

COMMUNICATIONS

De l'efficacité de la pasteurisation du lait

par A. NEVOT, Ph. LAFONT et J. LAFONT

Pasteuriser le lait répond à deux soucis : d'une part, détruire dans leur vitalité les bactéries pathogènes pouvant contaminer le produit, d'autre part, le stabiliser jusqu'à sa vente au consommateur.

Pour n'envisager que le premier but, le seul à retenir en matière d'hygiène, on peut rassembler dans la littérature mondiale les résultats de nombreux travaux expérimentaux qui mettent en évidence l'efficacité de la pasteurisation basse, comportant un chauffage à 62° C pendant 30 minutes, ainsi que celle de la pasteurisation H.T.S.T. (High Temperature, Short Time) dans laquelle un chauffage à 71°/72° C est maintenu pendant au moins 15 secondes.

Aussi riches en enseignements que soient les travaux expérimentaux ayant permis d'aboutir à ces conclusions, il faut cependant noter que la grande majorité a été effectuée en utilisant comme espèce bactérienne pathogène test le seul bacille tuberculeux.

L'efficacité de tels chauffages du lait en matière de destruction de bactéries pathogènes a été, au cours des dernières années, très souvent mise en doute, en France. Ces divergences d'opinions entre hygiénistes français et étrangers nous ont amenés à entreprendre un ensemble d'études expérimentales destinées à préciser la thermo-résistance de toutes les espèces bactériennes pathogènes pouvant être rencontrées dans le lait et de juger de l'efficacité des traitements thermiques industriels.

Ces travaux constituent le sujet d'une monographie que M. NEVOT a présenté à l'Académie dans sa séance du 5 février 1959.

Ils se divisent en deux parties : une étude de la sensibilité à la chaleur des bactéries pathogènes ou commensales pouvant contaminer le lait, et une étude de la destruction de ces bactéries dans des conditions de chauffage industriellement réalisables.

*Etude de la sensibilité à la chaleur
des bactéries pathogènes ou commensales
pouvant contaminer le lait*

Nous proposons d'utiliser une méthode expérimentale susceptible d'assurer un chauffage de chaque unité bactérienne d'une suspension à une température et pendant un temps parfaitement définis, le protocole adopté a été le suivant :

Dans un bain-marie à température constante sont placés des tubes en verre de 11 mm de diamètre, contenant 1,9 centimètre cube d'eau physiologique stérile, de lait stérilisé ou de lait cru. Lorsque l'équilibre thermique est réalisé entre le contenu du tube et l'eau du bain-marie, on injecte à la pipette, dans la masse du liquide préchauffé contenu dans le tube, 0,1 ml. d'une suspension du germe étudié. Après un laps de temps déterminé, les germes sont soustraits à l'action de la chaleur par adjonction rapide dans le tube de 2 ml. d'eau physiologique froide stérile ; 2 ml. du mélange ainsi obtenu sont immédiatement aspirés dans une pipette froide et servent à effectuer la recherche des germes survivants. Celle-ci a lieu soit par ensemencement dans des milieux de culture appropriés, soit, dans le cas du bacille tuberculeux, par ensemencement *in vitro* et par inoculation au cobaye.

Un système de couples thermo-électriques permet au cours de ces expériences de suivre les variations de températures auxquelles sont soumises les suspensions microbiennes.

Ces essais de chauffage ont été effectués en utilisant des suspensions bactériennes très riches, titrant pour des espèces à croissance rapide 1.10^7 germes/ml. ; dans le cas du bacille tuberculeux, les suspensions utilisées, réalisées à partir de culture, titraient en moyenne $2,5.10^6$ bacilles/ml., et celles correspondant à des produits pathologiques 10 à 30 bacilles/ml.

Pour chaque espèce microbienne, les essais de chauff-

fage ont porté sur plusieurs souches, toutes récemment isolées. Nous avons étudié les résistances du staphylocoque, du streptocoque, de la plupart des espèces d'entéro-bactéries, des brucelles, des bacilles tuberculeux humain et bovin, des bacilles diphtériques, des anaérobies.

