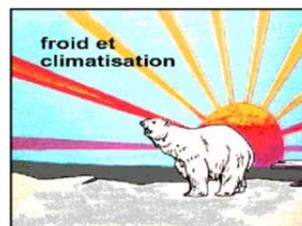




Secteur Froid

TRANSFERT DE CHALEUR DES EVAPORATEURS ET CARACTERISTIQUES DES DENREES ALIMENTAIRES

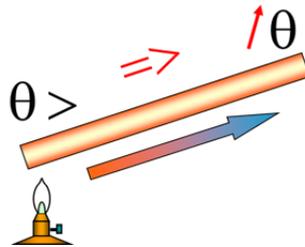
SEA 007947-01



Rappel

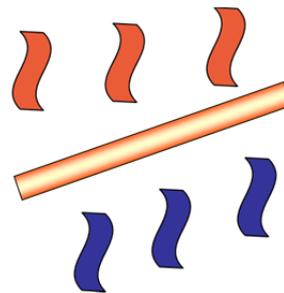
Transmission de la chaleur :

On chauffe une plaque de métal à une extrémité, au bout d'un temps, la température augmente à l'autre extrémité. La chaleur s'est propagée vers la région froide : c'est la **conduction**.



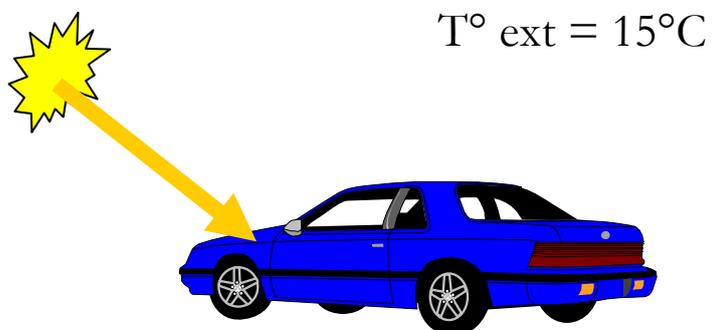
On la laisse à l'air ambiant, au bout d'un temps, sa température diminue. Il y a eu échange de chaleur avec l'air.

L'air chaud est plus léger que l'air froid alors il y a déplacement. Ce mouvement naturel de l'air est appelé **convection**.



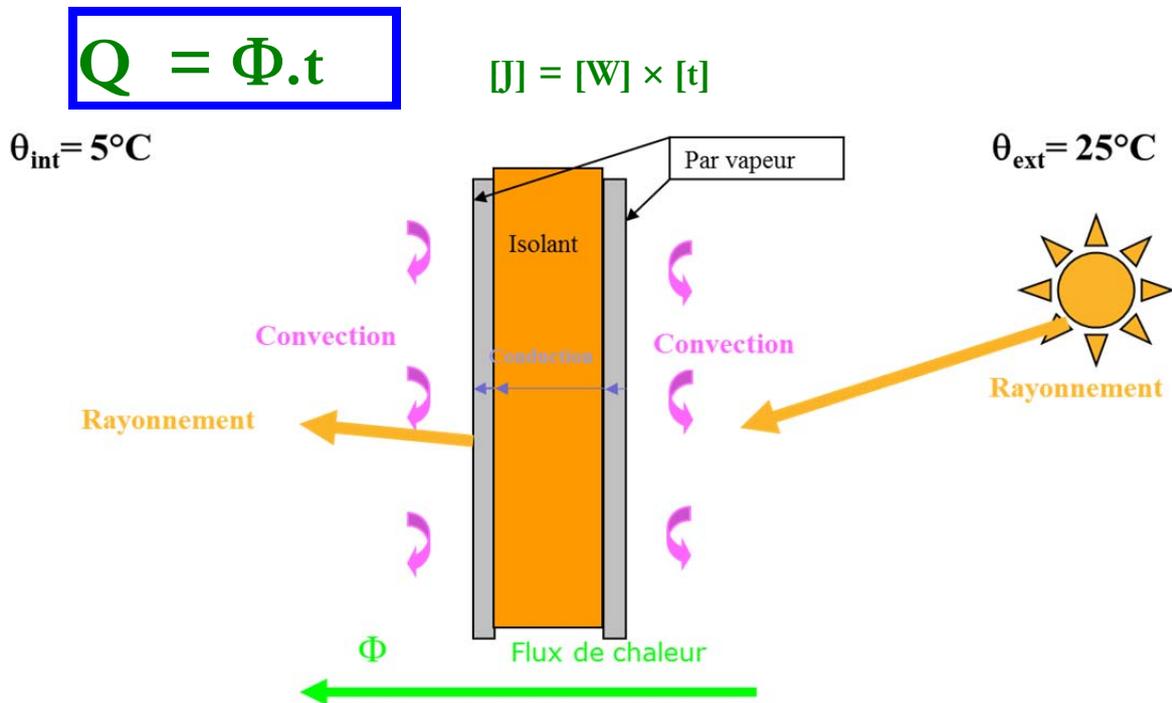
Le **rayonnement** est un phénomène d'ondes magnétique. Chaque corps émet des ondes donc de l'énergie. Chaque corps reçoit des ondes donc de l'énergie

