

LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :		
M. PELLET. — Note sur la marche de la température dans un stérilisateur industriel	593	B. SPUR. — Modification et simplification du procédé proposé par M. le Dr Höyberg pour la détermination de la matière grasse dans le lait et la crème (<i>fin</i>) 639
E. POZZI-ESCOFF. — Le dosage rapide de la matière grasse du lait. Gerber ou Babcock ?	601	W.-DORNER. — Contribution à l'étude de la cause du gonflement des laits au lacto-fermentateur (<i>à suivre</i>) 655
A. J.-J. VANDEVELDE. — Phénomènes de diffusion des constituants du lait dans un gel de gélose	605	Bibliographie analytique :
H. STASSANO. — De la conservation et de l'assainissement du lait (<i>à suivre</i>)	608	1 ^o Livres 664
O.-R. OVERMAN et F.-P. SANMANN. — Etude sur la vitesse de variation dans la composition du colostrum des vaches	626	2 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 666
		Documents et informations :
		Comptes rendus de la Conférence nationale du lait sur la pasteurisation, Londres 1923 (<i>à suivre</i>) 679

MÉMOIRES ORIGINAUX ⁽¹⁾

NOTE SUR LA MARCHÉ DE LA TEMPÉRATURE DANS UN STÉRILISATEUR INDUSTRIEL

Par M. PELLET

Ingénieur agronome, Directeur de la Société Laitière Carrion.

Au cours de différentes recherches sur la stérilisation du lait, recherches effectuées à l'usine de la Société Laitière Carrion, nous avons été naturellement amené à étudier la marche de la température dans un autoclave industriel. Nous avons pensé qu'il serait intéressant pour quelques-uns des lecteurs de cette revue de publier certains résultats de nos essais, particulièrement en ce qui concerne les variations de température dans les différents points de l'appareil.

Appareils utilisés et marche suivie dans nos essais. — L'appareil dont nous nous sommes servi est un stérilisateur industriel cylindrique, à double étage, avec bain-marie chauffé par circulation de vapeur dans un serpentin ; le croquis n^o 1 en indique les caractéristiques principales. Comme moyen de contrôle de la température, ce genre d'appareil ne comporte en général qu'un thermomètre A plongeant dans l'eau du bain-marie et un thermomètre-manomètre C, en communication avec l'atmosphère interne. Ces thermomètres,

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

qui peuvent être suffisants dans certaines conditions, ne sont plus d'un secours efficace lorsqu'il s'agit d'étudier la stérilisation de produits assez délicats, car le premier ne renseigne que sur la température de l'eau du bain-marie, et le second sur la température de l'atmosphère calculée d'après la pression de cette dernière, pression qui ne commence à s'exercer (un certain temps après le début de l'ébullition de l'eau du bain-marie) que dès la fermeture de la vanne d'échappement V.

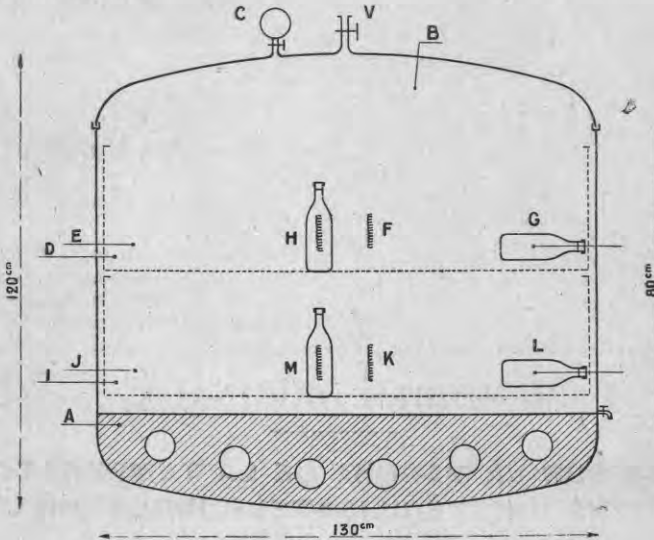


FIG. 1.

De plus, lorsque le thermomètre-manomètre est en mesure de fonctionner, on constate, en général, un décalage entre la température qu'il indique et celle marquée par le thermomètre du bain-marie ; la différence varie de 1° à 2°. Enfin il est d'autre part entendu que le thermomètre-manomètre n'exprime, à peu près exactement, la température de l'atmosphère de l'autoclave qu'à la condition que celle-ci soit purgée d'air, si non la correspondance normale n'existe plus entre la pression et la température.

