

Contribution à l'étude expérimentale du lavage des Bouteilles

par MM. A. BOUDIER
Ingénieur E. C. P.

et C. BERLOTTIER
Ingénieur E. B. N.

Laboratoire de la S. A. des Eaux Minérales d'EVIAN-les-BAINS

Contribution à l'étude expérimentale du lavage des Bouteilles

par MM. A. BOUDIER
Ingénieur E. C. P.

et C. BERLOTTIER
Ingénieur E. B. N.

Laboratoire de la S. A. des Eaux Minérales d'EVIAN-les-BAINS

Nous publions ci-dessous avec beaucoup de plaisir l'étude que notre camarade BERLOTTIER, actuellement Ingénieur aux Grandes Brasseries de Saint-Nicolas - Vézelize, a effectuée dans les laboratoires de la Société des Eaux Minérales d'Evian, sous la Direction de M. BOUDIER, Directeur Technique de cette Société.

Nous constatons ainsi avec satisfaction que la recherche et les améliorations technologiques, prennent de plus en plus d'importance dans les préoccupations de nos jeunes Anciens.

Cette étude étant assez longue, nous l'avons fait précéder d'un résumé permettant aux lecteurs pressés, d'avoir une idée du travail de notre Camarade BERLOTTIER et de pouvoir se rapporter directement aux chapitres qui les intéressent plus spécialement.

RÉSUMÉ

INTRODUCTION

Dans les industries de boissons alimentaires, le nettoyage et la désinfection des récipients, bouteilles neuves et plus particulièrement bouteilles de remplissage, sont un problème à la fois complexe et important.

Les buts à atteindre sont :

1) DU POINT DE VUE QUALITATIF

a) Une bouteille **physiquement** propre, d'aspect clair et brillant, débarrassée de toutes traces d'impuretés, suffisamment égouttée et aussi froide que possible.

b) Une bouteille **chimiquement** propre, sans trace des produits qu'elle a pu contenir et sans persistance des solutions de nettoyage ou de stérilisation.

c) Une bouteille **bactériologiquement stérile**, dépourvue de micro-organismes susceptibles de nuire d'une part à la santé du consommateur, d'autre part à la conservation du produit embouteillé.

Ces recherches ont été rendues possibles grâce à l'aide matérielle de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique.

2) DU POINT DE VUE QUANTITATIF

Le nombre le plus élevé possible (selon le type de machine) de bouteilles lavées au prix de revient le plus réduit.

L'aspect qualitatif (facteur important de réussite commerciale) l'emporte, en principe, sur le quantitatif.

La machine pilote pour l'étude du lavage installée à la S.A. des Eaux Minérales d'Evian-les-Bains par MM. A. Boudier et L. Hi a été conçue pour l'étude scientifique, paramètre par paramètre, de ces divers problèmes.

Le programme de recherches mis au point sera exposé en six chapitres principaux.

I. — STANDARDISATION DES SALISSURES

Pour établir des courbes, paramètre par paramètre (ex.), il faut pouvoir réaliser une série de contrôles avec des bouteilles salées d'une façon homogène et se rapprochant le plus possible des conditions naturelles. Donc définir cette salissure:

— D'un point de vue physique

- aspect
- test à la fuchsine
- pH

— D'un point de vue chimique

- matières organiques
- sucres
- etc...

— D'un point de vue bactériologique

Addition de micro-organismes habituellement rencontrés et choisis parmi ceux particulièrement résistants aux traitements employés (chaleur, détergers, rinçage acide).

II. — ETALONNAGE DE LA MACHINE PILOTE PAR COMPARAISON AVEC UNE MACHINE INDUSTRIELLE

- 1) Précision, fidélité, constance des paramètres,
- 2) Etude comparative avec une machine industrielle, définition du coefficient d'adaptation de la machine pilote.

III. — ETUDE ET COMPARAISON DES MODES DE TRAITEMENT

Les divers procédés traitent les bouteilles:

1) **Systématiquement par l'eau**

- eau stérile ou potable
- contenant en solution un ou plusieurs produits de nettoyage
- additionnée d'un produit d'effet bactériologique.
 - à froid ou à température \pm élevée.
 - sans action mécanique (trempage statique).
 - en mouvement avec effet mécanique voulu en circuit ouvert ou fermé (injection à pression \pm élevée trempage dynamique).

L'action a lieu dans un ordre déterminé de paliers de température dans un ordre croissant, puis décroissant.

2) **Complémentairement par :**

- Effet chimique (solution acide avec ou sans autre produit exerçant une action de nettoyage ou bactériologique),
- Effet mécanique produit par des brosses.

Il faut donc étudier trempage, trempage dynamique, injections, effet chimique complémentaire seul ou associé en faisant varier pour un détergent donné : température, concentration et durée d'action.

La comparaison des résultats doit permettre de déterminer les rapports d'efficacité liant les différents modes de traitement. La connaissance de tels rapports offrira aux industriels la possibilité de comparer les diagrammes de lavage des différentes machines présentées par les constructeurs.

IV. — ESSAI DE DEFINITION D'UN MATERIEL DE LAVAGE INDUSTRIEL

Compte tenu de l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude, résultats qui définissent l'aspect qualitatif du lavage, on pourra essayer d'aborder l'aspect quantitatif et proposer un matériel de lavage correspondant à des conditions d'exploitation définies et permettant un rendement industriel supérieur.

CONCLUSION

Le lavage des bouteilles est un problème d'importance très variable d'un utilisateur à l'autre.

L'aspect qualitatif l'emporte, en principe, avonous dit sur l'économique. Toutefois, ce dernier présente le maximum d'importance dans la limite compatible avec l'obtention du niveau quantitatif désiré. Pour ce dernier, la pureté bactériologique en particulier sous l'angle de l'action possible sur le liquide embouteillé est d'importance très variable selon les cas :

— Intérêt limité pour les liquides rapidement consommés ou subissant un traitement à chaud dans les bouteilles.

— Intérêt primordial pour certains liquides sensibles ou consommés longtemps après l'embouteillage.

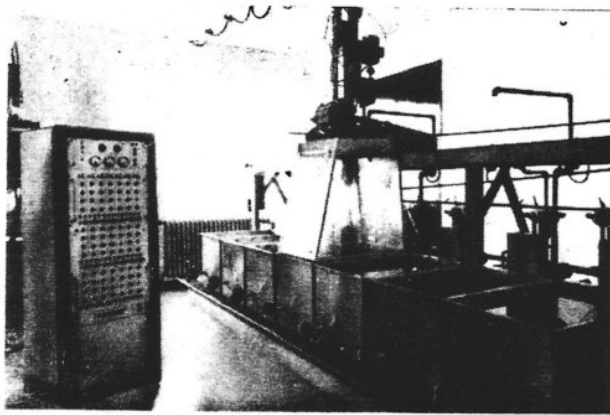
Dans les cas les plus difficiles où nous sommes volontairement placés, la recherche des meilleures conditions d'utilisation permet d'obtenir des résultats qualitatifs satisfaisants dans la plupart des cas pour ainsi dire, quelle que soit la laveuse, mais pas forcément à des prix de revient équivalents.

A partir de ces résultats de base, la machine pilote pour l'étude du lavage des flacons permet l'étude et la comparaison de nouveaux produits détergers ou antiseptiques.

Le lavage des Bouteilles

Dans les industries alimentaires, le nettoyage et la désinfection des récipients, bouteilles neuves et de retour, sont des problèmes complexes qui n'ont pas, jusqu'à présent, été étudiés avec toute la rigueur scientifique souhaitable.

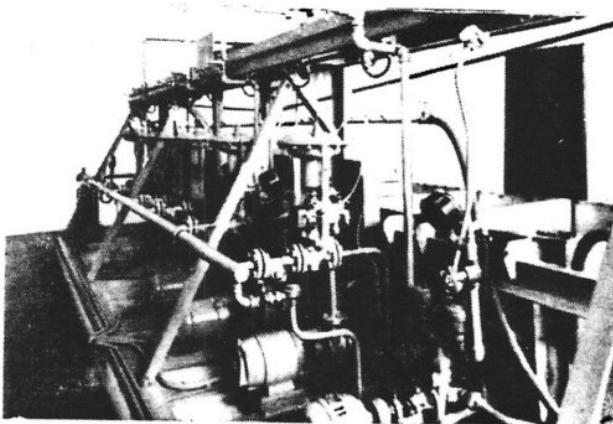
Pour essayer de combler cette lacune, une machine expérimentale a été mise au point et installée dans les laboratoires de la Société Anonyme des Eaux Minérales d'Evian-les-Bains. Cette machine permet de traiter, à la fois, deux bouteilles en vraie grandeur, de préétablir les cycles de lavage (trempage, injections, goupillonnages, etc.)



Laveuse expérimentale.

Vue générale avant et armoire de commande.

et de les reproduire de façon absolument identique le nombre de fois que l'on veut. Elle permet de ne faire varier qu'un paramètre du lavage à la fois, tous les autres restant fixes (température, concentration, durées de trempage ou d'injections, temps entre les opérations actives).



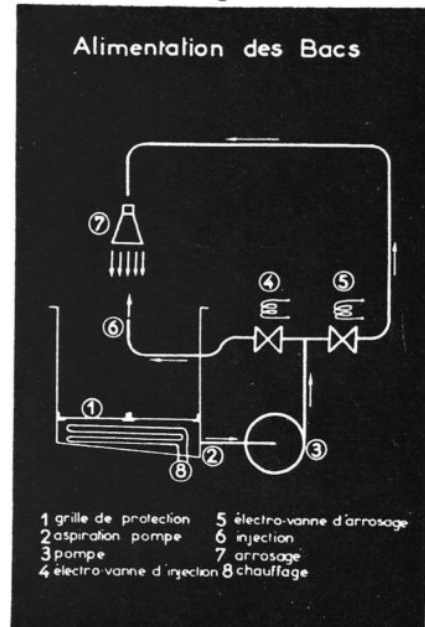
Laveuse expérimentale.

Vue générale arrière. Pompes et vannes thermostatiques.

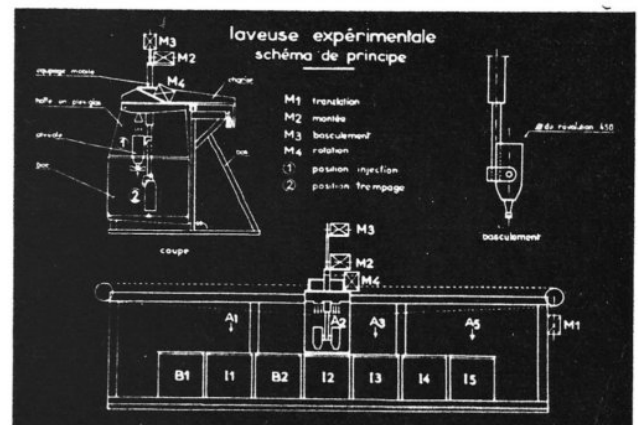
La laveuse expérimentale se compose de sept compartiments ou bacs :

— deux de trempage,

— cinq d'injections dont un est équipé pour recevoir de l'acide, le dernier étant utilisé pour les eaux froides de rinçage.

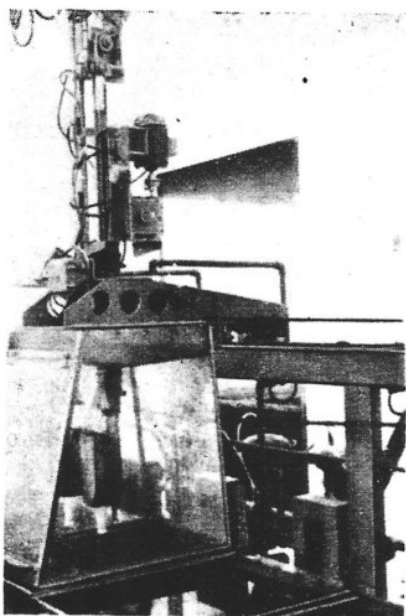


Chaque compartiment fonctionne en circuit fermé. Pour les postes d'injection et d'arrosage, une pompe individuelle se met en route et s'arrête automatiquement par un jeu d'électrovannes; les injections intérieures et les arrosages extérieurs peuvent être simultanés ou successifs.



Le chauffage de chaque bac est réalisé par des serpentins où circule de la vapeur détendue. Des régulateurs à fluide auxiliaire permettent d'obtenir une précision de l'ordre du degré centigrade. Chaque bac est, en outre, muni de thermomètres de contrôle.

Pour couronner le tout, un équipage mobile se déplaçant automatiquement et pouvant se stabiliser sur chaque compartiment transporte les deux bouteilles et les met dans la position appropriée, grâce à la combinaison de trois mouvements:



Laveuse expérimentale.
Equipage mobile.

- l'un, de translation longitudinale,
- un autre, de translation verticale,
- et un, de rotation permettant de mettre les bouteilles goulot en haut ou goulot en bas.

Enfin, en ce qui concerne les injections, des vannes permettent de régler les pressions.

La partie la plus délicate de cette machine est constituée par son armoire de commande. Elle contient quelque trois cents relais électroniques, soumis à l'action de temporisateurs et permettant de présélectionner les opérations. Nous avons, avec cette armoire, la possibilité de réaliser trois passages successifs, c'est-à-dire, de pouvoir nous arrêter vingt et une fois par cycle, ce qui donne de très grandes possibilités expérimentales et permet, en particulier, de reproduire le cycle de toute machine à laver existant actuellement.

Ainsi conçue, cette laveuse pilote permet d'aborder systématiquement divers problèmes:

— **Qualitatifs :**

- propreté physique de la bouteille,
- propreté chimique,
- propreté bactériologique.

— **Quantitatifs :**

- avec une machine donnée, augmenter le nombre de bouteilles lavées,
- obtenir le prix de lavage le plus réduit.

Nous avons établi un programme de recherche qui se divise en:

1) **La standardisation des salissures:**

Pour pouvoir mener à bien ces études, il s'est avéré indispensable de fixer les standards de salissure pour pouvoir traiter des échantillons absolument identiques. Il faut, en outre, que cette salissure soit homogène et qu'elle ne soit pas trop différente des salissures naturelles rencontrées dans la verrerie courante.

Nous caractériserons cette salissure standard:

— **D'un point de vue physique :**

- par son aspect,
- par son pH,
- et par le test à la fuchsine.

— **D'un point de vue chimique:**

Par la quantité :

- de matières organiques,
- de matières grasses,
- de sucres, etc...

— **D'un point de vue bactériologique:**

Par addition de micro-organismes habituellement rencontrés et choisis parmi ceux particulièrement résistants aux traitements employés (chaleur, détergence, rinçage acide).

Comme il est impossible de vouloir reproduire toutes les salissures susceptibles d'être rencontrées dans les industries d'embouteillage, nous avons été amenés à limiter notre choix à quatre salissures-types.

Ces salissures sont à base de lait sucré, lait non sucré, de jus de fruits et de terre.

Nous reparlerons plus loin et de façon plus détaillée de ces salissures.

2) **Etalonnage de la machine pilote par comparaison avec une machine industrielle:**

La première question qui vient à l'esprit est la suivante : la laveuse expérimentale mise sur le cycle d'une laveuse industrielle donne-t-elle des résultats :

- identiques,
- équivalents,
- ou seulement comparables ?

Par ailleurs, est-elle précise, constante et fidèle ?

Enfin, y aura-t-il lieu de définir un coefficient d'adaptation de la machine pilote, par rapport à cette laveuse industrielle ?

3) Etude et comparaison des modes de traitements:

Une étude approfondie, paramètre par paramètre, des différents modes de lavage (trempage, injections, trempage dynamique, etc.) doit permettre d'établir une comparaison entre ces techniques et, vraisemblablement, de définir dans des conditions données de température et de concentration des produits employés, un coefficient propre à chaque mode de lavage.

L'utilisateur qui poserait à différents constructeurs un problème bien déterminé pourrait alors comparer la valeur relative des machines proposées pour résoudre ce problème.

