

INFORMATION — SFRL

Juillet 1975/4
 Publié par la Station fédérale de recherches laitières
 CH-3097 Liebefeld
 Directeur: Prof. Dr B. Blanc

Etude des conditions thermiques dans les étuves thermostatiques pour cultures de fromagerie

E. Flückiger, F. Walser et Ch. Steffen

1. Introduction

Tout traitement thermique que l'on fait subir à un mélange de cultures a pour conséquence, voulue ou non, de favoriser l'espèce de bactéries qui se développe le mieux dans les conditions données. Outre la température, d'autres facteurs sélectifs jouent un rôle, ainsi par exemple la composition du milieu nutritif et l'état physiologique des organismes.

La température influence la culture de façon d'autant plus marquée qu'elle agit plus longtemps. La présente étude des étuves thermostatiques pour cultures de fromagerie répond à la question de savoir, d'une part, si les conditions thermiques qui règnent dans ces étuves satisfont aux exigences requises et, d'autre part, quelles conditions doivent être tout particulièrement respectées lors de l'utilisation des étuves.

2. Description des étuves

L'étude a porté sur 3 étuves, 2 possédant 2 compartiments, l'autre 1 seul. Les 5 compartiments ont été désignés comme suit:

- A/1 et A/2 (étuve 1, fabrication A, 2 compartiments)
- B/1 et B/2 (étuve 2, fabrication B, 2 compartiments)
- C (étuve 3, fabrication B, 1 compartiment)

2.1 Espace utile des compartiments (cm)

	A/1	A/2	B/1	B/2	C
Mesures	Compartiments				
Hauteur	32	32	31	31	31
Largeur	44	29	48	29	47
Profondeur	25	25	27	27	27

2.2 Matériaux et construction

Matériel, extérieur:	sapin (A/1, A/2 peint, B/1, B/2, C teinté)
Revêtement intérieur:	tôle d'aluminium
Isolation:	liège (A/1, A/2), styropor (B/1, B/2, C)
Portes:	double vitrage
Lampes chauffantes:	2 lampes par compartiments, de 60 watts chacune (A/1, A/2) 1 lampe par compartiment, 115 watts (B/1, B/2, C)
Réglage de la température:	membrane, double, diam. 70 mm, champ: 30—45°C; microrupteur (A/1, A/2), rupteur-Hg (B/1, B/2, C)
Tablette:	novopan, tôle de protection (A/1, A/2) amiante, sans protection (B/1, B/2, C)
Conduits d'air:	en haut 2, en bas 1 conduit par compartiment
Contrôle de la température:	thermomètre monté derrière la vitre
«Protection contre l'humidité»	approuvée par l'ASE

Les clichés 1 et 2 représentent des photos des étuves 1 et 2, la figure 3 le schéma de ces étuves.

Figure 1

Étuve 1
 avec les compartiments A/1 et A/2
 (de gauche à droite)

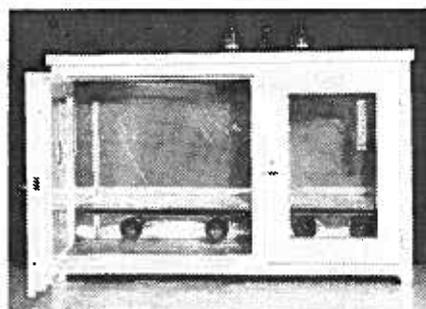
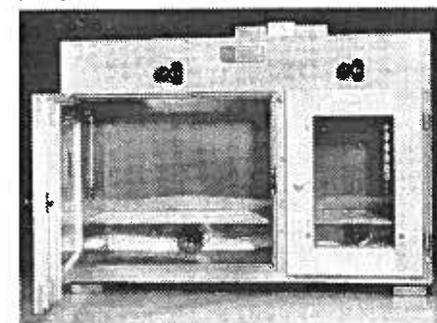


Figure 2

Étuve 2
 avec les compartiments B/1 et B/2
 (de gauche à droite)



