

LA CONTAMINATION DES EAUX UTILISÉES DANS L'INDUSTRIE LAITIÈRE ET LEUR STÉRILISATION PAR L'OZONE (1),

par M. le D^r SALMON,

Inspecteur départemental d'Hygiène des Deux-Sèvres.

L'une des conditions essentielles auxquelles doit satisfaire le machinisme d'une laiterie moderne est de pouvoir disposer en abondance d'une eau de bonne qualité.

Cette notion est aujourd'hui devenue tellement classique que j'hésiterais à la répéter devant un auditoire de spécialistes si je n'étais particulièrement bien placé pour apprécier les difficultés insurmontables que soulève parfois son application.

Laissant de côté la question, cependant bien importante, de la quantité d'eau dont doit disposer une laiterie, je n'envisagerai que la question de sa qualité. Après avoir rappelé très succinctement les caractères qu'elle doit présenter, j'étudierai successivement comment ces caractères peuvent se modifier, disparaître, c'est-à-dire comment une eau primitivement de bonne qualité pour la laiterie devient, sans que l'on s'en doute, extrêmement nuisible pour cet usage ; comment cet accident peut être prévenu et quel remède il convient d'y apporter.

Les qualités de l'eau employée dans l'industrie du beurre.

On peut énoncer, en principe, que toute eau ayant les caractères d'une eau dite potable, dans le sens où cette expression est employée par les hygiénistes, est convenable pour les multiples usages de la laiterie.

Le degré de potabilité d'une eau ne peut malheureusement pas se représenter par une formule mathématique.

Il est défini par des considérations tirées d'un ensemble de caractères dont aucun n'est absolu. Passons-les rapidement en revue pour la clarté du sujet :

Au point de vue physique, l'eau potable doit être claire, incolore, inodore, fraîche et de saveur agréable.

Au point de vue chimique, elle doit être modérément minéralisée, ne contenir que très peu de matières organiques (moins de 2 mmgr. par litre), peu de chlorures et ne renfermer aucun élément qui indique une contamination (nitrites, ammoniac).

(1) Rapport présenté au Congrès national de laiterie d'Annecy (octobre 1924).

Au point de vue bactériologique, le nombre des germes, même des germes liquéfiant qu'elle contient importe peu. La nature des germes et les proportions relatives de certains d'entre eux sont à prendre davantage en considération ; le *bacille coli*, le *bacille lactis aerogenes*, le *bacille pyrocyanique*, le *bacille proteus*, l'*entérocoque*, sont parmi les espèces qui indiquent une contamination certaine ; leur nombre par rapport aux autres microbes renseigne sur l'importance de la contamination.

D'après DIÉNERT, les eaux souterraines bien protégées contre les eaux superficielles ne doivent jamais renfermer de bacilles cultivant dans le bouillon au vert malachite et noircissant le sous-acétate de plomb introduit dans le milieu à la gélose.

La spécification est donc extrêmement importante pour juger de la qualité d'une eau au point de vue hygiénique. Elle n'est pas moins importante au point de vue de l'industrie laitière, car, parmi les espèces qui décèlent une contamination certaine, il en est qui exercent une influence nuisible dans la fabrication. Incorporées au beurre, elles provoquent des fermentations qui donnent au produit un mauvais goût ou accélèrent son rancissement, tels sont : le *micrococcus prodigosus*, le *bacillus fluorescens liquefaciens* qui donne au beurre un goût de savon, le *bacterium coli* et le *bacillus aerogenes* qui lui donnent un goût amer. Certains de ces microbes peuvent se trouver déjà dans la crème associés aux ferments lactiques et contribuant à produire la maturation, ainsi que le développement de l'arôme. Mais leur introduction dans le beurre pendant les opérations du barattage a une action différente, car ils viennent apporter une prédominance des germes nuisibles lesquels détruisent les bonnes associations d'où résulte l'arôme.

Ces faits ne sont pas nouveaux et il est reconnu aujourd'hui qu'une des causes les plus fréquentes du rancissement prématuré du beurre est la mauvaise qualité de l'eau, comme l'ont démontré depuis longtemps MM. DORNIC et DAIRE.