La sensibilité de ces germes à la chaleur a été étudiée pour des températures s'échelonnant de 60° à 80° C.

La température de 72° C correspondant à la pasteurisation H.T.S.T. étant la plus intéressante, nous avons cru utile de la retenir uniquement pour un exposé rapide de nos résultats.

Dans le tableau I figure les temps minima de chauffage à 70° C qui permettent d'obtenir la destruction de la vita-

TABLEAU I

SENSIBILITE A LA CHALEUR DES BACTERIEE PATHOGENES OU
COMMENSALES POUVANT CONTAMNER LE LAIT . Temps de destruction
à 72°

		en lait cru	en lait stérilisé
Bacilles tuberculeux humains	en cultures	8" à 12 "	9" à 12 "
	en produits pathologiques	16"	
Bacilles tuberculeux bovins	en cultures	4" à 8"	4" à 9"
	en produits pathologiques	12"	
Brucella melitensis			18" à 20"
Brucella abortus bovis			12" à 18"
Bacille d'Eberth		4" à 5"	
S. paratyphique B		4"	
Staphylocoque		10" à 11"	14" à 15"
Streptocoque (groupe A)			7"
Entérocoque		110" à 113"	110" à 113"

lité du bacille tuberculeux, de brucelles, de salmonelles, des staphylocoques et des streptocoques. Les valeurs numériques indiquées mettent en évidence des différences de sensibilité à la chaleur enregistrées de souches à souches dans une même espèce ; elles montrent, d'autre part, des différences, en matière de bacille tuberculeux, entre suspensions de bactéries provenant de culture et émulsions de produits pathologiques.

*Etude de la destruction des bactéries
dans des conditions de chauffage industriellement réalisables*

L'appareil avec lequel a été conduite cette expérimentation est un « pasteurisateur » de taille réduite mais entièrement comparable quant à son principe et à son fonctionnement aux appareils utilisés dans l'industrie. Chaque essai a pu être conduit en utilisant des volumes de l'ordre de 40 litres. Sur la figure n° 1, est représenté un schéma de cet appareil, lequel comprend :

— un premier échangeur thermique alimenté en eau chaude assurant l'élévation de la température du lait ;

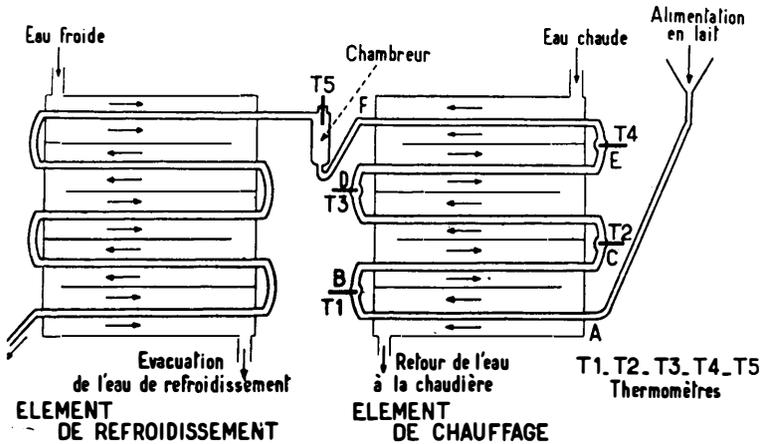


Fig. 1

— une série de récipients de taille plus ou moins grande, dans lesquels le lait stagne, assurant le rôle de chambreurs ; les chambreurs réalisables sont de 2, 5, 10, 20, 30 et 60 secondes ;

— un second échangeur thermique recevant de l'eau froide et destiné à abaisser la température du lait.

L'alimentation en lait de ce « pasteurisateur » s'effectue grâce à un récipient placé au-dessus de lui, à une hauteur telle que la pression réalisée permette un débit dans l'appareil de 1.000 ml. en 100 secondes ; la pression évite, d'autre part, des phénomènes de moussage dans les canalisations.

La circulation du lait dans l'appareil se fait dans un tube en aluminium d'un diamètre interne de 5 mm. ; en certains points de ce tube sont placés des thermomètres de précision (fig. 1, points B, C, D, E).

