

Prolonger la conservation avec un maintien optimal de la fraîcheur, conformément au système HACCP est un but dans la production et le traitement de la nourriture.

### **HACCP, où en sommes-nous ? Refroidissement industriel par charge de produits.**

On peut prolonger la conservation en agissant sur la température (les combinaisons températures élevées-temps tuent les micro-organismes ; la faible température les met « dans le sommeil » pour un temps restreint), par modification du taux d'acidité (pas ou peu de développement pour les milieux très basiques ou très acides), par diminution de l'activité en eau (jus dans le produit) ou par protection avec un gaz ambiant (au lieu de l'air) ou une combinaison de gaz.

Les exemples sont : traitement par chaleur (stérilisation, UHT, pasteurisation), traitement par le froid (refroidissement rapide, conservation), sécher, centrifuger, filtrer, emballer, saumer, solution sucrée, la gelée, fumer, les conservateurs, emballer sans air dans des bocaux, boîtes, briques, emballage en plastique, sous-vide, emballer sous une certaine atmosphère de gaz (conditionnement sous gaz).

Une combinaison comme la pasteurisation (destruction des micro-organismes vivants, les germes peuvent survivre) et directement le refroidissement rapide est idéale pour associer la conservation et le maintien de la fraîcheur.

#### **Refroidissement et surgélation face à conservation.**

Le refroidissement et la surgélation ont suscités beaucoup d'intérêt ces dernières années. Cette question se pose parce qu'il y a toujours plus à réfrigérer et la conservation longue durée est intéressante pour une bonne organisation.

Le refroidissement rapide s'occupe principalement de stopper l'activité microbologique dans la zone de danger entre 60°C et 10°C et d'amener le plus vite que possible dans une zone de conservation de quelques degrés au-dessus de 0°C.

Le temps de stockage maximum est de 6 à 21 jours (dans l'espace de stockage) : selon le produit. La législation européenne est stricte pour les produits préparés qui sont consommés plus tard : cuisson séparée ou liaison froide, pour d'autres thèmes sur la conservation, l'industrie utilise ses propres normes (par exemple par le biais de tests de laboratoire).

La surgélation rapide est utilisée principalement en raison de l'équilibre hydrique dans un produit (contre la perte d'humidité durant la congélation et décongélation).

Il existe ici seulement une norme française (NF) : il faut atteindre + 63°C à - 18°C à cœur en moins de 4h30 min et +10°C à -18°C en moins de 3 heures. La durée de conservation maximum est alors de plusieurs mois (dans l'espace réfrigéré de conservation).

Avant d'aller plus loin dans les techniques de refroidissement et de surgélation, nous voulons en finir avec un petit malentendu : beaucoup de consommateurs finaux confondent les termes refroidissement rapide, surgélation rapide, congélation.

- Les termes conservation, conservation positive ou conservation négative sont employées lorsque l'on stocke longtemps les produits (quelques jours, quelques semaines, quelques mois et même quelques années).

#### **Les caractéristiques sont dans ce cas :**

- Une vitesse d'air basse et une ventilation faible par rapport à l'endroit à refroidir permet de combattre le dessèchement qui provoque une perte de qualité et de quantité

- Un relativement grand volume de stockage
- La température et l'humidité sont tenus constantes pendant une longue période : chaque produit a sa température et son HR idéales
- Un dégivrage automatique commandé par une horloge et éventuellement arrêté par un thermostat. Ce dégivrage se fera à l'aide de résistances électriques ou est naturel. On peut éventuellement ajouter un dégivrage de secours manuel.
- Le plus souvent un taux de service élevé, c-à.-d. que la porte est régulièrement ouverte pour rentrer ou sortir des produits dans la chambre.
- Mesure de la température de l'air, système de réfrigération avec une température d'évaporation constante
- La capacité frigorifique est calculée avec la méthode de la chaleur spécifique, les pertes par les parois, les pertes par ventilation et d'autres gains de chaleur pour maintenir la température

Les termes refroidissement, refroidissement rapide, congélation surgélation rapide peuvent seulement être employés dans le cas où on devrait très vite parcourir une zone de température et donc, réussir à abaisser celle-ci très rapidement.