Quand le soleil rayonne sur le capot, sa température peut monter jusqu'à 60°C pourtant l'air ambiant est à 15°C



Transmission par les parois

Au travers d'une chambre froide ou une enceinte réfrigérée, les trois modes de transmission de la chaleur se produisent simultanément. La quantité de chaleur est échangée en fonction du temps considéré.



LE FLUX DE CHALEUR Φ TIENT COMPTE

- ↪ de la surface exposée à l'échange coté chaud.
- ↪ de la différence de température entre l'extérieure et l'intérieure de la paroi $\Delta\theta$
- ↪ du coefficient d'échange thermique k

C'est la résultante des trois modes de transmission :

CONVECTION, CONDUCTION RAYONNEMENT

Il s'exprime par la relation suivante :

$\Phi = U \cdot S \cdot \Delta\theta$

$$[W] = [W/m^2/^\circ C] \times [m^2] \times [C]$$

Transmission du flux calorifique dans un évaporateur:

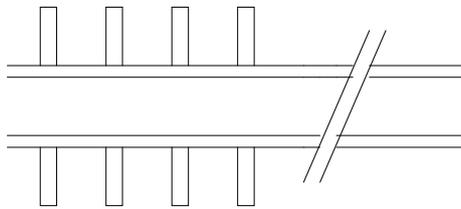
L'évaporateur doit donc assurer le passage du flux calorifique provenant du milieu à refroidir au fluide frigorigène (K). Le fluide frigorigène absorbe ce flux à température constante par libération de sa chaleur latente. Pour assurer cet échange, il est indispensable que la température du médium à refroidir (θ_m) soit supérieure à la température du fluide frigorigène (θ_o).

$$\theta_m > \theta_{ff}$$

La transmission de chaleur entre le médium à refroidir et le fluide frigorigène s'effectue à travers la paroi de l'échangeur, c'est pourquoi il répond à la règle générale :

$$Q_0 = U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

Coefficient global de transmission de chaleur U (ex coefficient K) .



Le coefficient K dépend :

- de l'épaisseur et de la nature du tube,
- de l'épaisseur du film d'huile,
- de l'épaisseur du givre ou de la glace,
- du coefficient de convection du fluide,
- du coefficient de convection du médium à refroidir.

$$K = \frac{l}{\frac{l}{hf} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{l}{hm}}$$