Il est, en effet, fort intéressant de savoir qu'un trempage de tant de minutes, dans une solution de telle concentration, à telle température, équivaut à une injection de tant de minutes, d'une solution de telle concentration à telle pression et telle température.

3) Essais de définition d'un matériel de lavage industriel:

La synthèse de tous les résultats obtenus devrait nous orienter vers la définition d'un matériel de lavage économique et efficace.

*

Première partie

Mise au point des salissures standard

Dans les industries des boissons alimentaires, il existe toutes sortes de salissures. Parmi celles-ci, nous avons été amenés à en rechercher certaines pour lesquelles il est possible de fixer des limites de variation, à l'intérieur desquelles nous pouvons considérer les bouteilles salies comme des échantillons identiques d'une même population.

Le principe de la préparation de ces salissures est le suivant :

Nous introduirons dans des bouteilles, correctement lavées et stériles, un certain volume de la salissure composée d'un support nutritif additionné en quantité constante, pour un volume donné de support, de micro-organismes choisis. On laisse ensuite incuber, bouteilles bouchées, pendant un nombre de jours déterminé.

Il nous faut donc :

1) Des bouteilles correctement lavées et stériles.

Compte tenu des résultats satisfaisants obtenus par les laveuses de l'usine d'Evian, nous pouvons utiliser directement les bouteilles prélevées à la sortie des laveuses et, aussitôt, bouchés stérilement.

2) Des supports nutritifs.

De nombreuses formules peuvent être proposées; en fait, autant que d'embouteillages existants.

Nous avons donc fait un choix a priori et, pour l'instant, nous employons :

a) Du lait concentré dilué, soit une dilution à 50 % dans de l'eau distillée stérile, de lait concentré sucré Mont Blanc ou de lait concentré non sucré Gloria. Nous obtenons ainsi un lait homogène à 4,7 % de matières grasses et, dans le cas d'une salissure au lait sucré, 8,25 % de sucre dissous. Ce support permet, à la fois, une culture facile et franche des micro-organismes inoculés et des dosages chimiques simples.

b) Du jus de fruits fortement sucré. Support obtenu par dilution pour un volume de 200 ml d'eau distillée stérile de :

— 120 ml de sirop de sucre à 30° Baumé (800 g/l),

— 40 ml de jus de cassis.

Ce milieu riche en sucre et matières azotées permet un très bon développement des moisissures et des levures.

c) De la terre argileuse en suspension aqueuse, terre prélevée en profondeur et sur le périmètre de protection d'une source. Au laboratoire, cette terre est criblée, broyée au mortier, puis séchée à l'étuve à 110°, pendant une heure. Après refroidissement, cette terre est à nouveau pulvérisée au mortier, puis mise en suspension à raison de 20 g de terre pour 100 ml d'eau stérile.

Cette salissure, très difficile à décoller, est en outre très favorable aux germes aérobies sporulés du genre Bacillus.

3) Des micro-organismes.

Nous avons recherché des micro-organismes simples et rustiques, capables de résister aux divers traitements subis au cours du lavage.

Ceci nous a amené à choisir :

— Des bactéries aérobies sporulées.

Bacillus lichéniformis dont les spores sont thermo-résistantes 1 à 2 minutes à plus de 100° C et qui sont capables de se développer dans des limites de pH et de température assez étendues.

— Des moisissures.

Aspergillus fumigatus et Aspergillus niger choisies pour les mêmes raisons et dont les spores sont thermo-résistantes 2 minutes à 80° C.

— Des levures thermo-résistantes aux températures inférieures à 65° C.

Nous avons adopté des levures non fermentatives du genre Rhodotorula qui sont peu sensibles aux actions antagonistes des autres micro-organismes.

Nous introduisons ces germes dans 200 ml de support à raison de :

- 2 ml d'une suspension de Rhodotorula.
- 1 ml d'une suspension de spores de Bacillus lichéniformis.
- 05 ml d'une suspension de spores d'Aspergillus.

Après 4 jours d'incubation à 22° sur milieu tryptone Roll, la numération par dilution des germes nous a donné les chiffres moyens suivants (pour 1 ml de salissure).

Salissure	Moisissures	Levures	Bacillus
Lait	20.000	30.000	20.000
Jus de fruits	7.500	20.000	30.000
Terre			75.000 *)

Les bouteilles sales standard sont obtenues de la façon suivante :

Après homogénéisation de la salissure par agitation prolongée dans un flacon à billes nous introduisons dans chaque bouteille 2 ml de salissure. Celle-ci est répartie sur les parois de la bouteille, par roulage manuel, jusqu'à obtention d'un film mince, uniforme et permanent. Les bouteilles sont alors laissées 7 jours en incubation, à la température de 20/22° C.

4) Des méthodes d'analyse pour estimer le degré de propreté ou de salissure des bouteilles :

Ces méthodes se répartissent en trois catégories :

- méthodes physiques,
- méthodes chimiques,
- méthodes bactériologiques.

a) Méthode physique test à la fuchsine.

Cette méthode dite du test à la fuchsine se pratique comme suit : nous introduisons dans une bouteille 2 ml de fuchsine basique en solution glycérolée (voir préparation en annexe). Nous répartissons ces 2 ml sur l'ensemble des parois internes de la bouteille, puis nous rinçons à l'eau du robinet.

Si dans la bouteille il existe, collées au verre, des substances organiques ou minérales, celles-ci ont été colorées en rouge et, après rinçage à l'eau, il est aisé de les discerner par observation visuelle.

Cette méthode présente l'intérêt de mettre en évidence des souillures, parfaitement invisibles à l'œil en temps ordinaire.

b) Méthode d'analyse chimique.

Dans un lot de 3 à 4 bouteilles, nous introduisons des billes de verre stériles et propres et 20 ml d'eau distillée stérile à pH 7,20. On agite alors vigoureusement, pour diluer et ramasser dans le liquide toutes les traces de salissure qui adhèrent encore aux parois du verre.

Ces quatre fois 20 ml de solution (eau + salissure) sont recueillis dans un erlenmeyer, parfaitement propre, et nous faisons alors les mesures suivantes :

— Mesure du pH de cette dilution :

- un pH 7,2 est l'indice de bouteilles bien lavées et bien rincées,
- un pH supérieur à 7,5 est l'indice de bouteilles mal rincées,
- un pH inférieur à 7,0 est l'indice de bouteilles mal lavées.

— Recherche de l'existence de sucres par la méthode de Molish. La sensibilité de cette méthode a été étalonnée et nous obtenons un résultat positif avec une solution contenant 0,5 mg de sucre par litre.

— Recherche de matières organiques par la mesure de l'oxygène cédé à chaud par $MnO_4^-K^+$ en milieu alcalin.

Sensibilité de la mesure : 0,3 mg/l.

— Recherche des matières grasses par détermination de l'indice de saponification. Sensibilité de la mesure : 2,5 mg KOH.

*) Pour cette salissure, l'addition de bactéries aérobies (Bacillus) s'est révélée suffisante.

c) Méthode d'analyse bactériologique.

Nous introduisons dans les bouteilles 20 ml d'un milieu de culture maintenu en surfusion à 50° (milieu tryptone Roll) que nous répartissons par roulage sur l'ensemble des parois internes de la bouteille, le refroidissement par arrosage solidifie le milieu qui reste ainsi collé au verre.

Après cinq jours d'incubation à 20° C, les germes vivants se sont développés pour donner naissance à de petites colonies parfaitement visibles à l'œil. Le dénombrement de ces colonies nous donne le nombre de germes vivants contenus dans la bouteille.



Deuxième partie

Etalonnage de la laveuse expérimentale

Nous nous sommes d'abord assuré de la précision et de la fidélité des organes de commande automatique et de réglage.

Disons que nous obtenons une très bonne précision et une bonne fidélité.

Nous réglons les températures à 2° C près et les pressions à 0,2 kg près. Quant aux durées de traitement, nous pouvons obtenir une précision et une fidélité de l'ordre de 2 secondes, à condition toutefois de laisser la machine se reposer de temps en temps pour permettre, à certains condensateurs, de se décharger complètement. Il existe, en effet, quelques courants rémanents dans les circuits électroniques.

Finalement, ce sont les concentrations des solutions qui sont les plus difficiles à maintenir constantes, ceci par suite de l'évaporation continue des bains.

Plus intéressant était de connaître le rapport d'efficacité pouvant unir la machine pilote et une laveuse industrielle, ces deux machines effectuant un travail identique.

Nous avons donc réglé la laveuse expérimentale suivant le cycle de lavage d'une laveuse S.M.A. de l'usine d'Evian, cycle comprenant :

- Un trempage de 8 minutes dans une solution de soude à 12 ‰ et à 45° C.
- Trois injections de 7 secondes chacune, d'une solution de soude à 16 ‰ et à la température de 65° C.
- Trois injections de 7 secondes d'eau tiède récupérée à 35° C.
- Trois injections de 7 secondes d'une solution d'acide chlorhydrique à 3 % additionnée de 0,5 % de chlorite de soude, température 25° C.
- Trois injections de rinçage à l'eau froide de 7 secondes chacune, température 15° C.

Ceci étant, nous avons effectué plusieurs séries de lavages comparés, en utilisant les quatre salis-

sures standard mises au point. Ont été ainsi lavées et comparées :

- 360 bouteilles salies au lait sucré,
- 360 bouteilles salies avec du jus de fruit sucré,
- 60 bouteilles salies avec du lait non sucré,
- 60 bouteilles salies avec de la terre.

N.B. — La soude employée est de la soude liquide à 50 %. L'eau de rinçage est une eau à TH = 16 — TA = 0 et TAC = 4 — pH = 7,6.

Chaque jour, un lot de 60 bouteilles sales standard était préparé. Après 7 jours d'incubation, nous avons réparti ces bouteilles en trois lots :

- un lot de bouteilles témoins,
- un lot de bouteilles lavées à l'usine sur la laveuse n° 4,
- un lot de bouteilles lavées sur la machine pilote.

Après lavage 50 % de ces bouteilles étaient roulées (milieu de culture tryptone Roll) et mises à incuber cinq jours à 22° C pour numération des germes.

Le reste des bouteilles était utilisé pour les analyses physiques et chimiques.

Les résultats obtenus sont, dans l'ensemble, concordants et ce, quelle que soit la salissure employée.

Le rapport d'efficacité qui unit les deux machines est égal à l'unité.

Une énumération de chiffres serait longue et fastidieuse. Toutefois, nous indiquerons les résultats obtenus avec la salissure standard à base de lait sucré, puisque nous avons utilisé cette salissure pour les premières études concernant le trempage, études dont nous parlerons d'ici un instant.

Ces résultats sont les suivants :

1) **Test à la fuchsine** : test effectué sur un lot de 15 bouteilles :

Bouteilles	Témoins	Lavées usine	Lavées expérim.
Excellentes	0	12	11
Bonnes	0	2	4
Douteuses	0	1	0
Non conformes	15	0	0

2) **Test chimique** : test effectué sur un lot de 35 bouteilles :

Bouteilles	Témoins	Lavées usine	Lavées expérim.
pH	4.13	7.37	7.15
Sucre	+++	0	0
Matières organiques	200 g/l	0.5 mg/l	0.34 mg/l
Matières grasses	176.6 mg/KOH	2.8 mg/KOH	5.04 mg/KOH

N.B. — Il est à remarquer que ces résultats sont à la limite de sensibilité des réactions.

3) Analyse bactériologique :

Nous avons distingué d'après les normes imposées en France pour l'embouteillage des eaux :

- les bouteilles stériles,

- les bouteilles bactériologiquement bonnes,
- les bouteilles non conformes, c'est-à-dire présentant plus de 16 colonies de bactéries revivifiables.

Ce qui nous donne :

Bouteilles	Bactériolog.			Non conformes Sur.
	Stériles	bonnes	conformes	
Lavées usine	36	19	1	56
Lavées expériment.	42	11	3	56
Soit :	78	30	4	112

La comparaison de ces deux proportions (bouteilles lavées usine ou lavées expérimentalement) par la méthode des X^2 (khi deux) corrigés, pour déterminer la limite de confiance de ces résultats, nous donne un X^2 égal à 2,06 — soit une valeur inférieure au X^2 limite du seuil des 5 % tolérables qui est de 5,991 (valeur donnée par les tables).

En conséquence, nous avons bien concordance entre les deux machines tant du point de vue physico-chimique que du point de vue bactériologique.

★

Troisième partie

Etude du trempage

Comme nous l'avons précédemment expliqué, cette étude a pour but :

1) de définir l'action du trempage employé comme seul moyen de détersion, en fonction des trois paramètres :

- concentration de la solution détersive,
- température,
- durée d'action.

2) de permettre ultérieurement la comparaison avec les autres techniques de lavage : injections, brossage, trempage dynamique.

La salissure utilisée est celle à base de lait sucré, salissure complète et difficile à éliminer.

Le détergent employé pour cette étude est la soude caustique liquide en solution à 50 %, son choix ayant été déterminé pour les raisons suivantes :

1) La soude, aux propriétés chimiques, détergentes et antiseptiques bien connues, d'emploi très répandu, nous a paru indiquée pour nous servir de détergent de référence.

2) La soude liquide, en solution à 50 % est d'une manipulation facile pour la préparation des bains et leur correction en cours de travail.

Ces études ont été menées avec des concentrations en soude de 9 ‰ — 12 ‰ — 16 ‰ — 20 ‰ et 25 ‰. Les températures de ces solutions s'échelonnent entre 25° C et 70° C. Quant aux durées de traitement, elles sont, sauf cas particuliers, de 3, 6, 9, 12 et 15 minutes.

1.600 bouteilles sales standard au lait sucré ont été nécessaires pour cette étude.

Le cycle de travail établi comprend :

- un égouttage initial de 30 secondes,
- le trempage,
- un égouttage de 45 secondes,
- un rinçage à l'eau froide,
- injection sinternes sous 1,2 kg de pression,
- arrosages externes,
- durée de ce rinçage 45 secondes,
- un égouttage final de 60 secondes.

Les bouteilles rincées, égouttées, étant ensuite bouchées stérilement et réparties en deux lots en vue des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Les résultats de ces analyses sont les suivants :

1) Test à la fuchsine :

Ce test a toujours été positif, quelles que soient les concentrations, températures ou durées de traitement employées.

A la concentration de 25 ‰, ce test devient inutile, les bouteilles restant optiquement sales.

2) Analyse chimique :

D'après les résultats obtenus, il semble, qu'à concentration donnée, les variations du pH, des dilutions résiduelles de matières grasses, matières organiques et de sucres, ne soient pas directement fonction des températures et des durées d'action utilisées.