Mais, au cours d'une chauffe, les diverses parties de l'atmosphère de l'appareil ne sont pas toutes, à un même instant, à une température égale, et, à fortiori, l'écart est-il plus fort si l'on considère le liquide de flacons placés à différents endroits. Ce sont ces écarts que nous avons cherché à déterminer au cours de nos essais. A cet effet nous avons muni l'autoclave de dispositifs nous permettant de suivre la température à divers endroits de l'appareil, soit dans l'atmosphère elle-même, soit dans des flacons remplis de lait. Nous avons utilisé pour cela des thermomètres à longue tige dont la gra-

duction se trouvait à l'extérieur du stérilisateur, et un thermomètre enregistreur différentiel extra-sensible. Nous avons déterminé ainsi les courbes de température pour un certain nombre de points de l'appareil, points dont nous donnons ci-après l'énumération. Ces déterminations ont été faites au cours de chauffes industrielles, c'est-à-dire avec un stérilisateur rempli de bouteilles dans ses deux paniers. Les bouteilles utilisées comme témoin, remplies de lait, étaient du type demi-Vichy (400 cm. cubes environ), en verre épais, de coloration vert foncé ; ces bouteilles étant bouchées au moyen de capsules type « couronne », le lait était isolé de l'atmosphère du stérilisateur ; le vide n'y avait pas été fait avant bouchage.

Points de l'autoclave où ont eu lieu les déterminations des températures (voir le croquis n° 1) :

- A. Bain-marie.
- B. Atmosphère supérieure.
- C. Thermomètre-manomètre.

Panier supérieur :

- D. Atmosphère, à 5 cm. de la périphérie.
- E. Atmosphère, à 10 cm. de la périphérie.
- F. Atmosphère, région centrale.
- G. Lait dans une bouteille placée horizontalement à la périphérie.
- H. Lait dans une bouteille placée verticalement (1) dans la région centrale.

Panier inférieur :

- I. Atmosphère, à 5 cm. de la périphérie.
- J. Atmosphère, à 10 cm. de la périphérie.
- K. Atmosphère, région centrale.
- L. Lait dans une bouteille placée horizontalement à la périphérie.
- M. Lait dans une bouteille placée verticalement dans la région centrale.

Les résultats que nous donnons dans le tableau ci-après correspondent à une chauffe dont la marche générale est la suivante :

Au début de la chauffe, la température moyenne du lait est, dans les bouteilles, de 45°, le lait ayant été préalablement pasteurisé vers 85° pour homogénéisation. La température initiale du bain-marie, à l'heure zéro, est de 70°. Le début de la chauffe est contrôlé au moyen du thermomètre A de façon à monter de 70° à 100° en douze minutes. Puis on suit la température au moyen du thermomètre à mercure B (plongeant dans l'atmosphère supérieure de l'autoclave), la vanne d'admission de vapeur dans le serpentin étant réglée pour monter aussi régulièrement que possible de la température contrôlée à cet

(1) Les positions horizontales ou verticales des bouteilles expliquent les différences de températures qu'ultérieurement, lors du refroidissement, on constatera, à un même moment, pour les bouteilles d'un même panier.

Tableau des températures obtenues au cours d'une chauffe dans les diverses parties d'un stérilisateur