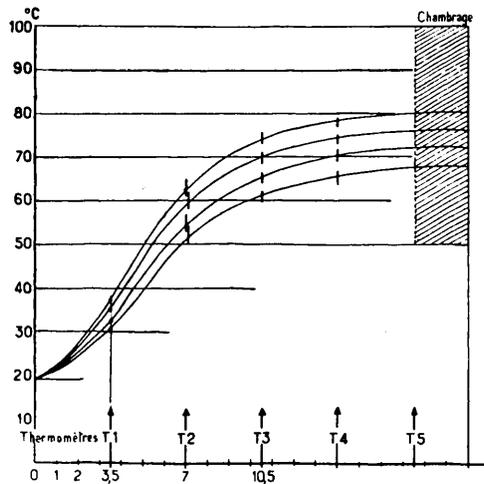
Le débit du lait dans l'appareil étant réglé, comme indiqué ci-dessus, la vitesse de son écoulement est telle que :

— le temps de franchissement de chacune des distances égales AB, BC, CD, DE, EF est de 3,5 secondes ;

— le temps de franchissement de l'élément chauffant : 17,5 secondes ;

— le temps de franchissement de l'élément de refroidissement de même taille que le précédent : 17,5 secondes.

Si l'on rapporte sur un graphique ces temps et les moyennes des températures enregistrées au cours des séries d'essais, indiquées par les thermomètres T1, T2, T3, T4 et T5, thermomètres placés respectivement aux points B, C, D, E et dans le chambreur, on peut tracer les courbes de variations de température caractérisant les chauffages du lait. Sur le graphique I figurent de telles courbes correspondant à des températures de chambrage de 68°, 72°, 75° et 80° C.



Il est à noter que le fonctionnement de cet appareil expérimental de pasteurisation est superposable à celui d'une installation industrielle en particulier quant aux modalités d'échauffement du lait ; il en diffère cependant par

deux points : d'une part le diamètre de la canalisation conduisant le lait est supérieur d'au moins un millimètre à l'épaisseur de la couche de lait dans un appareil industriel à plaques, d'autre part le refroidissement est plus brutal, dans le second échangeur thermique les fluides ne circulant pas à contre-courant. Ces deux facteurs peuvent avoir eu une influence sur les résultats que nous avons obtenus en matière de destruction des bactéries, mais il est évident que cette influence ne peut se traduire que par un effet moindre du traitement thermique réalisé dans l'installation expérimentale par rapport à ce qui peut être obtenu avec un appareil industriel.

Au cours de tous les essais conduits en utilisant l'appareil expérimental, nous avons employé des laits artificiellement contaminés ; suivant les espèces bactériennes cette contamination variait de 1.10^4 à $1,5.10^6$ germes viables au millilitre ; elle ne fut nettement plus faible que dans le cas de laits souillés par des produits pathologiques tuberculeux. La recherche des germes survivants aux chauffages, recherche toujours effectuée en utilisant des échantillons de volume relativement important, a fourni des résultats rapportés en partie dans le tableau II. Les valeurs numériques indiquées dans ce tableau montrent qu'une pasteurisation à 72°C détruit les bacilles tuberculeux, *B. abortus bovis*, les salmonelles, les staphylocoques pathogènes, les streptocoques A même lors-

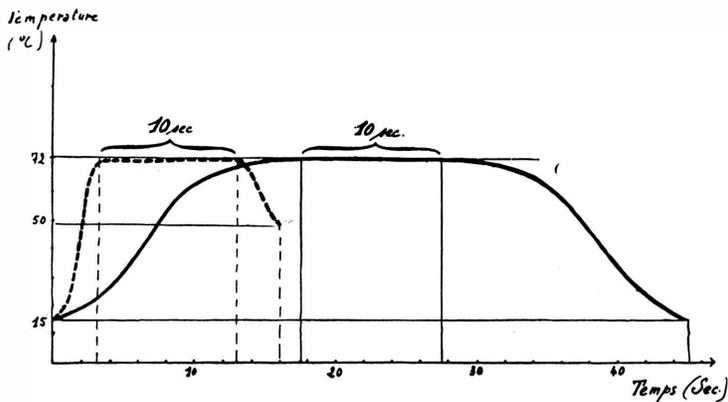
TABLEAU II

SENSIBILITE A LA CHALEUR DES BACTERIES PATHOGENES OU COMMENSALES
POUVAIENT CONTAMINER LE LAIT . Temps de destruction à 72° .

