LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

- G. GÉNIN. — L'emploi des métaux dans l'industrie laitière. I. L'aluminium 113
- E. BROCHU, M. PANISSET et M. VEILLEUX. — Rapport d'un travail d'expérimentation sur le contrôle de la mammité streptococcique par la vaccination curative et préventive et quelques mesures hygiéniques. (*A suivre.*) 131
- A. KARSTEN. — L'importance du cuivre comme matériau pour la construction des appareils employés en laiterie 145
- R. DEHOVE et L. DESSIRIER. — Recherche et dosage du diacétyle dans les beurres 150

Bibliographie analytique :

- 1^o Les livres 153
- 2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 157

Bulletin bibliographique :

- 1^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 185

XI^e Congrès international de laiterie (Berlin, 21-28 août 1937) :

- 1^{re} Section : Production du lait, Laiterie tropicale.
- BUNGER. — L'alimentation rationnelle du bétail laitier à l'aide des fourrages produits à la ferme 190
- J. AXELSSON. — La conservation des fourrages par l'addition d'acides 216

Documents et informations :

- Augmentation de la production du lait et de celle des produits laitiers dans les pays du Nord 221
- Augmentation de la consommation du beurre en Suède 223
- L'organisation moderne des étables 223

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

L'EMPLOI DES MÉTAUX DANS L'INDUSTRIE LAITIÈRE

par

G. GÉNIN

Ingénieur E. P. C. I.

Parallèlement à l'industrie chimique, la métallurgie depuis quelques dizaines d'années a réalisé des progrès considérables, tant dans l'étude de la structure des métaux et de leurs alliages que dans la préparation de nouveaux alliages aux propriétés souvent remarquables en ce qui concerne plus particulièrement leur résistance à la corrosion.

L'industrie chimique n'a pas été une des dernières à bénéficier de ces progrès et elle fait un emploi de plus en plus important de

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

ces métaux et alliages spéciaux dans la construction du matériel qui lui est nécessaire.

L'industrie des produits alimentaires, en tant que branche particulière de l'industrie chimique, s'est rapidement rendu compte des avantages qui pouvaient résulter de l'emploi de ces métaux résistant à la corrosion, car il se trouvait que certains produits alimentaires organiques se révélaient beaucoup plus corrosifs que les produits chimiques, beaucoup plus même que les acides et les bases inorganiques.

Il n'est donc pas étonnant que l'on ait vu depuis quelques années l'industrie alimentaire faire un appel de plus en plus important aux aciers spéciaux, au nickel et à ses alliages, à l'aluminium et à ses alliages pour la fabrication de certains appareils et des récipients destinés à contenir les produits alimentaires.

L'industrie laitière n'a fait que suivre ce mouvement, et alors que jadis le cuivre étamé était pour ainsi dire le seul métal utilisé dans une laiterie, aujourd'hui on trouve couramment dans les installations modernes des appareils en nickel, en aluminium, en aciers spéciaux, etc.

Or, il importe que dans le choix d'un métal destiné à la construction d'un appareil, on tienne compte d'un nombre considérable de facteurs, en particulier dans une industrie qui, comme l'industrie laitière, est appelée à traiter des produits excessivement sensibles, souvent très corrosifs par les acides organiques qu'ils contiennent et qui en outre sont plus particulièrement recommandés pour l'alimentation des enfants, des malades et des vieillards, et qui de ce fait doivent être d'une sûreté absolue et ne doivent contenir aucune substance étrangère capable d'agir sur la santé des consommateurs.

Pour choisir un métal destiné à être employé dans l'industrie laitière, on tiendra compte d'un nombre très important de facteurs tels que le prix du métal pour que la valeur des appareils n'atteigne pas un niveau excessif, la facilité avec laquelle le métal peut se travailler, se souder, se plier, se couler, etc. Il faut s'assurer également que le métal ne communique aucun goût au lait ou aux produits au contact desquels il est placé et que les sels qu'il peut éventuellement abandonner en solution dans le lait ne soient nullement dangereux. Il faut enfin s'assurer que le lait et ses différents constituants n'ont aucune action corrosive excessive sur le métal et que les agents chimiques que l'on emploie presque chaque jour pour nettoyer et stériliser les appareils d'une laiterie, sont pratiquement sans action sur le métal qui les constitue.

Il nous a donc semblé utile aujourd'hui de faire le point et de publier une étude d'ensemble sur les différents métaux couramment

employés dans l'aménagement des laiteries, beurreries et fromageries modernes. Nous passerons successivement en revue chacun des métaux essentiels et leurs alliages utilisés en laiterie, et chaque chapitre comprendra un exposé rapide de l'historique du métal, de sa fabrication et de ses propriétés, une description de ses principaux emplois en laiterie et une étude plus complète de la façon dont il se comporte vis-à-vis du lait et de ses dérivés, et des différents agents employés pour le nettoyage et la stérilisation des appareils. Notre première étude aura pour objet l'aluminium et ses alliages.

I.