On ne saurait donc attacher trop d'importance à la qualité des eaux en laiterie, puisque ce sont les mêmes germes caractéristiques des eaux non potables qui provoquent les fermentations nuisibles. Il faut y ajouter toutefois les moisissures, telles que l'*Oidium lactis* et le *Penicillium brevicaudata*, toujours abondantes dans les eaux mal protégées du contact de l'air.

Comment on se procure de l'eau potable.

Pour se procurer une eau potable, les industriels ne disposent pas d'autres moyens que ceux qui sont couramment employés par les

hygiénistes. Il importe donc, lors de l'établissement d'une laiterie, qu'ils aient recours aux mêmes précautions, c'est-à-dire : 1^o faire procéder à la recherche du point d'eau par un géologue compétent. Celui-ci déterminera non seulement la potabilité probable de l'eau, mais il appréciera aussi le débit et désignera l'emplacement le plus propice pour le creusement du puits ou les travaux de captation ; 2^o faire procéder à l'analyse de la potabilité et à l'analyse bactériologique qui renseigneront sur la qualité de l'eau à utiliser, et la confiance qu'on peut lui accorder.

De nombreuses laiteries sont pourvues cependant d'une eau suffisamment potable bien qu'elles n'aient pas effectué rigoureusement les minutieuses recherches préalables précédentes, mais la plupart d'entre elles sont exposées à des surprises désagréables. Je dirai même qu'il ne suffit pas qu'une eau ait été une première fois reconnue potable ; il est indispensable que cette potabilité soit contrôlée de temps en temps par des analyses périodiques. La plupart des eaux, en effet, même les meilleures, sont susceptibles d'être brusquement ou progressivement le siège d'une contamination. Ces contaminations ont pour cause, le plus souvent, un accident géologique impossible à prévoir (cassure, fissure du sous-sol, provoquant des infiltrations d'eaux superficielles, des infiltrations de purin, de fosses d'aisance non étanches, etc...).

Dans le cas particulier des laiteries, j'ai relevé une cause fréquente de contamination qui réside dans le procédé employé pour se débarrasser des eaux résiduaires. On peut à l'égard de ces établissements employer l'expression d'auto-contamination, les laiteries contaminant leur eau potable avec les résidus de leur propre fabrication. Il y a là un danger que je crois devoir signaler ; j'en possède, en effet, un certain nombre d'exemples.

La question me paraît même devoir être traitée avec certains détails car elle constitue la base de ma communication.

Une cause de contamination grave des eaux utilisées dans les laiteries.

L'industrie du beurre est de date relativement récente ; son extension rapide n'avait pas été prévue, de sorte que les laiteries qui se sont successivement installées n'ont pas été l'objet des formalités et des prescriptions hygiéniques auxquelles sont astreints les établissements classés. Personne ne s'est donc préoccupé de la destinée des eaux résiduaires. Les établissements voisins d'une rivière ont envoyé leurs eaux résiduaires directement dans le cours d'eau, d'autres ont pratiqué l'épandage sur des terrains quelconques situés à proximité ;

d'autres encore ont jugé commode et peu coûteux d'installer un puisard à faible distance de l'usine et y ont déversé toutes les eaux de lavage. Enfin, quelques-unes, lorsqu'elles y ont été contraintes, ont eu recours au traitement chimique des résidus. On ne saurait trop recommander cette dernière pratique, puisque non seulement elle évite la contamination des eaux potables, mais parce que certains procédés reconnus, tels que celui de MM. DORNIC et DAIRE, ont, en outre, l'avantage d'être économiques, la valeur en engrais des résidus traités permettant de récupérer les frais de manutention.

Il convient d'étudier la destinée de ces eaux résiduaires en tenant compte d'une part de leur composition et d'autre part des milieux où ils sont rejetés.

On a calculé que la quantité d'eaux résiduaires d'une laiterie est sensiblement égale à la quantité de lait qui y est travaillée, c'est-à-dire qu'une laiterie qui traite quotidiennement 10.000 litres de lait, par exemple, évacue 10.000 litres d'eaux résiduaires.

