifiée; elle s'est peptonisée plus ou moins, transformée plus ou moins en ammoniacque. Mais aussi bien l'azote de ces peptones et acides aminés que l'azote de l'ammoniacque retenue par l'acide lactique formé, ne sont pas perdus et il suffit de doser l'azote qui représente, dans le lait, une constante très satisfaisante pour permettre à l'expert d'en déduire si un lait très altéré est ou non mouillé (Kling et Lassieure).

D'une façon générale, et à moins que les résultats de l'analyse soient tellement distants de la composition-type du lait que l'expert ou le surveillant de laiterie ne puissent s'y tromper, l'expert sera sage en ne se prononçant qu'après avoir demandé le prélèvement d'un « échantillon de comparaison », qui doit être fait dans la boutique du crémier, sur la voiture du garçon livreur, en gare ou chez le cultivateur, de façon à se rendre compte de l'endroit où le lait a pu être écrémé ou mouillé. Quand l'expertise a été faite sur des laits mélangés, provenant d'une même étable et de plusieurs vaches, l'échantillon de comparaison échappe ou à peu près; car dans l'intervalle des deux traites, séparées de plusieurs semaines au moins, les vaches ont pu être remplacées; elles ne sont plus à la même époque de leur parturition; elles n'ont plus la même nourriture, qu'un changement de saison a profondément modifié, etc... Quand l'analyse ne s'adresse qu'à un lait, provenant d'une vache bien déterminée, il est facile, en tenant compte des circonstances citées plus haut, de guider son jugement et d'établir sa conviction. Mais il faut reconnaître que ce

sont là, pour la plupart du temps, matières à discussion, terrain de plaidoirie, jugement trop indulgent d'un tribunal indécis.

*La réductase et la catalase.* — Nous avons, au cours du chap. III, appelé l'attention sur la réductase et sur la catalase, deux enzymes qui ne semblent pas exister dans le lait frais et qui ne se développent qu'en présence des microbes ou des leucocythes ; la réductase décolore certaines matières colorantes, la catalase décompose l'eau oxygénée, et cela d'autant plus rapidement que le lait est moins frais. Mais il convient de ne pas oublier que l'une et l'autre réaction étant de longue durée, un lait frais au début est susceptible de se polluer en cours d'expérience.

Dans les deux cas, il est préférable de placer les vases dans un bain-marie tiède pour activer la réaction. S'il s'agit de mesurer l'oxygène dégagé par la décomposition de l'eau oxygénée, les vases, fermés par un bouchon à travers lequel passe un tube droit, sont noyés dans le bain-marie jusqu'au-dessus du bouchon ; on les surmonte d'une cloche à gaz renversée (Kæstler).

*Distinction du lait cru et du lait cuit.* — Nous avons vu que la réductase et la catalase ne fournissent pas de réaction dans le lait qui n'est pas encore envahi par les microbes. Il s'agit bien entendu de lait non chauffé.

Deux autres réactions, qui empruntent leur développement à ces enzymes ou à d'autres enzymes analogues, se produisent dans le lait crû, qu'il soit altéré ou qu'il soit frais, tandis qu'elles sont nulles dans le lait cuit, microbien ou non.

C'est d'une part la réaction de la catalase en présence de bleu de méthylène et d'aldéhyde formique ou acétique, dite de la réductase aldéhyde, réaction instantanée avec le lait crû, quel que soit son âge (Scharfinger), parce que,

dans la réaction sans aldéhyde, il faut, avons-nous dit, que la réductase enlève l'oxygène de la matière colorante pour la décolorer, tandis que l'aldéhyde, qui est avide d'oxygène pour se transformer en acide acétique, facilite cette désoxydation.

C'est d'autre part la réaction de la catalase, en présence d'eau oxygénée et de paraphénylènediamine, de gâïacol ou de résine de gâïac, dite réaction de la peroxydase ou peroxydase, par laquelle ces corps, non colorés, qui se colorent sous l'action de l'oxygène, facilitent la décomposition de l'eau oxygénée.

D'autres réactions ont été indiquées pour distinguer le lait crû et le lait cuit ; l'hématime, en présence d'eau oxygénée, reste colorée avec du lait crû, se décoloré avec du lait cuit (Gaucher).

Le pyramidon additionné d'eau oxygénée fournit, avec le lait, une coloration d'autant plus intense que le lait a été chauffé davantage.

Le pyrogallol se transforme, au contact d'eau oxygénée et de lait crû, en purpurogalline (Rice et Hensawa).

Le lait ne contient pas d'oxydase proprement dite, c'est-à-dire d'enzyme qui transporte l'oxygène de l'air sur certains corps oxydables.

**Contrôle du beurre.** — Le beurre n'est pas constitué par des matières grasses pures ; il renferme environ 2 % d'impuretés retenues dans la masse : caséine lactose et sels et environ 14 % d'eau.

On ne se préoccupe d'analyser le beurre qu'à deux points de vue, sa teneur en eau qui trop souvent dépasse 14 % et atteint quelquefois 18 et même 20 %, et son mélange avec des graisses étrangères, margarine, graisse de coco, saindoux, etc...

*Le mouillage.* — La refonte du beurre, au bain-marie, dans une éprouvette graduée, suffit pour séparer la matière grasse de l'eau qu'elle retient en émulsion et l'examen des deux volumes de l'eau et du beurre permet de déterminer leurs proportions, toute réserve faite, relativement au beurre qui doit être compté en poids, en le multipliant par sa densité, 0,87.

Quand cette quantité est excessive, on doit en rechercher la cause; celle-ci a toute chance d'être due à une addition frauduleuse de caséine ou de lait desséché, qui est capable d'absorber et de retenir une grande quantité d'eau que le beurre seul ne retiendrait pas.

*Les graisses étrangères.* — La recherche des graisses étrangères, margarine, saindoux, graisse de coco, huiles végétales, etc. est beaucoup plus délicate. Pour les raisons ci-dessus exprimées, nous n'en donnerons que le principe.

Elle revient soit à doser les acides gras apportés par ces graisses étrangères, soit à mesurer le nombre d'atomes non saturés contenus dans la molécule grasse, soit enfin (procédé plus délicat) à isoler les stérines et prendre le point de fusion de leurs acétates.

La première proposition est basée sur l'existence des acides gras, soit que l'on mesure, par alcalimétrie, le poids moléculaire des acides gras (indice de Kœttstoffer), soit que l'on dose, par entraînement à la vapeur, les acides gras volatils solubles (indice de Reichert-Meissl-Wolny) et les acides gras volatils insolubles dans l'eau et solubles dans l'alcool, en établissant le rapport qui existe entre eux (Müntz et Coudon), soit que l'on recherche les acides insolubles totaux (Hehner, Müntz), etc...

La seconde proposition consiste à établir, au moyen d'une addition d'iode, le nombre d'atomes non saturés (indice d'iode ou de Hübl).

Enfin, on peut distinguer, en préparant leurs acétates et en prenant leur point de fusion, les stérines qui accompagnent, à l'état de cholestérine ou de phytostérine, les graisses animales ou les graisses végétales (Muttelet).

#### **Contrôle du lait concentré et du lait en poudre. —**

La seule difficulté que l'on rencontre dans l'analyse du lait concentré, du moins quand il est sucré par du saccharose, c'est de doser le saccharose en présence du lactose. Or le lactose est réducteur de la liqueur de Barreswill, tandis que le saccharose ne l'est pas. Un premier dosage permet donc de connaître la quantité de lactose ; puis, pour déterminer la quantité de saccharose, on « invertit », c'est-à-dire que l'on traite par un acide à chaud, qui transforme le saccharose en deux sucres réducteurs, le glucose et le lévulose, sans toucher au lactose, à la condition que l'on ne dépasse pas 67-68° (procédé d'inversion Clerget) ; un nouveau dosage à la liqueur de Barreswill fournit les trois sucres lactose, glucose et lévulose, et par différence les deux derniers, c'est-à-dire les constituants du saccharose.

On a discuté souvent sur la question de savoir si le lait concentré sucré renferme du sucre inverti (glucose et lévulose), ce qui serait un indice d'une altération du saccharose par fermentation, c'est-à-dire de l'emploi d'un lait, qui n'a pas été évaporé aussitôt qu'il a été sucré. Ce n'est que le procédé Le Grand, dont il a été parlé comme séparant les bioses (saccharose et lactose) des monoses (glucose et lévulose) qui permet de reconnaître cette altération ; celle-ci d'ailleurs n'a pas d'influence fâcheuse sur la valeur de l'aliment, mais trouble les résultats de l'analyse.

Les mêmes observations peuvent être faites vis-à-vis du lait en poudre ; car fréquemment ces laits sont écrémés

afin d'éviter qu'ils ne rancissent, puis additionnés de saccharose, afin de remplacer la matière grasse par son équivalent calorifique de saccharose.

Tout contrôle suppose que le contrôleur a sous les yeux la composition-type du produit. Nous donnons ci-dessous quelques chiffres moyens : (Lindet, Sidersky, etc...).

	Lait concentré sucré		Lait concentré non sucré		Lait en poudre
	entier	écrémé	entier	écrémé	
Eau . . . . .	24,6	28,0	61,5	68,6	8,0
Matières grasses . .	11,4	2,6	11,4	0,3	21,7
Lactose . . . . .	11,7	14,0	14,0	15,7	35,1
Saccharose . . . . .	40,2	40,5	»	»	»
Caséines . . . . .	10,1	12,7	11,1	12,4	28,7
Matières minérales.	2,0	2,2	2,0	3,0	6,5
	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0

**Contrôle des fromages.** — Il est bien rare qu'on ait recours à l'analyse pour vérifier la qualité des fromages. Une simple observation superficielle suffit en général pour se rendre compte de leurs qualités.

