

## ► Réalisation

Dans cet exemple, l'enceinte est composée d'un ancien réfrigérateur de collectivité. Ce type de matériel présente plusieurs avantages.

- Il présente une isolation suffisante, pour assurer la stabilité de la température dans l'enceinte.
- Les réfrigérateurs industriels sont le plus souvent ventilés. Le ventilateur existant peut alors être réutilisé pour assurer l'homogénéité de la température dans l'enceinte.
- De taille suffisamment grande, ce type de matériel permet d'accepter tous types de récipients (pots individuels, seaux, bouteilles,...).
- De par sa conception (inox), ce type de matériel est facile à nettoyer.

## ■ Le système de chauffage

Dans l'exemple ci-contre (figure 4), le chauffage est assuré par une résistance de 1000W, puissance largement suffisante qui permet une remontée en température très rapide après ouverture de la porte.

Par contre, la résistance est ici posée à même le fond de l'étuve. Cette position n'est pas des plus judicieuses, (risque de court circuit si de l'eau ou du lait est renversé).



Figure 4 : système de chauffage par résistance

## ■ Aménagement intérieur

L'utilisation de grille inox permet, lorsqu'il y a un brassage de l'air, une meilleure circulation de l'air et de ce fait une meilleure homogénéité de la température dans l'étuve. Des petites platines plates permettent de faire glisser les grilles, permettant un gain de temps considérable lors du chargement et du déchargement de l'étuve.

## ■ Branchements

La configuration utilisée dans cet exemple (figure 5) est identique au schéma présenté plus haut. Une sonde mesure la température dans l'enceinte et renvoie l'information à un thermostat.

Le thermostat utilisé ici est de type professionnel et présente un affichage digital. Il présente plusieurs avantages.

- une lecture facilitée de la consigne de température et de la température mesurée.
- ces appareils embarquent le plus souvent un peu de mémoire libre, ce qui permet de créer des pro-



Figure 5 : Système de glissière sur cornières égales



Figure 6 : Thermostat électronique avec affichage digital

grammes tels que des durées d'étuvage, ou un préchauffage de l'étuve à une heure donnée.

Une fois la valeur traitée par le thermostat, celui-ci allume le système de chauffe si la température mesurée est inférieure à la température de consigne, ou l'éteint dans le cas contraire.

## ■ Utilisation

En plus la plupart des thermostats disposent à minima d'une horloge, voire d'un minuteur. De plus certains thermostats sont capables de contrôler deux équipements tels qu'un système de chauffage et un système de refroidissement. Ainsi, il serait possible de détourner temporairement un réfrigérateur en étuve, via un système de chauffe quelconque, puis après un cycle de chauffe de lui faire reprendre sa fonction de refroidissement.

## Référence :

[http://www.meilleurduchef.com/cgi/mdc/l/fr/boutique/produits/sim-resistance\\_chauffante.html](http://www.meilleurduchef.com/cgi/mdc/l/fr/boutique/produits/sim-resistance_chauffante.html)

[http://www.vulcanic.fr/FR/Solutions/Produits/RESISTANCES\\_ENVIROLEES.html](http://www.vulcanic.fr/FR/Solutions/Produits/RESISTANCES_ENVIROLEES.html)

<http://www.castorama.fr/store/Thermostat-electronique-dambiance-PRDm801973.html?navAction=jump&isSearchResult=true>

<http://www.castorama.fr/store/Chauffage-dappoint-Sunball-prod7220009.html?navCount=0>



Figure 7 : vue d'ensemble d'une installation

Contenu technique



MAISON RÉGIONALE DE L'ÉLEVAGE

570, avenue de la Libération  
04100 MANOSQUE  
Tél 04 92 72 56 81  
Fax 04 92 72 73 13  
mre@mre-paca.fr

Actions de diffusion régionale des filières d'élevage  
MAISON RÉGIONALE DE L'ÉLEVAGE PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR



Filières fromagères fermières

Fiche technique

Transformer un réfrigérateur  
en étuve à yaourt

Bovin lait  
Caprin lait  
Ovin lait

Édition 2012



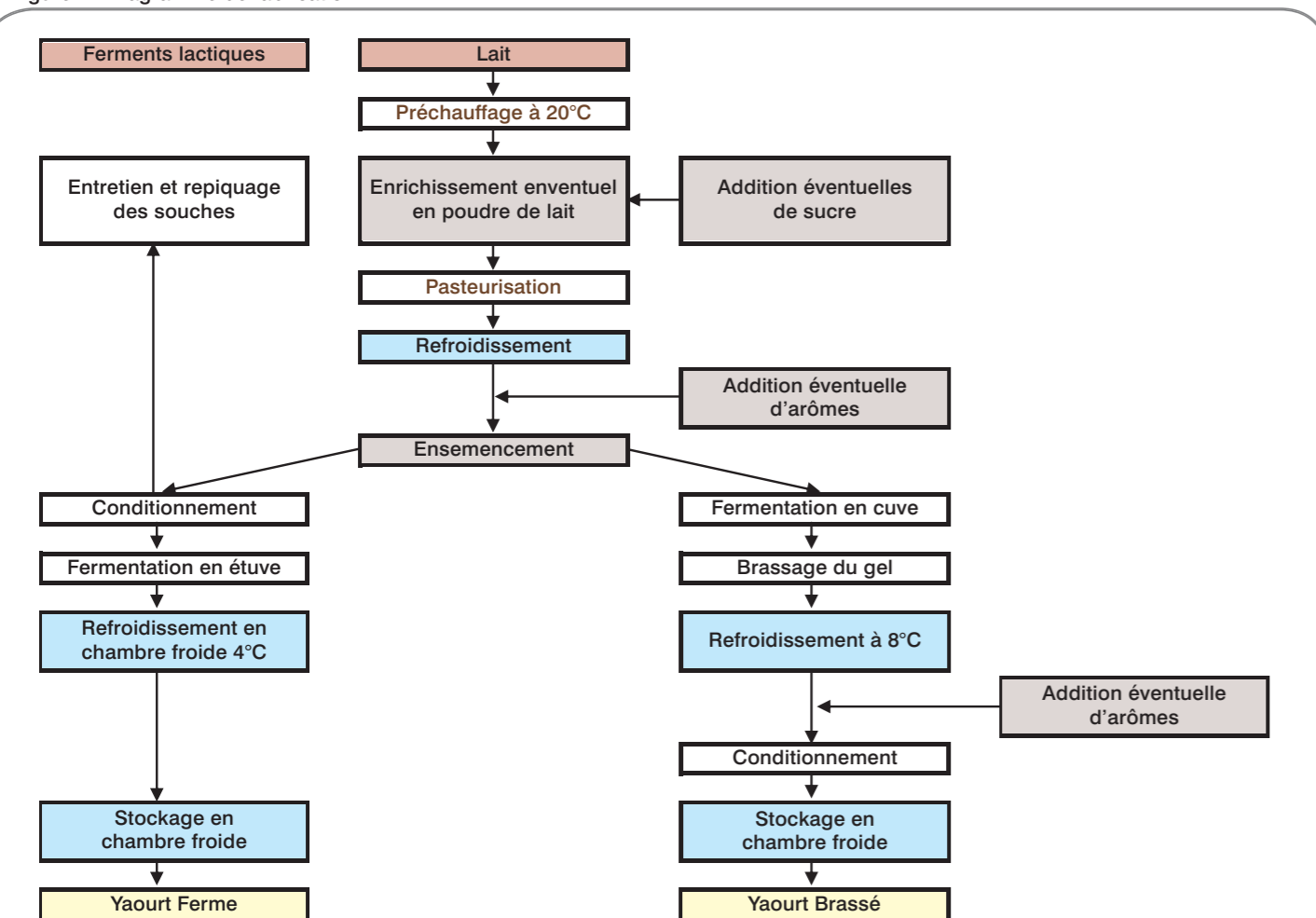
## Transformer un réfrigérateur en étuve à yaourt

La fabrication de yaourts représente une source de diversification intéressante de la production des ateliers fromagers fermiers. Lorsque les volumes transformés sont faibles, elle nécessite en effet assez peu de moyens matériels et plusieurs trucs et astuces permettent d'éviter les investissements lourds (voir fiche technique MRE : fabriquer des yaourts). L'étape de l'étuvage pose toutefois souvent problème aux producteurs ne disposant pas d'équipements spécifiques (étuve ou chambre chaude) et ne souhaitant pas investir. Dans ce cas, transformer un réfrigérateur de récupération en étuve à yaourts peut s'avérer très intéressant du point de vue économique et permet d'obtenir un équipement tout à fait satisfaisant du point de vue technique.