Ces eaux résiduaires proviennent surtout du lavage des appareils et du beurre, elles peuvent être considérées en somme comme un lait très dilué en voie de fermentation auquel s'ajoutent un peu d'huile provenant du graissage des machines, du sel et du carbonate de soude. Abandonnées à elles-mêmes, elles fermentent d'autant plus facilement qu'elles sont déjà chargées des germes qui en ont amorcé la dégradation chimique. Le lactose sous l'influence des ferments lactiques se transforme en acide lactique, puis en acide butyrique. Les matières albuminoïdes subissent des dégradations progressives qui les amènent jusqu'au terme ammoniacque en dégagant des odeurs infectes. Les matières grasses s'oxydent aussi et finissent par se désagréger, mais avec une extrême lenteur.

Que deviennent ces eaux résiduaires dans les différents procédés employés pour s'en débarrasser ?

1° *Rejet à la rivière.* — Ce procédé commode, n'a pas de graves inconvénients si le cours d'eau où s'effectue l'évacuation a un débit suffisant. On a calculé pour cela qu'il fallait que le débit du cours d'eau soit 15 fois supérieur à celui des eaux rejetées. J'estime que ce chiffre est trop faible, car il faut aussi tenir compte des variations saisonnières. D'ailleurs, lorsque l'épuration naturelle en rivière est insuffisante, elle occasionne la mort des poissons, des émanations désagréables, et les autorités sanitaires ne manquent pas d'exiger l'installation d'une épuration chimique.

2° *Epannage.* — C'est un procédé très recommandable et celui qui convient le mieux pour la désintégration de la matière grasse, mais il exige une grande surface de terrains spéciaux où la nitrification et la filtration puissent s'effectuer facilement ; il exige aussi une répar-

tition méthodique des eaux à épurer. Si l'épandage n'est pas parfaitement réglé sur un terrain convenable, il présente les mêmes dangers que l'évacuation directe sans précautions dans le voisinage de la laiterie et que je vais maintenant examiner.

3° *Rejet direct sur terrains quelconques.* — Un grand nombre d'établissements, en effet, ont adopté ce procédé sans s'inquiéter des inconvénients qui pouvaient en résulter pour eux-mêmes.

Trois cas peuvent se présenter au point de vue du sous-sol où se fait l'évacuation :

a) *Le sous-sol est peu perméable (terrains marécageux, argile, roches compactes imperméables)*; la décomposition des résidus s'effectue en partie à l'air libre, provoque des émanations désagréables susceptibles même d'être absorbées par la crème et le beurre en lui communiquant un mauvais goût.

b) *Le sous-sol est perméable en petit (sables, graviers, certains grès, arènes, éboulis, etc...)*; les eaux résiduaires traversent facilement ces terrains et l'épuration peut s'effectuer dans les meilleures conditions possibles. Malheureusement, l'épaisseur des couches filtrantes est rarement suffisante et la contamination des nappes aquifères est à craindre dans un périmètre assez étendu. DIENERT a montré qu'elle pouvait se produire à la distance de 20 mètres.

c) *Le sous-sol est perméable en grand (calcaire, craie, grès fissurés)*; l'épuration pourrait encore, dans une certaine mesure, être satisfaisante, mais dans ces terrains fissurés la décomposition de la matière grasse est très lente, les apports continuels finissent par colmater les fissures en profondeur et en étendue, transformant tout le sous-sol en une vaste et labyrinthique fosse septique. Dès lors, fatalement, par les diaclases naturelles, la contamination des puits voisins se produit et dès que cet accident survient il est impossible de prévoir quand il cessera de se manifester.

4° *Rejet dans un puisard absorbant.* — Ce procédé, en apparence économique, est certainement le plus dangereux à tous les points de vue.

Les puisards absorbants sont d'ailleurs formellement condamnés en principe par les géologues et par les règlements sanitaires. Ils pourraient bien, à mon avis, être tolérés dans certains cas exceptionnels, mais sous réserve d'une étude géologique préalable. Ils sont surtout dangereux dans les terrains calcaires, car tous les géologues reconnaissent aujourd'hui avec MARTEL que les calcaires de quelque nature qu'ils soient constituent un crible et non un filtre.