Les seuls éléments qu'il y a intérêt à doser, sont les matières grasses. Il y a des fromages qui, par définition, doivent être rechargés de crème (Gervais, Coulomniers, etc...), d'autres qui ont toute leur crème (certains Brie, Camembert, etc...) ; mais la plupart du temps, ces fromages sont faits avec du lait à demi écrémé ; on laisse écrémer la traite du soir, et on ajoute, avant caillage, la traite du matin non écrémée (la loi n'autorise pas la mise en vente de fromages de Camembert qui ne contiendraient pas 33 de beurre pour 100 de matières sèches correspondant à un écrémage de 50 %). Enfin, il existe d'autres fromages de lait complètement ou presque complètement écrémé.

On peut se guider sur ce fait que, dans un fromage de lait entier, le rapport des matières grasses aux matières azotées (azote  $\times$  6,25) est de 1,4 à 1,6, tandis que dans les fromages rechargés en crème, il s'élève à 1,9 et même davantage, et dans les fromages de lait demi écrémés à 0,8 ou 0,9.

Le dosage des matières grasses se fait, soit en desséchant une quantité déterminée de fromage et en traitant le résidu par de la benzine, de l'éther, etc. (Duclaux), soit en employant les méthodes Gerber, ou de préférence la méthode à la résorcine (Lindet).

Ce n'est pas seulement la proportion des matières grasses qu'il est intéressant de connaître, mais aussi leur nature. Car certains fabricants de fromages communs, comme le livarot, n'hésitent pas à écrémer complètement le lait et à remplacer, en l'émulsionnant, la crème par des graisses étrangères. Dans ce cas, on sépare au moyen de l'acide sulfurique ou de la résorcine les matières grasses, comme dans le cas où l'on voudrait en exécuter le dosage, puis on traite la graisse extraite comme on traite le beurre, en prenant le poids moléculaire des acides totaux, en dosant les acides gras volatils, solubles ou insolubles, en mesurant leur indice d'iode, etc.

Enfin, il existe un fromage, celui de Roquefort, qui doit être fabriqué exclusivement avec du lait de brebis, et pour lequel on n'autorise l'addition que d'une quantité minime de lait de vaches. Il est donc utile de pouvoir déceler la fraude. Nous avons indiqué plus haut, à propos du lait, ce que l'on peut attendre de la méthode de seroprécipitation ou seroagglutination.

Dans le même ordre d'idées que plus haut, nous indiquons les principaux éléments de quelques fromages (Lindet, L. Ammann et Brugière).

	Eau	Matières grasses	Matières azotées.	Sels dont chlor. de sodium
Fromage de chèvre.....	64,8	9,2	17,1	6,8
Coulommiers (double crème)	57,8	25,0	13,0	4,1
Gervais.....	54,6	35,0	7,3	0,6
Camembert.....	53,8	22,0	17,1	4,4
Brie.....	53,4	22,5	18,0	4,0
Livarot.....	52,5	15,0	25,9	4,4
Pont-l'Évêque.....	51,0	23,1	17,8	4,0
Hollande.....	42,6	20,0	23,9	5,5
Cantal.....	40,9	29,3	20,5	4,8
Maroilles.....	40,3	33,5	20,2	4,5
Port-de-Salut.....	38,1	24,5	24,8	5,3
Roquefort.....	36,9	29,5	20,5	7,0
Gruyère.....	35,7	28,0	28,9	3,5

#### CONTRÔLE DEMANDÉ A LA PHYSIQUE

La physique intervient, dans le contrôle général des laits, pour établir si un lait est suspect de mouillage, et elle intervient par trois méthodes différentes, toutes trois basées sur le principe de la pression osmotique.

La pression osmotique est fonction immédiate de la concentration moléculaire, c'est-à-dire du nombre de molécules, prises chacune avec leurs poids moléculaire, dissoutes dans un liquide. Inversement la concentration moléculaire peut être déduite de la pression osmotique ou de l'un de ses effets immédiats, l'abaissement du point de congélation du liquide, le pouvoir réfringent, la résistivité électrique, l'élévation du point d'ébullition, la dépression des tensions de vapeur, etc... (Van T'hoff).

**Contrôle du lait.** — *Cryoscopie.* — L'abaissement du point de congélation ou cryoscopie ou  $\Delta$ , dont nous avons parlé déjà dans ce chapitre, constitue le meilleur réactif

pour se rendre compte du mouillage d'un lait ou tout au moins faire un triage rapide des échantillons. Dès l'instant où la mamelle est saine, même au cours de maladies graves, comme la tuberculose, non généralisée, le  $\Delta$  reste remarquablement constant et égal en moyenne à  $-0^{\circ}555$ , dû pour  $-0^{\circ}293$  au lactose,  $-0^{\circ}111$  aux chlorures de sodium et de potassium,  $-0^{\circ}102$  aux autres sels,  $-0^{\circ}021$  aux acides aminés, et  $-0^{\circ}025$  aux caséines colloïdales ; celles-ci n'ont qu'une influence insignifiante à cause de la grandeur de leurs poids moléculaire.

*Résistivité électrique.* — La résistivité électrique, c'est-à-dire la résistance qu'oppose au courant électrique les molécules ionisées, ne paraît pas pouvoir rendre à la laiterie les mêmes services que la cryoscopie. Cette résistivité pour le lait pur varie entre 175 et 232 ohms (Dongier et Lesage).

**Contrôle du beurre.** — *Réfractométrie.* — La réfractométrie semble donner des résultats plus précis, mais qui ne valent pas encore ceux de la cryoscopie. Elle a l'avantage de permettre d'opérer sur de très petites quantités de liquide. On sait que l'excès des indices de réfraction d'un liquide sur l'indice de l'eau, à la même température, est proportionnelle à la quantité de molécules dissoutes dans ce liquide. Il est donc naturel d'utiliser cette méthode qui fournit une indication utile (Villiers et Bertault) ; les chiffres que ces auteurs ont obtenus, varient entre 39 et 44, avec le réfractomètre Amagat et F. Jean. Le réfractomètre Féry opère sur des quantités de liquides, extrêmement faibles, se réduisant à quelques gouttes. Ces cas, où l'expert se trouve à court de liquide, sont plutôt rares.

## CONTRÔLE DEMANDÉ A LA MICROBIOLOGIE

La numération des microbes contenus dans un lait n'est pas infaillible, parce que rien ne permet de supposer que le nombre, quelquefois considérable que l'on y trouve, soit entièrement dangereux pour la santé publique, ou préjudiciable aux opérations que l'on se propose de faire avec ce lait. Mais ce nombre indique nettement les soins de propreté et d'attention que l'on a mis pour le recueillir. Tout lait trait et manutentionné sans soins de propreté, contenant des débris de fumier ou de fourrages, riche en microbes, doit être exclu du marché.

Pour se rendre compte de son degré de pollution, on a à sa disposition, comme nous l'avons dit plus haut, la mesure du dépôt des sédiments, l'observation du temps que la réductase microbienne met à décolorer le bleu de méthylène, du temps que l'eau oxygénée met à colorer la métaphénylènediamine, le gaïacol ou la résine de gaïac... Mais c'est à la microbiologie de dire son dernier mot, parce que c'est elle qui fournit le plus de précision.

On peut opérer directement sous le microscope, en ayant soin de dessécher la goutte de lait, de la dégraisser par du xylol ou du chloroforme, de la colorer avec du violet de gentiane, par exemple, et de compter les microbes ; c'est là un procédé rapide, mais difficile. Il est préférable, quand il est permis d'attendre au moins 24 heures avant de donner une réponse et d'avoir une certitude, d'opérer par ensemencement, sur plaques de gélatine ou de gélose, additionnée de lactosérum ; les colonies se développent et on les compte en les rapportant à la quantité de lait mise en jeu, après toutes dilutions préliminaires.

Ce contrôle n'existe pas *à priori* en France ; il existe

à l'entrée de certaines villes des États-Unis, de Hollande, etc., dans des conditions qui ne sont pas appliquées tyranniquement, mais qui sont plutôt destinées à renseigner le cultivateur et à lui faire prendre des précautions que l'ignorance ou la négligence lui faisaient oublier. On peut par exemple tolérer 250.000 colonies par cent. cube en hiver et 500.000 en été. Au-dessus de ces chiffres, les cultivateurs sont avertis et s'ils persistent, on est en droit de les exclure du marché. — On est plus sévère encore, quand il s'agit de laits sales que l'on peut toujours éviter. Ces laits sales sont retournés avec une étiquette rouge, infamante pour le fournisseur (État de Toronto).

Mais l'administration est paternelle et on ne le fait qu'après avoir envoyé chez le cultivateur un inspecteur qui recherche s'il n'y a pas de vices cachés, des eaux de purin, des voisinages de fumier, etc... qui sont les causes du mal, si le cultivateur nettoie suffisamment ses étables, enlève assez fréquemment ses fumiers, si ses étables ne sont pas trop chaudes, ou insuffisamment aérées. L'inspecteur qui possède des fiches sur chacun des fournisseurs agit par persuasion plutôt que par menaces; il montre l'exemple du voisin, qui, après une fourniture défectueuse, et sur les observations de l'inspecteur, a modifié heureusement son travail et est parvenu à fournir un lait sain.

Dans certaines localités américaines on a installé des stations centrales de pasteurisation. Les laits, refroidis par les cultivateurs, arrivant à la station, sont chauffés à 63° C pendant 30 minutes et expédiés en ville, avec une étiquette indiquant la date de la pasteurisation.

Ces mesures sont indépendantes d'autres règlements plus sévères, qui interdisent de vendre du lait, si dans la ferme où il est récolté, il y a des malades atteints de maladies contagieuses, fièvre typhoïde, tuberculose, etc...,

interdisent également à tout employé qui porte aux mains des ulcères ou des plaies purulentes, de traire les vaches ou de manutentionner le lait. Les laiteries doivent être munies de prises d'eau sous pression. Les vases doivent être étanches à la poussière ; ils ne peuvent être en cuivre rouge que s'ils sont soigneusement étamés ; l'émail plombique est interdit, etc...