L'ALUMINIUM ET SES ALLIAGES EN LAITERIE

L'aluminium a été préparé pour la première fois en 1827 par WOEHLER en traitant le chlorure d'aluminium par le potassium, mais le produit ainsi obtenu était impur, il se présentait sous l'aspect granulé et il faut attendre SAINTE-CLAIRE DEVILLE qui montra, en soumettant l'aluminium ainsi préparé à l'action d'un courant de chlorure d'aluminium à la température du rouge, que l'état granulé et pulvérulent sous lequel l'aluminium se présentait jusqu'alors tenait uniquement aux impuretés qu'il contenait.

SAINTE-CLAIRE DEVILLE s'attacha alors à mettre au point une méthode de fabrication industrielle du métal et, après de nombreuses années de recherches, constata que l'addition au chlorure double d'aluminium et de sodium d'une certaine quantité de cryolithe (fluorure double d'aluminium et de sodium) permettait de faciliter considérablement le traitement du chlorure d'aluminium par le potassium et mieux encore par le sodium.

Parallèlement à ces recherches sur la préparation chimique de l'aluminium, SAINTE-CLAIRE DEVILLE essaya de préparer le métal par voie électrolytique et il démontra que l'électrolyse de l'alumine, en solution dans un bain de fluorures fondus, permettait d'obtenir directement de l'aluminium à un haut degré de pureté. Mais, à l'époque où cet auteur procédait à ses expériences, l'énergie électrique était encore chère et il fallut attendre les travaux de HALL aux États-Unis en 1886 et de HEROULT en 1888 en France pour mettre au point définitivement la fabrication par électrolyse de l'aluminium.

Méthode actuelle de fabrication de l'aluminium

La fabrication de l'aluminium s'effectue aujourd'hui en deux étapes distinctes :

1^o Fabrication de l'alumine à partir de la bauxite.

2^o Fabrication de l'aluminium à partir de l'alumine.

La bauxite est un oxyde d'aluminium renfermant, en dehors

de l'alumine, de la silice, de l'oxyde de fer, de l'oxyde de titane et de l'eau. On utilise pratiquement la bauxite rouge, qui contient peu de silice, car les procédés actuels ne permettraient pas d'utiliser d'une façon économique les minerais contenant plus de 5% de silice. On sait d'ailleurs que la France est particulièrement bien partagée au point de vue des gisements de bauxite.

Pour transformer la bauxite en alumine, on fait appel au procédé Bayer qui consiste à concasser le minerai, à le traiter par la soude caustique en autoclave à une température d'environ 160°, à séparer ensuite par décantation la solution d'aluminate de soude du précipité d'oxydes et de silicoaluminates, à décomposer l'aluminate de soude par agitation, à filtrer et à calciner l'hydrate d'alumine à 1.200° environ.

L'aluminium se prépare alors par électrolyse d'un mélange fondu d'alumine anhydre et de cryolithe, la fusion de ce mélange étant assurée par le passage du courant lui-même. L'opération a lieu à une température comprise entre 920° et 1.000° dans des cuves ou fours constitués par un bâtiment métallique recouvert intérieurement de charbon aggloméré constituant la cathode. Les anodes sont constituées par des barres de charbon de qualité exceptionnelle ne renfermant pas plus de 1 à 2% de cendre au maximum. La consommation d'électrodes est d'environ 600 à 900 kilogrammes par tonne d'aluminium, de telle sorte qu'avec le charbon nécessaire à la fabrication de l'alumine, il faut compter sur une consommation de 8 tonnes de combustible pour produire une tonne d'aluminium. En ce qui concerne la consommation d'énergie électrique, elle est, dans les usines modernes, d'environ 25 kwh. par kilogramme d'aluminium.

Formes commerciales de l'aluminium

L'aluminium commercial ne contient que deux impuretés principales : le fer et le silicium ; les autres ne sont présentes qu'en trace insensible. L'aluminium est classé en trois catégories suivant sa pureté : on distingue l'aluminium à 98-99%, l'aluminium à 99-99,5% et l'aluminium d'une pureté supérieure à 99,5%. Il est livré dans le commerce soit en lingots à section trapézoïdale de 900 grammes ou de 3 à 4 kilogrammes, soit en plaques de laminage. On le trouve également sous forme de billettes de section ronde ou carrée utilisées pour la fabrication des fils, barres, etc.

Ajoutons que, dans l'industrie laitière l'aluminium est surtout utilisé sous forme de plaques, de feuilles pour la fabrication des récipients, il peut l'être également sous forme de tubes pour la fabrication des tuyauteries et enfin sous forme de lingots pour la

fabrication de pièces moulées telles que par exemple les plateaux des échangeurs de température.

Propriétés physiques et mécaniques de l'aluminium

L'aluminium est, après le magnésium, le métal industriel le plus léger. Son point de fusion est relativement bas, mais cependant nettement plus haut que celui de l'étain, du plomb, du zinc. Seuls l'argent, le cuivre et l'or possèdent une conductibilité thermique supérieure à celle de l'aluminium. Nous avons d'ailleurs reproduit ci-dessous ses caractéristiques physiques essentielles (métal d'un titre de 99,6%) :

Poids atomique	27
Densité à 20°	2,70
Point de fusion	658°
Coefficient de dilatation linéaire	23×10^{-6}
Chaleur spécifique	0,22 cal./g par degré C.
Conductibilité thermique à 0°	0,50 cal./cm sec. par degré C.
Pouvoir émissif par rapport aux corps noirs (tôle polie à 30°)	0,06

Au point de vue mécanique, l'aluminium coulé ou laminé se caractérise par une faible résistance, mais de grands allongements. L'aluminium, surtout l'aluminium à haut titre, a une remarquable ductilité qui le rapproche de l'étain. Cette ductilité facilite les opérations d'emboutissage et de tréfilage et l'aluminium peut être façonné sous les formes les plus variées. Ces caractéristiques sont d'ailleurs influencées par le titre, le corroyage, l'écrouissage, etc. On peut également modifier profondément les caractéristiques du métal pur par des additions de métaux étrangers.