Donc, l'épandage ou l'évacuation directe des eaux résiduaires sur le sol ou dans un puisard à proximité de la laiterie est un danger pour les sources dont on utilise l'eau. Ce danger est encore plus grand

pour les laiteries elles-mêmes parce que les germes contenus dans l'eau contaminée sont précisément ceux qui, incorporés au beurre, provoquent les fermentations les plus nuisibles.

Cette contamination a une durée qu'il est impossible d'évaluer et qui peut être très longue pour les raisons que j'ai expliquées précédemment, même si les apports d'eaux résiduaires viennent à cesser.

Pour la déceler, il suffit d'une analyse bactériologique minutieuse avec spécification des germes afin d'en déterminer la nature et les proportions relatives.

Remède à la contamination des eaux potables dans les laiteries. — Cet accident n'est toutelois pas sans remèdes. Le premier qui vient à l'esprit et c'est le seul à préconiser, c'est la stérilisation des eaux avant leur emploi. Parmi les multiples procédés de stérilisation des eaux, deux seuls sont à retenir pour le cas qui nous occupe : ce sont la stérilisation par les rayons ultra-violetts et la stérilisation par l'ozone.

Ces procédés n'introduisent, en effet, dans l'eau aucune substance étrangère et n'en modifient ni la composition chimique ni les caractères organoleptiques.

MM. DORNIC et DAIRE ont obtenu avec les rayons ultra-violetts des résultats encourageants, mais la stérilisation par les rayons ultra-violetts présente l'inconvénient d'exiger des eaux absolument limpides et incolores. En outre, le contrôle du bon fonctionnement des appareils ne peut se faire que par des analyses périodiques fréquentes.

Le procédé à l'ozone qui exigeait autrefois, en outre d'une installation coûteuse, le maniement d'appareils délicats, compliqués, a subi depuis quelques années une série d'améliorations qui en ont rendu l'application tout à fait pratique. Il a été adopté pour la stérilisation des eaux d'alimentation de plusieurs villes, notamment à Boulogne-sur-Mer avec ses derniers perfectionnements. Les appareils actuels sont d'un maniement commode et sans danger ; ils n'exigent pas de personnel spécialisé, leur contrôle est automatique, ils peuvent être confiés dans une laiterie à un mécanicien chargé en même temps de la conduite de la machinerie générale. Quant au prix de revient, pour une laiterie qui traite environ 15.000 litres de lait par jour, par exemple, il ne dépasse guère qu'une dépense d'électricité d'un demi kilowatt.

Quelques mots d'explications sur ce procédé ne seront pas inutiles.

Principe du procédé à l'ozone. — Le principe de la stérilisation à l'ozone consiste, comme on le sait, à mettre en contact intime l'eau à stériliser avec de l'air ozonisé afin de détruire par oxydation tous les

germes microbiens et fermentatifs qu'elle contient ainsi qu'une partie de la matière organique. Les appareils nécessaires à cette opération varient sensiblement quant aux détails selon les systèmes des constructeurs. Sommairement décrit, le dernier en date, appliqué à Boulogne-sur-Mer, par exemple, comprend :

- a) Un appareil producteur d'ozone ou ozoniseur ;
- b) Un système de circulation d'air ozonisé ;
- b) Un stérilisateur où s'effectue le contact de l'air ozonisé avec l'eau à stériliser.

L'ozoniseur appartient au type des ozoniseurs tubulaires, c'est-à-dire qu'il est formé par le groupement d'un certain nombre de tubes ozoniseurs. Chacun de ces tubes est constitué par un cylindre de verre dans lequel est exactement centré un cylindre en aluminium qui reçoit le courant électrique et constitue une électrode intérieure, l'électrode extérieure étant constituée par de l'eau de refroidissement circulant autour des tubes de verre dans une caisse métallique reliée à la terre et munie de regards de contrôle.

L'effluve jaillit dans l'espace annulaire compris entre les deux tubes.