Voilà des mesures qu'il serait intéressant de voir prendre en France ; mais on n'y accepte pas volontiers les conseils, et dès que ceux-ci se transforment en menaces, celui qui en est l'objet se révolte et se fait protéger par plus puissant que lui !

#### ÉTABLISSEMENT DU RENDEMENT

Comme nous l'avons dit au début de ce chapitre, la détermination du rendement est une des formes du contrôle général. Peu importe, pour le fabricant, de recevoir une matière première irréprochable, si, après avoir constaté en quelle proportion se trouve le produit qu'il va extraire, il néglige de se rendre compte dans quelle mesure il l'a extrait, et ce qu'il a abandonné dans les déchets de sa fabrication.

Une industrie n'est viable aujourd'hui que si elle se préoccupe de ses rendements ; toute négligence à cet égard est fautive, non seulement pour l'industriel, mais aussi pour la communauté, puisque ce qui disparaît est, comme l'on dit, perdu pour tout le monde.

**Rendement du lait en beurre.** — C'est à la fabrication du beurre que le contrôle laitier commence. Les analyses dont nous avons donné connaissance ont permis de connaître la quantité de matières grasses contenues dans le

lait. Ce lait passe à l'écrémeuse et déjà il abandonne dans le lait écrémé, 2,5 à 5 % de son poids de matières grasses ; le lait écrémé en effet, renferme, suivant le bon ou défec-tueux fonctionnement de l'écrémeuse, 1 à 2,5 gr. de ma-tières grasses par litre.

Le babeurre, c'est-à-dire le lait débeurré après barattage, ne doit retenir que 4 à 5 gr. de matières grasses par litre ; mais par suite du mauvais fonctionnement de la baratte, il peut en contenir bien davantage.

Il y aura donc nécessité, de la part de l'industriel, de suivre, à l'aide de l'acidobutyromètre Gerber, la teneur en matières grasses du lait écrémé et du babeurre.

Mais, de toute façon, quand le travail est bien conduit, étant donné ces-deux pertes successives, inévitables, l'in-dustriel ne saurait retirer que 93-94 % de la matière grasse initiale.

Généralement les industriels ou les directeurs de coo-pératives se contentent de prélever sur les pots que l'on déverse, au fur et à mesure de leur arrivée, dans le grand bac mélangeur, un flacon destiné à faire le dosage des matières grasses par le procédé Gerber. Mais c'est là plutôt une mesure prise pour surveiller leurs vendeurs que pour établir un contrôle.

Quand les industriels ou les directeurs de coopératives reçoivent de leurs fournisseurs, ou plutôt des stations d'écémage du lait ou de la crème, la prise d'échantillons s'impose, puisque la crème est payée d'après la quantité de matières grasses contenue. L'échantillon de crème est additionné d'un volume d'eau déterminé, afin de le ramener approximativement à la teneur du lait en matières grasses, et passé à l'appareil Gerber.

Dans l'un et l'autre cas, que ce soit du lait, que ce soit de la crème, la quantité de matières grasses est prise en charge, et il est simple dès lors d'établir le rendement.

On a désigné sous le nom d' « overrun » l'augmentation du poids qui se produit quand on transforme une quantité de 100 de matières grasses en beurre, l'excédent représentant l'eau, la caséine, le lactose et les sels.

Dans ces conditions, et, sachant que le beurre, assez honnêtement fait pour ne contenir que 14 % d'eau, et 2 % d'impuretés (lactose, caséine, sels), renferme 84 % de matière grasse, on peut par le calcul déterminer le rendement en beurre, d'après la teneur du lait en matières grasses. 84 de matières grasses vont fournir 100 de beurre ; combien 93, 94 (c'est-à-dire la quantité que l'écrémeuse et la baratte retirent de 100 de matières grasses contenues dans le lait), vont-ils fournir ; on trouve 110 à 112 kilos, c'est-à-dire que 100 kilos de matières grasses contenues dans le lait donneront 110 à 112 kilos de beurre.

Quelqu'incertitude que donne ce calcul, il est préférable à celui qui se base sur la quantité de lait nécessaire pour obtenir 1 kilo de beurre ; cette quantité varie entre 20 et 25 litres ; mais les variations dans la composition du lait montrent que ces chiffres doivent être pris sous réserves.

*Achat du lait à la matière grasse.* — On a préconisé, à plusieurs reprises, l'achat du lait à la matière grasse, comme on achète les betteraves à la densité, c'est-à-dire à la teneur approximative en sucre, comme on achète le blé, d'après le poids à l'hectolitre, c'est-à-dire à la teneur approximative en farine. Mais outre que ce procédé offre des difficultés pratiques, quand il s'agit de fournir la consommation courante, prises d'échantillons, durée de l'analyse, contestations, etc... il convient de faire remarquer que l'élément dosé, la matière grasse, s'il est le plus intéressant et le plus facile à faire disparaître, n'est pas le seul utile à l'alimentation. La considération de l'extrait sec dégraissé appelle

également l'attention ; car on n'achète pas seulement de la matière grasse mais aussi des caséines, du lactose et des sels (Porcher).

Chez les industriels et les coopératives qui se préoccupent spécialement de la teneur en matières grasses, cette mesure s'impose. Quand on la néglige, on se contente de donner, de temps à autre, une prime à ceux des cultivateurs qui fournissent le meilleur lait.

**Rendements en fromagerie.** — Dans les fromageries, le contrôle du rendement est également nécessaire ; mais il est plus complexe, en ce sens que tous les éléments du lait entrent dans la fabrication, et n'y sont pas retenus au même titre ; le lactose, la portion des caséines dissoutes et les sels s'écoulent dans le petit lait ; la matière grasse et la caséine  $\alpha$  restent au contraire. Mais le fabricant de fromages qui prépare chaque jour, chaque saison, des produits de même forme et de même hauteur, sait qu'avec une quantité de lait déterminée, il obtiendra tant de pièces, sous réserve que le rendement sera plus faible en été qu'en hiver ; en été le lait est moins riche en matières grasses parce qu'il est plus abondant ; il est plus rapidement saisi par la fermentation lactique et de ce fait sa caséine est plus profondément peptonisée, et rend une moindre quantité de pâte.

Ci-dessous un tableau, qui donne approximativement les quantités nécessaires de lait pour fabriquer les fromages les plus courants, et, en conséquence, le rendement de ces fromages.

	Pour 1 kil. de fromage fermenté : litres de lait	Rendement du lait en fromage fermenté
	—	—
Camembert.....	6,6 l.	14,1 %
Coulommiers.....	6,6	15,1
Brie.....	6,8	14,7
Cantal.....	10,0	10,0
Gruyère.....	12,5	8,0
Roquefort (brebis).....	5,5	18,1

---

## CHAPITRE VI

### LA CONSTRUCTION MÉCANIQUE EN LAITERIE

Il semblait à ceux qui nous ont précédé que la laiterie devait rester une industrie fermière et que la mécanique n'interviendrait jamais pour faciliter le travail manuel ou y suppléer. Les rapports des Expositions jusqu'en 1878 montrent que tout le matériel mécanique se bornait à quelques barattes et à quelques malaxieuses de beurrerie, c'est-à-dire à des appareils que l'on pouvait mettre entre les mains des derniers garçons ou des filles de ferme.

La science mécanique, comme les autres sciences, est entrée dans la laiterie et en a bouleversé le caractère.

#### LA MACHINE A GLACE

Nous ne faisons que rappeler ici le progrès qui a été réalisé, quand on a pu maintenir artificiellement la température froide des salles où l'on manutentionne le lait, de celles où l'on conserve le beurre, où l'on ralentit la fermentation des fromages (voir ch. IV).

On connaît le principe de ces machines : de l'ammoniaque liquide se trouve dans des tuyaux qu'entoure une saumure de chlorure de calcium, dite « liquide incongelable ». Une pompe aspirante et foulante aspire l'ammoniaque qu'elle vaporise ; celle-ci en se vaporisant produit du froid aux dépens de la saumure voisine. La pompe la comprime et la

reliquée, à la condition de la faire passer préalablement dans un réfrigérant pour enlever les calories que la compression a produites ; puis l'ammoniaque liquéfiée retourne dans les tuyaux de la bêche à saumure. Enfin la saumure elle-même est aspirée continuellement par une pompe, envoyée dans une série de tuyaux disposés au plafond des salles et ramenée sans cesse à la bêche.

#### TRAITE MÉCANIQUE DES VACHES

De tous les problèmes posés à l'industrie mécanique pour suppléer le travail humain, il n'en était guère de plus inattendu, et de résultats plus incertains que celui qui a eu pour objectif de créer une machine à traire.

La solution de ce problème semble être venue des États-Unis, puis d'Allemagne vers 1871-1877 ; c'est en 1911-1912 que les machines ont été suffisamment perfectionnées pour permettre en France les premiers essais et les premières applications (Mallèvre, Lucas à Gournay, etc.).

Ces machines peuvent être considérées comme fonctionnant par succion intermittente ou fonctionnant par pression intermittente (Mallèvre). Les premières ont pour but d'imiter le veau qui tète, les secondes réalisent le travail du vacher, qui, après avoir obturé entre le pouce et l'index toute communication entre le sinus galactophore et le canal du trayon, fait effort progressif de haut en bas, des autres doigts, pour vider ce que contient ce canal dilaté du trayon.

L'appareil à succion comporte quatre suçoirs semblables, s'adaptant à chaque trayon. Chacun des suçoirs représente un étui métallique de forme cylindrique, à l'intérieur duquel est placée une gaine en caoutchouc, susceptible d'envelopper le trayon ; la partie inférieure communique par l'intermédiaire d'un « pulsateur » avec un réservoir

dans lequel une pompe fait constamment le vide. Ce pulsateur communique alternativement avec l'espace réservé entre la gaine de caoutchouc et le trayon, puis entre la gaine de caoutchouc et l'étui métallique, tandis que, par le jeu inverse, il rétablit la pression atmosphérique vers le compartiment opposé. Dans le premier cas, il y a adhérence entre la gaine de caoutchouc et le trayon ; dans le second cas, il y a aspiration de la gaine de caoutchouc qui se colle contre l'étui métallique, en dilatant le canal du trayon. Au-dessous de l'appareil est une boîte, en communication avec le vide qui reçoit le lait pour le déverser dans un seau (machines Max, Wallace, Dana, Pollet, etc...).