Propriétés chimiques

C'est dans le domaine chimique que l'aluminium possède des propriétés les plus caractéristiques car, tout en étant un corps ayant beaucoup d'affinité pour l'oxygène, il est pratiquement inaltérable à l'air dans les conditions ordinaires. Cela tient à ce que l'aluminium s'oxyde tout d'abord presque instantanément et se recouvre d'une couche d'alumine excessivement mince et transparente, très adhérente et imperméable et qui protège le métal contre l'oxydation ultérieure.

Par contre, l'aluminium est très sensible au contact des solutions salées et surtout de l'eau de mer et il se produit une corrosion plus ou moins prononcée sous forme de piqûres localisées aux points faibles de la couche protectrice d'alumine. On peut dire d'une façon générale que l'aluminium est d'autant plus résistant à la corrosion qu'il est plus pur ; aussi, dans les industries chimiques et

alimentaires, on emploie de préférence le métal à 99,5% et, pour certaines applications, on a même intérêt à utiliser le 99,8 ou le 99,99%.

Il est un point essentiel sur lequel il faut insister, car sa méconnaissance peut conduire à des accidents parfois importants ; il a trait au couple galvanique que forme l'aluminium placé dans un milieu conducteur au contact d'un métal plus noble que lui, comme par exemple le fer et le cuivre. Sous l'influence de ce couple galvanique, l'aluminium subit une corrosion très importante qui est d'autant plus élevée que la surface de l'aluminium est faible par rapport à celle de l'autre métal.

La plupart des acides minéraux attaquent l'aluminium, les alcalis et les carbonates alcalins forment des aluminates solubles (sauf l'ammoniac). Les bases des métaux alcalino-terreux exercent aussi une action sensible ; enfin l'aluminium réagit sur les solutions de chlorure, de bromure et d'iodure alcalins ou alcalinoterreux, sur ses propres sels et il déplace de leur solution les métaux plus nobles : argent, mercure, cuivre, plomb, etc.

Par contre, l'aluminium présente une résistance très remarquable à l'action du soufre et de ses dérivés ; il résiste à l'eau oxygénée et surtout aux acides organiques, ce qui en a fait un métal très important pour la fabrication des appareils utilisés dans l'industrie alimentaire. L'aluminium résiste bien à l'acide acétique glacial, à froid ou à chaud, aux acides gras tels que acides oléique, stéarique, palmitique, etc. ; seul l'acide formique fait exception à cette règle. L'aluminium résiste également à un grand nombre de substances organiques telles que formol, alcool éthylique, éther sulfurique, acétone, corps gras divers, etc.

Au point de vue de l'industrie des produits alimentaires, les alliages d'aluminium qui sont aujourd'hui très nombreux (alliages de cuivre, de silicium, de silicium et de cuivre, de manganèse, de manganèse et de magnésium, de cuivre, de magnésium et de manganèse, de silicium de manganèse et de magnésium, de cuivre de manganèse et de nickel, etc.) ne présentent pas un grand intérêt, car, d'une façon générale, on peut dire que l'aluminium est d'autant plus résistant à la corrosion qu'il est plus pur. Ce sont les alliages de cuivre qui se comportent le moins bien, par contre ceux qui contiennent du silicium, du manganèse et du magnésium peuvent donner parfois de bons résultats.

Traitements superficiels de l'aluminium

Les traitements que l'on fait subir aux objets en aluminium ont pour but soit de modifier l'aspect du métal, sans pour cela agir sur sa nature chimique, soit de transformer la surface du métal afin de

donner naissance en particulier à une pellicule protectrice résistant parfaitement à la corrosion, soit enfin de former sur le métal une couche d'accrochage qui permettra par exemple de faciliter l'application d'une peinture ou d'un vernis.

Parmi les procédés de traitement qui ont pour objet de modifier, au point de vue de l'aspect seul, la surface de l'aluminium, il faut citer le décapage, le sablage, le satinage, le polissage et le brunissage.

Photo Pradère-Talence (Gironde), aimablement communiquée par l'Aluminium français.

Photo Aluminium français.

Bidon à lait contenance 20 litres
en alliage d'aluminium (almasilium).

« Alu-filtre » pour la filtration du lait
entièrement en aluminium.

Pour décaper l'aluminium, on se sert généralement d'une solution chaude de soude caustique à 10 ou 20^o/_o. Après décapage, on neutralise à l'acide nitrique et lave à grande eau.

Le sablage s'applique surtout aux pièces de fonderie de grandes dimensions ; on utilise pour cette opération du sable ni trop gros, ni trop fin, projeté sous une pression de 1 kg. 5 à 2 kg. par centimètre carré.