2.3 Méthode de contrôle

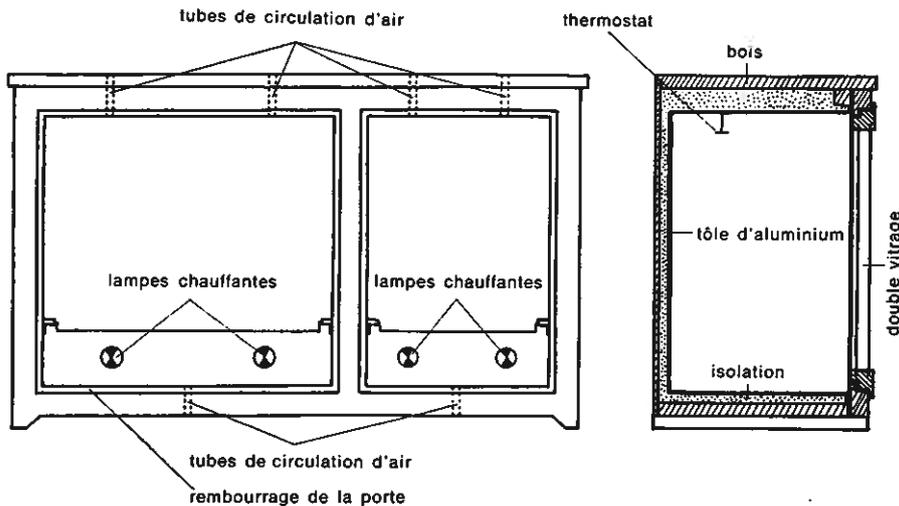
L'enregistrement des différences et des fluctuations de température a été effectué au moyen d'un enregistreur avec impression par points (enregistreur de compensation) comportant 6 canaux et autant de thermomètres à résistance (Pt 100).

3. Résultats de l'essai

3.1 Fluctuations de température au centre de l'étuve pour une température ambiante constante

Pour une température ambiante de 20°C et des températures d'étuve de 30 et 40°C, on a noté au centre les

Figure 3
Schéma des étuves



fluctuations suivantes qui correspondent en principe aux différences de fonctionnement du régulateur de température:

Tableau 1
Fluctuations de température au centre de l'étuve en °C pour une température ambiante identique et une température d'étuve de 30 et 40°C

Type d'étuve	à 30°C	à 40°C
A/1	0,3	0,3
A/2	0,3	0,3
B/1	0,5	0,5
B/2	1,3	1,0
C	1,3	1,0

Les fluctuations plus importantes relevées dans les compartiments B/1, B/2 et C sont dues à l'inertie de l'interrupteur à mercure dont ces étuves sont équipées. Ces interrupteurs à mercure ont dû être remplacés entre temps par des dispositifs plus sensibles (communication du fabricant).

3.2 Fluctuations de température au centre de l'étuve pour diverses températures ambiantes, la température de l'étuve demeurant la même

La température de l'étuve est demeurée constamment à 30°C. Les températures ambiantes étaient de 5, 10, 20 et 30°C. L'influence de températures ambiantes plus ou moins élevées sur la température de l'étuve ressort du tableau suivant:

Tableau 2
Fluctuations de température au centre de l'étuve pour diverses températures ambiantes en °C

Température ambiante en °C	Fluctuations de température dans les 5 étuves				
	A/1	A/2	B/1	B/2	C
5	0,3	0,3	0,8	1,0	1,0
10	0,3	0,3	0,8	1,0	1,0
20	0,3	0,3	0,8	1,3	1,3
30	0,3	0,3	1,0	1,5	1,5

Les différentes températures ambiantes n'ont guère eu d'influence sur la constance de la température au centre de l'étuve. Les températures ambi-

antes basses ont provoqué un chauffage plus fréquent (raccourcissement de l'intervalle de mise en marche du thermostat), les températures plus élevées un chauffage moins fréquent (prolongation de l'intervalle de mise en marche du thermostat). Les fragments de courbes de température représentés par la figure 4 font ressortir clairement cette influence de la température ambiante sur l'intervalle de mise en marche du thermostat.

3.3 Différences de température à l'intérieur des étuves

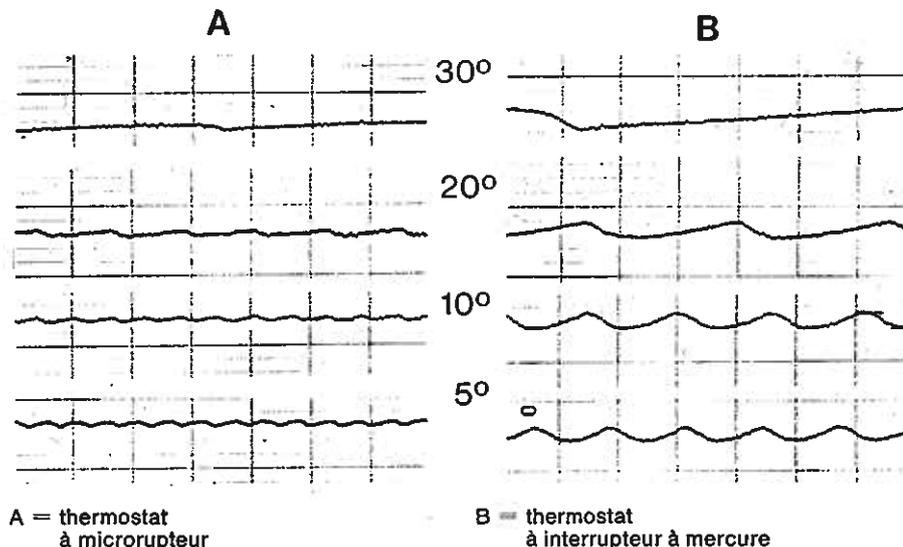
Le tableau suivant donne les températures enregistrées à l'intérieur de l'étuve, en haut, au centre et en bas.