L'appareil à pression est constitué, pour chacun des trayons, de boîtes dans lesquelles sont logées deux plaques métalliques garnies de caoutchouc, parallèles et entre lesquelles le trayon est enserré. Un mécanisme rapproche ces deux plaques de caoutchouc, d'abord par la partie supérieure, afin de comprimer, comme il a été dit, le trayon à la base de la mamelle, puis progressivement sur toute la hauteur des plaques. Le rapprochement a lieu soit par une pression d'air (machine Alfa Dâlen), soit par des ressorts, manœuvrement mécanique (machine Nielsen), soit par une petite dynamo (machine Loquist).

Il existe encore une machine à pression, mais d'un genre différent, en ce sens que chaque trayon est enfermé dans un demi-cylindre métallique contre lequel quatre ou cinq pièces métalliques, qui figurent les doigts du vacher, viennent à tour de rôle, de haut en bas, comprimer les trayons contre le demi-cylindre métallique (machine Galacton).

L'expérience a démontré (Mallèvre, Lucas), que la traite mécanique ne compromet en aucune façon les qualités laitières de la vache, à la condition que le vacher surveille la fin de la traite et arrête la machine quand la vache est

traite à fond. Le moment est difficile à saisir et souvent la vache retient les dernières portions de son lait, surtout quand elle n'est pas encore accoutumée à la machine. Il est alors nécessaire de procéder à « l'égouttage », c'est-à-dire d'extraire à la main « l'arrière lait ».

Les vaches acceptent plus facilement les appareils à succion que les appareils à pression ; ce sont les vaches à gros trayons et à trayons charnus qui se prêtent le moins aisément à la traite mécanique. Elles s'y accoutument peu à peu.

Un inconvénient des machines à succion vient de ce que les trayons possèdent des dimensions très inégales, et que les suçoirs ne sont pas interchangeables.

Les machines à succion se fixent d'elles-mêmes au pis de l'animal, et elles tirent les trayons de tout leur poids ; elles ne sont pas soutenues, tandis que les machines à pression sont maintenues sur le corps de l'animal par des sangles.

La traite mécanique est un peu plus lente que la traite à la main, mais un seul vacher peut surveiller en même temps la traite de trois vaches.

Elle demande un vacher très soigneux ; car les têtes, les tubes de caoutchouc, les étuis métalliques doivent être deux fois, ou trois fois par jour, nettoyés avec le plus grand soin, d'abord à l'eau chaude, puis à l'eau froide formolée. Il faut en outre que le vacher puisse parer aux petits accidents qui peuvent se produire dans le fonctionnement de la machine.

L'emploi des machines à traire, malgré la cherté de la main-d'œuvre, se répand peu en France.

#### HOMOGÉNÉISATION DU LAIT

La stérilisation du lait ne peut être pratiquement réalisée que si elle est faite en bouteilles préalablement bouchées.

Cette manière de faire a, pendant longtemps, comporté le grand inconvénient que l'on ne doit pas remplir complètement la bouteille, afin de laisser entre la surface du lait et le bouchon, un espace suffisant pour assurer la dilatation du liquide. Or, même après stérilisation, la crème monte et le ballotement, pendant le transport, risque de baratter la crème surnageante et de produire des agglomérats de beurre, qui ne se remettent plus en émulsion si on prend le lait froid, ou qui fondent en gouttelettes liquides si on le réchauffe avant de le consommer.

Gaulin a imaginé d'obliger le lait à passer à travers un ajutage très fin, de moins de 1 millim., sous une pression de 250 à 300 kilos, puis d'en recevoir le jet sur une surface d'agate, où il s'étale à la façon du mercure que l'on projette sur une table de marbre. Par l'effet de cette pulvérisation les globules gras se sont divisés à l'infini, et leur masse devient si petite que leur force ascensionnelle peut être considérée comme nulle. La crème cesse de remonter et, en conséquence, n'est pas exposée à produire du beurre. Le lait se trouve donc « fixé », « homogénéisé », « gaulinisé », avant d'être soumis à la stérilisation.

La machine porte trois pistons, de façon à comprimer le lait progressivement jusqu'à 250 ou 300 kilos ; il est, comme nous l'avons dit, projeté contre le plan d'agate, un peu conique, maintenu contre le jet par un ressort équilibré.

Cette opération préliminaire est restée nécessaire ; mais le ballotement est moins à craindre ; car dans l'autoclave même où se fait la stérilisation, on peut, par le dehors, boucher les bouteilles, plus complètement remplies, quand on juge que leur contenu a atteint la température maxima et que, par la dilatation le lait est parvenu au sommet du goulot. A cet effet l'autoclave est rectangulaire et les bouteilles disposées sur plusieurs rangs. Chacune d'elles

porte sur le goulot la fermeture articulée avec laquelle on bouche d'ordinaire les bouteilles à lait et les canettes de bière ; cette fermeture se termine par un appendice qui, le bouchon simplement appuyé sur le goulot, se présente horizontalement. Une barre horizontale, mue du dehors par une tige passant dans une presse étoupe, agit sur tous les appendices à la fois et assure la fermeture des goulots.

#### ÉCRÉMAGE CENTRIFUGE

L'application mécanique qui a eu sur l'industrie laitière la plus utile influence est celle qui a su assurer l'écémage centrifuge. On aurait souri, s'il y a quelque cinquante ans, quelqu'un eut prévu le jour où cet écémage que, depuis l'origine du monde, on laissait se produire spontanément, sans que rien ne puisse l'activer, serait obtenu par des moyens mécaniques, dont on ne pouvait d'ailleurs deviner le principe.

La force centrifuge, dans un dessein différent d'ailleurs de celui qui nous occupe, avait été proposée par un Français, de Mastaing, en 1874. Les premiers essais de la force centrifuge à l'écémage semblent dater de 1859 (Fuschs, de Carlsruhe), puis de 1872 (Prandtl, de Weihenstephan, Bavière), etc... Mais c'est à Lefeld, de Schöningen (Bavière), en 1874, puis à Gustave de Laval, en Suède (1878), que l'on doit vraiment cette géniale invention.

L'écémuse de Lefeld comportait un plateau horizontal rotatif, à la périphérie duquel on attachait deux seaux remplis de lait ; ceux-ci prenaient, sous l'influence de la force centrifuge, une position horizontale ; la crème se réunissait vers la partie la plus rapprochée de l'axe de rotation, parce que la force centrifuge agit d'autant moins

énergiquement sur les liquides que ceux-ci sont plus légers ; dans la course qu'exécutent les globules gras et les molécules de sérum tenant les caséines en suspension, les premiers sont en retard sur les seconds. Quand on arrêtait la machine, les seaux se redressaient, et on cueillait la crème, comme si le lait avait crémé spontanément.

En 1876-77, Lefeld modifia son écrémeuse et remplaça les seaux par un bol rotatif, tournant à la vitesse de 850 tours à la minute. L'écémage n'était pas encore continu. On ne cueillait pas la crème ; quand on arrêtait la machine, on faisait déborder la crème par un afflux de lait écrémé.

Au printemps de 1877, un Suédois, d'origine française, Gustave de Laval, eut connaissance, par un journal, de la découverte de Lefeld ; il s'ingénia à créer un appareil, d'où la crème pût être évacuée automatiquement ; la crème en effet se déversait dans un compartiment intérieur de la machine ; il aurait suffi de souder un tube à ce compartiment, pour que l'écrémeuse fut continue. Reconnaisant qu'il devait l'idée première de son invention à Lefeld, il eut l'honnêteté de lui en proposer la cession, moyennant le prix bien modeste de 5.000 couronnes. Lefeld refusa, et voilà comment on ne parla plus de Lefeld, et que la construction des écrémeuses, rendues continues et perfectionnées par de Laval, devint la propriété de la société qu'il créa à Stockholm, en 1878, avec son compatriote et ami Oscar Lang, sous le nom d'Aktibolagiet Separator, et qui aujourd'hui a livré dans le monde entier plus de 2.500.000 machines.

Cette société, toujours en éveil, acheta successivement le brevet Bechtolsheim et le brevet Berrigan qui n'en est qu'un perfectionnement.

Les frères Bechtolsheim, de Munich, eurent l'idée, en 1888, d'introduire dans le bol de l'écrémeuse, de petits plateaux, ou assiettes en fer blanc, qui ont l'avantage, en

dirigeant, à l'intérieur du bol, les molécules, en les « polarisant », d'augmenter le rendement des écrémeuses. Ce fut une révolution, en ce sens que l'on pouvait, pour la même production, remplacer une grosse écrémeuse, tournant à la vapeur, par une écrémeuse trois fois plus petite, tournant tant à la main ; cette invention mettait l'écrémeuse à la portée des petites fermes.

Il convient de dire, qu'en 1888 également, Mélotte de Rémicourt (Belgique) eut la même idée de faciliter, dans l'écrémeuse, le glissement du lait écrémé et de la crème, au moyen d'un dispositif de polarisation, qui était vertical. Il ne poursuivit pas son idée.

Le brevet Berrigan (1898) représente l'écrémeuse actuelle, en ce sens que, le jour où ce brevet est tombé dans le domaine public, la plupart des constructeurs ont abandonné leurs dispositifs, pour adopter, à quelques détails près, celui de Berrigan, c'est-à-dire de la société de Stockholm (Simon, Garin, Gaulin, manuf. de Saint-Étienne, etc...). Il consiste dans la percée, à un endroit précis, d'orifices, à l'intérieur des plateaux.