Par contre, si nous faisons abstraction des températures et durées d'action, nous obtenons, en fonction des concentrations en soude, les résultats moyens suivants :

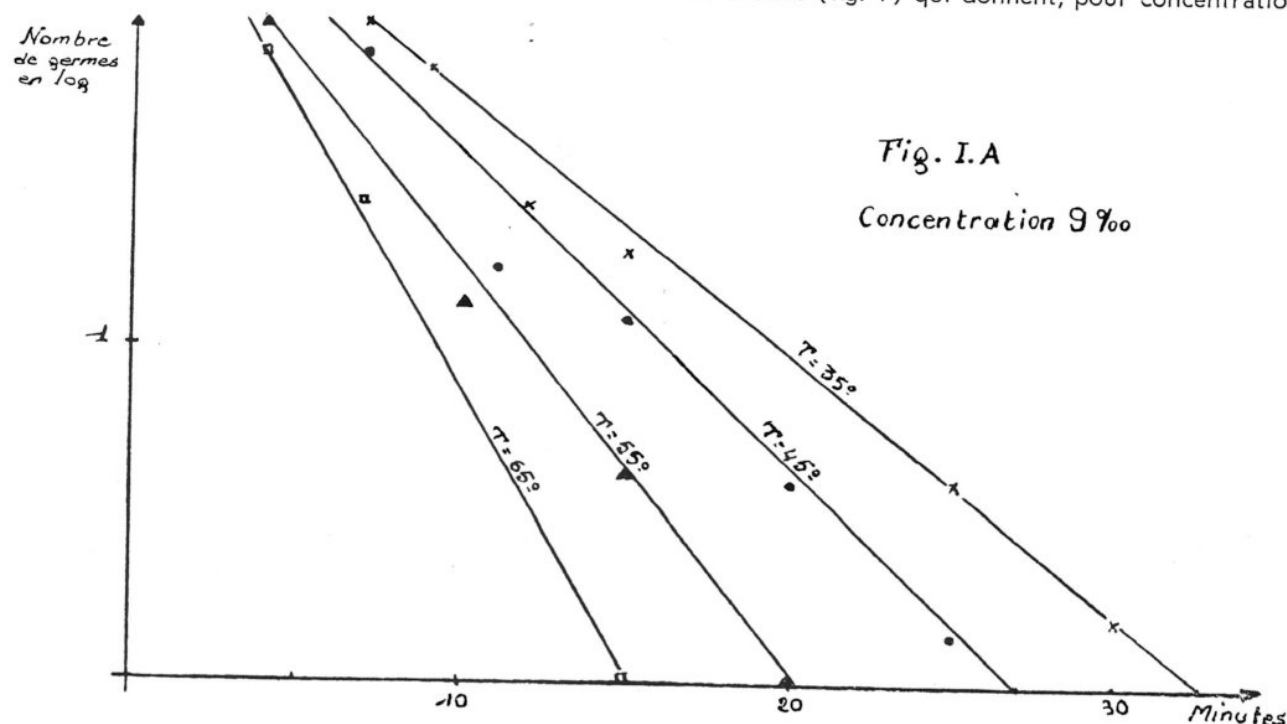
NaOH ‰	pH	Indice mat. grasses mg de KOH	Indice mat. organiques mg/l	Sucre
9 ‰	7.20	61.0	0.30	0
12 ‰	7.10	63.8	0.30	0
16 ‰	6.90	67.8	0.40	0
20 ‰	6.70	69.2	0.30	0
25 ‰	6.80	118.8	0.30	+

Sensibilité de la mesure :

$$\pm 0.2 \pm 2.8 \text{ mg/KOH} \quad \pm 0.3 \quad 0.5 \text{ mg/l}$$

D'après ces chiffres, nous pouvons dire :

— Que les variations de pH des dilutions résiduelles sont minimales et inversement proportionnelles à la concentration.



— Que la quantité de matières organiques résiduelles peut être considérée comme nulle.

— Que la quantité de matières grasses résiduelles augmente avec la concentration. Ces matières grasses saponifiées restent collées aux parois du verre et ne sont pas éliminées.

— Les sucres que nous retrouvons seulement pour une concentration en soude de 25 ‰ sont :

— soit bloqués avec les graisses,

— soit caramélisés sous l'action combinée de la soude et de la température.

3) Analyse bactériologique. Résultats :

Du point de vue bactériologique, l'action du trempage peut se scinder en trois phases :

a) une première phase, excessivement rapide, au cours de laquelle la majorité des germes passe dans la solution détergente. Après deux minutes, nous retrouvons au moins 1.000 germes sur les bouteilles. Ces germes sont adhérents aux parois du verre.

b) Une deuxième phase de destruction des germes restant collés au verre, cette phase pouvant durer de 2 à 20 minutes.

c) Une troisième phase, de durée indéterminée, au cours de laquelle nous pouvons trouver quelques germes résiduels.

Compte tenu de ce qui précède, nous sommes intéressés à la seule étude de la deuxième phase : destruction des germes.

1) Après dénombrement des germes sur les bouteilles, nous avons trouvé une première famille de droites (fig. 1) qui donnent, pour concentration

en soude donnée, le logarithme du nombre de germes revivifiables en fonction de la durée de traitement. En prolongeant ces courbes, nous avons déterminé le temps nécessaire pour obtenir l'extinction à 1 germe (début de la troisième phase du trempage.

2) Reprenant ces résultats (temps nécessaire pour obtenir l'extinction à 1 germe), nous avons obtenu une deuxième famille de droites (fig. II) qui donnent, pour une concentration donnée, l'extinction à 1 germe en fonction de la durée de traitement et de la température.

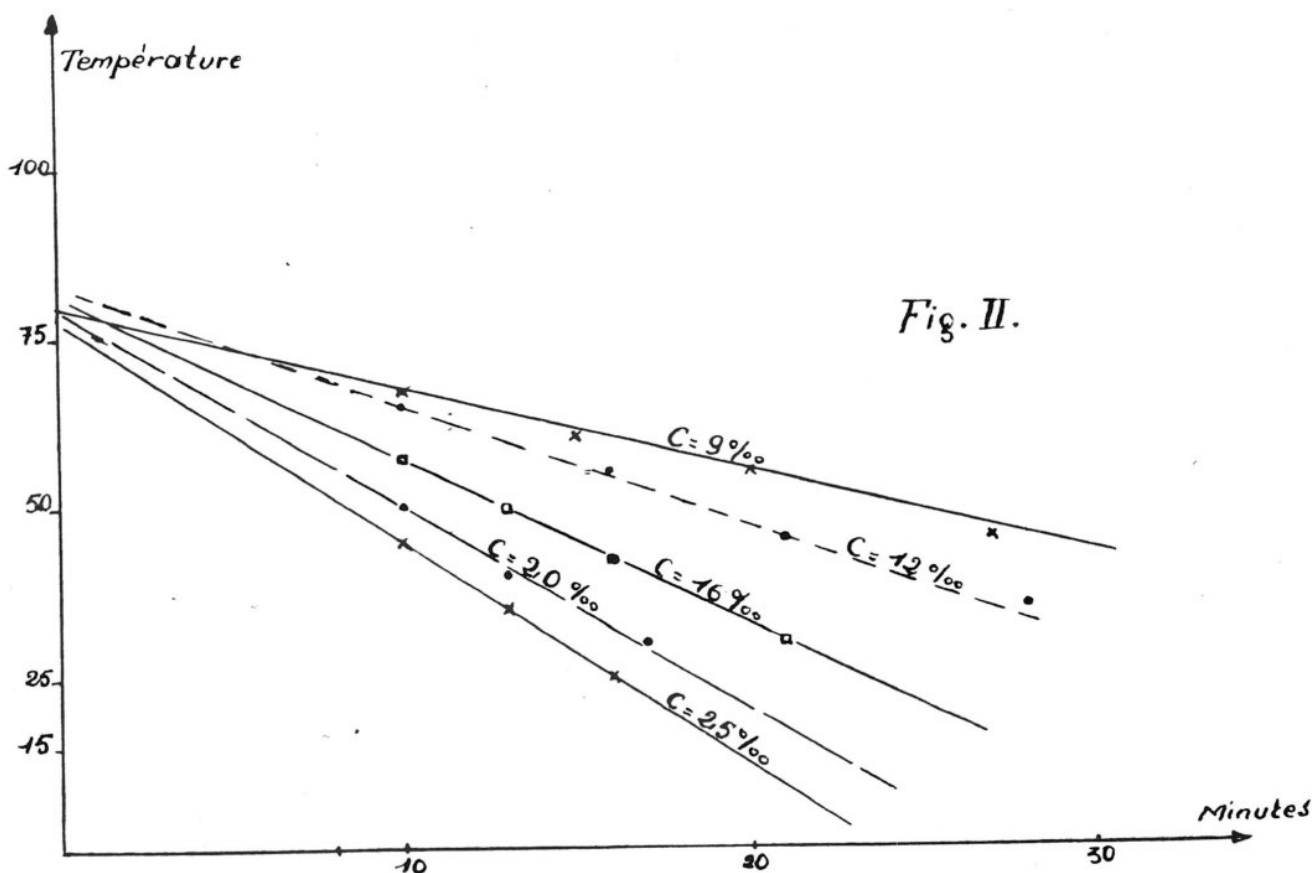


Fig. II.

3) De cette famille de droites, nous avons déduit un abaque (fig. III) qui permet, connaissant deux des trois paramètres: concentration, température, durée de trempage, d'en déduire le troisième.

Cet abaque peut s'utiliser ainsi :

Un industriel pouvant traiter les bouteilles pendant 10 minutes et à 45° C voudrait savoir quelle concentration de soude employer pour obtenir les bouteilles conformes. Il trace une droite partant du point A et passant au point 10 de l'axe D (durée de traitement en minutes). Cette droite coupe l'horizontale 45° C au point B. La lecture en abscisse donne une concentration de 24 ‰.

4) Conclusion :

En conclusion de cette étude du trempage, nous pouvons dire :

a) qu'il ne semble pas possible d'obtenir, par trempage dans la soude, des bouteilles physiques-

ment et chimiquement propres, quelles que soient les températures, concentrations et durées de traitement employées. Il semble même qu'en augmentant la concentration, on saponifie davantage et, par le fait même, qu'on empêche la dissolution de ces substances. Cela expliquerait l'augmentation, en fonction de la concentration, des taux de matières grasses et la présence de sucre pour C = 25 ‰.

b) Que la destruction des germes est possible, même en des temps inférieurs à 10 minutes, à condition de travailler à des températures ou concentrations élevées.

c) En partant des familles de droites établies expérimentalement, nous avons obtenu la formule:

$$\Theta \text{ sec} = (80 - T) \frac{420}{C}$$

formule qui nous donne, en fonction de la concentration et de la température, le temps minimum

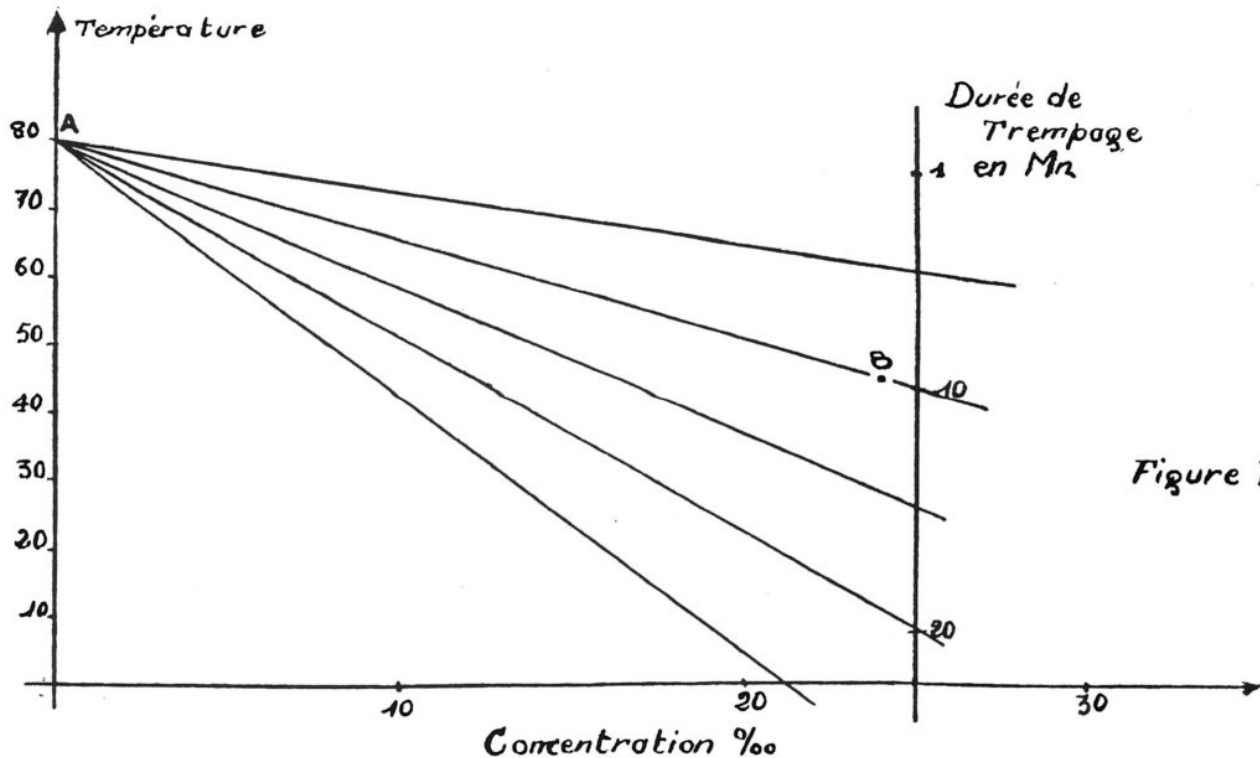


Figure III

nécessaire pour obtenir des bouteilles bactériologiquement conformes.

- les temps θ sont en secondes,
- les températures T en d° centigrades,
- les concentrations C en gramme/1.000 de NaOH.

NOTA. — D'après la formule :

$$\theta = (80 - T) \frac{420}{C} \quad (1)$$

il apparaît que la concentration est une fonction hyperbolique de la température et de la durée de traitement.

Pour en apporter la preuve nous avons tracé les courbes qui nous donnent la concentration en fonction des paramètres, durée de traitement et température.

Nous obtenons bien des courbes à allure hyperbolique (figure X).

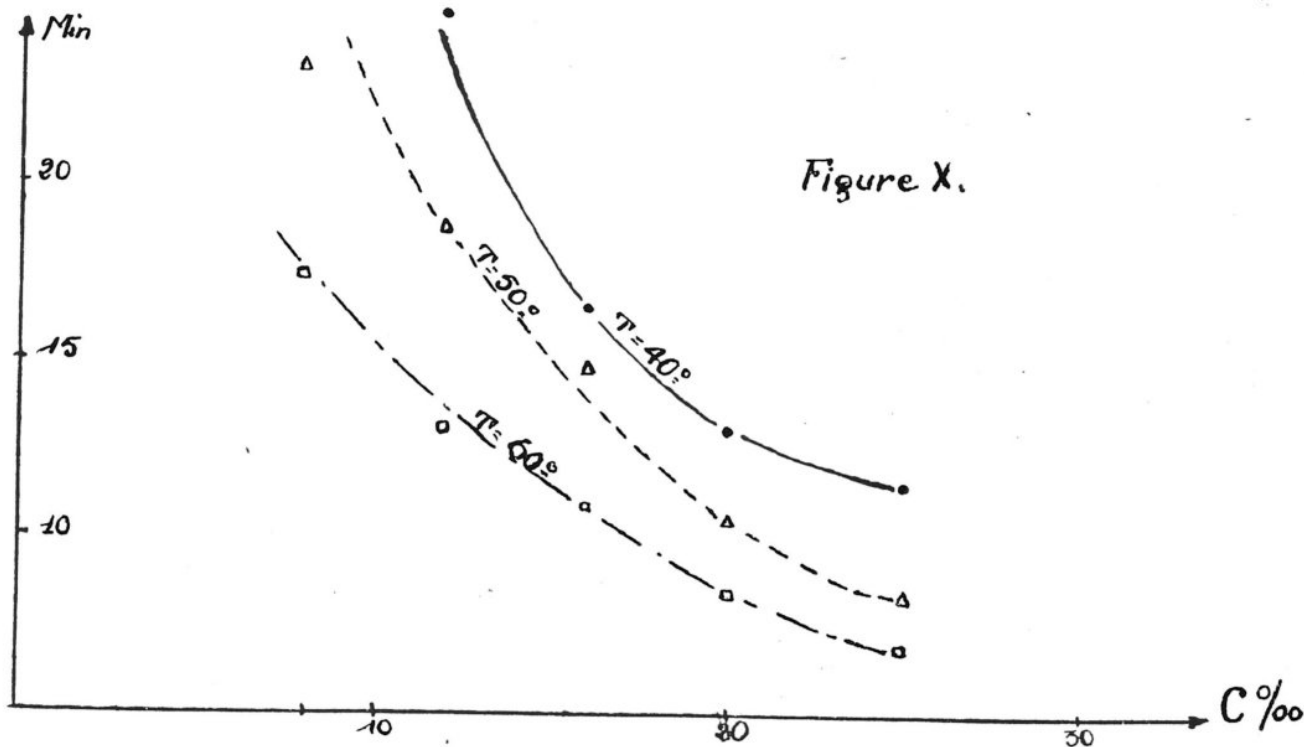


Figure X.