	en lait cru =	
	appareil de pasteurisation	expérimentation de laboratoire
Bacilles tuberculeux humains { en cultures en produits pathologiques	} 72° , $< 2''$	$8''$ à $12''$
		$16''$
Bacilles tuberculeux bovins { en cultures en produits pathologiques	}	$4''$ à $8''$
		$12''$
Brucelle melitensis	72° , $< 5''$	$10''$ à $20''$
Brucella abortus bovis	} 72° , $< 2''$	$12''$ à $18''$
Bacille d'Eberth		$4''$ à $5''$
B. paratyphique B		$4''$
Staphylocoque		$10''$ à $11''$
Streptocoque (groupe A)		$7''$
Entérocoque	72° , $> 60''$	$110''$ à $115''$

que le chambrage n'est que de 2 secondes, *B. melitensis* lorsque le chambrage est compris entre 2 et 5 secondes.

A titre de comparaison, figurent dans le tableau II les caractéristiques des chauffages qui, dans nos expériences de laboratoire rapportées précédemment, assuraient la destruction des bactéries de mêmes espèces. Les différences, relativement importantes, qui apparaissent pour une même espèce microbienne entre les valeurs déterminées dans chacune des deux expérimentations, s'expliquent aisément si on rapproche les diagrammes des chauffages réalisés d'une part dans un tube immergé dans un bain-marie, d'autre part en utilisant le « pasteurisateur » expérimental. Deux de ces diagrammes, tous deux relatifs à un chauffage à 72° C, sont figurés sur le graphique II. Dans le cas de la pasteurisation, le lait, avant d'atteindre la température de chambrage, subit un chauffage à des températures progressivement croissantes de 20 à 72° C s'étendant sur 17,5 secondes, et le refroidissement, lui aussi progressif, est de même durée. En conséquence, par exemple pour une pasteurisation à 72° C pendant 10 secondes, le lait est effectivement porté pendant 21 secondes à des températures supérieures à 50° C.



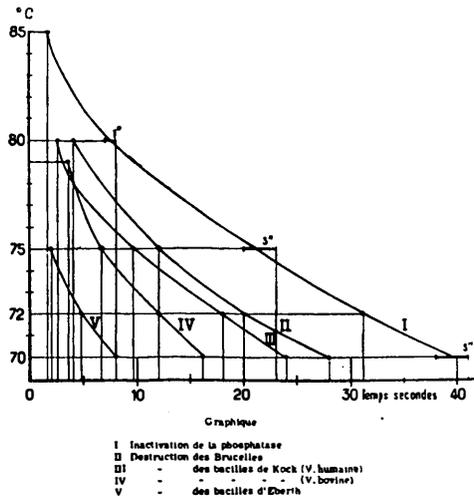
GRAPHIQUE 2

*Etude de l'inactivation par la chaleur
de la phosphatase alcaline du lait*

La recherche de l'inactivation de la phosphatase alcaline du lait a été proposée et est utilisée comme test permettant de juger *a posteriori* de l'application d'un traitement de pasteurisation.

Utilisant les deux protocoles expérimentaux précédemment exposés (chauffage en tube, chauffage dans un appareil de pasteurisation), nous avons déterminé les conditions thermiques qui correspondent à l'inactivation totale de la phosphatase.

Dans toutes nos expériences cet enzyme s'est révélé nettement plus thermorésistant que les bactéries pathogènes. Le graphique III illustre ce fait.



Conclusions

L'ensemble de nos travaux permet de formuler les conclusions suivantes :

1° Les Brucelles présentent une thermo-résistance nettement plus forte que celle des bacilles tuberculeux, humain ou bovin.

2° Au sein d'une même espèce bactérienne existe, entre les diverses souches, une grande homogénéité quant à la sensibilité à la chaleur.