Dans les anciennes écrémeuses en effet il y avait un grave défaut ; c'est que le lait arrivait au centre du bol, et se répandait entre chaque plateau, à l'endroit même où la crème remontant les plateaux se rassemblait. Dans le dispositif de Berrigan, le lait pénètre au centre du bol par un tube, se répand dans la partie inférieure du bol et remonte par ces orifices, pour glisser entre chaque plateau, le lait écrémé gagnant la périphérie, la crème se rendant entre le bord intérieur des plateaux et l'extérieur du tube d'alimentation.

Le lait est réchauffé vers 35° avant de pénétrer dans l'écrémeuse ; là, il se divise en crème et en lait écrémé qui s'échappent, chacun, par une ferblanterie, montée sur le bol, et par des tuyaux spéciaux.

D'autres appareils de polarisation que les plateaux horizontaux sont quelque peu en usage ; ce sont soit des lames verticales, incurvées, s'emboîtant les unes dans les autres, mais fixes dans le bol, soit des lames, courbes également, mais mobiles autour d'un axe, et s'ouvrant à la façon d'un éventail, sous l'influence du mouvement de rotation.

Il existe enfin des écrémeuses d'un diamètre très étroit et qui ne comportent pas de dispositifs de polarisation (Scharples).

Les bols d'écrémeuse sont en général fixés sur un axe vertical, auquel on communique le mouvement au moyen d'engrenages de multiplication d'une manivelle ou d'une poulie, tournant à 40 tours à la minute. D'autres sont suspendus à la façon des toupies (Mélotte, Garin, etc.).

Les écrémeuses qui n'ont pas un débit supérieur à 400-450 litres à l'heure sont manœuvrées à bras ; les autres reçoivent leur mouvement d'une transmission.

Le bol de l'écrémeuse, tourne avec une vitesse d'autant plus grande que son diamètre est plus petit, de façon à ce que la vitesse à la périphérie, celle qui préside véritablement à la séparation des molécules, soit toujours la même ; les bols des anciennes écrémeuses (Burmeister) dont le diamètre était 0,60 m. tournaient à 1.500 tours. Les bols de 0,12 à 0,10 m. de diamètre sont lancés à la vitesse de 7 à 9.000 tours à la minute, les bols de 0,05 à 0,04 m. (Turbular) à la vitesse de 18 à 25.000 tours. — La vitesse à la périphérie reste constante, environ 42 à 45 m. par seconde. Une écrémeuse dont le bol mesure 0,12 à 0,10 m. écrème 250 à 230 litres de lait à l'heure ; une écrémeuse dont le bol n'a que 0,04 m. n'en écrème que 90. — Le travail mécanique utile d'une écrémeuse ne représente que 40-41 % du travail utile, le reste étant absorbé par l'écrémeuse tournant à vide. — Le travail mécanique total, pour 100 k.

de lait, varie de 10.000 à 15.000 kilogrammètres suivant que la dimension du bol est de 0,10 ou 0,04 m. (Ringelmann).

#### APPAREILS DE MANUTENTION

Aux appareils mécaniques ci-dessus décrits, il convient d'ajouter ceux qui servent à la manutention : appareils de stérilisation des bidons par injection de vapeur, appareils de lavage et de transport des bouteilles, appareils de remplissage, etc..

Ces appareils ne sont pas spéciaux à l'industrie laitière ; on les trouve en brasserie, dans les fabriques de sirops, d'eaux-de-vie et de liqueurs, d'eaux minérales, bref dans tous les ateliers où l'on manutentionne et où l'on vend un liquide en bouteilles. Mais leur introduction en latierie constitue un très réel progrès, en supprimant une grande partie de la main-d'œuvre, et en rendant les opérations plus aseptiques.

Il convient de citer encore à cette place les appareils pour mouler le beurre (Hémès), connus sous les noms de « parfaite » et « d'idéale » ; ce sont deux machines de compression, l'une, où le beurre se moule, sous l'influence d'un piston vertical, manœuvré de haut en bas, à intervalles réguliers, dans des alvéoles creusées sur un plateau rotatif, l'autre où, contenu dans un réservoir vertical, au centre duquel se meut un piston, de bas en haut, le beurre est poussé dans des alvéoles qui se présentent tour à tour devant l'ouverture du réservoir.

#### LES CHEMINS DE FER

Paris allait, avant la guerre, s'approvisionner de lait dans un rayon de 2 et 300 kilomètres, et exceptionnellement

de 4 et 500 kilomètres. Les prix de la main-d'œuvre se sont développés à ce point que beaucoup de laitiers ont fermé leurs étables et que le rayon d'approvisionnement s'est reculé progressivement et qu'il atteint aujourd'hui, pour obtenir journalièrement 800.000 litres de lait, un maximum de 700 kilomètres, maximum que le prix du transport limite forcément.

De là, de grosses difficultés pour les compagnies qui sont obligées de « tendre les horaires » de façon que les trains partis, autant que possible après la traite du soir, arrivent dans la nuit à Paris.

Les grandes villes, Lyon, Marseille, Bordeaux, Lille et les villes du Nord disputent à Paris le lait qu'il réclame, et les zones d'approvisionnement se rejoignent forcément. Aussi, la plus grande partie des laits destinés à Paris viennent-ils des centres agricoles de l'ouest, où l'approvisionnement rencontre moins de concurrence.

Mais avant d'en arriver au transport par chemin de fer, il existe un travail préparatoire. La traite du matin, quand elle n'est enlevée qu'une fois par jour, est refroidie et déposée dans un bac rempli d'eau ; il serait à souhaiter qu'il y eut dans chaque village un dépôt frigorifique. Les pots de lait de 20 litres sont déposés le long des routes, enlevés par les ramasseurs de la laiterie centrale, (au moyen de voitures bien suspendues, bien aérées, à chevaux ou automobiles, généralement installée près de la gare, avec voie de raccordement. Là, dans la laiterie, le lait est pasteurisé, puis maintenu au froid ; l'expérience démontre qu'un refroidissement de 8 à 10° après pasteurisation permet un voyage de nuit par température moyenne. On cite souvent les États-Unis, où l'on se contente de refroidir, sans pasteurisation préalable. Mais aux États-Unis, on possède dans tous les villages de véritables silos de glace, mis en réserve pendant l'hiver, et l'emploi de la glace, dès le début de la récolte,

du lait donne des résultats que nous ne pouvons obtenir en France (Porcher).

Les pots une fois mis dans les wagons spéciaux, soit à claire-voie, soit fermés avec double paroi (isothermes), sont dirigés au plus vite sur les grandes villes. Les wagons glacières ne sont pas employés en France. On peut conseiller en été de recouvrir les pots avec des toiles mouillées.

Les tarifs sont devenus tels qu'ils ralentissent singulièrement le commerce d'expédition. Certains parcours vers Paris grevent le lait de 0,20 fr. par litre; beaucoup préfèrent le traiter sur place ou, avec un prix de transport beaucoup plus faible, en faire du beurre et du lait écrémé, des fromages et du petit lait. Il y a là un véritable préjudice causé à la population enfantine, dont les parents hésitent à payer le lait à un prix ainsi surélevé par la taxe de transport.

Les pots sont retournés en général gratuitement au producteur, après qu'on les a stérilisés.

---

## CHAPITRE VII

### LA SCIENCE SOCIALE EN LAITERIE

Il convient de distinguer, parmi les manifestations de la science sociale, celles qui n'ont pour but que de perpétuer l'esprit de famille en l'élargissant à une plus grande quantité d'individus, ayant les mêmes intérêts et celles qui relèvent du besoin qu'éprouvent les individus à se grouper pour assurer le développement de la science qu'ils pratiquent et la défense de leurs intérêts professionnels.

#### LES ASSOCIATIONS POUR L'EXPLOITATION DU LAIT EN COMMUN

Les associations laitières et spécialement les plus anciennes de toutes, répondent à l'esprit de famille auquel nous faisons allusion. Dans l'Est de la France, Jura, Doubs, etc... se sont établies, à une époque au moins antérieure au XIII<sup>e</sup> siècle, des associations pour la fabrication en commun des « fromaiges de fructère », dits aujourd'hui de Gruyère, sans que l'on puisse décider si ces organisations sont nées sur le sol français ou nous ont été importées des pays voisins. Fondées uniquement sur la confiance et la bonne foi mutuelle, sans règlements ni statuts, les fruitières avaient pour objectif d'assurer à chacun le *fruit* (fructus) de son travail. Elles étaient en réalité avantageuses pour le plus puissant des associés, le plus riche en animaux.

Celui qui, en effet, apportait à la communauté la plus grande quantité de lait, avait « le tour », c'est-à-dire recevait le fromage, la crème et les sous-produits, sous condition de fournir le bois, de payer le fromager ou « fruitier » et de tenir compte aux coassociés du lait apporté par eux ; ce n'est que quand le compte du plus modeste des sociétaires se soldait par un avoir que celui-ci recevait le tour, c'est-à-dire la livraison des produits de la journée ; mais il ne le recevait quelquefois que plusieurs mois après qu'il eût livré le premier litre de lait. A ce système (« fruitière au petit carnet ») en a succédé un autre (« fruitière au grand carnet ») où les fruits du fromage fabriqué se partagent entre tous les associés, mais où le tour existe encore pour la crème, le sérac, etc... Aujourd'hui, à quelques exceptions près peut-être, les fruitières adoptent l'association intégrale, où tous les produits sont vendus en commun, au prorata des quantités apportées par chacun des sociétaires. La société prend à sa charge la location du chalet, les appointements du fruitier, vend les fromages, etc... ; elle est gérée par un conseil d'administration ; elle peut acheter en commun des engrais chimiques, des semences, des tourteaux, du sel, etc...