Le calcul de ces hyperboles nous a donné les formules :

$$\Theta = \frac{280}{C} \times 60 \text{ à } 40^\circ \text{ C}$$

$$\Theta = \frac{210}{C} \times 60 \text{ à } 50^\circ \text{ C}$$

$$\Theta = \frac{160}{C} \times 60 \text{ à } 60^\circ \text{ C}$$

formules dans lesquelles les coefficients 280 — 210 et 160 sont fonction de T.

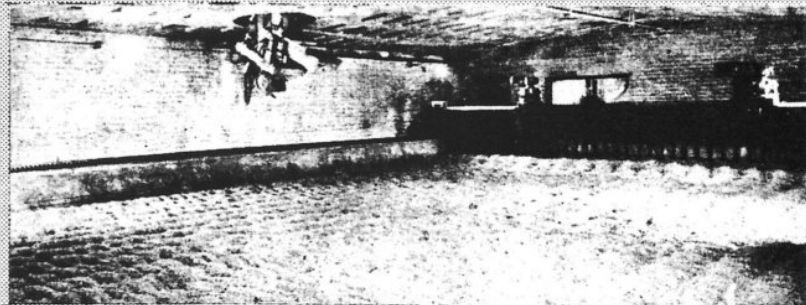
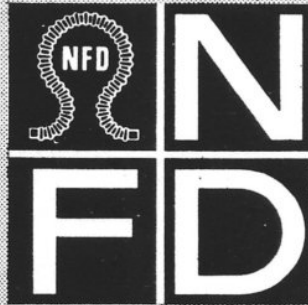
La valeur de ces coefficients nous est fournie par la formule :

$$X = (80 - T) 420$$

ce qui nous permet d'écrire :

$$\Theta = \frac{420 (80 - T)}{C}$$

formule qui est bien identique à la formule (1) précédemment établie.



installations
complètes de malteries
et de brasseries ❖ ❖ ❖

NORDON - FRUHINSHOLZ - DIEBOLD
 9, av. du xx^e corps . NANCY . tél. 52.20.60 . B P 441

Contribution à l'étude expérimentale du lavage des Bouteilles (suite et fin) (1)

par MM. A. BOUDIER
Ingénieur E. C. P.

et C. BERLOTTIER
Ingénieur E. B. N.

Laboratoire de la S. A. des Eaux Minérales d'EVIAN-LES-BAINS

g m
2

Quatrième partie

Etude du trempage dynamique

I. — DEFINITION DU TREMPAGE DYNAMIQUE.

Le trempage dynamique consiste en l'introduction dans la bouteille d'une canule par laquelle arrive sous pression la solution détergente.

L'opération est identique à ce que fait la ménagère lorsqu'elle introduit le brise-jet du robinet dans le goulot d'une bouteille pour la rincer.

II. — FACTEURS INTERVENANT DANS LE TREMPAGE DYNAMIQUE.

Les principaux sont :

- a) le débit de la pompe refoulant la solution détergente,
- b) le diamètre de la canule,
- c) le rapport diamètre interne du goulot de la bouteille sur diamètre de la canule (DIG/DC),
- d) la vitesse d'écoulement de la solution détergente,
- e) la longueur de canule introduite dans la bouteille.

III. — CONDITIONS D'EXPERIENCE.

- a) débit de la pompe : 900 litres/heure,
- b) diamètre de la canule : 10 millimètres,
- c) rapport DIG/DC = 2.
- d) vitesse d'écoulement de la solution détergente :

$$\begin{aligned} V_1 &= 1,2 \text{ m/s} \\ V_2 &= 1,6 \text{ m/s} \\ V_3 &= 1,56 \text{ m/s} \end{aligned}$$

soit une vitesse moyenne : $V_m = 1,45 \text{ m/s}$ (écoulement laminaire).

e) longueur de canule introduite dans la bouteille : 12,5 cm.

Le détergent employé est toujours la soude caustique liquide en solution à 50 %. Les études ont été menées aux concentrations de 16 ‰, 20 ‰ et 25 ‰.

Les températures de ces solutions s'échelonnent de 40 à 70° C. Quant aux durées de traitement, elles nous ont été imposées par les minuteries électroniques et sont de 2 m 20 sec. — 3 m 30 sec. — 4 m 40 sec. — 5 m 50 sec.

L'étude du procédé a nécessité 600 bouteilles sales standard.

Le cycle de travail établi comprend :

- Un égouttage initial de 30 sec.,
- Le trempage dynamique,
- Un égouttage de 60 sec.,
- Un rinçage eau froide à 15° C,
 - injections internes de 30 sec. sous 1,2 kg de pression,
 - arrosage externe,
- Un égouttage final de 30 sec.

IV. — RESULTATS OBTENUS.

1) Test à la fuchsine :

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats de ce test : une croix (x) représente une bouteille sale et un zéro (0) une bouteille propre.

Nous constatons que le trempage dynamique nous permet d'obtenir des bouteilles ne réagissant pas au test à la fuchsine alors que le trempage statique nous avait toujours donné des résultats positifs à ce test.

(1) Voir Bulletin des Anciens Elèves n° 6, Nov.-Déc. 1964.

Concentration	Température	Test à la fuchsine	% bouteilles sales
C = 16 ‰	40"	x x x x x x x x x x x x x x x	100 %
	50"	x x x x x x x x 0 0 x x x x x 0	88 %
	60"	x x 0 0 x x 0 0 x x 0 0 x x x 0	56 %
	70"	x x 0 0 x 0 0 0 x x 0 0 x x 0 0	43,5 %
C = 20 ‰	40"	x x 0 0 x x 0 0 x x 0 0 x x x 0	56 %
	50"	0 0 x x x 0 x 0 0 0 x x x x x 0	50 %
	60"	0 0 x x 0 0 0 x x x x 0 x 0 0 0	50 %
C = 25 ‰	70"	x 0 x 0 x x 0 x x x 0 0 x x 0 x	62,5 %
	40"	0 0 x x x x x x x x x 0 0 x 0	68,5 %
	50"	x x x 0 x 0 x 0 x x 0 x 0 0 x x	62,5 %

2) Analyse chimique :

Le tableau ci-contre donne les résultats obtenus en fonction des paramètres concentration et température.

Ce tableau permet de constater qu'à concentration donnée, les variations de pH et des quantités résiduelles de matières grasses, matières organiques et sucres ne sont pas directement fonction des températures.

Par contre, si nous faisons abstraction des températures, nous obtenons en fonction des concentrations en soude les résultats suivants :

C	T	pH	Matières grasses	Matières organiques	Sucres
NaOH 16 ‰	40"	7.40	54.2	2.50	X
	50"	7.30	29.76	1.08	X
	60"	7.10	9.5	0.70	0
	70"	7.00	9.1	0.65	0
20 ‰	40"	7.20	6.52	1.47	X
	50"	7.20	9.1	0.50	X
	60"	7.20	5.9	1.00	0
25 ‰	70"	7.20	—	0.30	0
	40"	7.10	6.25	0.60	0
	50"	7.00	9.2	0.30	X

	pH	Matières grasses	Matières organiques	Sucres	Fuchsine
Bouteille sale témoin	3.30	166.10	200 g/l	X X X	100 %
NaOH 16 ‰	7.20	26.64	1.23	X	70 %
NaOH 20 ‰	7.20	7.2	0.55	0	54.7 %
NaOH 25 ‰	7.10	7.72	0.45	0	65 %

Sensibilité de la mesure ± 0.2 ± 2.5 mg/KOH ± 0.3 mg/l 0.5 mg/l

D'après ce tableau nous pouvons dire :

- que les variations de pH sont faibles, les bouteilles étant dans l'ensemble bien lavées et rincées,
- que la quantité résiduelle de matières grasses diminue puis augmente avec la concentration.
- que la quantité résiduelle de matières grasses diminue puis augmente avec la concentration.

Ces résultats sont à peu près identiques à ceux obtenus par le procédé du lavage statique. Seuls, les taux de matières organiques et de sucres sont légèrement plus élevés. Toutefois, l'obtention de ces résultats est plus rapide.

3) Analyse bactériologique. Résultats :

Comme dans le cas du trempage statique, l'action de trempage dynamique peut se scinder en trois phases.

Là encore, nous nous sommes intéressés à la seule étude de la deuxième phase : destruction des germes.

Nous avons, comme précédemment, tracé trois types d'abaque (fig. IV — V et VI) qui nous donnent :

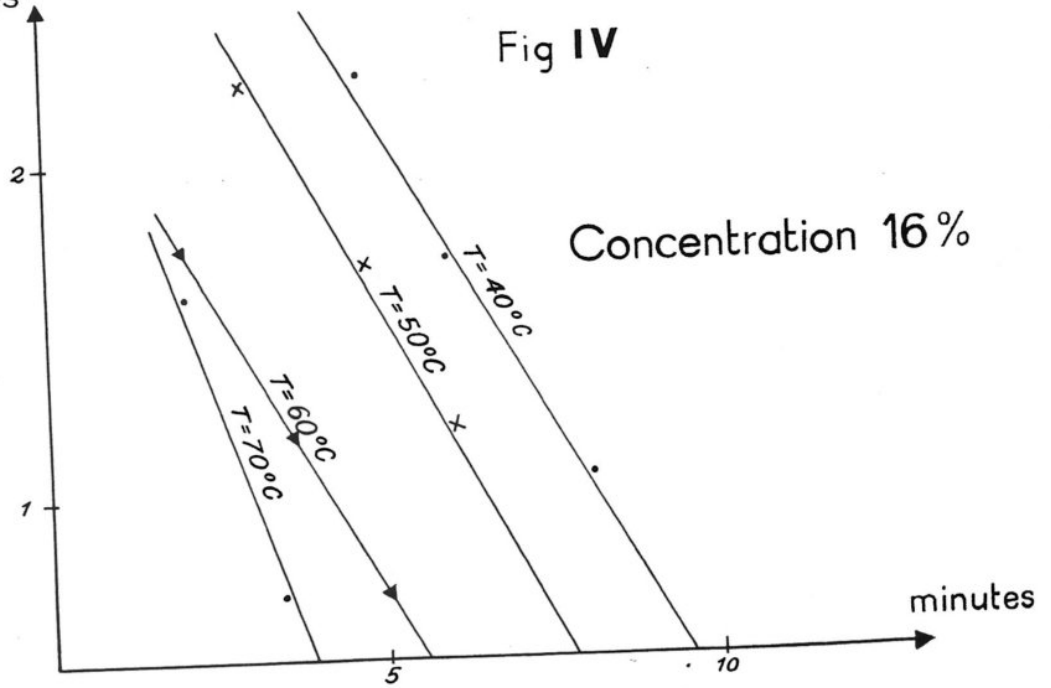
a) A une concentration en soude donnée, le logarithme du nombre de germes revivifiables en fonction de la durée de traitement (fig. IV).

b) Pour une concentration donnée, l'extinction à 1 germe, en fonction de la durée de traitement et la température (fig. V).

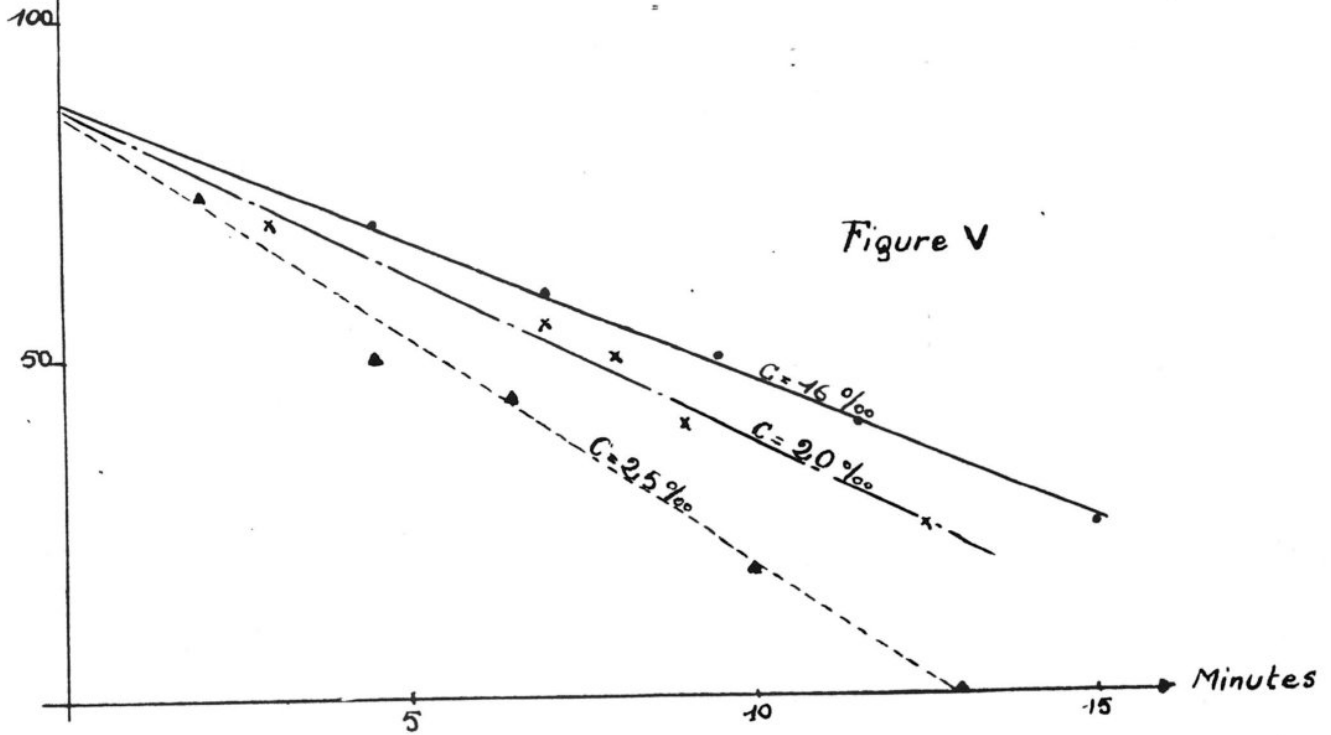
c) L'abaque permettant de déterminer l'extinction à 1 germe en fonction des trois paramètres :

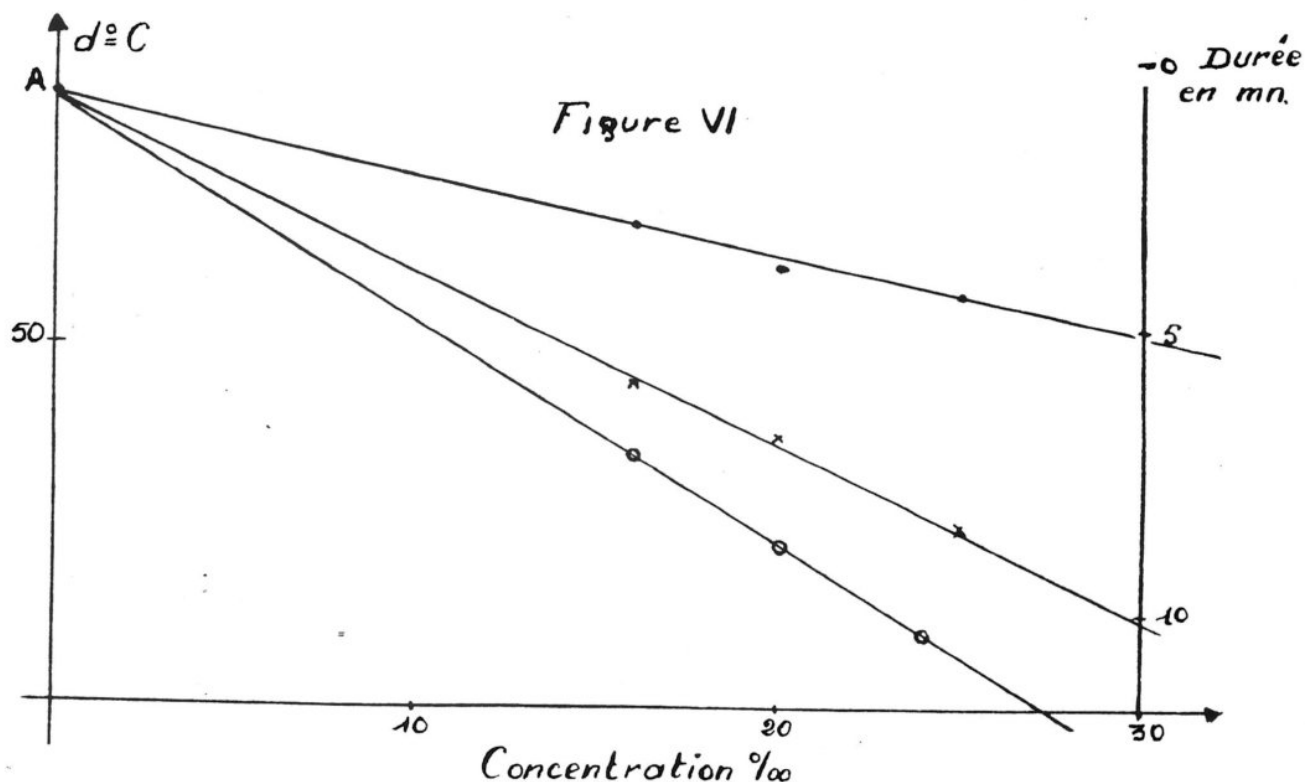
- concentration,
- température,
- durée de traitement.