Tableau 3
Différences de température à l'intérieur des étuves
(Température de l'étuve: 40°C, Température ambiante: 20°C)

Mesure de la température dans l'étuve	Température (°C) dans les étuves				
	A/1	A/2	B/1	B/2	C
En haut	40,8	41,0	39,0	39,0	41,0
Au centre	40,5	40,8	39,6	39,8	41,0
En bas	40,0	40,0	40,4	40,0	42,4

Dans les compartiments A/1 et A/2, la température était supérieure en haut d'environ 1°C à la température du bas. La situation était exactement inverse dans les autres étuves: dans la partie inférieure, la température était supérieure de 1—1,4°C à celle de la partie supérieure. Dans le premier cas (plus chaud en haut) les ampoules sont isolées par une tôle

Figure 4
Courbes de température au centre de l'étuve pour différentes températures ambiantes (durée de mesure: 70 minutes env.)



en aluminium et une plaque en fibre de bois avec espace d'air, dans le dernier cas (plus chaud en bas), par une plaque d'éternit qui agit comme chauffage par le sol.

3.4 Baisse de température lorsque la porte de l'étuve est ouverte

Pour une durée d'ouverture de 1 à 2 minutes et une température ambiante de 20°C, on a enregistré les baisses de température suivantes:

Tableau 4

Baisse de température lorsque la porte de l'étuve est ouverte

Durée d'ouverture en minutes	Baisse de température en °C				
	A/1	A/2	B/1	B/2	C
1	5	5	5	5	5
2	8	8	8,5	8	8

La baisse de température a été pratiquement identique pour toutes les étuves. Une durée d'ouverture 2 fois plus longue n'entraîne pas une baisse 2 fois plus grande de la température en raison de la remise en marche du chauffage. La température initiale était de nouveau atteinte après 8 à 10 minutes environ.

3.5 Durée d'adaptation de la température de la culture à la température de l'étuve

L'essai a été effectué selon les conditions de température données ci-dessous:

Température de l'étuve en °C	Température de la culture en °C	Température ambiante en °C
30	20	env. 20
30	40	env. 20
30	50	env. 20
40	20	env. 20
40	30	env. 20
40	50	env. 20
40	60	env. 20

On a utilisé de l'eau à la place des cultures. La quantité d'eau était de 5 litres et le récipient utilisé était en grès.

Le tableau suivant donne les temps qui ont été nécessaires pour que la température du liquide atteigne celle de l'étuve à 20°C près.

L'air est un mauvais conducteur thermique. Le chauffage du liquide d'essai de 20 à 28°C a duré de 5 à 10 heures pour une température d'étuve de 30°C. Pour la même température d'étuve, le refroidissement a duré de

Tableau 5

Durée de l'adaptation de la température du liquide d'essai, à 2°C près, à une température d'étuve de 30°C, resp. 40°C (arrondie aux demi-heures et heures entières)

Température en °C	Liquide étuve d'essai	Durée d'adaptation, à 2°C près, en heures				
		A/1	A/2	B/1	B/2	C
20	30	10,0	9,0	5,0	5,0	5,5
40	30	5,5	5,0	4,5	4,0	4,0
50	30	8,0	8,0	7,0	6,0	7,0
20	40	10,0	9,5	7,0	6,0	6,5
30	40	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0
50	40	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0
60	40	6,5	6,0	5,0	5,0	6,5

4 à 5,5 heures. Le réchauffement et le refroidissement sont légèrement plus rapides lorsque la température de l'étuve est de 40°C que lorsqu'elle est de 30°C (4—6 resp. 3,5—4 heures), toutes conditions étant semblables par ailleurs.