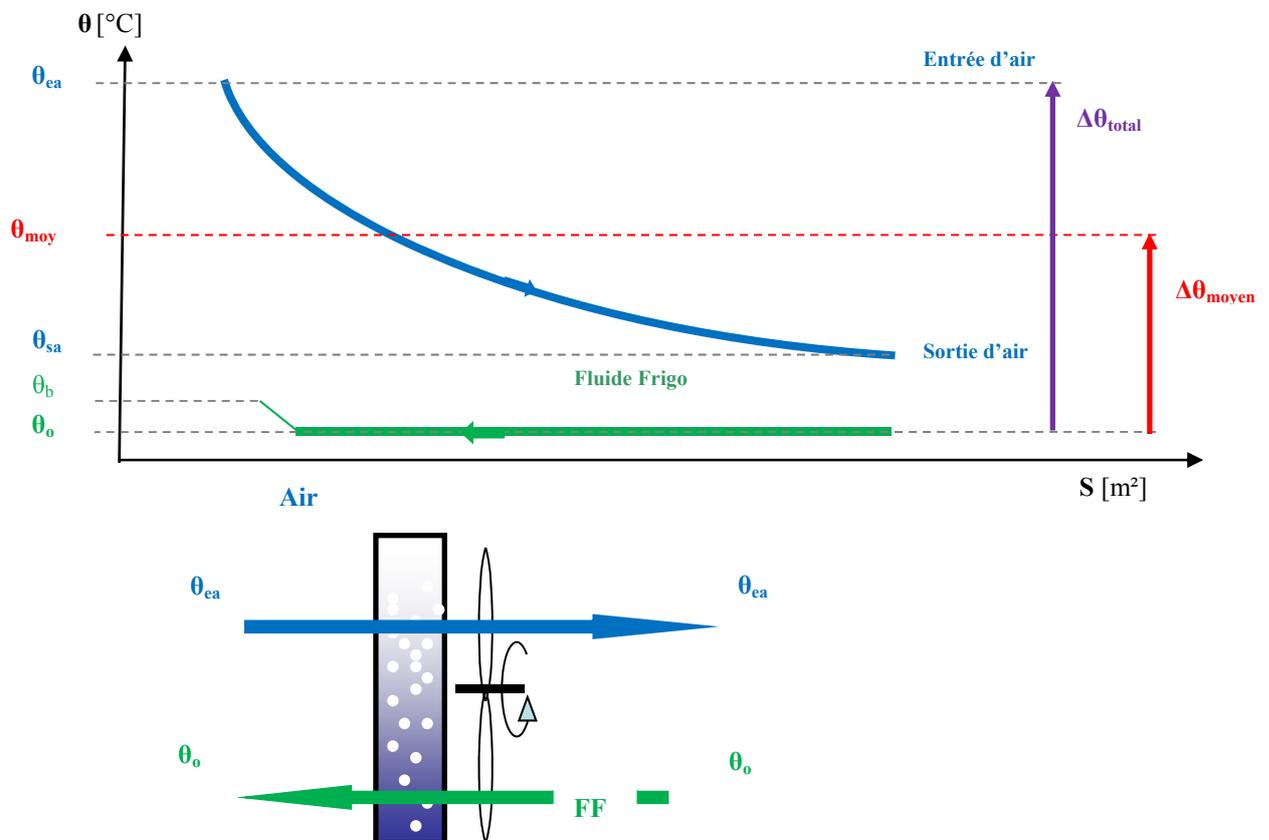
Surface :

C'est la surface totale du tube déployé plus deux fois la surface des ailettes.

Ecart de température :

C'est l'écart entre la température moyenne du médium à refroidir et la température du fluide en ébullition

Scénarios thermique dans un évaporateur :



La relation permettant de faire des calculs devient :

$$\Phi_0 = U \cdot S \cdot \Delta\theta_{\text{moyen}}$$

Avec :

$$\Delta\theta_{\text{moyen}} = \frac{\theta_{\text{ea}} + \theta_{\text{sa}}}{2} - \theta_o$$

La relation permettant de faire des raisonnements qualitatifs

$$\Phi_0 = U \cdot S \cdot \Delta\theta_{\text{total}}$$

Avec :

$$\Delta\theta_{\text{total}} = \theta_{\text{ea}} - \theta_o$$

L'évaporateur et l'humidité relative :

L'humidité relative d'une chambre froide dépend de nombreux facteurs tels que :

- * la nature et la quantité de produit stocké,
- * le rapport entre le poids du produit stocké et la surface exposée à l'air de refroidissement,
- * l'écart de température ambiante / réfrigérant dans l'évaporateur,
- * la vitesse de l'air,
- * la durée de fonctionnement du groupe,
- * l'épaisseur d'isolation,
- * le mode de régulation adopté,
- * les conditions de température et d'humidité de l'air extérieur.

Valeurs des écarts :

Températures positives

Mode de circulation de l'air	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
Pulsé	3 à 5K	5 à 7K	7 à 9K	9 à 12 et plus
Naturel	8 à 10K	10 à 12K	12 à 15K	15 à 20K