**Les caractéristiques sont dans ce cas :**

- Une haute vitesse d'air et une ventilation forcée proportionnelle à l'endroit à refroidir : le produit prend ainsi plus vite la température de l'environnement
- Un évaporateur avec une grande surface : la grande puissance frigorifique et un fonctionnement avec un delta T pas trop grand (différence de température entre température ambiante et d'évaporation) permettent de combattre le dessèchement et la prise en givre de l'évaporateur
- Un volume relativement petit
- Une température qui baisse très vite (d'où les termes 'rapides' ou 'shock'). Plus loin dans l'explication, le but de ce 'shock' sera expliqué. L'humidité relative est de faible importance car la durée de conservation n'est que de courte durée
- Une courte durée de stockage des produits : après le processus (un 'cycle') ils seront mis dans un conservateur
- L'absence de dégivrage automatique comme nous le connaissons pour la conservation
- En effet, cette forte quantité de chaleur, compte tenu de la taille de l'élément de refroidissement, serait très préjudiciable car le produit serait de nouveau réchauffée, dans sa zone dangereuse un bas taux de service : la porte doit de préférence rester fermée pendant le fonctionnement, des demi-charges sont fortement déconseillées car dangereuses (pas de contrôle possible)
- Le mesurage de la température d'air et de celle à cœur, ayant pour effet une température d'évaporation du système frigorifique évoluant vers le bas pendant le cycle, en fonction de la température d'air
- La capacité frigorifique est testée profondément pour la sécurité : processus trop compliqué : voir plus loin (diffusion de la chaleur dans un produit)

Une conservation surdimensionnée ne peut pas être comptée parmi le refroidissement et la surgélation rapide car elle n'a que quelques caractéristiques de cette dernière. Pendant longtemps, ce fut le moyen le plus populaire : on utilisait une partie du volume pour refroidir ou surgeler pendant que l'autre partie servait à conserver. C'était une méthode de travail bon marché mais pas idéale car on hésitait toujours entre refroidir et conserver. De plus, on refroidissait trop lentement et cela détériorait la qualité du produit.

Surtout, dans la distinction d'une part entre un courant d'air direct, uniformément à travers tous produits (dans la largeur, la profondeur et l'altitude) pour le bon refroidissement rapide et d'autre part une ventilation plus douce et indirecte lors de la conservation réfrigérée est à accentuer.

Le deuxième point important, certainement pour les procédures HACCP, est la mesure des températures à cœur des marchandises lors du refroidissement.

### Paramètres importants pour le refroidissement rapide.

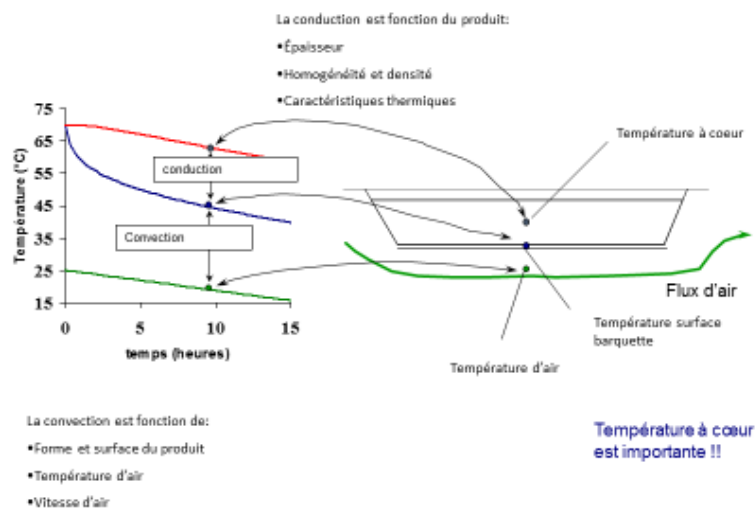
Il y a des paramètres frigorifiques et d'autres liés aux produits. Les frigorifiques sont la capacité frigorifique et la circulation d'air. Les paramètres liés aux produits sont la quantité de produit (masse en kg), la nature et le volume d'un produit, l'emballage. Un vrai refroidisseur rapide tient compte de ces différents paramètres :

### Paramètres frigorifiques

L'échange de chaleur de l'air avec un solide (produit) peut se faire de 3 manières : par rayonnement, convection ou conduction. Le transfert de froid en refroidissement rapide se fait par conduction à l'intérieur du produit (de l'extérieur vers l'intérieur) et convection entre l'air ambiant et le bord du produit ou dans les couches extérieures de produits liquides : voir la [figure 1](#). Le mouvement de l'air de convection est sous l'influence des différences de température. Le rayonnement de chaleur est d'une importance secondaire.