Minutes	Bain-marie ¹	Atmosphère supérieure	Thermomètre Manomètre	Panier supérieur						Panier inférieur				
				Atmosphère			Lait			Atmosphère			Lait	
				D	E	F ²	G	H	I	J	K	L	M	
				A	B	C								
0	70	46	»	44	44	44	45	45	44	44	44	45	45	
12	100	60	»	53	57	60	45	46,5	51	52	56	45	46	
17	100,5	70	»	59	62	69	49	55	53	55	62	48	60	
27	101	80	»	72	74	77	55	65	68	71	75	53	73	
37	101,5	90	»	84	88	88	70	77	85	87	84	69	82	
Fermeture de la vanne V	47	102	100	101	99	100	99,5	93	92	100	100	100	94	99
	55	103	101	102	101	101	101	98	99	101	101	101,6	100	101
40 min. {	63	104	102	103	102	102	102	100,8	101,5	102	102	102,4	101,4	102,3
	71	105	103	104	103	103	103	101,9	102,5	103	103	104	102,6	103,8
	79	106	104	105	104	104	104	102,9	104	104	104	104,6	103,6	104,2
5 min. {	87	107	105	106	105	105	105	103,9	105	105	105	105,7	104,5	105,8
Arrêt du chauffage et ouverture de la vanne V	92	107	105	106	105	105	105	104,6	105	105	105	106	105	106
	93	106	104	105	104	104	104	104,8	105	104	104	104	105	106
Arrivée d'eau chaude	97	103	101	101	101	101	101	104,4	104,8	101	101	102	104,7	105,8
— — froide	107	74	97	»	90	90	97	101	103	84	84	89	89	96
Arrêt de l'eau chaude	112	<50	92	»	84	84	89	92	97	50	50	64	77	88
	117	»	88	»	71	71	82	83	89	<50	<50	55	58	71
	122	»	86	»	<50	<50	64	65	77	»	»	<50	<50	51
	127	»	79	»	»	»	<50	55	61	»	»	»	»	<50
	130	»	<50	»	»	»	»	<50	<50	»	»	»	»	»

¹ L'eau du bain-marie contient un peu de soude et de carbonate de soude.

² Les déterminations de températures pour F, H, K et M ont été faites avec un thermomètre enregistreur dont la cuvette est de dimensions beaucoup plus importantes que celles des thermomètres à mercure employés dans les autres déterminations, ce qui explique les décalages constatés au refroidissement par immersion.

instant (en l'espèce 60°) jusqu'à 100° pendant trente-cinq minutes (de la douzième à la quarante-septième minute). A ce moment l'air a été évacué et l'on ferme la vanne V. Ensuite, en suivant toujours les indications du thermomètre B, on monte de 100° à 105° en quarante minutes ; cette montée est suivie d'un palier de cinq minutes à 105°. On ferme alors la vanne d'alimentation de vapeur du serpent et l'on ouvre la vanne d'échappement V.

Cinq minutes après la fin du chauffage, on fait arriver de l'eau chaude par la partie inférieure de l'autoclave ; puis, à des époques indiquées sur le tableau ci-contre, un mélange d'eau chaude et d'eau froide et finalement de l'eau froide seule, le refroidissement au-dessous de 50° étant atteint dans la partie supérieure de l'appareil trente-huit minutes après l'arrêt du chauffage.

Notons enfin que les chiffres donnés dans le tableau sont des moyennes de plusieurs opérations au cours desquelles, d'ailleurs, nous n'avons pas constaté de divergences sensibles.

Examen des résultats. — Si nous considérons d'abord l'atmosphère, nous constatons, au début de la chauffe, que la partie supérieure de l'autoclave prend une certaine avance sur les autres points de l'appareil ; ces différences sont dues aux courants ascendants et chauds dans le centre, descendants et froids dans la périphérie ; elles diminuent d'ailleurs d'importance au fur et à mesure que la température générale s'élève.

D'autre part, dans la partie axiale de l'autoclave, on constate au début une différence qui semble anormale entre la partie basse et la partie haute de l'appareil (colonnes B, F et K du tableau), celle-ci étant indiquée comme la plus chaude. Cette différence s'explique par ce fait que les thermomètres F et K sont entourés de bouteilles, ce qui n'est pas le cas pour B ; dans ces conditions il doit se produire un rayonnement des bouteilles relativement froides sur le thermomètre immédiatement voisin qui n'exprime pas ainsi exactement la température du gaz constitué en partie, surtout au début, par de l'air mauvais conducteur (l'origine de cette différence est analogue à celle que l'on constate quand on prend la température de l'air à l'ombre et au soleil). Les différences les plus sensibles d'un point à un autre se retrouvent, au cours de la montée dans les courbes B et I, où l'on constate par exemple à la dix-septième minute une différence de 17°, alors qu'à la quarante-septième minute il y aura égalité. Au-dessus de 100°, il y a pour l'atmosphère à peu près équilibre entre tous les points de l'appareil, sauf dans la partie centrale du panier inférieur où la température atteint, dans les conditions de l'opération, 1° de plus en fin de chauffe.