### ► Conditions d'étuvage/contraintes

Que ce soit pour des yaourts fermes ou des yaourts brassés, le but de l'étuvage consiste à une température de 43-44°C pendant 3 à 7h, afin qu'une acidification ai lieu. Cette acidification aura pour conséquence la coagulation du lait, et ainsi son passage de l'état liquide à l'état semi solide. On parlera d'état colloïdal.

Figure 1 : Diagramme de fabrication



Etant donné que, lors de l'étuvage, le produit est contenu dans un récipient fermé, celui-ci ne subit pas de contrainte particulière. Cependant, l'étuve peut quant à elle être soumise aux mêmes agressions, tant physique que chimique, que les autres matériels de la fromagerie. Il est donc nécessaire que celle-ci puisse être facilement nettoyée, au même titre que tout équipement présent dans l'atelier.

### ► Les différents éléments de l'étuve

#### ■ L'enceinte

L'enceinte utilisée pour être transformée en étuve se doit d'être calorifugée, c'est à dire correctement isolée. Cette isolation servira à limiter les déperditions d'énergie, et de ce fait l'apport d'énergie nécessaire à son maintien en température.

Plusieurs types d'enceintes peuvent être convertis en étuves, par exemple les réfrigérateurs domestiques, les congélateurs, les armoires d'affinage, etc.

Le volume de l'enceinte se doit de correspondre au mieux à votre volume de production. Par exemple un réfrigérateur domestique, dont la contenance moyenne est de 80 L, vous permettra de stocker environ 130 pots (125ml).

Plus le taux d'occupation (volume occupé/volume disponible) de votre étuve sera important, plus son utilisation sera rentable. Cependant un fort taux d'occupation rend plus difficile l'homogénéisation de la température à l'intérieur de l'enceinte. L'utilisation d'un système de ventilation est donc nécessaire ; il permettra en effet d'optimiser les flux d'air dans l'enceinte, et les échanges de chaleur par convection.

#### ■ La ventilation

La convection est un phénomène permettant de favoriser l'échange d'énergie entre deux fluides en donnant de la vitesse à l'un des deux. C'est ce qu'il se passe lorsque vous soufflez sur votre tasse à café dans le but de la refroidir plus vite.

En plus de favoriser les échanges thermiques, le brassage de l'air dans l'enceinte permet de rendre plus homogène la température au sein de cette dernière. Cette homogénéité est essentielle afin d'assurer une température identique à coeur des produits quelle que soit leur position dans l'étuve.

Certains réfrigérateurs intègrent déjà un ou plusieurs petits ventilateurs, couplés à l'ouverture de la porte, qu'il est aisé de réutiliser par la suite comme système de ventilation. Il en va de même pour certains systèmes de chauffage (voir paragraphe suivant). Dans le cas où vous ne disposez d'aucune de ces solutions, l'utilisation d'un ventilateur d'ordinateur est suffisante (Ventilateur diamètre 14cm : 15 €). Attention toutefois à la tension d'alimentation, 12V, qui diffère du reste de l'équipement.

#### ■ Le système de chauffage

Avant toute chose, il convient de déterminer la puissance calorifique nécessaire. Celle-ci dépend du volume de l'enceinte, du volume de lait étuvé, de l'humidité de l'air, des pertes liées à l'ouverture de la porte, des pertes liées aux parois, etc.

Ainsi, selon le deuxième principe de la thermodynamique (Carnot, 1824) et à pression constante, on utilise la variation de la fonction enthalpie pour calculer la quantité de chaleur nécessaire :

$$\Delta H = Q_p = nC_p\Delta T$$

Avec :

$C_p$  = capacité calorifique molaire à pression constante

$\Delta T$  = Variation de température

Si l'on reprend l'exemple du réfrigérateur de table, cité précédemment, un équipement délivrant au minimum 600 W est nécessaire (pour une remontée en température en 10 min).