3° Une pasteurisation de type H.T.S.T., comportant un chambrage à 72° C pendant 10 secondes, assure certainement la destruction des bactéries pathogènes pouvant contaminer le lait.

4° L'inactivation de la phosphatase alcaline d'un lait indique que celui-ci a été soumis à un chauffage qui a sûrement détruit les bactéries pathogènes contenues dans le produit.

DISCUSSION

M. BASILLE. — Je tiens à dire tout d'abord mon admiration pour le travail qui vient de nous être présenté. La publication des diagrammes de chauffage met en lumière la marge de sécurité qui existe, pour une température donnée, entre la durée nécessaire pour détruire les bactéries pathogènes et le temps de chambrage habituellement appliqué dans la pasteurisation. Cette marge de sécurité est plus ample que ne l'indique le simple énoncé des chiffres. Lorsqu'on définit la pasteurisation comme un chauffage à 72° pendant 16 secondes, on oublie parfois qu'avant de parvenir à ces 72° le lait est passé par des températures intermédiaires où l'action destructrice de la chaleur sur les microorganismes s'exerçait déjà, de même qu'après cette exposition à 72° pendant 16 secondes le lait, en voie de refroidissement est de nouveau passé par ces températures intermédiaires. Or, dans les expériences rapportées ici, la destruction des bactéries pathogènes a été étudiée en fonction d'une mise en température presque instantanée suivie par un refroidissement brusque. C'est pourquoi entre le temps reconnu nécessaire pour détruire telle espèce bactérienne à la température de 72°, disons 6 secondes par exemple, et la norme de pasteurisation de 16 secondes à 72° est encore augmentée pratiquement d'un traitement thermique additionnel correspondant à la mise en température progressive du lait avant le chambrage et à son refroidissement progressif après le passage au pasteurisateur.

D'autre part, je me permets d'exprimer un regret : c'est que les épreuves de contrôle de l'inactivation de la phosphatase n'aient pas été accomplies sur les échantillons mêmes dans lesquels était étudiée la destruction des bactéries pathogènes. J'admets que les conditions expérimentales étant identiques, les deux phénomènes pouvaient valablement être étudiés dans deux séries distinctes. Néanmoins, la comparaison eût été plus frappante et encore plus convaincante si les deux phénomènes avaient été vérifiés conjointement.

M. LAFONT. — Dans certains cas cela a été fait, avec des laits qui contenaient des espèces pas très pathogènes, tel que staphylocoque, parce que si l'on avait eu des bacilles tuberculeux dans le lait en quantité, on aimait mieux ne pas trop le manipuler.

M. LE PRÉSIDENT. — Je voudrais poser une question aux spécialistes laitiers, concernant les streptocoques, les entérocoques, etc. Est-ce que dans la pratique on en trouve dans les laits pasteurisés courants ?

M. LAFONT. — Oui, on en trouve.

M. LE PRÉSIDENT. — Est-ce que les souches que vous avez utilisées étaient des souches de collection ?

M. LAFONT. — Toutes les souches ont été isolées peu de temps avant le travail et à partir de produits pathologiques ou à partir du lait, des matières fécales de bovins, de porcins.

M. GORET. — Il n'est pas exceptionnel de trouver des entérocoques dans les cas de mammite, il existe même des mammites à entérocoques, elles sont rares, mais elles existent.

M. LE PRÉSIDENT. — Quelle est la conduite du contrôleur laitier lorsqu'il trouve des streptocoques au point de vue de l'appréciation de la salubrité.

M. THIEULIN. — Cela prouve qu'à l'origine, les précautions suffisantes n'ont pas été prises, et cela ne vient pas du tout à l'encontre de l'intérêt de la pasteurisation. Un complément indispensable, et la première phase également indispensable de la pasteurisation, c'est un lait qui soit le moins souillé possible, ce que le professeur GORINI a justement appelé un « lait de pasteurisation facile », c'est-à-dire apte à profiter de cette opération excellente qui est la pasteurisation rationnelle (chauffage à 72° pendant 16 secondes).