Le satinage s'effectue à la brosse en fils d'acier très fins (brosse rotative tournant à 1.200-1.500 tours-minute). Le polissage se fait au moyen de buffles en cuir ou en feutre et on termine au tampon en utilisant une pâte à polir à base de tripoli et de suif. Enfin, le bru-

nissage s'effectue avec un brunissoir en acier, le lubrifiant étant un mélange d'huile et de vaseline contenant une solution de borax.

Les traitements qui ont pour objet de faire apparaître à la surface du métal un revêtement protecteur reposent presque tous sur l'oxydation provoquée de l'aluminium. Nous avons vu en effet que la pellicule d'alumine qui se forme spontanément sur le métal protège ce dernier, il y a donc intérêt à favoriser la formation de cette pellicule, à augmenter son épaisseur, son adhérence au métal, etc.

Photo Aluminium français.

Intérieur d'une fabrique de fromages utilisant plusieurs dizaines de milliers de moules en aluminium.

Pour oxyder l'aluminium, on peut soit opérer par voie chimique, soit opérer par voie électrique. Dans le premier cas on plonge le métal pendant 3 à 5 minutes dans une solution de carbonate de soude à 8 % et de chromate de soude à 1,5 %, à la température de 90°. Dans le second cas (procédé anodique), on plonge le métal dans un bain conducteur et on fait passer le courant en se servant des objets à protéger comme anodes. Par électrolyse, il y a dégagement d'oxygène à cette anode et le métal se recouvre d'une pellicule d'oxyde.

Les pellicules d'oxyde ainsi obtenues servent parfaitement de surface d'accrochage pour la peinture ultérieure du métal. Mais on

peut également peindre directement l'aluminium, après avoir pris la précaution d'avoir rendu la surface rugueuse par sablage, décapage, etc. La couche d'impression doit être choisie avec soin, elle doit être constituée de produits n'attaquant pas l'aluminium et ayant un coefficient de dilatation voisin de celui du métal. On peut aussi employer des vernis au four qui s'appliquent à froid et qui sont ensuite cuits entre 150° et 180°.

Travail de l'aluminium

L'aluminium pur est rarement utilisé en fonderie, car son retrait (de 17 m/m. par mètre) fait naître des difficultés considérables dès qu'il s'agit de pièces un peu compliquées ou de grandes dimensions. Pour tous les travaux de fonderie, on utilisera donc de préférence certains alliages d'aluminium.

Le laminage de l'aluminium ne présente aucune difficulté particulière, il comporte deux phases distinctes : un ébauchage à chaud en un petit nombre de passes qui s'effectuent généralement à une température comprise entre 400 et 450° et un finissage à froid en un grand nombre de passes.

Pratiquement, on peut obtenir des tôles de toutes épaisseurs. Les installations existantes limitent le format des tôles à 3 mètres de largeur sur 10 mètres de longueur ; quant à l'épaisseur, elle est généralement de 8 à 12 m/m. pour les tôles servant à la construction des réservoirs, mais on peut obtenir des feuilles minces d'épaisseur beaucoup plus petite.

L'aluminium et ses alliages se prêtent remarquablement bien au filage à la presse. C'est ce moyen qu'on utilise pour la confection des barres, des tubes et des profilés divers. L'opération s'effectue à chaud à une température de 400°, mais la grande ductilité de l'aluminium pur et plus particulièrement du métal à haut titre permet de réaliser le filage à froid.

Le forgeage, le matriçage et l'estampage sont des opérations faciles à réaliser sur l'aluminium. Le travail s'effectue généralement à chaud entre 400° et 450°. On notera que d'une façon générale les matrices qui sont utilisées pour le travail de l'acier ne conviennent pas au travail de l'aluminium, car les rayons des arrondis et les formes ne sont pas les mêmes pour ces deux métaux.

Grâce à sa ductilité, l'aluminium se prête plus particulièrement à la confection des emboutis de toute nature. Habituellement, on part d'un flan recuit, mais si la déformation est peu importante, on peut utiliser du métal $\frac{1}{4}$ dur ou $\frac{1}{2}$ dur. On parvient, en une seule passe, à obtenir des emboutis d'une profondeur au moins égale au rayon.

Le chaudronnage de l'aluminium est généralement un travail

aisé qui exige simplement quelques soins, en raison de la faible dureté du métal. Toutes les fois que cela est possible, il est recommandé de travailler le métal à l'état recuit. Si on plie des tôles d'aluminium, il convient de ne pas descendre au-dessous d'un certain rayon qui est fonction de l'épaisseur, du degré d'écrouissage, de la composition de l'alliage et du traitement thermique. Le cintrage des tubes se pratique sur des machines à galets, en général après remplissage au sable ou à la résine.

Photo Pradère-Talence (Gironde), aimablement communiquée par l'Aluminium français.
Distribution du lait en réservoirs alliage d'aluminium (almasilium)
d'une capacité de 250 litres.

Les différents procédés de soudure appliqués à l'aluminium nécessitent une technique un peu particulière et il faut avant tout éliminer la pellicule d'alumine qui recouvre le métal. La soudure autogène est de beaucoup le procédé le plus employé. On utilise soit le chalumeau oxy-acétylénique, soit le chalumeau oxyhydrique et on opère vers 660°. La baguette d'apport doit avoir la même composition chimique que le métal des éléments qu'on désire assembler ; s'il s'agit d'aluminium pur, la baguette doit être de même titre ou d'un titre plus élevé. Souvent la soudure est martelée pour augmenter sa résistance mécanique.