Plusieurs systèmes peuvent être utilisés. Les chauffages d'appoint électriques sont sans doute les plus simples à installer : ils possèdent déjà tous les branchements nécessaires, comportent le plus souvent un ventilateur ainsi qu'un thermostat (voir paragraphe suivant). De plus, ils sont très puissants, et permettent un bon maintien en température. Seuls défauts : ils sont gourmands en énergie, et ne sont pas conçus pour travailler dans des ambiances closes, leur indice de protection (IP) étant faible. (Prix neuf : 50 € environ).



Figure 2 : Installation munie d'un chauffage électrique d'appoint

L'utilisation de plaques chauffantes, utilisées en restauration collective pour maintenir les plats au chaud, est la solution la plus adaptée aux contraintes liées à l'atelier de transformation fromagère fermière. Fabriquées en métal, elles résistent au nettoyage (IP élevé), et disposent le plus souvent d'un thermostat intégré. Elles nécessitent toutefois l'addition d'un ventilateur afin d'homogénéiser l'air dans l'enceinte. (Prix neuf : 150 € environ).

Enfin, reste la solution de la résistance individuelle, voire de l'ampoule à incandescence, qu'il faudra alimenter, réguler et ventiler. (Prix neuf : 50 € environ).

#### ■ Le thermostat

Un thermostat est un système assurant une température constante. Cela peut-être un dispositif mécanique, type bilame dont sont équipés les fours ménagers, ou électronique souvent utilisé en domotique. Au jour d'aujourd'hui, le thermostat électronique est devenu monnaie courante ; cependant tous les modèles ne se valent pas, et chacun présente des caractéristiques intrinsèques. Le modèle le plus simple étant le thermostat d'ambiance, vendu environ 10 €, conçu selon le schéma suivant :

Une alimentation, permet d'apporter l'énergie nécessaire au fonctionnement du dispositif électronique. Ce dispositif se compose d'une sonde qui mesure la température du milieu, et d'un mécanisme de contrôle qui va enclencher le système de chauffage si le besoin s'en fait sentir (par la sonde). Attention tous les thermostats ne présentent pas une lecture directe de la température mesurée et/ou de consigne. Afin de faciliter le réglage, un affichage digital est recommandé.

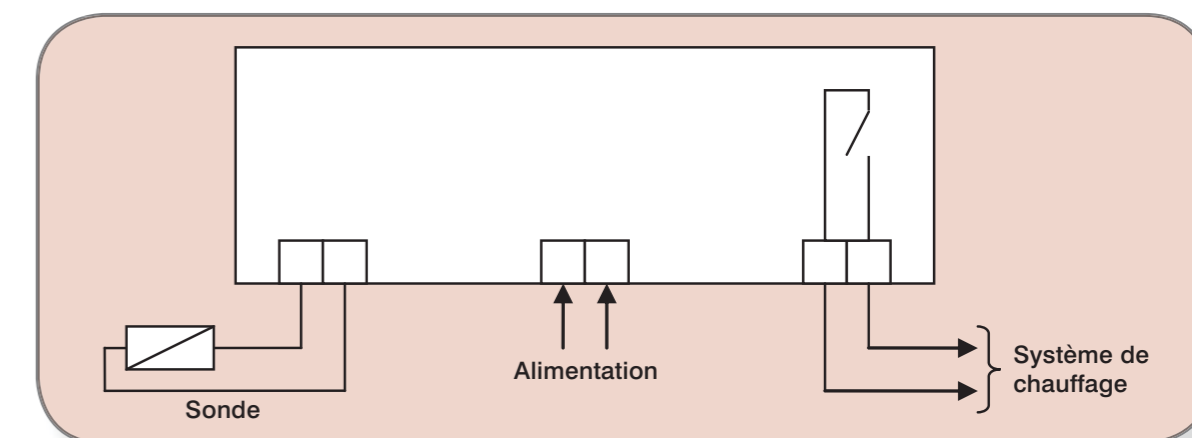


Figure 3 : Schéma électrique d'un thermostat standard