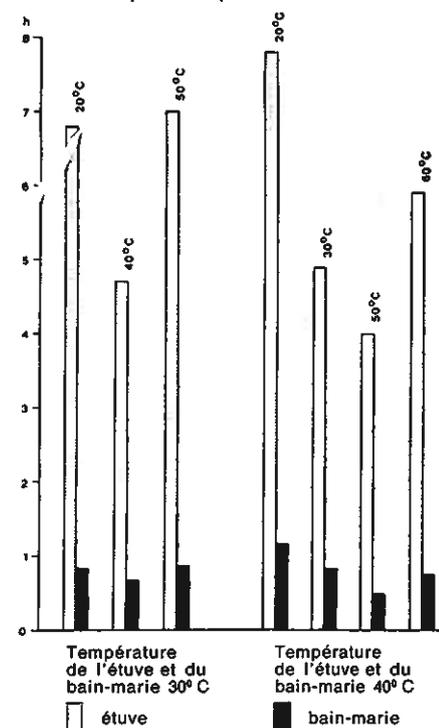
Ce qui s'explique par les écarts différents entre température de l'étuve et température ambiante. L'écart est de 10°C pour une température d'étuve de 30°C, il est de 20°C pour une température de 40°C. Lorsque la température de l'étuve est de 40°C, le chauffage reste pratiquement toujours en marche, d'où un réchauffement plus rapide. Il va de soi que la rapidité du refroidissement dépend de l'amplitude de l'écart de température par rapport au milieu ambiant. La figure 5 montre comment s'effectue l'adaptation de la température de la culture à celle de l'étuve.

Il faut également noter qu'il existe des différences entre les étuves; elles apparaissent notamment lorsque l'on porte au thermostat un liquide d'essai de température inférieure. Dans les étuves équipées d'un fond intermédiaire en éternit, le liquide

d'essai se réchauffe plus rapidement que dans les autres étuves (A/1 et A/2). Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, la plaque d'éternit agit en plus comme chauffage par le sol. L'eau est un conducteur thermique nettement meilleur que l'air. La figure suivante permet de comparer les durées d'adaptation de la température du liquide d'essai au bain-marie, d'une part, et dans l'étuve (bain d'air) d'autre part.

Figure 6

Comparaison des durées d'adaptation de la température au bain-marie et dans l'étuve (moyenne de toutes les étuves) à 2°C près



L'adaptation parfaite de la température du liquide d'essai à la température de l'étuve dure naturellement infiniment plus longtemps que la simple approche, à 2°C près, de la température de l'étuve. C'est ce que fait ressortir le tableau suivant.

Tableau 6

Temps nécessaire jusqu'à l'adaptation parfaite de la température du liquide d'essai à la température de l'étuve (arrondi aux demi-heures et heures entières)

Température en °C	Bouteille d'essai	Egalisation de la température après nombre d'heures étuve				
		A/1	A/2	B/1	B/2	C
20	30	17,5	17,0	13,0	10,5	14,0
40	30	19,0	16,5	13,0	10,5	13,0
50	30	19,0	16,5	15,0	12,0	—
20	40	19,5	16,0	15,0	12,0	14,5
30	40	16,5	—	11,5	11,0	12,5
50	40	—	—	12,0	10,5	13,0
60	40	—	—	—	12,0	14,5

En comparant les tableaux 5 et 6, on remarque que l'adaptation parfaite de la température du liquide d'essai à la température de l'étuve dure environ 2—3 fois plus longtemps que l'approche à 2°C près de cette température.

3.6 Influence du matériau des récipients à cultures sur la durée d'adaptation de la température

Nous avons utilisé des récipients d'essai en verre, en grès et en aluminium. La quantité de liquide était de 5 litres, la température du liquide 40°C, la température dans l'étuve 30°C et celle de la pièce 20°C. La durée d'adaptation de la température ressort du tableau suivant.

Tableau 7
Influence du matériau des récipients à cultures sur la durée d'adaptation de la température dans les récipients

Matériau	Adaptation de la température à 2°C près après nombre d'heures				
	A/1	A/2	B/1	B/2	C
Grès	5,5	5,0	4,5	4,0	4,0
Verre	5,5	5,0	4,0	3,5	5,0
Aluminium	6,5	6,0	5,0	5,5	5,0

Dans 4 étuves, l'adaptation de la température, à 2°C près, à la température de l'étuve a duré nettement plus longtemps dans les récipients en aluminium que dans ceux en grès et en verre. L'adaptation parfaite de la température du liquide d'essai à celle de l'étuve a toutefois été obtenue presque en même temps pour tous les matériaux.