La soudure à l'arc commence à se propager, elle est plus rapide que le travail au chalumeau, mais ne donne pas une ligne de soudure aussi nette. On ne peut l'envisager que pour les épaisseurs supérieures à 2 m/m. On peut également employer la soudure électrique par résistance.

Photo Pradère-Talence (Gironde), aimablement communiquée par l'Aluminium français.
Réservoirs en alliage d'aluminium (almasilium) d'une contenance
de 250 litres.

Enfin, on peut souder les différentes pièces d'aluminium au moyen de soudure tendre, c'est-à-dire de soudure comportant l'emploi de métaux étrangers à bas point de fusion : zinc, étain, etc. Ces soudures restent d'une application très limitée, elles se pratiquent soit à la lampe, soit au fer à souder mais sont à déconseiller pour le matériel destiné aux Industries chimiques et alimentaires.

La corrosion de l'aluminium par le lait

Le lait est un liquide extraordinairement complexe qui contient à la fois des radicaux organiques et inorganiques et qui tend à devenir acide lorsqu'il est abandonné à lui-même. Le lait frais a un pH de 6,6 à 6,7, qui s'abaisse à 4,6 lorsqu'il devient sur. Cette acidité est due à l'acide lactique formé par les bactéries, la formation de l'acide augmente lorsque la température s'élève et c'est ce qui explique pourquoi la corrosion des métaux par le lait passe par un maximum vers 80°. Au-dessus de cette température, la teneur en oxygène du lait diminue et la corrosion des métaux par le lait s'abaisse alors, l'oxygène étant un produit indispensable pour qu'il y ait corrosion des métaux par le lait.

De nombreux auteurs ont étudié la question de la corrosion des métaux par le lait ; nous citerons par exemple les travaux de SUPPLEE et BELLIS, de DONAUER, de RICE et MISCALL, de QUAM, SOLOMAN et HELLWIG, de MISCALL, CAVANAUGH et CARODEMUS, etc.

Les travaux d'HUNZIKER méritent tout particulièrement d'être cités, car cet auteur a réservé une partie de ses études à l'examen de l'action du lait sur l'aluminium. HUNZIKER avait déjà trouvé que l'aluminium et les alliages d'aluminium et de manganèse résistent à la corrosion par les acides organiques froids, étant à ce point de vue légèrement inférieurs aux aciers au chrome. Par contre, lorsque la température s'élève, il avait constaté que la corrosion devenait plus importante.

Cet auteur étudia ensuite l'attaque de l'aluminium par le lait frais et par le lait sur, et il constata que cette attaque est bien inférieure à celle de tous les autres métaux étudiés. L'aluminium, vis-à-vis du lait, se compare très exactement aux aciers au chrome, et sa surface est à peine ternie.

HUNZIKER a d'ailleurs constaté que l'état physique et la pureté du métal ont une grande importance. L'aluminium laminé, qui généralement est d'une grande pureté, résiste mieux à la corrosion que l'aluminium coulé qui est moins pur. SELIGMAN a également constaté que des objets fabriqués en partant de tôles d'aluminium restent intacts, même au bout de plusieurs années, lorsqu'ils sont placés au contact du lait, tandis que des pièces coulées sont assez rapi-

dement attaquées par suite de la présence d'impuretés qui donnent naissance, comme nous l'avons vu, à des couples galvaniques. Tout contact de l'aluminium avec un autre métal intensifie en effet la corrosion et le piquage de l'aluminium, et par exemple l'emploi de rivets en aluminium placés au contact de tôles d'acier au nickel et au chrome doit être tout particulièrement évité.

L'aluminium est un métal relativement mou et si les appareils sont manipulés sans soin, on peut craindre des déformations. C'est la raison pour laquelle il faut construire d'une façon robuste tous les appareils en aluminium et employer, si on le peut, des alliages plus résistants au point de vue mécanique. En ce qui concerne la résistance à la corrosion de ces alliages, il en est certains qui ont été étudiés, par exemple par FINK qui a constaté que l'hyblum, alliage d'aluminium et de nickel à haute teneur en aluminium, résiste convenablement au lait. DAVIES, dans un travail non publié, a également étudié la résistance des différents alliages d'aluminium et de magnésium et il a constaté que vis-à-vis du lait doux et froid, ces alliages sont identiques au métal pur, mais que par contre ils subissent une corrosion assez sensible en présence de produits très acides.

Nous ne pouvons mieux faire d'ailleurs que de résumer les conclusions de HUNZIKER et de ses collaborateurs (*Journal of Dairy Science*, t. XII, 1929, p. 140). D'après cet auteur, l'aluminium constitue un excellent matériau pour la construction du matériel employé en laiterie. Si l'on excepte sa mauvaise résistance vis-à-vis des agents alcalins (nous reviendrons sur ce point ultérieurement), il s'est révélé supérieur à l'étain et aux alliages de nickel. Dans les acides organiques, le lait doux, la crème, et dans les produits laitiers peu acides, comme par exemple la crème sure, le petit-lait, la corrosion et la perte de poids sont presque insensibles; par contre, dans les produits très acides, la corrosion devient plus importante et le produit acquiert un léger goût métallique.