Le plus intéressant exemple de cet esprit de solidarité se montre dans une région de la France exactement opposée, les départements de l'ouest, Charente et Charente-Inférieure, Vendée, Deux-Sèvres, etc... On compte, dans ces départements, 126 laiteries associées représentant 75.000 coopérateurs, 188.000 vaches et 282.000.000 litres de lait par an, produisant 13.000.000 kilos de beurre, soit une recette de 195.000.000 francs, et qui sont fédérées sous le nom d'association centrale des Charentes et du Poitou. Cette vaste association de laiteries coopératives a été créée de toutes pièces, au lendemain du désastre causé par le phylloxera dans le département des Charentes, grâce au

sénateur Rouvier, admirablement secondé par Dornic, ingénieur agronome, directeur de l'association.

Le beurre produit est expédié par les soins de l'association générale qui le dirige sur Paris, dans des wagons réfrigérés, le vend aux Halles, et verse le bénéfice au compte des associés. Elle achète pour la communauté les toiles à beurre, les paniers d'expédition, le charbon ; elle a remise sur les appareils, etc.

Les fournisseurs de lait doivent remporter une quantité équivalente de lait écrémé pour leurs veaux ou leurs porcs ; ils peuvent le vendre à la caséinerie.

L'association assure ses sociétaires contre la mortalité du bétail.

D'autres coopératives ont été créées sur ce modèle dans les Côtes-du-Nord (Bayeux), dans la Manche (Periès, Benoisville, etc...), dans le Nord (Sains-du-Nord), etc.

#### LES ASSOCIATIONS POUR LA DÉFENSE DES INTÉRÊTS COMMUNS ET LE DÉVELOPPEMENT TECHNIQUE

*La Société française d'encouragement à l'Industrie laitière* (Présidents : Cabaret, puis Viger, puis Mercier), réunit un grand nombre de personnalités s'occupant d'industrie laitière ; son bulletin *l'Industrie laitière* publie, à côté des travaux scientifiques et techniques, tous les renseignements relatifs à la vente des produits laitiers. Cette association organise en France et à l'étranger, en commun avec la Fédération internationale de laiterie, des Congrès et des Expositions.

Plus récemment se sont créées pour la défense exclusive des intérêts professionnels la Fédération des laiteries coopératives, la Ligue du lait (Président : Donon) et la Confédération générale du lait, C. G. L.

Le côté scientifique de l'industrie laitière intéresse non seulement les producteurs et les industriels, mais encore les médecins, les vétérinaires, les experts, les consommateurs. Ceux-ci trouvent satisfaction dans la lecture d'un périodique mensuel, *le Lait*, qui publie des articles originaux et les extraits de journaux de laiterie du monde entier.

#### LES ASSOCIATIONS DE SOLIDARITÉ ; LES GOUTTES DE LAIT

La sociologie ne trouve pas à exercer son activité seulement en soutenant l'effort des organismes de production, mais elle se tourne aussi vers ceux qui ont pour objectif la distribution d'un lait sain et pur aux enfants. Ces établissements sont en général, en partie du moins, soutenus par la solidarité publique, en faveur des femmes pauvres qui ont peine à nourrir, et qui, grâce au dévouement des personnes qui interviennent et notamment de certains médecins, pourront donner au pays des êtres sains et vigoureux.

C'est en 1892 que furent créées dans les maternités les premières consultations pour nourrissons (Budin) et les premières distributions d'un lait contrôlé et stérilisé, dites « gouttes de lait » (D<sup>r</sup> Variot). La « goutte de lait de Fécamp » qui est restée un prototype, fut créée en 1894 (D<sup>r</sup> L. Dufour) ; l'Institut de Puériculture fut annexé à l'hospice des enfants assistés en 1898 (D<sup>r</sup> Variot) et une goutte de lait y fut établie. Depuis ces gouttes de lait se sont multipliées ; leur organisation diffère quelque peu suivant les ressources dont elles disposent. Les mères doivent, en général, supporter une partie des frais que l'alimentation de leur enfant entraîne ; mais elles sont certaines d'avoir pour un prix minime un lait pur et stérile.

On trouve encore des gouttes de lait annexées aux

« crèches » ou « garderies », c'est-à-dire aux établissements destinés à recueillir les enfants des mères qui travaillent (Firmin Marbeau) ; annexées également aux pouponnières, où de jeunes enfants, plus ou moins abandonnés par leurs parents, sont confiés à des nourrices qui les élèvent au grand air.

Enfin il y a lieu de signaler l'existence des « Mutualités maternelles, où des mères, riches ou pauvres, s'associent pour permettre à certaines d'entre elles de ne reprendre leur travail qu'un mois après les couches (Poussineau .

---

## CHAPITRE VIII

### LA SCIENCE ALIMENTAIRE ET MÉDICALE VIS-A-VIS DU LAIT

#### ALIMENTATION HUMAINE VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES LAITS ANIMAUX

La valeur énergétique se mesure aujourd'hui en multipliant les chiffres moyens de la composition centésimale par le nombre de calories que l'expérience a déterminé pour chacun des éléments.

Nous rappellerons d'abord la composition moyenne par litre des laits dont il va être question dans ce chapitre :

	Vache		Brebis	Chèvre	Anesse
	lait entier	lait écrémé			
Matières grasses...	40,0	1,0	70,0	60,0	9,0
Lactose . . . . .	50,0	52,0	55,0	52,0	64,0
Caséines . . . . .	35,0	36,0	56,0	43,0	17,0
Matières minérales.	7,0	7,2	9,6	8,0	3,8

En multipliant ces chiffres par 9,4 pour les matières grasses, 4,1 pour le lactose, 4,4 pour les matières azotées, on obtient, en calories :

	Vache		Brebis	Chèvre	Anesse
	lait entier	lait écrémé			
Matières grasses...	376,0	9,4	658,0	564,0	84,6
Lactose . . . . .	205,0	213,2	225,5	213,2	262,4
Caséines . . . . .	154,0	158,4	247,4	189,2	75,8
TOTAL . . . . .	735,0	381,0	1129,9	966,2	421,8

Il ne faut pas oublier qu'à côté de ces calories fournies par le carbone des matières grasses, des sucres et des ca-

séines, l'alimentation ne néglige pas l'azote de ces dernières, en sorte que, si l'on compare la valeur énergétique du lait entier et du lait écrémé, celle du premier est sensiblement double de celle de l'autre, mais la valeur azote est la même dans les deux cas.

Chez une vache qui nourrit son veau ou qui est traitée 91 à 93 % de la valeur énergétique de ses aliments passe dans son lait.

La matière azotée du lait, c'est-à-dire les caséines, sont, au point de vue de la reconstitution des tissus, une des plus avantageuses de celles que la nature nous offre. On a en effet hydrolysé, c'est-à-dire dissocié les matières azotées animales et végétales, et extrait de chacune d'elles les acides aminés qu'elles peuvent fournir. Il semble que ce soit les caséines qui en donnent le plus grand nombre et que plusieurs de ceux qui en dérivent, comme la lysine, le tryptophane, la cystine (protéine renfermant du soufre) sont absents dans la plupart des autres (Abderhalden et ses élèves).

Voici d'ailleurs les produits azotés de la désagrégation de la molécule caséine ; la difficulté qu'il y a à reconnaître chimiquement et à doser ces produits, laisse naturellement quelque doute sur la précision des résultats.

Alamine.....	0,9	Histidine.....	2,6
Valine.....	1,0	Cystine.....	0,1
Leucine.....	10,5	Tyrosine.....	4,5
Sérine.....	0,2	Phénylalanine.....	3,2
Acide glutamique.....	11,0	Proline.....	3,1
Acide aspartique.....	1,2	Oxyproline.....	0,2
Arginine.....	4,8	Tryptophane.....	1,5
Lysine.....	5,8		

Nous n'ajouterons rien sur la nature des sels dont il a été parlé au chap. III et spécialement sur l'intérêt que présentent, pour l'alimentation, les phosphates ; ils forment environ la moitié du poids des cendres.

Enfin nous rappellerons que le lait apporte avec lui des

enzymes, susceptibles d'assurer les échanges, et des vitamines propres à inciter et régulariser la croissance.

### Substitution du lait des animaux au lait de femme.

— L'alimentation du nouveau né par le lait de femme, et spécialement par celui de la mère, est incontestablement la plus désirable. Mais il arrive trop souvent que, malgré le désir qu'en manifeste la mère, cette satisfaction lui est retirée et qu'elle doit avoir recours soit à des « remplaçantes », soit à l'emploi de lait d'animaux, frais, concentré ou séché. Quels inconvénients cette manière de faire présente-t-elle pour les nouveaux nés ?

C'est naturellement au lait de vaches que l'on s'adresse le plus ordinairement. Or, les deux laits ne peuvent être comparés chimiquement et biologiquement, toute réserve faite sur les difficultés qui existent à fixer la composition du lait de femme ; on conçoit en effet que, s'il est facile d'exiger d'un animal la traite à fond et un régime régulier, exempt de fatigue, la question n'est plus la même quand il s'agit d'une nourrice. Quoiqu'il en soit, on peut dire qu'en moyenne le lait de femme renferme :

	Par litre	Valeur énergétique en calories
Matière grasse.....	35,0	329,0
Lactose.....	65,0	266,5
Caséines.....	15,0	66,0
Matières minérales.....	2,5	»
		<hr/> 661,5

Le pouvoir énergétique du lait de femme n'est donc pas, par suite d'une plus grande quantité de lactose et d'une quantité presque égale de matière grasse, très éloigné de celui que représente le lait de vaches (735 cal.), mais il porte en lui une différence essentielle, c'est qu'il renferme deux fois moins de caséines et trois fois moins de matières minérales.

La conséquence de cette discussion, c'est que quand on

se trouve appelé à faire la substitution du lait de vaches au lait de femme, on doit couper le lait entier de son volume d'eau, préalablement bouillie, de façon à ramener, autant que possible, la teneur en caséines et en sels à ce qu'elle serait dans le lait de femme ; mais alors le lait se trouve moins chargé en hydrates de carbone, c'est-à-dire en matières grasses et en lactose ; on y remédie en ajoutant du saccharose ; celui-ci peut être dissous dans l'eau bouillante dont il a été question ci-dessus. C'est d'après cette formule que sont préparés les laits dits « maternisés », dits « humanisés », etc... Ils sont en outre homogénéisés, puis stérilisés ou simplement pasteurisés.