Nombre de germes en log.



$d^{\circ}C$





4) Conclusion :

Au cours de cette étude, il ne nous a pas été possible de modifier certains organes de la machine (longueur de la canule, vitesse et écoulement, etc.), si bien que les résultats sont très incomplets et ne permettent que de se faire une idée de l'intérêt du trempage dynamique.

Dans les conditions expérimentales indiquées plus haut, nous pouvons dire :

La circulation de la solution détergente, à l'intérieur de la bouteille, provoque l'élimination de la salissure, ce qui permet dans des conditions de température et concentration appropriées d'obtenir :

- des bouteilles d'une propreté physique acceptable.
- des bouteilles d'une propreté chimique convenable.

— des bouteilles bactériologiquement conformes.

Il semble, d'après les résultats obtenus, qu'une concentration de 20 ‰ nous donne des conditions optima de lavage.

En partant des familles de droites, réalisées expérimentalement, nous avons pu établir la formule qui nous donne, en fonction des paramètres température et concentration, et toujours dans les conditions d'expérience, le temps minimum nécessaire pour obtenir des bouteilles bactériologiquement conformes.

Cette formule s'écrit :

$$\Theta \text{ sec} = (85 - T) 270/C \text{ ‰}$$

Le temps étant mesuré en secondes;

La température T, en d° centigrades;

La concentration C, en grammes/1.000 de NaOH.

★

Cinquième partie

Etude des injections

Cette étude a pour but :

1)) de définir l'action d'une injection employée comme seul moyen de détergence, en fonction de quatre paramètres :

- concentration de la solution détergente,
- température,
- durée d'action,
- et pression de l'injection.

2) de permettre par comparaison avec d'autres techniques de lavage, de définir dans des conditions données de travail un coefficient propre à chacun de ces modes de lavage.

L'existence d'un quatrième paramètre, la pression, intervenant dans l'action de l'injection, nous a amené à diviser notre étude en deux parties:

- étude du lavage par injection à pression constante,
- étude du lavage par injection à température constante.

La comparaison des résultats obtenus à pression et à température constante permettant ensuite de déduire en fonction des quatre paramètres précités l'action d'une injection.

CONDITIONS D'EXPERIMENTATION

Une série préliminaire nous a permis de constater qu'il était nécessaire de faire précéder l'injection proprement dite par un court trempage dans le but de ramollir la salissure, sans toutefois l'attaquer.

Compte tenu de cette observation le cycle de travail établi comprend :

- un égouttage initial de 30 secondes,
- un pré-trempage de 30 secondes dans une solution de faible concentration (C = 8 ‰) et à basse température (T = 30° C),
- un égouttage de 60 secondes,
- le traitement par injection proprement dit,

- un égouttage de 30 secondes,
- un rinçage à l'eau froide (T = 18° C) par injection sous 1,5 kg/cm² de pression et arrosages externes.
Durée du rinçage: 30 secondes.
- un égouttage final de 30 secondes.

Le détergent employé pour cette étude est la soude caustique liquide aux concentrations de 10 ‰, 20 ‰ et 25 ‰.

Les températures ont été successivement de 40° C, 50° C, 60° C et 70° C.

Les pressions ont varié de 1 kg/cm² à 4 kg/cm².

Deux mille bouteilles sales standard ont été nécessaires à l'étude du traitement par injection.

A. — ETUDE DU LAVAGE PAR INJECTION A P CONSTANTE.

Pendant toute cette étude, nous avons maintenu la pression à la valeur constante de 2 kg/cm² et avons fait varier les paramètres de concentration, température et durée de traitement.

Les résultats et observations obtenus sont les suivants :

1) **Test à la fuchsine** (propreté physique de la bouteille) :

Le tableau ci-après regroupe les observations faites au moyen de ce test. Une croix représente une bouteille sale, un zéro une bouteille propre.

Concentration	Température	Test à la fuchsine	% bouteilles sales
10 ‰	50'	x x x x x x x x x x x x x x x x	100 %
	60'	x x x x x 0 x x x 0 x x x x x	78,5 %
	70'	x x x x x x x x x x x x x x x	100 %
16 ‰	40'	0 x 0 x x x 0 x x x x 0 x x x x	71,25 %
	50'	x x x x 0 x x x x x 0 0 x x x x	71,25 %
	60'	x x x 0 x 0 0 x x x x x x 0 x	71,25 %
	70'	x x x 0 x x x 0 x x 0 0 x x x 0	68,75 %
20 ‰	40'	x x x x x x 0 0 x x x 0 x 0 0 0	62,5 %
	50'	x x x x x x x 0 x x 0 0 x x 0 0	68,75 %
	60'	x x x x x x 0 0 x 0 0 0 x 0 0 0	50 %
	70'	x x x x x x 0 x 0 0 0 x 0 0 0 0	50 %
25 ‰	50'	x x x x x x x 0 x 0 0 0 0 0 0 0	50 %
	60'	x x x x x x x 0 0 x 0 0 0 0 0 0	43,75 %

D'après ce tableau, nous constatons que le pourcentage de bouteilles physiquement sales décelées par le test à la fuchsine diminue en fonction d'une augmentation de la concentration et de la température.

2) Analyses chimiques (propreté chimique des bouteilles):

Après traitement par injection d'un lot de bou-

teilles sales standard, les quantités de matières grasses et matières organiques résiduelles sont trop faibles pour qu'il soit valablement possible de les mesurer au moyen des méthodes précédemment employées.

Nous nous contenterons pour définir le degré de propreté chimique des bouteilles, des mesures du pH et de la détermination de l'existence ou non de sucres résiduels.

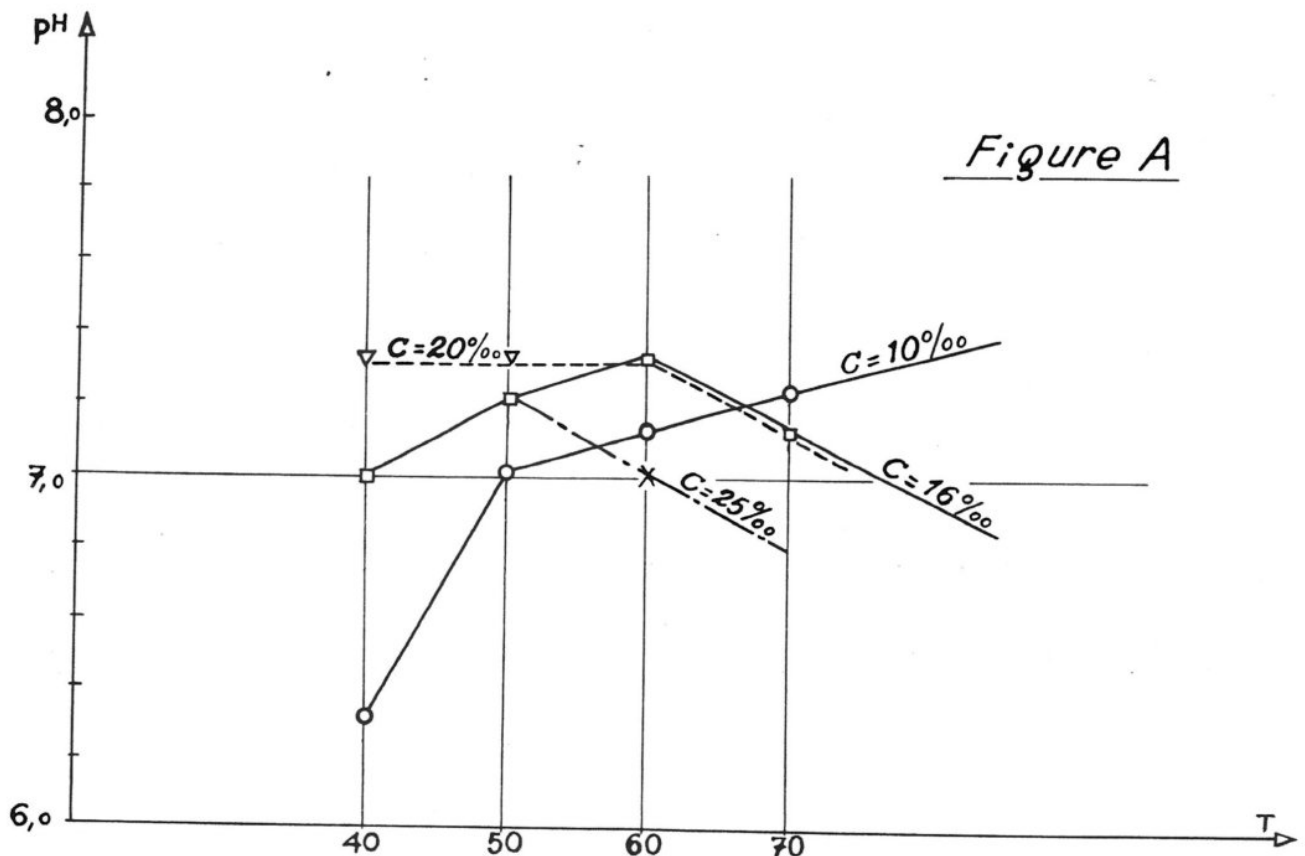
Le tableau ci-dessous regroupe les résultats acquis :

	pH				Sucres			
	40° C	50° C	60° C	70° C	40° C	50° C	60° C	70° C
C = 10 ‰	6,3	7,0	7,10	7,20	++	+	+	±
C = 16 ‰	7,0	7,20	7,30	7,10	+	0	0	0
C = 20 ‰	7,30	7,30	7,30	7,10	0	0	0	0
C = 25 ‰		7,20	7,0			0	0	
Bouteille témoin	4,3			+++				

Que signifient ces résultats ?

- une bouteille mal lavée à un pH acide, c'est-à-dire, inférieur à 7,0,
- une bouteille mal lavée à un pH ^{Basique} acide, c'est-à-dire supérieur à 7,5,
- une bouteille parfaitement lavée et rincée à un pH compris entre 7,20 et 7,30.

D'après le tableau des résultats ci-dessus, nous observons qu'en fonction des variations croissantes des paramètres température ou concentration, l'efficacité du lavage par injection varie en passant par un optimum, optimum compris entre 15 et 20 ‰ de concentration en soude, et 50-60° C de température de la solution (fig. A).



3) Analyses bactériologiques :

Comme nous l'avons déjà observé lors de l'étude du trempage, l'action des injections peut également se scinder en trois phases :

a) une première phase excessivement rapide, au cours de laquelle la majorité des germes sont entraînés dans la solution détergente. Cette phase s'étend sur 15 à 20 secondes, au bout desquelles nous retrouvons de 1.000 à 10.000 germes par bouteille. Ces germes sont fortement collés aux parois internes du verre et seront détruits sur place.

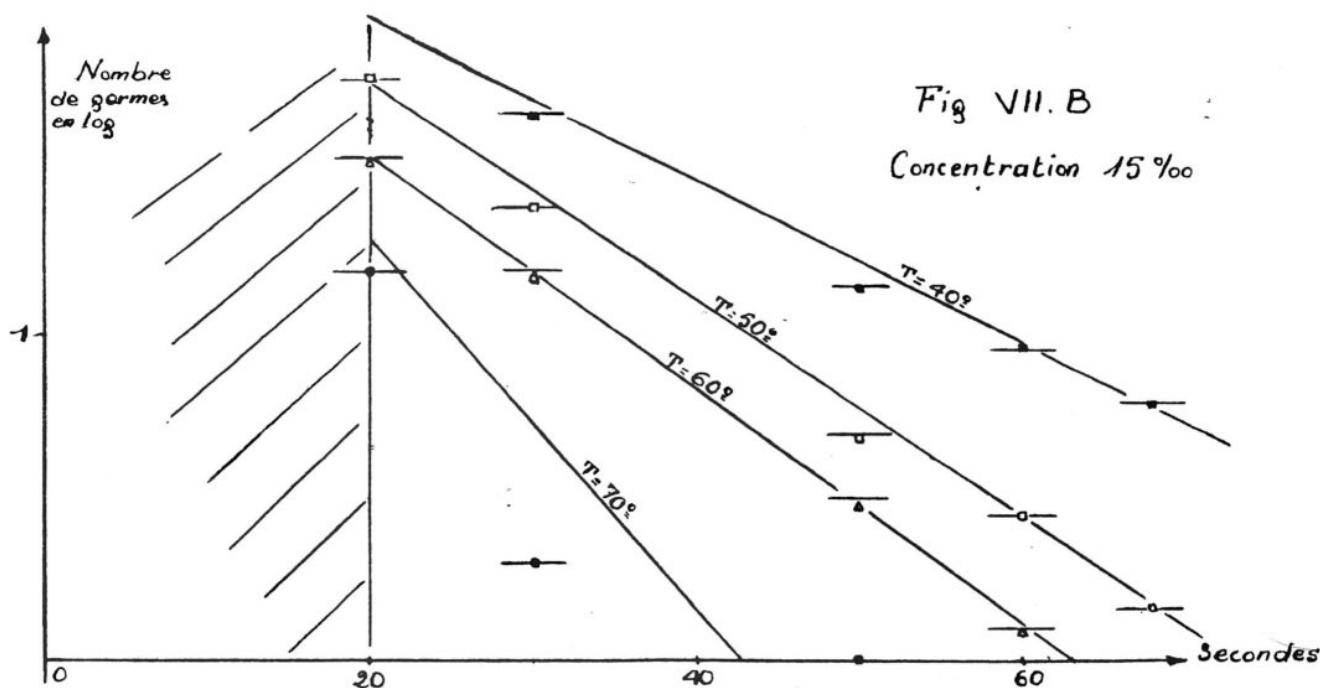
b) une deuxième phase de destruction des germes. Phase pouvant avoir une durée de 100 secondes environ et pendant laquelle le log. du

nombre de germes détruits est une fonction linéaire du temps d'action.

c) une troisième phase de durée indéterminée au cours de laquelle nous pouvons parfois retrouver de un à cinq germes, lesquels ont résisté à l'action du traitement.

Seule, la deuxième phase a retenu notre attention.

1) Après dénombrement des germes dans les bouteilles, nous avons tracé une famille de droites (fig. VII) qui nous donnent pour une concentration en soude donnée, et à une température donnée, le log. du nombre moyen de germes revivifiables par bouteille en fonction de la durée du traitement.