Il est intéressant également de citer les travaux de H. T. GEBHARDT et de H. H. SOMMER (*Journal of Dairy Science*, t. XV, 1932, p. 42). D'après ces deux auteurs, l'aluminium s'est révélé comme particulièrement approprié pour la fabrication des réservoirs, des boîtes à lait et des petits récipients employés pour la manipulation du lait et des produits laitiers. En ce qui concerne les grands appareils, ces auteurs signalent que des divergences se sont parfois fait jour entre les opinions des spécialistes. Cette divergence d'opinion semble due principalement à ce que, dans la construction d'un appareil de grande importance et éventuellement de plus petites dimensions, il est difficile d'éviter l'emploi d'autres métaux que l'aluminium; or, nous avons vu que dès qu'un métal étranger est

présent, des couples galvaniques peuvent se produire entraînant une corrosion rapide du métal le moins noble, en l'occurrence l'aluminium.

Enfin la question se pose de savoir si les faibles traces d'aluminium qui sont susceptibles de passer en solution dans le lait peuvent jouer un rôle néfaste vis-à-vis du consommateur. Il semble que la réponse à cette question ait été résolue par la négative, car un grand nombre de spécialistes ont pu vérifier que les petites quantités d'aluminium qui peuvent être présentes dans le lait n'ont aucun effet toxique ou même simplement nuisible sur l'organisme du consommateur. Nous citerons en particulier les travaux suivants :

- *Les métaux dans nos aliments.* F. B. FLINN et J. M. JNOUYE, *J. Am. Med. Assoc.*, t. XC, 1928, p. 1010, et *Bull. Hyg.*, t. III, 1928, p. 733.
- *Méthodes actuelles d'expertise employées au Laboratoire municipal de Paris.* A. KLING, t. VI, 1921, p. 174.
- *La présence de l'aluminium dans les matières végétales et animales.* L. KAHLBERG et J. O. GLOSS, *J. Biochem.*, t. LXXXIII, 1929, p. 261 et t. LXXXV, 1930, p. 783.
- *L'influence de l'ingestion d'aluminium sur la croissance des jeunes enfants.* J. T. LEAVY et S. H. SCHEIV, *J. Amer. Chem. Soc.*, t. XXXIX, 1917, p. 1066.
- *Etude du rôle possible des composés d'aluminium dans la physiologie des animaux et des plantes.* MCCOLLUM, O. S. RASK et J. E. BECKER, *J. Biochem.*, t. LXXVII, 1928, p. 753.

Action des agents de nettoyage et des désinfectants chimiques sur l'aluminium et ses alliages

Il y a quelques années, O. F. HUNZIKER, W. A. CORDES et B. H. NISSEN ont publié une importante étude sur la corrosion des métaux par les agents de lavage employés en laiterie, les agents chimiques de stérilisation et les saumures réfrigérantes (*Journal of Dairy Science*, t. XII, 1929, p. 952). Cette étude fait encore autorité aujourd'hui et nous en avons extrait ce qui est relatif à l'attaque de l'aluminium par ces différents produits.

Pour procéder à cette étude, les auteurs utilisaient comme produits de lavage : du carbonate de sodium, du phosphate trisodique, de la soude caustique et divers produits vendus dans le commerce sous des noms différents : Wyandotte, Diversol, Tin Cleaner, enfin des mélanges de ces substances.

Comme agents chimiques pour la stérilisation : de l'hypochlorite de sodium, de la chloramine T et du Diversol.

Comme saumures réfrigérantes : des solutions de chlorure de calcium ou de chlorure de sodium.

Les essais de ces auteurs, en ce qui concerne l'aluminium et ses alliages, ont porté d'une part sur de l'aluminium pur et d'autre part sur un alliage d'aluminium et de manganèse contenant 1,25 % de ce dernier métal. Les métaux, sous la forme de bandes minces, étaient immergés en partie dans le liquide. Dans le cas des produits de lavage, la durée d'immersion était de 5 heures à la température de 65° C.; dans le cas des agents de stérilisation, la durée d'immersion était de 5 jours à 20° C., et dans le cas des saumures, les bandes étaient immergées pendant 10 jours dans la saumure maintenue à 0° C.

Voici quelques résultats d'essais avec l'aluminium et son alliage. Nous n'avons indiqué que les résultats se rapportant à des produits corrosifs de composition connue.

PERTE DE POIDS D'UNE BANDE DE MÉTAL DE 35,58 cm² IMMERGÉE
DANS LE LIQUIDE

	Solution de soude à 0,5 %		Solution carbonate de soude à 0,5 % 5 h. à 65° C. (mgr.)	Solution phosphate trisodique	
	5 h. à 65° C. (mgr.)	5 j. à 20° C. (mgr.)		à 0,5 % 5 h. à 65° C. (mgr.)	à 0,16 % 5 h. à 65° C. (mgr.)
Aluminium	317,4	453,0	35,3	52,6	13,4
Nickel	0,6	1,1	0,6	0,0	+ 0,5
Étain	19,7	0,4	10,9	0,2	9,1
Métal Monel	0,3	0,8	0,6	+ 0,7	+ 0,2
Alliage d'aluminium et de manganèse .	187,0	1.622,0	27,6	51,6	12,5

Note. — Le signe + signifie que les échantillons avaient augmenté de poids.