Dans les gouttes de lait, dans les institutions de puériculture, les crèches, les mutualités maternelles où l'on assure la distribution de laits sains, ceux-ci sont vendus, à des prix minimes, purs et stérilisés, et l'on indique aux mères ou nourrices la quantité d'eau sucrée, bouillie, qu'il convient d'y ajouter, suivant l'âge de l'enfant. On donne, par exemple, dans les premières semaines de la vie, le lait de vaches additionné d'un tiers d'eau et de 5 à 6 % de sucre, puis de moitié d'eau, à partir de six semaines, puis le lait entier, quand l'enfant arrive à trois ou quatre mois (D<sup>r</sup> Variot). La ration journalière de l'enfant s'inspire, dans une certaine limite, de l'augmentation constatée de son poids. Il prend une quantité de lait égale environ au sixième de son poids pendant les premières semaines, au septième de son poids pendant les suivantes (D<sup>r</sup> Variot). Il faut éviter l'« hyperalimentation » autant que l'« hypoalimentation ».

Certaines nourrices ont quelquefois une quantité de lait insuffisante, surtout le soir « hypogalactie vespérale » ; dans ce cas, l'enfant trouve dans le lait de vache, convenablement administré, le complément de sa ration.

L'introduction, dans l'alimentation, des laits concentrés, a soulevé des objections imméritées ; on leur a imputé

des cas de scorbut. Des milliers d'observations, faites avec des laits bien préparés (marque française Gallia) ont permis d'affirmer que cela n'est pas ; si l'on a constaté parfois quelques vestiges légers de rachitisme costal, il convient de reconnaître que ceux-ci se sont manifestés également avec les laits de vaches ordinaires (D<sup>r</sup> Variot). Quand il s'agit de lait concentré sucré, on fait dissoudre ce lait dans l'eau bouillie (une cuillerée pour 40 gr. d'eau) ; on augmente peu à peu la quantité de lait ainsi reconstitué, ou bien on se sert de lait concentré pour préparer les bouillies et purées.

Le lait desséché est, comme nous l'avons dit, en général privé de sa matière grasse. Son emploi est soumis à une certaine réserve ; car il n'est pas prouvé que la dose de sucre, caloriquement équivalente à la dose de matières grasses, puisse remplacer celles-ci, et que tous les laits en poudre soient aptes à se délayer et s'émulsionner dans l'eau bouillante. On a constaté des cas où le lait, ainsi reconstitué, était mal utilisé par les enfants, dont les déjections devenaient fétides et dont l'augmentation de poids était insuffisante (D<sup>r</sup> Variot) ; on en a signalé d'autres où le lait en poudre prévenait les troubles digestifs à tendance gastrique et intestinale, chez les enfants « vomissant » (D<sup>r</sup> Aviraguet).

Les aliments « lactés » sont des mélanges de farines d'orge, de féculs, de lactose, de cacao, de phosphate de calcium et de lait en poudre, mélanges que l'on peut faire soi-même, en évitant une dépense excessive.

Le lait de vache, écrémé par centrifugation ou spontanément, doit être, même quand il a été stérilisé, proscrit de l'alimentation infantile ; car les nouveaux-nés comme les jeunes enfants ressentent vivement l'élimination que l'on a faite des matières grasses.

L'objection que nous venons de faire au lait en poudre et au lait écrémé ne subsiste pas, bien entendu, quand il

s'agit de l'alimentation des adultes ; le lait écrémé, dans ce cas, est un excellent aliment, à la condition qu'il ne serve que de substratum à des éléments plus concentrés, tels que soupes, riz, gâteaux, etc.

La vente du lait écrémé doit être autorisée à la condition que celui-ci provienne d'un atelier d'écrémage irréprochable, que le lait employé à l'écrémage ne soit pas acide, que des étiquettes, bien apparentes, annoncent qu'il s'agit de lait écrémé et que le lait écrémé ne doit pas être donné aux enfants.

Les enfants et même les adultes ne supportent pas toujours le lait, c'est-à-dire ne le digèrent pas. Les nouveaux-nés eux-mêmes peuvent refuser le lait de leur mère ou de leur nourrice. Quand les phénomènes d'indigestion se présentent dès les premières ingestions, l'enfant est la victime d'une intolérance personnelle ou d'« idiosyncrasie ». Si, au contraire, ce n'est qu'au cours des premiers mois que ces phénomènes se manifestent, on doit les rattacher à ceux décrits par Richet sous le nom d'« anaphylaxie ». On prétend expliquer ce désordre organique par la présence, dans le sang des nourrissons, d'une albumine de nature différente des caséines du lait. L'anaphylaxie peut être combattue par une injection sous-cutanée faite avec le lait même que l'enfant ne peut pas supporter. Il se forme un anticorps qui s'oppose au pouvoir septique du lait. Le lait de femme doit être, pour ces injections, employé crû et aseptique, bien entendu ; le lait de vache, si c'est le lait de vache qui a produit l'intolérance, peut être stérilisé au préalable. L'injection de lait de femme ne produit pas de réaction ; l'injection de lait de vache réagit au contraire (Temporal).

On a bien souvent préconisé, dans l'alimentation infantile, le lait de chèvre et on lui a attribué des vertus que même le lait de femme ne présenterait pas. La constatation,

faite bien des fois, que les chèvres ne contractent que très rarement la tuberculose, donne à leurs laits une garantie d'une grande valeur ; on dit même que la gastroentérite n'est pas à craindre. Le lait est d'une digestibilité remarquable, probablement parce que ses globules gras sont de plus petit diamètre que ceux du lait de vache. Lorsque la chèvre est bien soignée, quand elle est convenablement séparée du bouc, le lait ne présente pas cette odeur qui l'a souvent fait dénigrer. Mais sa composition n'est pas la même : il renferme souvent plus de matières grasses que le lait de vache, et est sensiblement plus riche en matières azotées, 43 gr. par litre au lieu de 35, beaucoup plus riche par conséquent que le lait de femme qui n'en renferme que 15 gr. par litre. C'est probablement là une des causes qui ont permis de constater que le lait de chèvre ne présente pas, pour les nouveaux nés, les avantages traditionnels qu'on lui attribue. Des enfants, nourris au lait de chèvre, à la campagne, se sont montrés atrophés et rachitiques, et ont pu être restaurés par l'administration méthodique du lait de vache stérilisé (D<sup>r</sup> Variot). Ajoutez que le lait de chèvre est en général délivré, sans aucune précaution aseptique, par des propriétaires de troupeaux qui parcourent les rues de nos grandes villes et qui, au lieu de traire la bête à fond, à époques régulières, la trait au fur et à mesure de la demande du client.

On a enfin recommandé l'introduction du lait d'ânesse pour remplacer le lait de femme défailant, en se basant sur ce fait que, comme il a été montré plus haut, le lait d'ânesse renferme à peu près la même dose de caséines que le lait de femme. Mais c'est un lait très pauvre en matières grasses, élément indispensable pour le jeune enfant, très pauvre également en matières minérales, c'est-à-dire en phosphates. Le lait d'ânesse, en dehors d'un prix prohibitif, est un mauvais aliment pour les jeunes.

**Mécanisme qui préside à la digestion du lait.** — Le premier acte de l'estomac qui reçoit du lait est de le cailler. Le suc gastrique renferme de la présure et celle-ci fait cailler le lait à la façon des présures de veau, de chevreau, etc... Ce n'est pas à son acidité que le lait doit cette propriété, qui se révèle d'ailleurs sans qu'il soit acide dans l'estomac des enfants. La présure ou Lab agit mieux en liqueur acide, parce que les deux actions caillantes s'ajoutent.

Le suc gastrique renferme également de la pepsine qui peptonisera le caillot de caséine ; la pepsine est également plus active en milieu acide.

Mais il y a lieu de se demander s'il convient que le lait soit caillé avant que le caseum subisse la peptonisation ou si la digestion, c'est-à-dire l'action de la présure et celle de la pepsine, sont continues. Notons d'abord que beaucoup de biologistes admettent aujourd'hui que la présure et la pepsine sont un seul et même ferment, agissant dans des conditions différentes (Efferont).

Certains biologistes considèrent que le caillage du lait, préalable à sa peptonisation, a l'avantage de retenir quelque temps le caillé dans l'estomac, de permettre au serum de s'écouler et de faire agir ensuite la pepsine sur une matière moins diluée (Tobler et Carnot).

L'expérience, faite sur des chiens porteurs d'une fistule et même sur un enfant de 14 ans, a montré que le processus n'est pas aussi simple que cette notion classique l'indique. Durant le premier quart d'heure, le lait passe tel quel de l'estomac à l'intestin, mêlé évidemment au suc gastrique, mais sans que celui-ci ait eu le temps d'agir pour le cailler ; puis le caillage ayant eu lieu progressivement, le lactosérum s'écoule, mais mélangé de caillots de caséine ; la bile pénètre, colorant le liquide en jaune, et ce liquide tenant en suspension les molécules de caséine et de beurre, finement broyées,

traversent l'estomac sans être peptonisés ; car, au sortir de l'estomac, on retrouve 90 à 95 % de la caséine ingérée. Il semble donc que la coagulation préalable ne soit pas utile ; c'est une coïncidence ; car le lait non caillé, pénétrant dans l'intestin, où il rencontre le suc pancréatique, se peptonise tout aussi bien. Mais du moment qu'il se caille, les mouvements spasmodiques de l'estomac sont indispensables pour broyer le caillot et préparer la peptonisation intestinale (D<sup>r</sup> Gaucher).

Quand l'estomac est paresseux, si la motricité gastrique est insuffisante, ou si la fermeture spasmodique du pylore empêche les matières broyées de passer dans l'intestin, le caillé est rejeté à l'état de vomissure ou de diarrhée. Le lait de femme et le lait d'ânesse caillent plus difficilement que le lait de vache par la présure et fournissent des flocons plus petits, qui sont, dans un état plus divisé, transmis aux intestins (D<sup>r</sup> Gaucher).