En prolongeant ces droites, nous obtenons à leur intersection avec l'axe des temps la durée de traitement nécessaire pour obtenir l'extinction à 1 germe par bouteille.

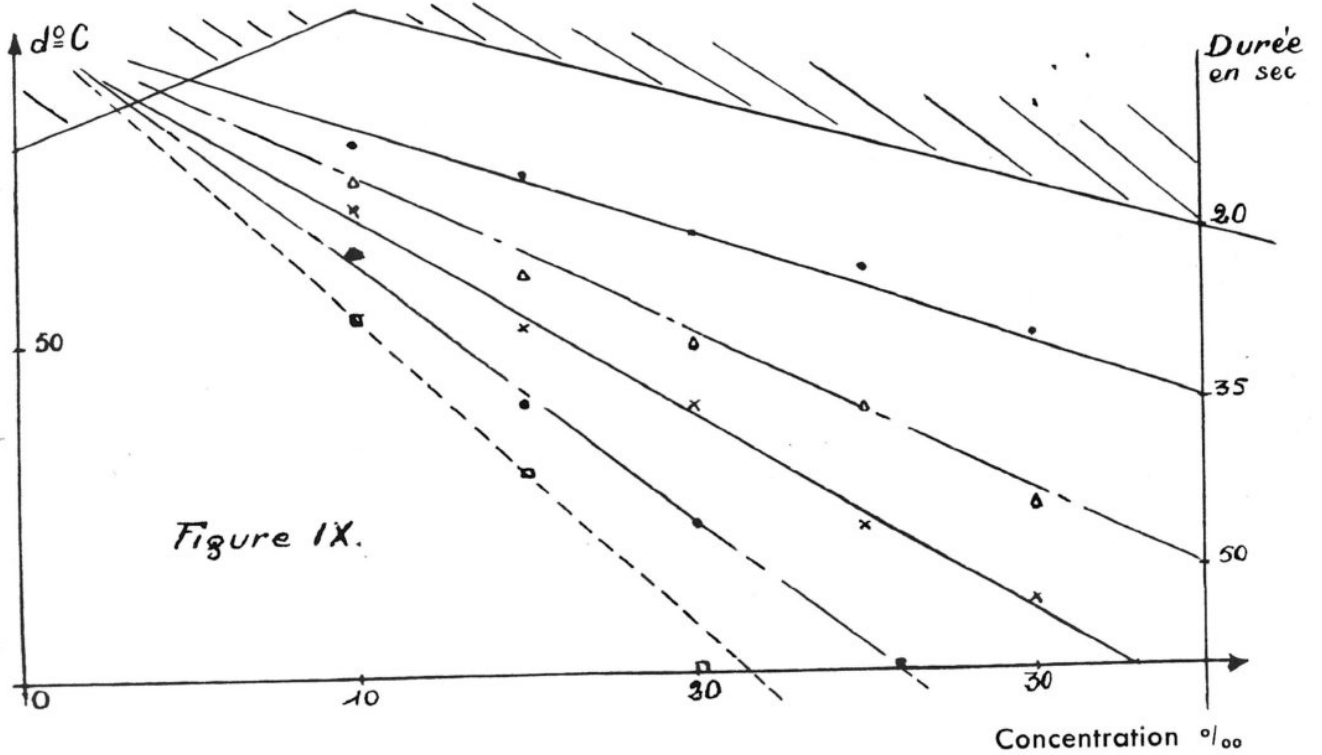
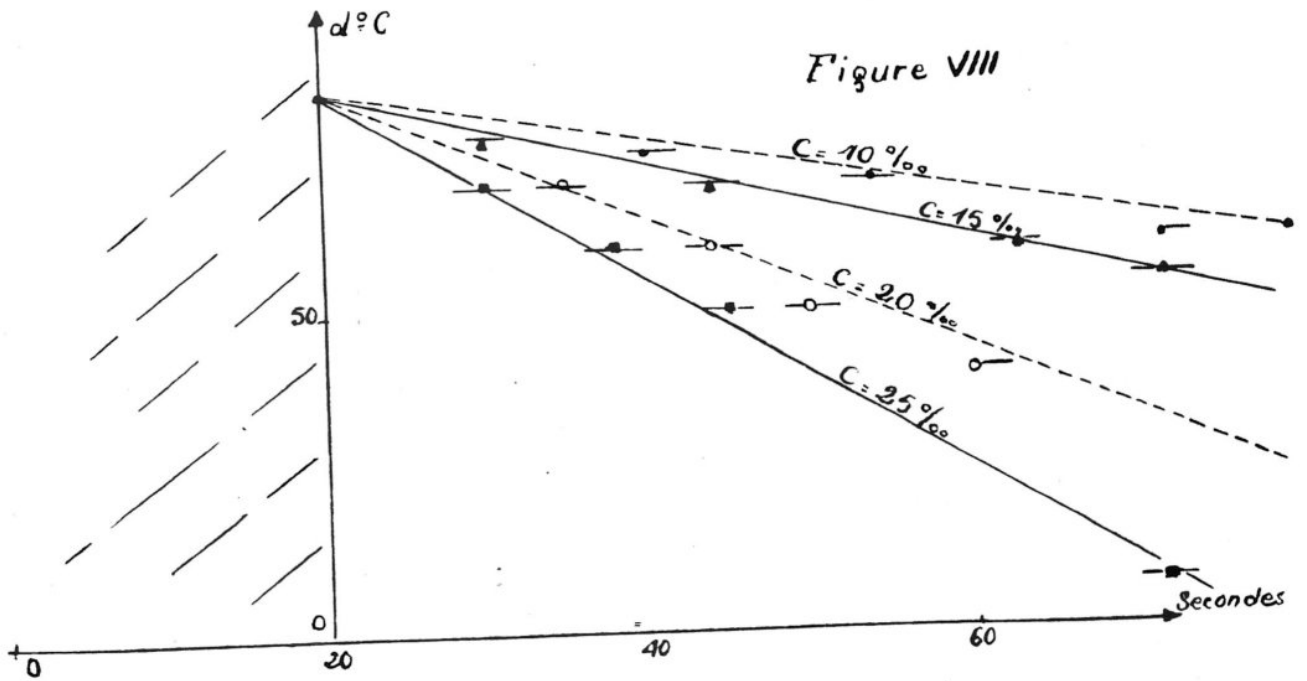
2) Ces temps nécessaires pour obtenir l'extinction à 1 germe permettent de dessiner une deuxième famille de droites (fig. VIII) qui nous donnent, pour une concentration donnée, l'extinction à 1 germe en fonction de la durée de traitement et de la température.

3) L'abaque (fig. IX) obtenu à partir de ces dernières droites permet pour une pression d'injection de 2 kg, connaissant deux des paramètres,

de déterminer la valeur du troisième nécessaire à l'obtention de bouteilles conformes, c'est-à-dire présentant de 1 à 5 germes vivants par bouteille.

$$\text{La formule } \Theta \text{ sec} = (85 - T) \frac{30}{C \%} \text{ obtenue}$$

par le calcul en partant des droites expérimentales dessinées permet, connaissant la température et la concentration de la solution, de calculer le temps nécessaire sous 2 kg de pression pour obtenir des bouteilles bactériologiquement conformes.



B. — ETUDE DU LAVAGE A TEMPERATURE CONSTANTE.

Pour cette étude, la température des bains a été maintenue à 50° C et nous avons fait varier les pressions entre 1 et 4 kg.

Les résultats obtenus ont été les suivants:

1) Test à la fuchsine (propreté physique des bouteilles) :

C ‰	P. kg/cm2	Test	% bouteilles sales
16 ‰	1	x x x x x x x x 0 x x 0 0 x x x	71,25%
	2	x x x x x x x x x x x 0 0 0 x x	71,25%
	3	x x x x x x x x x 0 0 x 0 0 0 0	62,5 %
	4	x x x x x x 0 0 x 0 0 0 0 0 0	43,75%
20 ‰	1	x x x x x x 0 0 x x 0 0 x x 0 0	62,5 %
	2	x x x x x x 0 0 x x 0 0 x x 0 0 x	68,75%
	3	x x 0 x x x x x x 0 x 0 0 0 0 0	56,25%
	4	x x x x x x 0 x x 0 0 0 0 0 0 0	50 %
25 ‰	1	x x x x x x x x x 0 x 0 0 0 0 0	62,5 %
	2	x x x x x x x 0 0 x 0 0 0 0 0 0	50 %
	3	x x x x x x x 0 x 0 0 0 0 0 0 0	50 %

Nous constatons d'après ce tableau qu'une augmentation de la pression des injections entraîne une diminution du pourcentage de bouteilles physiquement sales décelables par ce test.

Les mesures de pH et la détermination de l'existence ou non de sucres résiduels dans les bouteilles permettent de vérifier la propreté chimique des bouteilles après traitement.

2) Analyses chimiques (propreté chimique des bouteilles) :

Le tableau ci-dessous regroupe l'ensemble des résultats obtenus.

	pH				Sucres			
	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg
16 ‰	6,60	7,20	7,0	7,0	+	0	0	0
20 ‰	7,0	7,20	7,20	7,30	0	0	0	0
25 ‰	7,20	7,20	7,20		0	0	0	

Et nous constatons que pour une concentration donnée il y a intérêt à augmenter la pression, si nous voulons obtenir des résultats satisfaisants.

N.B. — Sur les laveuses expérimentales, il n'est pas possible d'utiliser une pression supérieure à 4 kg/cm2, ce qui semble être une valeur raisonnable pour les études entreprises.

3) Analyses bactériologiques :

Nous avons été amenés à faire les mêmes observations et à reproduire les mêmes graphiques que précédemment (figures XIA — XIB — XIC).

En partant des abaques expérimentaux obtenus, il a été possible d'établir une formule qui à T = 50° permet, connaissant les paramètres concentration, pression, de calculer la durée de traitement nécessaire pour obtenir des bouteilles bactériologiquement conformes. Cette formule s'écrit:

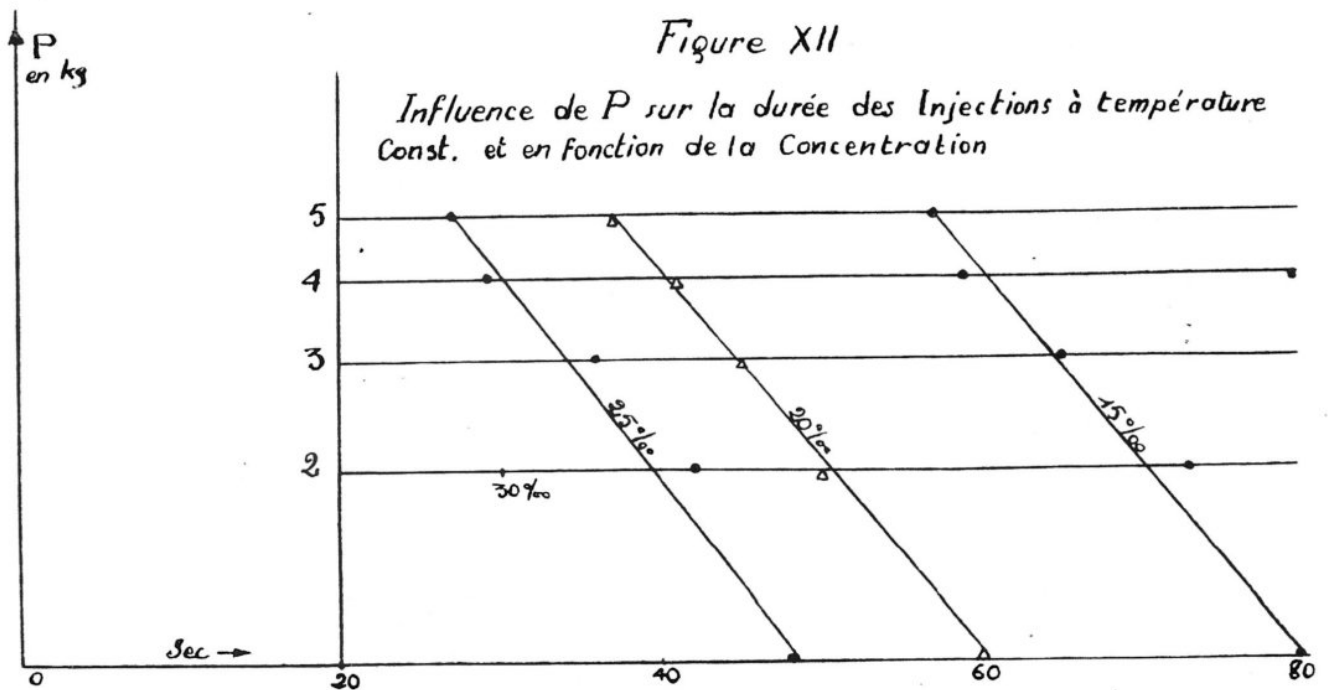
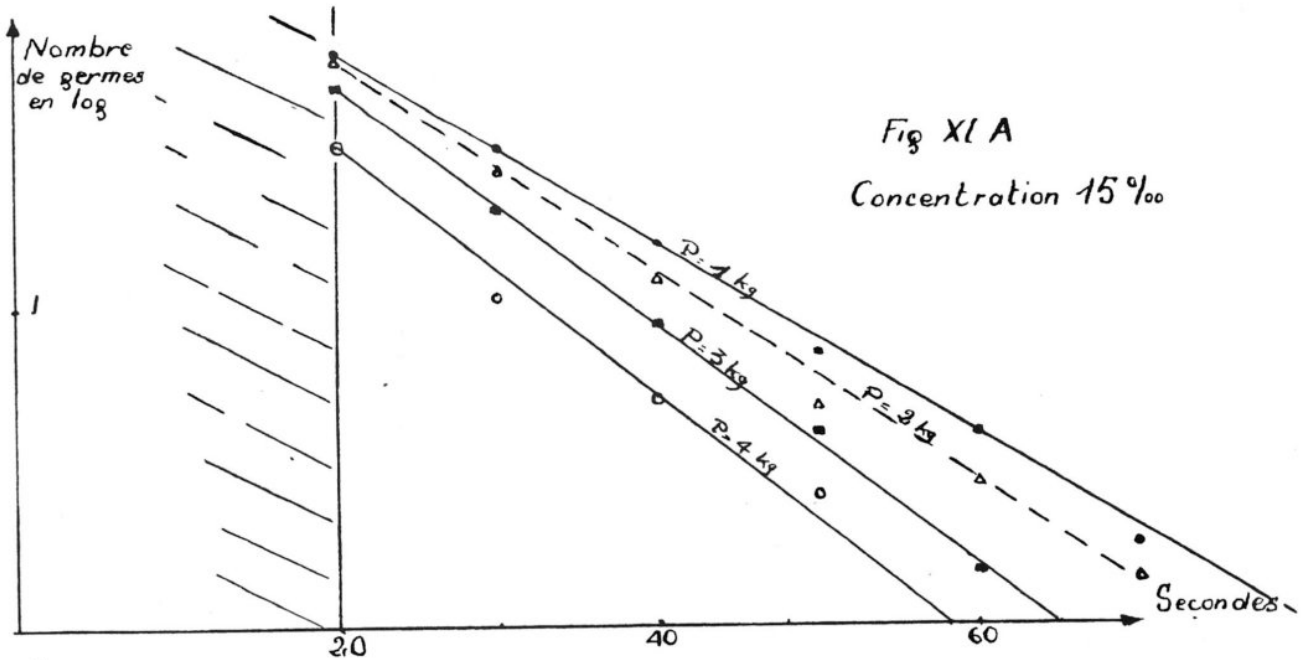
$$t = 10^2 \left(\frac{12}{C \text{ ‰}} - \frac{1}{3} \log P \right) \text{ P. exprimée en KG/cm2.}$$

C. — CONCLUSION A L'ETUDE DU LAVAGE PAR INJECTION.

L'étude du lavage par injection, l'injection étant employée comme seul moyen de détersion, permet de conclure à l'efficacité du procédé.