Par un dispositif particulier qu'il serait trop long de décrire ici et qui comporte une petite pompe aspirante et foulante et un système de canalisation, on produit une circulation d'air à travers cet effluve. L'air se charge d'ozone et est envoyé, toujours sous pression, à la base du stérilisateur en même temps que l'eau à stériliser.

Le stérilisateur est une grande colonne en tôle galvanisée ou en ciment armé divisée en plusieurs tronçons par des cloisons perforées. L'eau à traiter et l'air ozonisé qui y pénètrent ensemble par le bas la parcourent dans un temps exactement calculé, se heurtant ensemble à chacun des trois diaphragmes qui assurent leur mélange intime et permettent à l'ozone d'agir sur les microbes et sur la matière organique. Au sommet du stérilisateur l'eau stérile s'écoule dans un réservoir, l'air et l'ozone non utilisés sont repris par la pompe qui assure leur circulation et le cycle recommence.

Le contrôle du fonctionnement s'effectue, en ce qui concerne la partie électrique, par l'observation du voltmètre et de l'ampèremètre montés sur un tableau ainsi que par l'aspect de l'effluve qui se produit dans l'ozoniseur.

Le contrôle de la circulation d'air ozonisé se fait par un regard pratique dans le stérilisateur.

Pour s'assurer de l'efficacité de la stérilisation il suffit de faire un prélèvement de l'eau à la sortie du stérilisateur, et de l'ajouter d'un réactif à l'iodure de potassium amidonné. Si la stérilisation est bonne, l'eau doit donner immédiatement une coloration bleue plus ou moins intense.

Je ne puis m'étendre davantage sur la description de ces appareils, mais je tiens à dire que la stérilisation des eaux potables par l'ozone est le procédé le plus pratique, le plus hygiénique et le plus sûr qui existe.

Son application à l'industrie du beurre, d'après une expérience récente que j'ai suivie à la laiterie de Celles sur-Belle avec le plus grand soin et que j'ai décrite d'autre part (1) donne des résultats excellents.

On aurait pu craindre avec raison, avant cette expérience, qu'une eau traitée par l'ozone ne conservât un pouvoir oxydant susceptible de nuire à l'arôme naturel du beurre, et de favoriser son oxydation, ce qui n'eût fait, en somme, que changer purement et simplement les causes du rancissement.

J'ai constaté que cet effet nuisible ne se produit pas si l'on ne dépasse pas la quantité d'ozone rigoureusement nécessaire pour stériliser l'eau à traiter. D'ailleurs, même dans ce dernier cas, le simple passage de l'eau stérilisée dans un réservoir intermédiaire suffirait pour que toute trace d'ozone s'éliminât instantanément dans l'atmosphère.

Le beurre lavé avec une eau convenablement traitée par l'ozone conserve sa saveur naturelle. Son rancissement est considérablement retardé.

CONCLUSIONS. — Je terminerai donc ma communication par les conclusions suivantes :

1° Dans l'industrie laitière, il y a intérêt à n'utiliser pour le lavage du beurre et des appareils que des eaux présentant les caractères des meilleures eaux potables.

2° Ces eaux, même si elles ont été reconnues de bonne qualité, doivent rester l'objet d'une surveillance constante par des analyses bactériologiques périodiques.

3° L'évacuation des eaux résiduaires de laiteries sur un terrain d'épandage non approprié ou dans un puisard absorbant fait courir les plus grands dangers aux eaux potables du voisinage et particulièrement à celles employées par la laiterie même.

Il y a intérêt la plupart du temps à faire subir aux eaux résiduaires un traitement chimique avant leur évacuation.

4° La stérilisation par l'ozone des eaux utilisées pour le barattage et le lavage des produits et des appareils dans l'industrie du beurre est efficace, pratique et économique.

NOTA. — Une réserve est à faire cependant, théoriquement, en ce qui concerne la destruction des moisissures, bien que celles-ci soient apportées le plus souvent par l'air. Des expériences ultérieures que je me propose d'entreprendre fourniront sur ce point des précisions complémentaires.

(1) *L'Industrie Laitière*, Bulletin Officiel de la Société Française d'Encouragement à l'Industrie laitière. Paris, 3, rue Baillif.