On voit que les pertes de poids de l'aluminium et de son alliage sont considérablement supérieures à celles de tous les autres métaux. Étant donné cette corrosion intense de l'aluminium par les alcalis, HUNZIKER a étudié la possibilité de réduire cette attaque, en employant des agents constitués par divers mélanges.

Il a constaté par exemple que l'addition de silicate de soude à la soude ne réduit pas l'attaque du métal, mais au contraire l'augmente; par contre, l'addition de silicate de soude au carbonate supprime complètement la corrosion et les pertes de poids sont pratiquement négligeables, le métal ne subissant qu'un léger ternissement. L'addition aux solutions de phosphate trisodique de silicate de soude ne diminue pas la corrosion du métal et ne supprime

pas le noircissement de l'aluminium lorsqu'il est plongé dans une solution de ces deux substances. L'addition de chromate de sodium à une solution de 0,5 % de phosphate trisodique réduit un peu le pouvoir corrosif de cette dernière pour l'aluminium, sans le faire disparaître complètement.

Autrement dit, les solutions alcalines exercent une certaine action sur l'aluminium. Par contre, l'emploi d'une solution contenant de 0,5 % à 5 % de carbonate de sodium et de 0,05 % à 1 % de silicate de soude est inoffensif.

En ce qui concerne l'action des agents stérilisants sur l'aluminium, on sait que tous ces produits doivent leur efficacité à la présence de chlore. Comme le chlore libre est un agent corrosif très actif, on peut penser que ces agents stérilisants attaquent l'aluminium. HUNZIKER a donc étudié la résistance des principaux métaux à ces agents, en opérant sur des solutions d'hypochlorite de soude (1 once par gallon), de chloramine T (0,1 once par gallon). Les essais étaient effectués à la température d'environ 20° C., la durée de contact étant prolongée pendant 5 jours. On étudiait également la résistance de ces métaux à une solution neutralisante de chaux hydratée contenant 2 onces de chaux vive par gallon. Les résultats de ces différents essais figurent sur le tableau ci-dessous :

PERTE DE POIDS D'UNE BANDE DE MÉTAL DE 35,58 cm² IMMERGÉE
DANS LE LIQUIDE

	Solution hypochlorite de soude 5 jours à 20° C. (mgr.)	Solution de chloramine T 5 jours à 20° C. (mgr.)	Solution de chaux 5 jours à 20° C. (mgr.)
Aluminium.....	0,8	0,2	+ 149,0
Nickel	7,0	+ 0,4	+ 0,2
Etain	29,8	2,5	0,4
Métal Monel	8,2	0,6	+ 1,1
Alliage d'aluminium et de manganèse	5,6	0,4	+ 185,0

Note. — Le signe + signifie que les échantillons avaient augmenté de poids.

On voit que l'aluminium est légèrement corrodé par les solutions contenant du chlore. L'alliage de manganèse et d'aluminium l'est sensiblement plus. Les solutions d'hypochlorite de soude sont beaucoup plus actives que celles de chloramine T.

Dans les solutions neutralisantes, les métaux à base d'aluminium sont considérablement corrodés et il se dépose une pellicule d'hy-

drate d'aluminium sur la surface, ce qui explique l'augmentation de poids constatée.

Enfin, pour étudier la façon dont se comportent les métaux vis-à-vis des saumures réfrigérantes, HUNZIKER a examiné l'action d'une solution de chlorure de sodium et celle d'une solution de chlorure de calcium, ces deux solutions étant en effet les plus employées. Lorsqu'elles sont fraîchement préparées, les solutions de chlorure de sodium sont pratiquement neutres, tandis que celles de chlorure de calcium sont légèrement alcalines, mais au cours de leur emploi, ces solutions sont continuellement exposées à l'air, elles absorbent l'acide carbonique de l'atmosphère et deviennent peu à peu acides. Aussi, pour éviter cet inconvénient, on rend souvent ces solutions alcalines par addition d'un excès de soude.

Il fallait donc, pour étudier l'action de ces solutions réfrigérantes, les rendre légèrement alcalines et on a opéré en utilisant des solutions de chlorure de sodium et de calcium d'une densité 1,17, chacune étant divisée en 4 parties égales. La première était exactement neutralisée; à la seconde on ajoutait 0,05 % de NaOH; à la troisième : 0,17 % de chromate de sodium, et à la quatrième 0,4 % d'une solution à 40° Bé de silicate de soude. D'autre part, dans certains cas, les bandes de métal soumises aux essais étaient plongées successivement pendant 2 heures dans la vapeur, puis pendant 2 heures dans l'eau froide, et enfin pendant 2 heures dans les solutions réfrigérantes, ceci afin de se rapprocher d'assez près des conditions d'emploi de la pratique.

Les résultats de ces essais ont montré que l'aluminium et son alliage de manganèse résistent assez bien à la corrosion par toutes les saumures réfrigérantes, sauf par celles qui sont alcalines.