Figure 1

## PRINCIPES DE L'ÉCHANGE THERMIQUE D'UN REGIME CHANGEANT



Trois paramètres importants sont : la température d'air est inextricablement liée à la capacité frigorifique installée en fonction du chargement de l'appareil. La vitesse de l'air dépend de la force des ventilateurs et la construction de l'élément de refroidissement. La direction de l'air est liée à la conception et la géométrie de l'élément de refroidissement et de la cellule.

Un évaporateur ou bloc évaporateur est constitué d'un échangeur en tubes de cuivre autour desquelles des ailettes en aluminium sont pressées pour agrandir la surface d'échange. Pour encore optimiser cette surface, les ailettes sont ondulées et très proches les unes des autres.

Les produits chauds causent une grande charge en humidité sur les évaporateurs, même si la ventilation haute retarde ce phénomène. Un bon dégivrage, de préférence après chaque cycle, est essentielle pour optimiser le refroidissement, mais aussi pour un fonctionnement selon les prescriptions d'hygiène – et HACCP.

### **Paramètres liés aux produits.**

Il est évident que la durée du cycle dépend de la quantité (masse en kg) de produit entrée. Un refroidisseur rapide est dimensionné sur une charge nominale d'un produit standard. En même temps il faut mentionner aussi les autres paramètres : genre de produit, épaisseur et forme du produit, répartition dans l'appareil, emballage et couverture.

La nature du produit est très importante : une certaine quantité de purée refroidit plus difficilement qu'une même quantité de petits pois. Ce sont 2 caractéristiques physiques du produit qui jouent un rôle : la chaleur spécifique et la conductivité.

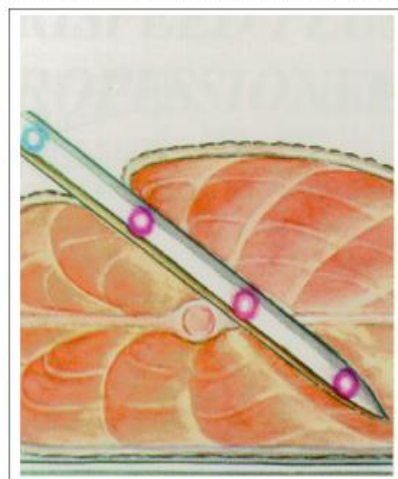
La chaleur spécifique est une sorte de résistance au refroidissement et elle s'exprime en kcal ou kJ par kg de produit et par °C perdu. Nous pouvons dire plus ou moins : plus le pourcentage d'humidité d'un produit est élevé, plus sa chaleur spécifique est haute. Plus gras et/ou sec est le produit plus bas est sa chaleur spécifique.

Ces valeurs sont facilement consultables dans les manuels et à comprendre. Elles sont très populaires dans le secteur de la réfrigération. L'utilisation de la chaleur spécifique d'un produit est fiable seulement pour les petites diminutions de t° (par exemple 10°C à 3°C) et / ou pour des produits de faible épaisseur. L'eau, avec une chaleur spécifique de 1 kcal / kg °C, refroidit beaucoup plus vite que la purée de pommes de terre ayant une chaleur spécifique de 0.9, ce qui normalement devrait être l'inverse. Cela est dû à la convection et la conduction.

Pour des grandes diminutions de températures et fortes épaisseurs, nous sommes toujours gêné par la différence de température dans le produit, entre l'extérieur et le cœur. Ce n'est pas négligeable, et peut entraîner des différences de 15° à 20°C. On peut simplifier en tenant compte d'une moyenne de 2°C de différence de t° par cm d'épaisseur du produit. C'est pourquoi les sondes multipoints qui mesurent plusieurs points afin de déterminer le cœur du produit sont intéressantes (voir fig. 4).

Figure 4

### **SONDE A COEUR MULTI-POINTS**



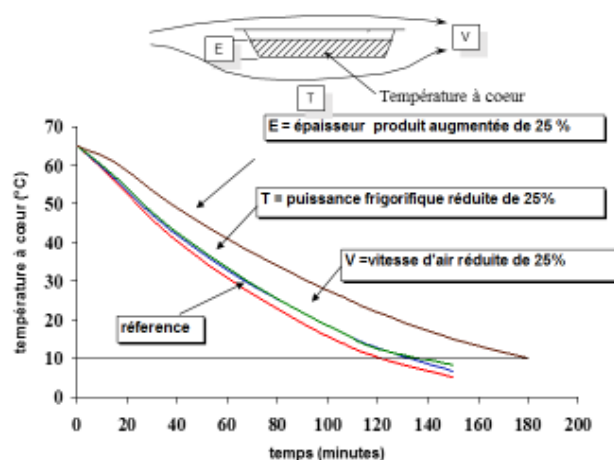
Il y a deux réserves à ce phénomène physique : l'épaisseur du produit est extrêmement importante pour le refroidissement (voir fig. 2) et la température à l'intérieur du produit ne peut pas être défini par des formules simples mais empiriquement (simulations) et par la modélisation par ordinateur. Aussi bien l'institut de recherche des Pays-Bas, que les Universités de Gand et Louvain, sont déjà loin avec ces modèles et avec le thème de la conservation. Des données physiques comme la diffusion de chaleur, l'interaction de la conductivité, la densité et la convection (dans les liquides) jouent un rôle. De là, les fabricants de refroidisseurs rapides doivent tester pour voir comment le produit réagit dans la pratique.