Températures négatives

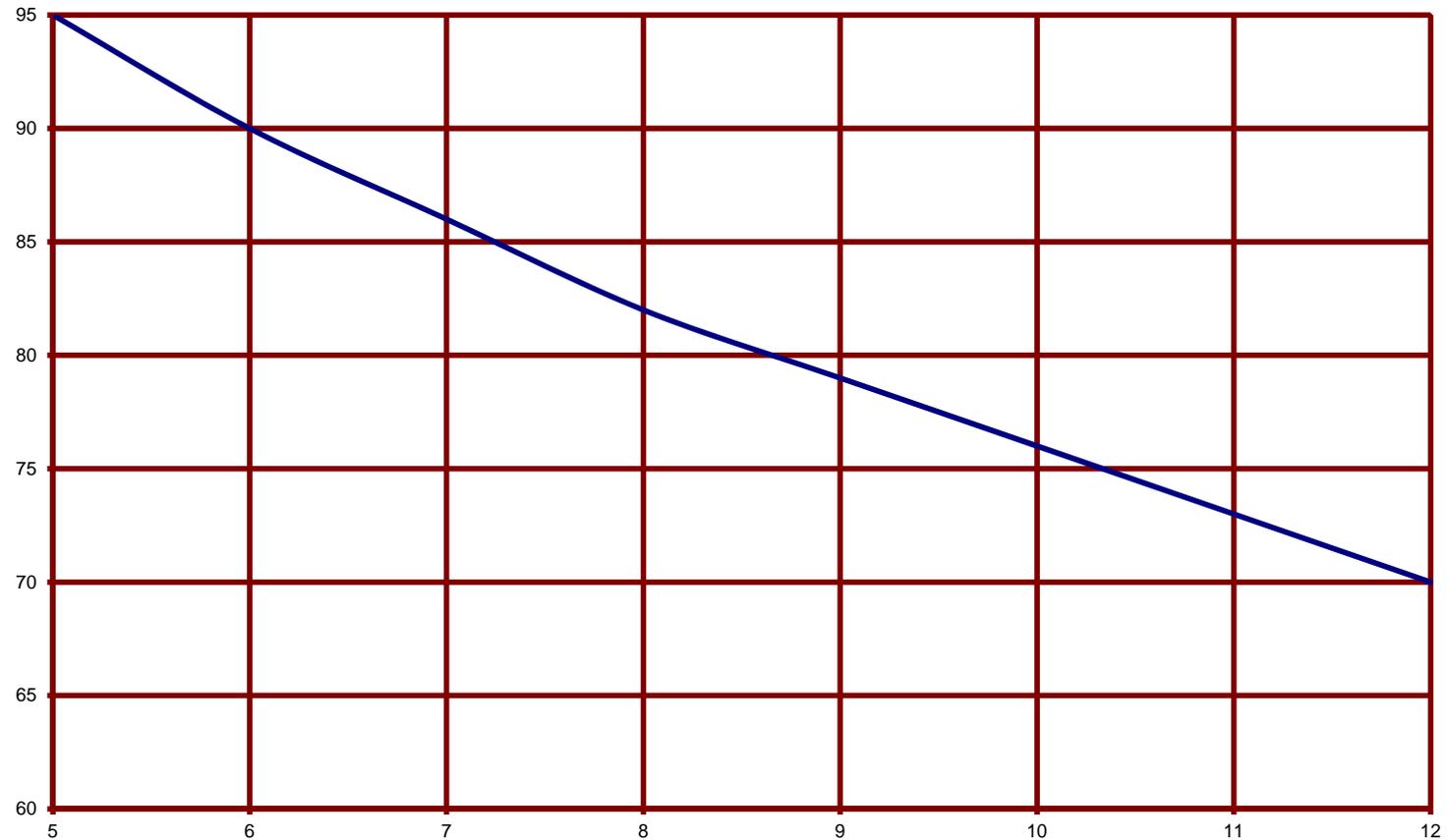
Mode de circulation de l'air	Produit congelé ou à congeler non emballé	Produit congelé ou à congeler emballé
Pulsé	5 à 6K	7 à 8K

CATEGORIE PAR RAPPORT AU PRODUIT

<p>CATEGORIE 1 TRES HAUTES humidités relatives (environ 90 à 95 %)</p>	<p>CATEGORIE 3 MOYENNES humidités relatives (environ 80 à 85 %)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Certain fromages (St Nectaire St Gorgon) - Certains légumes (en particulier: épinards laitues choux de Bruxelles rutabagas) - Poissons frais - Pâtes à pain - Beurre non emballé Certains fruits en stockage de longue durée 	<ul style="list-style-type: none"> - Denrées divers (restaurants) - Poissons sans glace - Viande en quartiers - Oignons - Volailles fraîches - Fruits ayant une peau relativement épaisse (coing, melon)
<p>CATEGORIE 2 HAUTES humidités relatives (environ 85 à 90 %)</p>	<p>CATEGORIE 4 FAIBLES humidités relatives (environ 75 à 80 %)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Viandes fraîches conditionnées ou en carcasses - Lapins - Jambon frais - Longes fraîches - Huîtres - certains fruits (en particulier pommes, poires, groseilles vertes) en stockage moyenne durée - Agrumes - La plupart des légumes (betteraves rouge carottes choux haricots verts) - Fleurs coupées - Œufs en caisses à claire-voie - Bière en fûts de bois - Certains fromages 	<ul style="list-style-type: none"> - Viandes fruits légumes poissons séchés - Lait - Crèmes - Conserves - Confitures - Boissons en bouteilles ou en fûts métalliques - Laitages - Et en général tous les produits protégés par une enveloppe étanche à l'air