3.7 Influence de la quantité de cultures sur la durée d'adaptation de la température

Les essais ont porté sur des quantités de 40 ml, 1, 2 et 5 litres. La température dans l'étuve était fixée à 40°C. Les liquides ont été portés au thermostat avec une température une fois inférieure de 10°C et une fois supérieure de 10°C à la température de l'étuve.

Comme on s'y attendait, la durée d'adaptation de la température a augmenté avec l'accroissement de la quantité de liquide.

3.8 Différences de température à l'intérieur des récipients à cultures

Dans les récipients à cultures remplis de 5 litres de liquide d'essai, on n'a relevé aucune différence de température déterminante entre le «haut» et le «bas».

3.9 Contrôle du thermomètre

Erreur du thermomètre (comparaison avec un thermomètre étalonné)

Étuve	Ecart
A/1	— 0,8°C
A/2	— 1,0°C
B/1, B/2 et C	0

3.10 Différence entre la température indiquée et la température réelle au centre de l'étuve (°C)

Étuve	Indication du thermomètre de l'étuve	Température au centre de l'étuve	Différence
A/1	38,5	40,5	— 2,0
A/2	38,5	40,5	— 2,0
B/1	39,0	40,0	— 1,0
B/2	39,0	40,0	— 1,0
C	38,5	40,0	— 1,5

En raison du faible éloignement de la porte à double vitrage, tous les

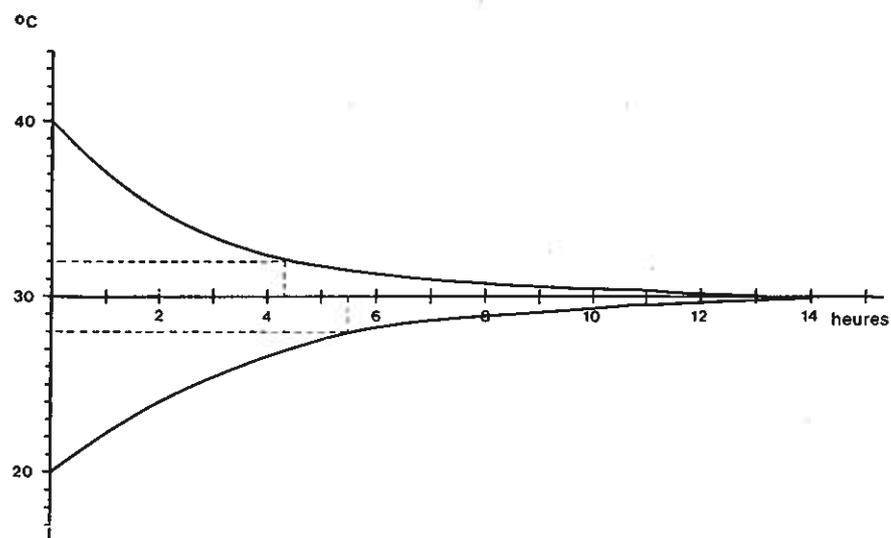
thermomètres indiquaient une température inférieure de 1—2°C seulement à celle qui régnait au centre de l'étuve.

Tableau 8
Influence de la quantité de liquide sur la durée d'adaptation de la température, à 2°C près, à la température de l'étuve (étuve C)

Quantité de liquide	Durée d'adaptation de la température en heures	
	de 30 à 38°C	de 50 à 42°C
40 ml (tube de lactofermentateur)	0,5	—
1 l	2,5	2,0
2 l	3,5	2,5
5 l	4,0	4,0

Figure 5

Processus d'adaptation de la température de la culture à la température de l'étuve lorsque celle-ci est de 30°C



4. Résumé

Le contrôle des températures dans les 3 étuves pour cultures de fromagerie a donné les résultats suivants:

Critère	Résultat
Fluctuations de température au centre de l'étuve:	0,3 — 1,3°C
Influence de diverses températures ambiantes:	0,2°C env.
Différences de température à l'intérieur des étuves:	1 — 1,4°C
Durée de l'adaptation de la température (à 2°C près)*:	4 — 10 heures
Baisse de température lorsque la porte de l'étuve reste ouverte 1 minute:	5°C
Influence du matériau des récipients à cultures:	insignifiante
Influence de la quantité de cultures:	importante

* quand la culture est portée au thermostat avec une température inférieure ou supérieure de 10°C.

Avant de porter les cultures au thermostat, il est nécessaire d'adapter leur température à celle de l'étuve. Dans le cas où cela ne serait pas possible, il est recommandé d'utiliser des bains-marie thermostatiques. Il

faudrait encore étudier l'influence de longues durées d'adaptation de la température sur la composition des cultures et contrôler le bon fonctionnement d'étuves de modèle plus ancien.