Si nous examinons maintenant la marche de la température du lait, nous constatons, à de mêmes époques, des décalages, d'un

côté entre le centre et la périphérie à une même hauteur, de l'autre des décalages entre les bouteilles du panier inférieur et celles, en correspondance verticale, du panier supérieur.

C'est ainsi qu'on observe :

A la vingt-septième minute respectivement pour H et M : 65° et 73° , soit 8° de différence ;

A la vingt-septième minute respectivement pour G et M : 55° et 73° , soit 18° de différence ;

A la trente-septième minute respectivement pour L et M : 69° et 82° soit 13° de différence.

Ces écarts arrivent à diminuer considérablement au voisinage, puis au-dessus de 100° , mais néanmoins on peut encore constater, entre G et M, une minute après la fin du chauffage, une différence de $1^{\circ}2$. Il faut d'ailleurs observer que, malgré l'arrêt du chauffage, G a continué à monter de $0^{\circ}2$ au cours de la minute suivant cet arrêt.

Au cours du refroidissement, les différences que l'on observe sont naturellement dues à ce que l'eau, arrivant par la partie inférieure de l'autoclave, ne monte que progressivement dans l'appareil, et, pratiquement, cette arrivée d'eau ne peut être instantanée.

Discussion des résultats. — Il y a lieu de remarquer que les variations de température, observées dans les diverses parties de l'autoclave au cours des essais ci-dessus indiqués, seraient sensiblement différentes si la vitesse de montée de la température était elle-même modifiée, tout au moins au cours de certaines phases de la chauffe.

Si nous considérons par exemple la période des douze premières minutes, pendant laquelle le thermomètre A du bain-marie est passé de 70° à 100° , nous constatons que l'élévation du liquide est relativement très faible partout ; au cours de cette période, l'eau du bain-marie s'échauffe, mais la transmission de chaleur est insignifiante ; d'ailleurs la sortie de gaz, par la vanne d'échappement V, est presque nulle. Or, si au lieu de douze minutes la montée de 70° à 100° avait eu lieu soit en cinq minutes, soit en trente minutes, l'élévation de température du liquide dans les bouteilles n'aurait guère varié ; toutefois, dans le dernier cas, on aurait même pu constater un léger abaissement temporaire de la température du lait.

La période, allant du début de l'ébullition de l'eau du bain-marie à la fermeture de la vanne d'échappement de l'autoclave (douzième à la quarante-septième minute), correspond à celle où les variations sont les plus considérables. Au cours de cette période, on part de 100° bain-marie pour arriver à 100° atmosphère ; l'air s'échappe petit à petit avec de la vapeur d'eau, mais celle-ci ne commence à fuser de la vanne d'échappement de l'autoclave que lorsque la température de B atteint le voisinage de 95° . Or, si par un chauffage

plus énergique on diminue le temps de chauffe (quinze minutes par exemple au lieu de trente-cinq) pour monter d'un même nombre de degrés, l'émission plus intense de vapeur d'eau agira de telle façon que, si d'un côté l'élévation de température de la périphérie retardera encore légèrement sur celle du centre, de l'autre, toute la zone du panier inférieur se trouvera toujours en avance sur celle du panier supérieur et elle pourra arriver à prendre une avance d'une quinzaine de degrés, M étant par exemple à 99°, alors que H ne sera qu'à 80° ou 85° (1).

A partir du moment où l'on ferme la vanne de l'autoclave pour monter en pression, les différences entre les diverses parties de l'atmosphère iront en s'atténuant jusqu'à disparaître complètement, ou presque, mais en ce qui concerne le liquide, les bouteilles du panier inférieur qui auront pris de l'avance en conserveront une partie, même si l'on adopte en fin de chauffe un palier de quelques minutes. Il faut, pour les bouteilles, que ce palier se prolonge de quinze à vingt minutes si l'on veut arriver à une égalité totale dans toutes les parties de l'appareil.

D'après ce qui précède, on voit que la présente note n'a pas pour but de déterminer les relations exactes de température qui existent au cours d'une chauffe quelconque entre les différents points d'un autoclave, mais de démontrer qu'il existe des variations, qui peuvent, dans certains cas, être assez importantes, tant suivant la place envisagée dans l'autoclave que suivant le mode de chauffe adopté.