Puisque la caséine peut être digérée directement, on a cherché à éviter le caillage. On s'est adressé au lait stérilisé, qui, privé de la minéralisation de sa caséine, comme il a été dit plus haut, caille plus difficilement (Budin) ; l'expérience a montré que la différence est peu sensible.

L'addition de citrate de sodium semble devoir ralentir la coagulation (D<sup>r</sup> Variot) ; l'effet produit n'est pas satisfaisant (D<sup>r</sup> Lacheny) ; son véritable avantage est d'exciter la motricité de l'estomac, en même temps qu'il exerce sur lui une action sédative, qui calme les vomissements.

Enfin il est un autre produit susceptible d'arrêter le caillage du lait ; c'est un anti-corps, dit *antiprésure* ou *antilab*, que l'on rencontre chez quelques animaux, chez le veau et surtout le cheval ; l'activité anticoagulante de son sérum peut être augmentée par des injections de présure (Briot).

**Transmission des maladies par le lait.** — Certaines maladies humaines comme la tuberculose peuvent être transmises par le lait d'une vache, soit que les organes mammaires laissent passer les microbes pathogènes, soit que le lait, une fois recueilli, ramasse sur les ustensiles, dans l'air, par l'intermédiaire des insectes, des microbes, qui trouvent dans le lait un bouillon de culture exceptionnellement favorable.

Dans le premier des cas précités, nous rencontrons le bacille de la tuberculose, qui, en général, provient d'ulcérations extérieures à la mamelle; mais il est des cas, fort rares d'ailleurs, où la mamelle est cliniquement saine, mais comporte néanmoins quelque lésion tuberculeuse. Enfin il peut arriver, dans le cas où la tuberculose d'un animal est généralisée, que le pis d'une vache voisine et saine soit éclaboussé par les excréments infectés, et que le pis, s'il n'a pas été nettoyé avant la traite, entraîne quelques bacilles.

Certaines chèvres de race maltaise sont, par leur sang, porteuses de dangereux microbes (*micrococcus melitensis*) et leur lait communique, par passage à travers la mamelle, une fièvre dite méditerranéenne ou fièvre de Malte.

D'autres maladies, comme la fièvre typhoïde, se transmettent, non pas de l'animal à l'homme, mais de l'homme à l'homme; la seule espèce humaine en effet est capable de convoier le bacille typhique; elle le fait par l'intermédiaire de ce bouillon de culture remarquable qui est le lait, et dans lequel il se propage si rapidement que l'on a comparé cette propagation à une véritable explosion. Ce bacille typhique s'y trouve ensemené par l'eau d'un puits contaminé avec laquelle on a mouillé le lait ou simplement nettoyé les ustensiles, par le contact, au moment de la traite, des mains du vacher porteur de germes par lui-même ou par les personnes porteuses de germes qu'il a

approchées, par l'invasion de mouches qui ont emporté, à l'extrémité de leurs pattes, des bacilles ramassés dans un endroit infecté. L'explosion de la culture microbienne est plus rapide dans un lait neutre que dans un lait acide, dans un lait cuit que dans un lait crû (les œufs cuits sont plus altérables que les œufs crus, à cause du changement de viscosité de l'albumine, Lindet), dans une crème battue, c'est-à-dire aérée, que dans une crème ordinaire; on se rappelle le grave accident de Cholet. On compte par centaines les cas d'épidémies typhiques dues au lait; le lait contaminé par un seul fournisseur peut compromettre tout l'approvisionnement par ramassage d'une laiterie centrale. La topographie de l'épidémie est calquée sur la route que suit le garçon ramasseur (Porcher).

Il y a lieu de faire remarquer d'autre part que les laits stérilisés peuvent être accusés d'apporter le scorbut, par le fait d'une carence de vitamines. Aussi recommande-t-on pour l'alimentation rationnelle des enfants d'accompagner l'ingestion du lait stérilisé, de fruits frais, de jus de fruits, porteurs de vitamines.

Il convient d'ajouter que si le lait apporte des maladies il semble en mesure d'en guérir d'autres.

Depuis fort longtemps, l'application du lait sur les yeux malades a été considérée comme une panacée; les nourrices tirent du lait de leur sein, pour en baigner les yeux de leurs nourrissons. Cette pratique a été préconisée récemment par de nombreux médecins pour les kératites lymphatiques, les iritis rhumatismaux, les ophtalmies blennorrhagiques.

Ils ont été plus loin et ont recommandé non plus les compresses, mais les injections sous-cutanées de lait contre la grippe, la fièvre typhoïde, le typhus exantématique, l'orchite, le salpingite, la blennorrhagie, etc.; nous avons déjà fait des réserves au sujet du traitement des animaux par les injections de lait. Il semble que l'on doive être encore

plus prudents vis-à-vis de la galactothérapie appliquée à l'espèce humaine.

**Laits thérapeutiques.** — Le premier de ces laits que l'on peut appeler thérapeutiques est peut-être le lait qui par addition d'eau et de sucre est destiné à des êtres faibles dont il est nécessaire de surveiller la santé et la croissance. On peut également pour certains enfants atteints de vomissements et de troubles intestinaux préparer un lait *hyper-sucré*, à 10 % de sucre, homogénéisé et pasteurisé, qui est d'une digestion spécialement facile (D<sup>r</sup> Variot).

On a proposé, afin d'obtenir un lait plus fortifiant, d'ajouter à la ration alimentaire une certaine quantité de phosphate de calcium ; l'expérience a montré nettement que la dose de phosphate des « laits phosphatés » restait normale (Duclaux).

On a pu, paraît-il, enrichir le lait en principes iodés jusqu'à concurrence de 0,1 gr. par litre, au moyen d'injections huileuses d'iode ; mais cette expérience n'a qu'un intérêt scientifique et ne peut en aucune façon intéresser la médecine.

Il en est de même des nombreux essais opérés sur le chloroforme (Nicloux), sur les nitrates, sur les sels de mercure, etc... Les quantités que la mamelle laisse filtrer, dans certains cas, sont insignifiantes par rapport aux quantités que la bête supporte difficilement.

#### ALIMENTATION ANIMALE

L'alimentation lactée, dans le cas des animaux, est exclusivement l'alimentation des jeunes et spécialement des veaux, des porcelets et des poulains.

Les veaux de lait, ceux qui sont destinés à la boucherie et doivent fournir une viande blanche, reçoivent, pendant les dix ou quinze premiers jours d'abord, le colostrum, puis du lait entier, exclusivement. A ce moment on peut

remplacer le lait entier par du lait écrémé, mais à la condition d'ajouter à la ration des aliments non fibreux, farines d'orge, farine de maïs, féculé de pommes de terre. Cette substitution doit être progressive et complète au bout d'une vingtaine de jours. Il faut, quand le veau pèse 35 kilos, environ 6 litres de lait pour qu'il engraisse de 1 kilo. Plus il augmente en poids, plus il exige naturellement de lait, pour assurer cette augmentation journalière, et il arrive un moment où le prix du lait qu'il consomme dépasse celui que l'on paierait le veau à la boucherie (Gouin). On ne saurait conseiller de nourrir, après les 15 premiers jours, les veaux avec du lait écrémé exclusivement ; il en faut environ 15 litres pour une augmentation de 1 kilo et les résultats ne semblent pas avantageux.

Mais les veaux d'élevage peuvent absorber des rations plus élevées en succédanés, parmi lesquels figurent les farines de céréales, les farines de viande, les tourteaux, les touraillons, les graisses, etc... jusqu'au jour où l'on peut les conduire au pâturage ; le délai, suivant la race et la précocité de l'animal, est de 4 à 6 mois, dans les dernières semaines desquels on peut substituer progressivement aux bouillies ou aux barbottages, de l'herbe, du foin ou des betteraves.

Les porcelets reçoivent, dès la fin de la 3<sup>e</sup> semaine, un peu de lait écrémé, dont on augmente la dose progressivement, et dans laquelle on peut mettre un peu de farine d'orge ; on diminue en même temps progressivement le nombre de têtés et on ne sépare les porcelets de leurs mères qu'à la fin de la sixième semaine.

Enfin on donne aux porcs le petit lait de fromagerie, qui, sauf une très faible dose de caséine, ne renferme guère que du lactose et des sels ; c'est plutôt une buvée qu'un aliment ; aussi ce petit lait ne se consomme-t-il qu'accompagné de farines, de son, etc...



PAYOT, 106, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS-VI<sup>e</sup>

---

JOSEPH-BARTHÉLEMY

PROFESSEUR-ADJOINT A LA FACULTÉ DE DROIT DE PARIS — DÉPUTÉ DU GERS

## Le Gouvernement de la France

*Tableau des Institutions politiques, administratives  
et judiciaires de la France contemporaine*

Un vol. in-16. . . . . 5 fr.

---

GERMAIN MARTIN

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT  
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE DROIT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

## Les problèmes du Crédit en France

Un vol. in-16. . . . . 5 fr.

---

CHARLES RIST

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DE DROIT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

## Les Finances de Guerre de l'Allemagne

*(Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences Morales  
et Politiques)*

Un vol. in-8. . . . . 15 fr.

---

GEORGES BONNET

COMMISSAIRE-ADJOINT DU GOUVERNEMENT AU CONSEIL D'ÉTAT  
En collaboration avec ROGER AUBOIN

## Les Finances de la France

Un vol. in-16. . . . . 7 fr. 50

---

R. CARNOT

## L'Étatisme Industriel

Un vol. in-16. . . . . 5 fr.

---

ADRIEN ARTAUD

DÉPUTÉ  
PRÉSIDENT HONORAIRE DE LA CHAMBRE DE COMMERCE DE MARSILLE

## Finances et bon sens

Un vol. in-16. . . . . 6 fr.

---