L'action mécanique de l'injection, action d'autant plus efficace que la pression est plus élevée, entraîne une très nette diminution du taux de salissure résiduelle dans les bouteilles. Et pour des températures et concentrations appropriées, il est possible d'obtenir :

— des bouteilles physiquement propres, c'est-à-dire ne réagissant pas au test de la fuchsine,



— des bouteilles chimiquement propres, c'est-à-dire ayant un pH voisin de 7,20 et ne présentant aucune trace de sucre,

— des bouteilles bactériologiquement conformes, c'est-à-dire contenant moins de cinq germes vivants par bouteille.

Formule du lavage par injection :

Nous avons vu que pour une pression de 2 kg, le temps nécessaire pour obtenir l'extinction à 1

germe par bouteille pouvait se calculer au moyen de l'équation

$$\Theta = (85 - T) \frac{30}{c} \quad (1)$$

cette équation ayant été établie à partir des droites expérimentales (figure VIII).

Dans cette équation n° 1, le facteur indépendant de T et de C est normalement fonction de la pression. Pour P = 2, il est égal à 30.

Grâce aux familles de droites, fig. XI A, B et C, nous avons calculé les valeurs de ce facteur pour des pressions de 1 à 4 kg et pour différentes con-

centrations. Le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus:

C ‰ P kg	15 ‰	20 ‰	25 ‰	Moyenne retenue
1	33,2	33,3	33,1	33 = X
2	30	30	30	30 = X
3	27,2	26,7	27	27 = X
4	25	23,8		24 = X

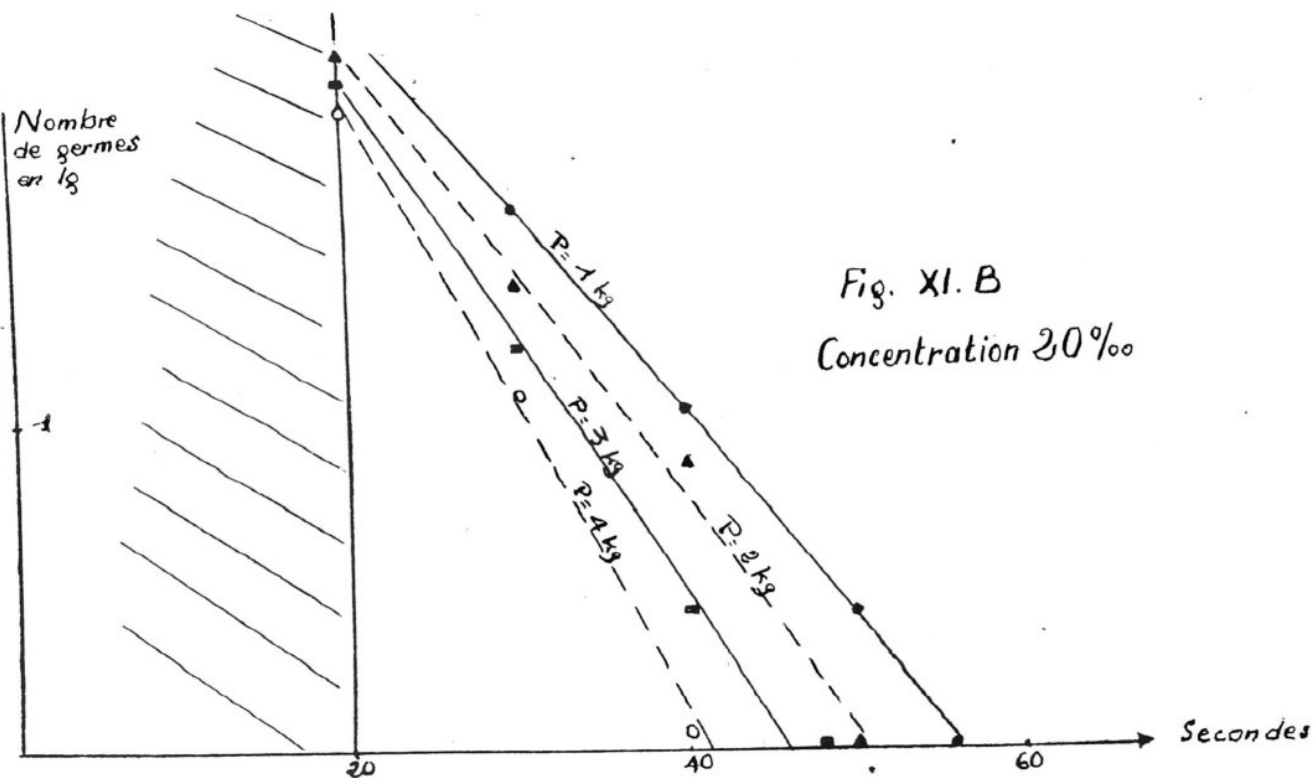


Fig. XI. B
Concentration 20‰

Après avoir tracé la courbe nous donnant X en fonction de P, nous avons déduit la formule

$$X = 36 - 3 P$$

La formule (1) établie par P = 2 devient donc sous sa forme générale:

$$(1) = \frac{3}{C} (85 - T) (12 - P)$$

Cette formule qui semble valable dans les limites de nos expériences permet de déterminer l'un des facteurs de lavage par injection lorsque les trois autres sont connus.

**

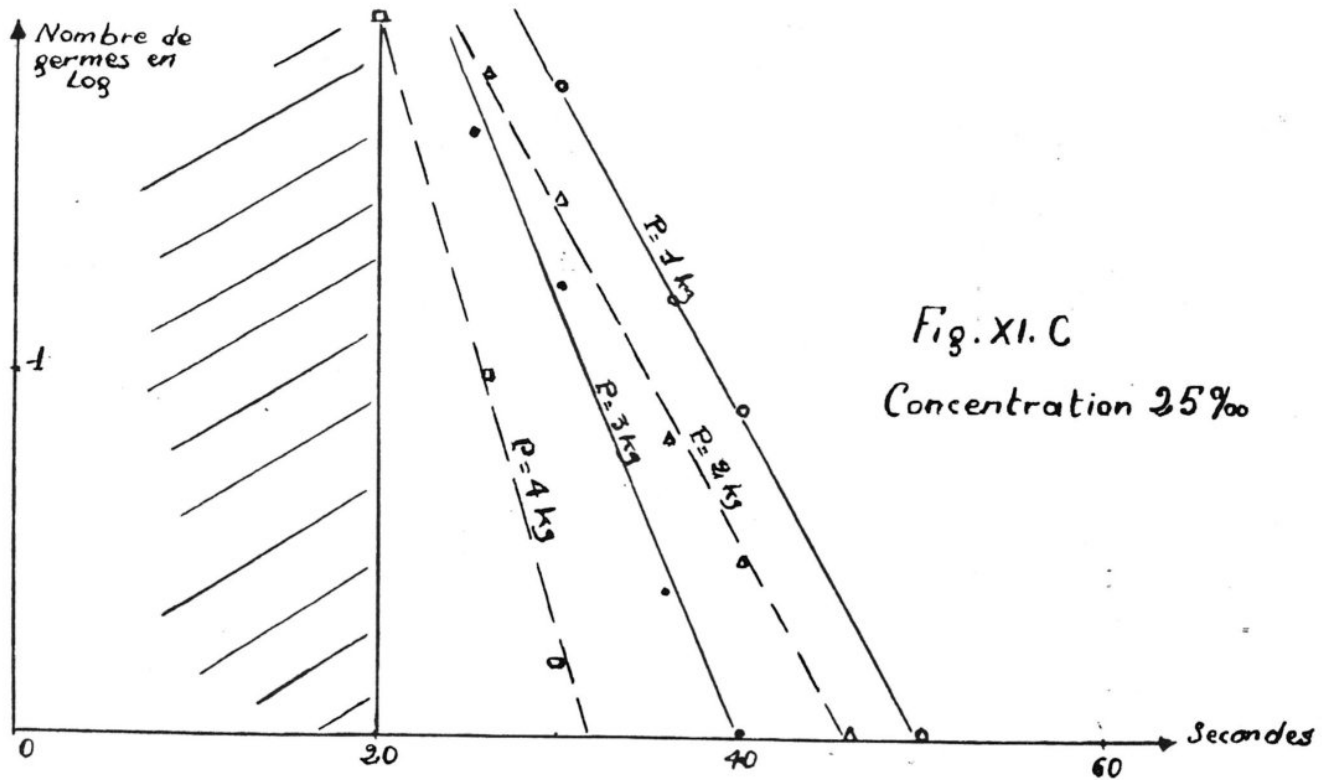


Fig. XI. C
Concentration 25‰

Sixième partie

Conclusions - Utilisation des Résultats

Si nous considérons comme une salissure valable parce que supérieure à la salissure moyenne des bouteilles entrant dans les laveuses la salissure standard utilisée pour ces études (salissure à base de lait concentré sucré), nous pouvons émettre l'hypothèse que toute machine industrielle qui lave correctement de telles bouteilles sera en mesure de nettoyer des bouteilles neuves ou de retour.

En conséquence, les résultats obtenus au cours de ces expériences (abaques et formules) peuvent être signalés aux constructeurs ou utilisateurs de matériels de lavage, afin de comparer les différents matériels.

1) Formulaire :

Toutes les formules présentées ci-dessous correspondent à des bouteilles conformes, c'est-à-dire physiquement correctes et présentant moins de 5 germes par bouteille.

Les temps sont donnés en secondes et à ± 2 secondes près.

Les concentrations en g ‰ à ± 0,2 g ‰ près.

Les températures en d° centigrades ± 0,2 c près.

a) Trempage statique :

$$\Theta = (80 - T) \frac{420}{C} \quad (1)$$

$$C = (80 - T) \frac{420}{\Theta} \quad (2)$$

$$T = 80 - \frac{C \Theta}{420} \quad (3)$$

Formulaire :

b) Trempage dynamique :

$$\Theta = (85 - T) \frac{270}{C} \quad (4)$$

$$C = (85 - T) \frac{270}{\Theta} \quad (5)$$

$$T = 85 - \frac{C \Theta}{270} \quad (6)$$

c) Injections :

A pressions constantes de 2 kg par cm².

$$\Theta = (85 - T) \frac{30}{C} \quad (7)$$

$$C = (85 - T) \frac{30}{\Theta} \quad (8)$$

$$T = 85 - \frac{C \Theta}{30} \quad (9)$$

A température constante T = 50° C :

$$\Theta = 100 \frac{12 - \log P}{C} \quad (10)$$

$$\log P = 3 \frac{1200 - \Theta}{1000 C} \quad (11)$$

$$C = \frac{3600}{3 \Theta + 100 \log P} \quad (12)$$

Formulaire :

Formule des injections :

$$\Theta = (85 - T) \frac{36 - 3 P}{C} \quad (13)$$

d) Rapport existant entre un trempage et une injection :

$$\frac{\Theta_t}{\Theta_i} = \frac{80 - T_c}{85 - T_i} \times \frac{C_i}{C_t} \times \frac{420}{36 - 3 P} \quad (14)$$

2) Utilisation des résultats :

Problème. — Un utilisateur voudrait savoir dans quelle mesure une machine industrielle est capable de lui donner des bouteilles conformes.

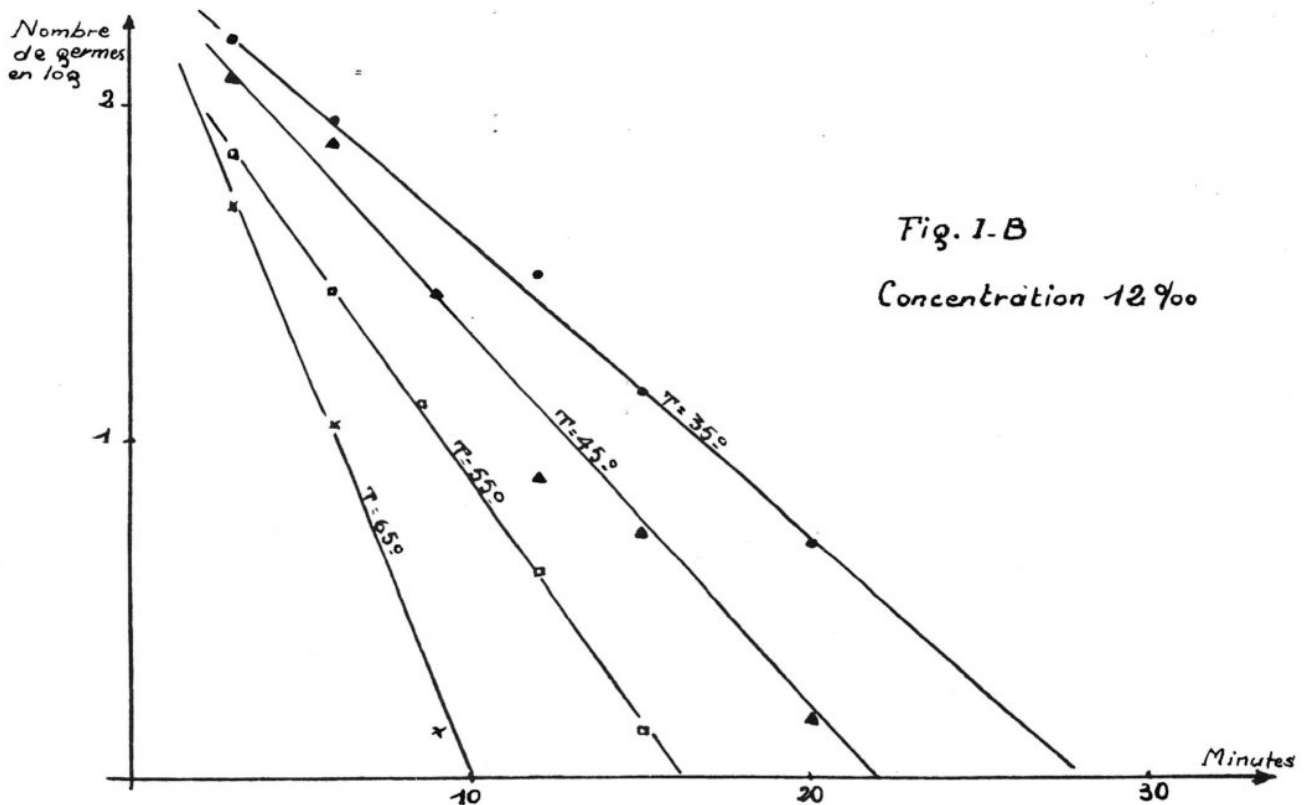
Les bouteilles subissent un trempage de 8 minutes dans un bain à 12 ‰ et à la température de 45° C, et 40 secondes d'injection d'une solution à 16 ‰ et 60° C et sous une pression de 2 kg/cm².