En arrivant à une température à cœur de 0° à -6°C (en fonction de la solution : l'eau pure ou un jus sel / sucre), le jus cellulaire sera cristallisé. Afin de modifier l'état physique (liquide à solide), les machines frigorifiques doivent extraire la chaleur latente. Pour les surgélateurs rapides on l'appelle zone cristallisation, la zone où les jus sont transformés en cristaux de glace, extrêmement importants. Plus rapide on est, plus les cristaux seront petits (et plus nombreux) et on aura donc moins de lésions des tissus à l'intérieur de la texture des aliments. Cela exige beaucoup d'énergie : cette cristallisation demande plus de puissance frigorifique (et aussi de temps) que pour un cycle complet de refroidissement rapide +65 > + 10°C !

La forme et le portionnement sont directement liés à l'épaisseur du produit. La même quantité de produits répartie sur le double de conteneurs donne un refroidissement 20% plus rapide. Il est donc recommandé de diviser le produit en bacs de plus petites capacités et de les répartir sur toute la hauteur de la cellule. La plupart des refroidisseurs rapides ont été testés avec des épaisseurs standards de produits de 40 à 50mm. Il est toujours bon de vérifier si c'est indiqué sur le prospectus de constructeur. Au niveau de l'emballage, il y a 10% de différence entre les récipients en inox (par ex. en collectivités et restauration) et des cartons plastifiés utilisés par les normes françaises et le catering industriel. La présence d'un couvercle, par mesure d'hygiène, a également son importance sur les performances. Vous pouvez le constater à la fig. 2 où l'on combine la présence d'un couvercle à l'épaisseur du produit.

Figure 2

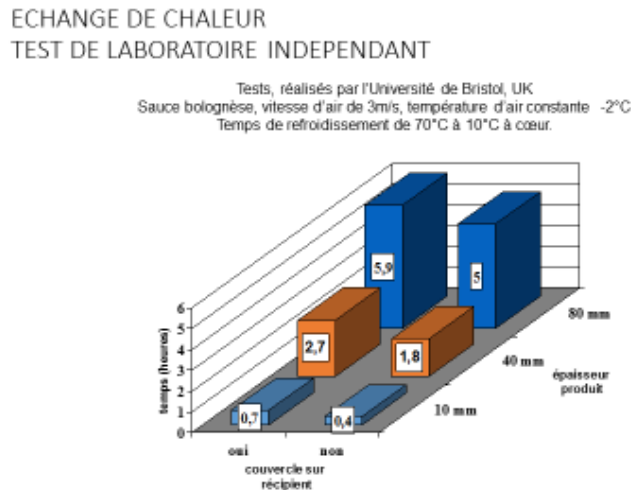
ECHANGE THERMIQUE REFOIDISSEMENT RAPIDE  
INFLUENCE COMPAREE DES PRINCIPAUX PARAMETRES



**Paramètres les plus importants : (voir fig. 3)**

La courbe inférieure montre la ligne de référence pour les 3 principaux paramètres : l'épaisseur du produit, capacité de refroidissement et la vitesse de l'air où en 120 minutes les 10°C sont correctement atteints (définition européenne de la zone dangereuse). Les 3 paramètres sont toujours aggravés de 25%. Pour la capacité de refroidissement et la vitesse de l'air, cela engendre 10% en plus de temps pour arriver au résultat, tandis qu'un produit 25% plus épais, causera une augmentation de 50% !

Figure 3



Nous pouvons alors lancer un appel à l'intention des utilisateurs, des prescripteurs et des installateurs : demandez à votre fournisseur les procédures de tests utilisées pour annoncer les performances des cellules de façon à écarter les raconteurs d'histoires et ainsi pouvoir comparer correctement les différents systèmes.