Nous avons dressé quelques courbes qui montrent, d'une façon plus nette qu'un tableau, les températures obtenues dans nos essais à différents endroits de l'appareil. Tout particulièrement le croquis n° 3 permet de se rendre compte que, dans la période active de la stérilisation, c'est-à-dire au-dessus de 100°, les quantités de chaleur reçues par les liquides de deux bouteilles diversement placées, pourraient être assez considérables pour qu'il soit possible d'obtenir, dans une même chauffe : soit en un endroit M une surchauffe nuisible, soit dans un autre endroit G une chauffe insuffisante.

Les renseignements que nous venons de donner démontrent l'intérêt qu'il y a, à notre avis, surtout lorsqu'il s'agit de la stérilisation de produits délicats, comme le lait, d'étudier, pour le type de chauffe que l'on se propose de suivre, la marche exacte de la température dans les différents points de l'appareil et de ne pas se fier uniquement aux indications des thermomètres habituellement utilisés sur les autoclaves. On ne peut au besoin les employer seuls que

(1) Dans le cas d'une ébullition trop intense, il peut se produire des projections d'eau qui fausseraient les observations du panier inférieur ; il y a lieu d'y faire attention.

q

and, dans un type de chauffe déterminé, on a étudié comparativement leur marche avec celle d'instruments précis reflétant la température exacte à divers endroits du stérilisateur.

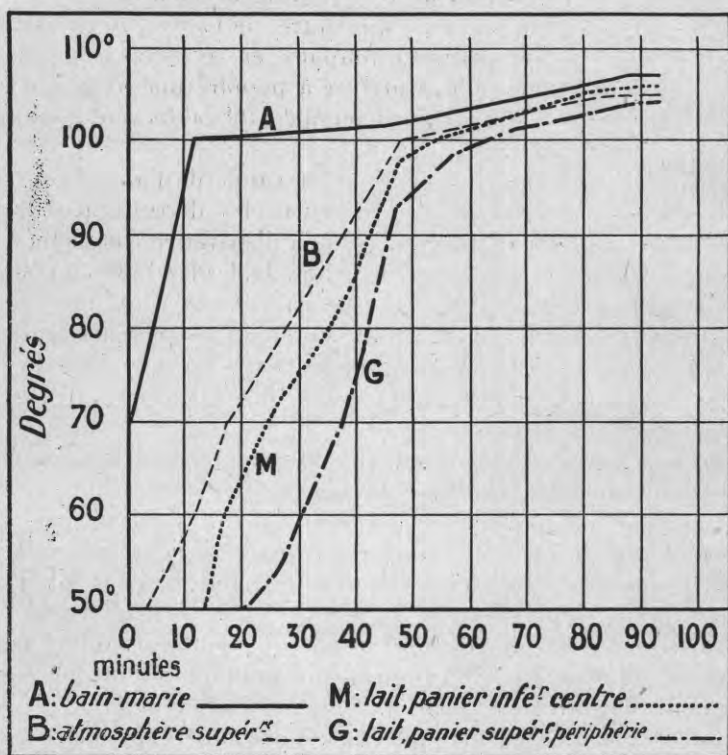


FIG. 2. — Courbes des températures constatées sur quatre points du stérilisateur au cours de la montée au-dessus de 50°.

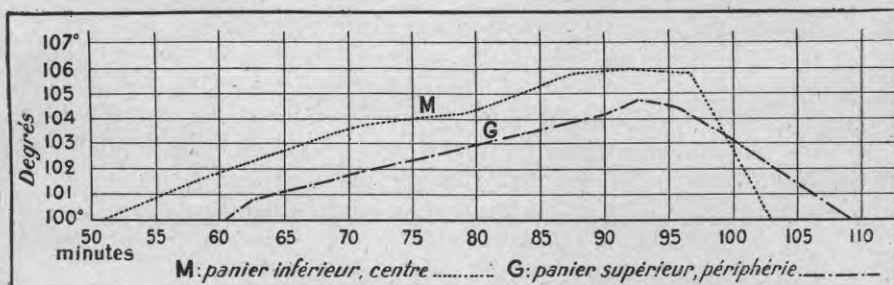


FIG. 3. — Courbes montrant les quantités différentes de chaleur reçues au-dessus de 100° par deux laits placés en des endroits distincts d'un appareil au cours d'une même chauffe.