**PERTE DE POIDS D'UNE BANDE DE MÉTAL DE 35,58 cm² IMMERGÉE
DANS LE LIQUIDE**

Nature de la solution	Aluminium	Alliage d'aluminium et de manganèse
Chlorure de calcium neutre	0,4	0,6
Chlorure de calcium + soude	+ 15,6	+ 21,9
Chlorure de calcium + chromate de soude .	+ 0,4	+ 0,2
Chlorure de calcium + silicate de soude ...	0,8	1,1
Chlorure de sodium neutre	3,3	2,8
Chlorure de sodium + soude	40,6	22,6
Chlorure de sodium + chromate de soude .	0,0	0,0
Chlorure de sodium + silicate de soude ...	+ 1,0	+ 0,1

Note. — Le signe + signifie que les échantillons avaient augmenté de poids.

Tout ce qui précède nous montre que l'aluminium a surtout comme principal inconvénient de ne pas résister aux agents alcalins. Or, aujourd'hui, l'aluminium est utilisé pour la construction des réservoirs à lait (certains ont une capacité de près de 3 m³). On l'emploie également pour la construction des appareils de pasteurisation, des échangeurs de température, des tuyauteries qui relient entre eux les différents appareils de la laiterie ; il est utilisé en beurrierie (barattes), en fromagerie ; on l'emploie pour la fabrication des boîtes de lait condensé et des pots destinés au transport du lait. Enfin, aux Etats-Unis, on a trouvé qu'il était économique d'obturer les bouteilles de lait au moyen d'une capsule en aluminium, cette capsule est d'un joli aspect, elle est imperméable, on la place sur la bouteille au moyen de machines automatiques et il suffit d'alimenter ces machines de feuilles d'aluminium enroulées sur des rouleaux.

Beaucoup de ces appareils au cours de leur emploi doivent être lavés chaque jour, désinfectés, aussi il a fallu trouver, pour éviter les inconvénients que nous avons signalés plus haut, des produits de nettoyage et de désinfection n'ayant aucune action corrosive sur l'aluminium.

Il existe différents produits qui sont aujourd'hui spécialement préparés en vue de leur utilisation pour le nettoyage des ustensiles en aluminium. On a donné dans le tableau ci-dessous la liste de

Nom du produit	Etat	Nom du fabricant
Saponite industrielle H. 3 ...	poudre	Société La Saponite, Charenton (Seine).
Neutro-Gir	poudre	Girardel, 44, fg Monthéliard, Belfort.
Cristal-Bélix	poudre	Laboratoires Bélix, 155, rue de Sèvres, Paris.
Ipro 79. B	poudre	C ^{te} Française de Produits Industriels, 177, quai d'Asnières, Asnières (Seine).
Sidotartre 505	liquide	Société des Dérivés du soufre, Lomme-lez-Lille (Nord).
Diversol et Aluminux	poudres	Diversey Corp., Chicago.
Nettoyant Diversey S. S.	poudre	Diversey Corp., Chicago.
Diversey Triple A.	poudre	Diversey Corp., Chicago.
Nettoyant Solvay A pour aluminium	poudre	Solvay Sales Corp., New-York.
Nettoyant Grasseli pour aluminium	poudres	Grasseli Chemical Corp., Cleveland.

quelques produits français, ainsi que les noms de produits américains cités dans une étude de F. D. GOLL (*Milk Plant Monthly*, t. XXV, n° 2, février 1936, p. 60).

RAPPORT D'UN TRAVAIL D'EXPÉRIMENTATION SUR LE CONTROLE DE LA MAMMITE STREPTOCOCCIQUE PAR LA VACCINATION CURATIVE ET PRÉVENTIVE ET QUELQUES MESURES HYGIÉNIQUES

par

EDOUARD BROCHU

L. S. A.,
Ass-Professeur de Bactériologie
Institut Agricole d'Oka.

Dr M. PANISSET

M. V., Professeur de Bactériologie
et de maladies contagieuses,
Ecole de Médecine Vétérinaire
de la province de Québec.

Dr M. VEILLEUX

M. V., Professeur de Pathologie Chirurgicale et de Clinique,
Ecole de Médecine Vétérinaire de la Province de Québec.

(Travail entrepris par la Société de Production animale du Comté
des Deux-Montagnes.)

Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à ceux qui ont rendu possible notre présent travail. Nos remerciements vont tout particulièrement :

A M. Gustave TOUPIN, professeur de Zootechnie, directeur de la Société de Production animale du Comté des Deux-Montagnes et organisateur du travail.

Au Ministère de l'Agriculture de la province de Québec pour son aide financière.

A l'Institut agricole d'Oka pour son aide matérielle.

Nos remerciements aussi au Dr J. M. ROSELL, pour ses directives scientifiques, à MM. J. PERRON, Ass-Professeur de Zootechnie, et E. PAGÉ, E. S. A., pour leur généreux concours, aux Dr L. BÉRARD, bactériologiste, R. RAJOTTE, M. V., à M. O. BOISVERT, M. Sc., au Prieuré Cistercien de Notre-Dame de Chicoutini pour leur contribution sous forme de rapports.

I

PARTIE DOCUMENTAIRE

A. Préliminaires.

De tout temps, les opinions sur la valeur des divers procédés thérapeutiques ont été partagées : « Hippocrate dit oui, mais Galien dit non. » Notre époque ne fait pas exception.

La science du criterium en thérapeutique ne semble pas à l'abri