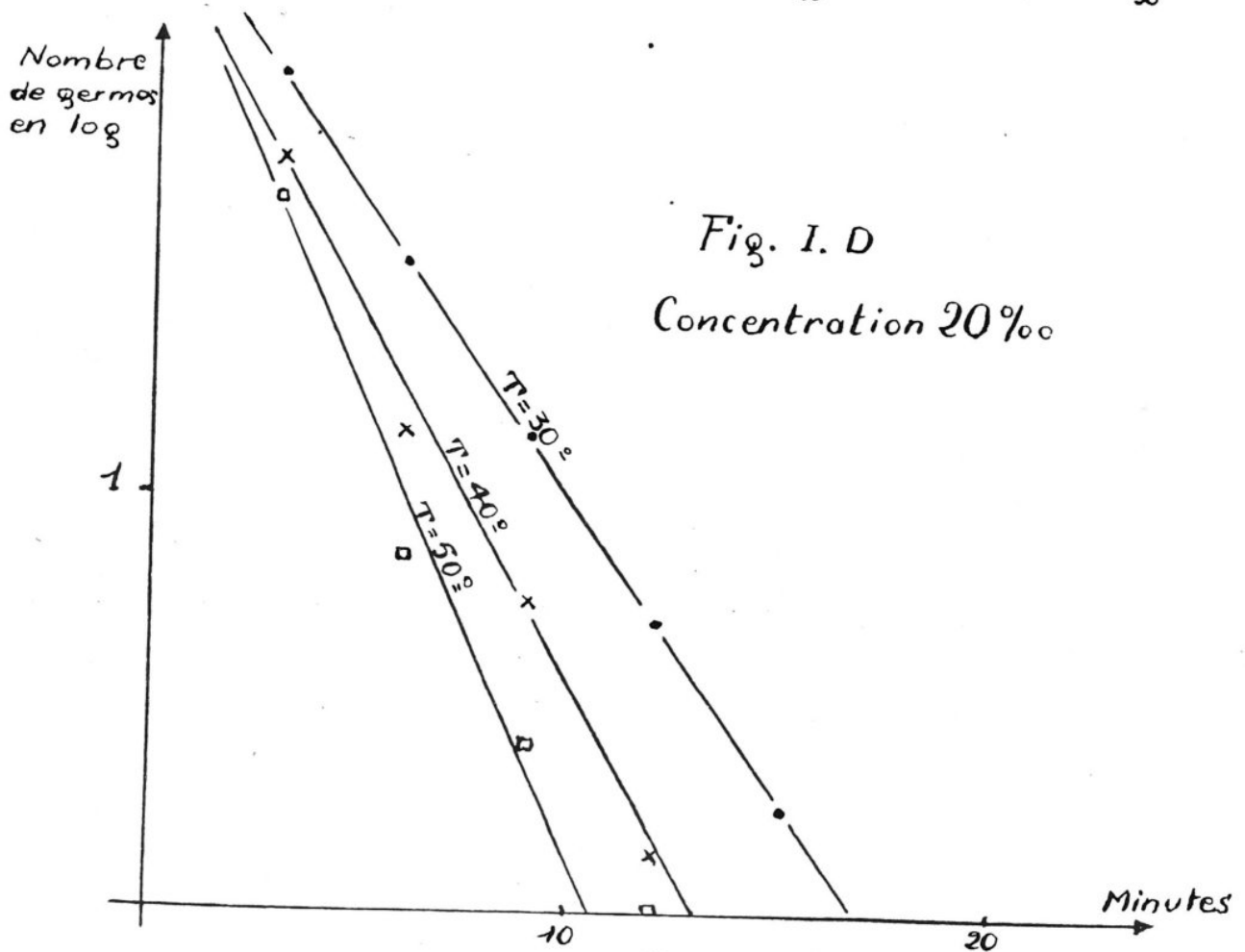
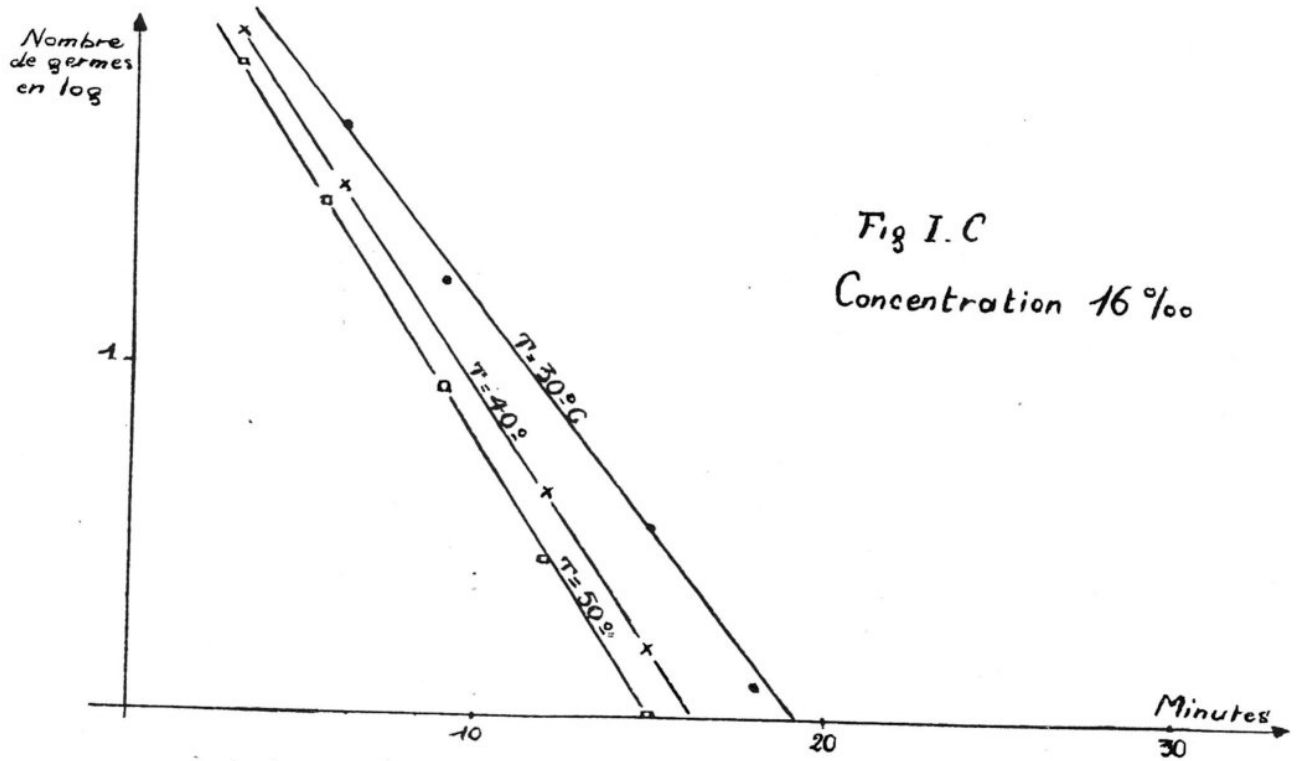
Pour résoudre ce problème, il est possible de pratiquer de deux façons différentes :

- a) Utilisation des abaques,
- b) Calcul à partir des formules.

1) Utilisation des abaques :

Les familles de droites, fig n° 1 nous permettent de connaître le nombre moyen de germes vivants dans la bouteille, après un trempage de 8 minutes dans une solution à 12 ‰ de concentration en soude, et à la température de 45° C.





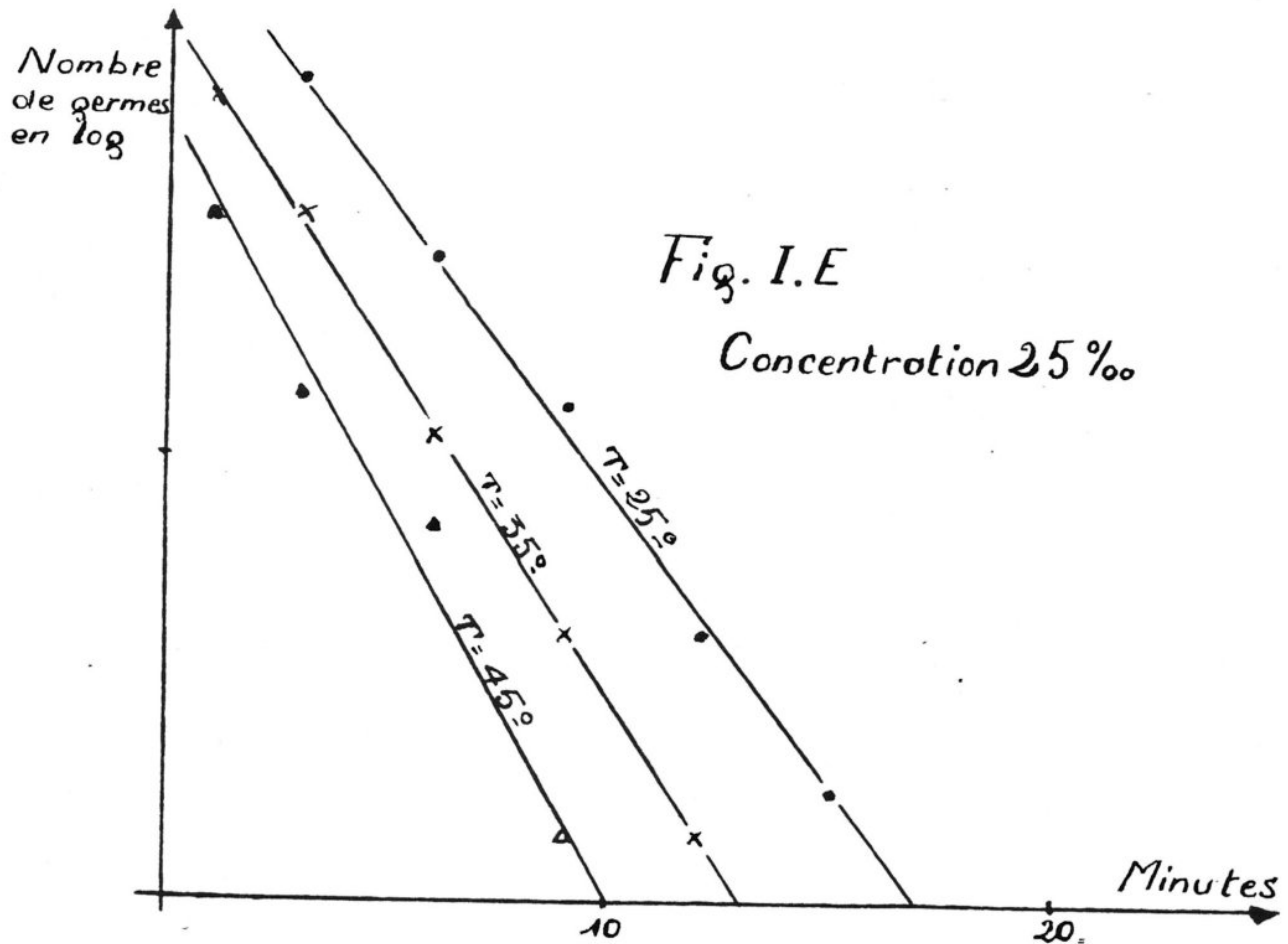


Fig. I.E
Concentration 25‰

Ce nombre moyen de germes est de 36 (log. 36 = 1,55).

Ces 36 germes devront (donc) être détruits par l'action des injections.

D'après la fig. VII, pour obtenir 36 germes vivants par bouteille, il suffit de 20 secondes d'injection sous 2 kg de pression et une solution de concentration 16 ‰ et à la température de 60° C.

Pour obtenir un germe vivant par bouteille, il faut dans les mêmes conditions d'injection, 53 ± 2 secondes (abaque n° 9). Avec une injection à $C = 16 \text{ ‰}$ et $T = 60^\circ \text{ C}$ pour ramener de 36 à 1 le nombre de germes résiduels par bouteille, il suffit d'une durée de traitement de $53 - 20 = 33 \pm 2$ secondes.

En conséquence, la laveuse considérée ayant un temps d'injection de 40 secondes, temps supérieur aux 33 ± 2 secondes nécessaires d'après les abaques utilisés, il semble, compte tenu de la précision de ces abaques, qu'il soit possible d'obtenir des bouteilles bactériologiquement conformes (c'est-à-dire contenant entre 1 et 5 germes par bouteille).

N.B. — Pour déterminer le temps nécessaire par injection, pour obtenir l'extinction à 1 germe par bouteille, nous utilisons l'abaque n° 9 qui est le plus précis, bien que la figure VII puisse également être utilisée.

2) Calcul au moyen des formules:

Pour ce calcul nous ramenons l'action de la laveuse à celui d'un seul trempage dans une solution de concentration 12 ‰ et de température 45° C.

Dans de telles conditions, d'après la formule n° 1 il faut, pour obtenir l'extinction à 1 germe, une durée de traitement de:

$$\Theta = (80 - 45) \frac{420}{12} = 1.225 \text{ secondes}$$

la marge d'erreur étant de l'ordre de 6 %.

La durée réelle d'action de la laveuse se subdivise en :

Trempage : $8 \times 60 = 480$ secondes.

Injection : 40 secondes.

La formule n° 14 nous permet de calculer l'équivalent trempage par injection de 40 secondes ce qui nous donne :

$$\Theta = \frac{80 - 45}{40} \times \frac{16}{85} \times \frac{420}{60 \times 12 \times 30} \text{ soit } \Theta t = 1.045 \text{ sec.}$$

La marge d'erreur étant de l'ordre de 10 %.

La durée réelle en équivalent trempage de la laveuse est donc de :

$$- 480 + 1.045 = 1.525 \text{ secondes.}$$

Ce temps de 1.525 ± secondes (équivalent trempage réalisé par la laveuse considérée) étant supérieur au temps théorique de trempage nécessaire pour obtenir l'extinction à 1 germe, il semble donc possible, avec la laveuse considérée, d'obtenir des bouteilles bactériologiquement conformes.

REMARQUE.

1) Le nombre d'expériences auxquelles nous nous sommes livrés donne aux formules énumérées plus haut une valeur expérimentale indéniable. Nous pensons cependant qu'avant de les admettre dans leur forme actuelle comme base des calculs de lavage, il convient encore de les confirmer par un certain nombre de nouveaux essais.

2) En ce qui concerne les injections, il convient de remarquer que nous avons neutralisé pour notre étude les 20 premières secondes qui devront faire l'objet de recherches particulières. Ces 20 premières secondes correspondent à la phase de dilution de la plus grande partie des impuretés imprégnées par la trempage préalable.

3) Toute notre expérimentation a été faite avec des bouteilles de 90 cl type Evian. Il y aura lieu de voir si des coefficients d'adaptation sont nécessaires pour des bouteilles présentant une forme différente ou une contenance plus faible.

BIBLIOGRAPHIE

- Techniques Modernes d'Embouteillage*, par Pierre-Albert CARON (Cie Française d'Éditions, 40, rue du Colisée, Paris-8^e).
- Le Lavage des Bouteilles*, brochure de l'Institut National de l'Embouteillage et des Industries Connexes (I.N.E.), 3, rue de la Boétie, Paris-8^e.
- Considérations sur les moyens à mettre en œuvre pour obtenir à l'entrée de la soutireuse, des bouteilles bactériologiquement stériles vis-à-vis de la bière à embouteiller*, par Albert MARINGE (Bulletin des Anciens Elèves de l'École de Brasserie de Nancy, n° 6 - 262, de novembre-décembre 1954).
- Les problèmes généraux du lavage des bouteilles*, par M. H1 (Brochure compte rendu officiel du 8^e Congrès Français de l'Embouteillage à Reims, éditée par l'I.N.E. précité, page 22).
- Procédés de stérilisation utilisés à l'Usine d'Evian*, par A. BOUDIER (Brochure compte rendu officiel du 1^{er} Congrès International de l'Embouteillage à Evian éditée par l'I.N.E. précité, page 9).
- Pasteurisation de la bière*, par R. SCRIBAN (Brochure compte rendu officiel du 1^{er} Congrès International de l'Embouteillage à Evian, ci-dessus; revue « Brasserie », septembre 1960).
- Le lavage des bouteilles*, par Baltzar JACOBSSON (Echo de la Brasserie du 25 juillet 1959, pages 905 à 909, cet article constituant un résumé abondant de « Biologische, Chemische und Warmetechnische Gesichtspunkte für die Flaschenreinigung » de Brauwelt 99 (1959) n° 37, page 728).
- Aspects of the Cleaning of Bottles*, par Baltzar JACOBSSON (Compte rendu officiel du Congrès European Brewery Convention, Vienne 1961, page 405).
- Bottling and Canning of Beer*, Published for Siebel Institute of technology By, Siebel Publishing Co, Chicago - Ill. 1955.
- Le nettoyage des bouteilles dans l'industrie laitière, et dans les industries de la boisson*, par le Dr DAMM (Revue de l'Embouteillage n° 52 de janvier 1961).
- Experiments on Bottle Washing of Standard Soiled Milk and Beer Bottles*, The influence of time, temperature, pressure and detergent on the cleaning effect, By JACOBSSON.