EVOLUTION DE L'HYGROMETRIE D'UNE CHAMBRE FROIDE EN FONCTION DU $\Delta\theta$ DE L'EVAPORATEUR

HR [%]



CARACTERISTIQUES DE CONSERVATION DES ALIMENTS

De façon générale on évoque deux types de températures :

- La température d'application
- La température réglementaire

La température d'application :

La température d'application est la température d'usage, en cours depuis de nombreuses années. Pour l'installateur c'est la température de référence pour les réglages des chambres froides :

Viande	-1/+1°C
Plat cuisinés-saurisserie	0/+2°C
Charcuterie	+2/+4°C
Produit laitier-ultra frais	+4/+6°C
Fruits et légumes	+6/+8°C
Surgelés-crème glacées	-25/-23°C

La température réglementaire :

La température réglementaire est la température des denrées, qui doit être respectées par l'exploitant tout au long de la chaîne du froid .c'est la température qui est contrôlée par les services vétérinaires

Denrées réfrigères :

Au maximum +4°C pour viande, charcuterie, saurisserie et plats cuisinés

Au maximum +8°C pour ultra-frais, produits laitiers

Nota. - La limite inférieure de conservation des denrées alimentaires réfrigérées doit se situer à la température débutante de congélation propre à chaque catégorie de produits.

Les obligations

- Respecter les températures réglementaires des produits définies au verso ou fixées par le fabricant. Si l'enceinte frigorifique permet la conservation de produits à conserver à des températures différentes, régler l'enceinte en fonction du produit qui exige la température la plus basse.
- Equiper toutes vos enceintes avec des thermomètres mobiles permettant la vérification du respect de la chaîne du froid.
- Faire un relevé enregistré, au minimum **quotidien**, de la température intérieure des enceintes frigorifiques (froid négatif et froid positif).
- Entretien des équipements notamment les évaporateurs, les joints,...dégivrer régulièrement.
- Cas des enceintes de froid négatif de plus de 10 m³ : Vous devez disposer d'un enregistreur automatique des températures

Les températures de conservation des produits d'origine animale et denrées alimentaires en contenant

D'après l'arrête du 21 décembre 2009

0°C à + 2°C)	Poissons, crustacés, mollusques autres que vivants (Sur lit de glace fondante)
+ 3° C	Préparations de viandes contenant des abats
+ 2° C	Viandes hachées et préparations de viandes hachées
+ 4° C	Saucisses crues et chairs à saucisse
+ 4°C maximum	<p>Tout aliment très périssable et dont l'absence de maîtrise de température pendant une courte période peut présenter un risque microbien pour le consommateur, tel que :</p> <ul style="list-style-type: none"> · denrées animales ou végétales cuites ou précuites, prêtes à l'emploi, non stables à température ambiante ; · préparations froides non stables à base de denrées animales, notamment les viandes froides, les pâtes farcies, les sandwiches, les salades composées et les fonds de sauce ; · produits transformés non stables à base de viande ; · abats, volailles, lapins ; · découpes de viandes ; · produits de la pêche fumés ou saumurés non stables ; · lait cru, produits frais au lait cru, crème Chantilly non stable ; · fromages découpés ou râpés préemballés ; · végétaux crus prédécoupés et leurs préparations ; · jus de fruits ou de légumes cru de pH supérieur à 4,5 ; · produits décongelés ; · produits non stables en distributeur automatique.
+ 8° C maximum	<ul style="list-style-type: none"> · Tout aliment très périssable et dont l'absence de maîtrise de température pendant une courte période peut présenter un risque microbien pour le consommateur, tel que : · produits laitiers frais autres que les laits pasteurisés, desserts lactés ; · beurres et matières grasses ; · desserts non stables à base de substituts de lait ; · produits stables à base de viande tranchée.
- 18° C	Glaces, crèmes glacées, sorbets et tout aliment surgelé conformément aux dispositions du décret du 9 septembre 1964.
- 15° C	Tout aliment congelé.

Tableaux de température de certain produit

PRODUIT	TEMPÉRATURE
Abats	0° à 3°C
Beurre	0° à 6°C
Charcuteries stables	15°C
Charcuteries non stables	0° à 4°C
Crèmes de consommation non stérilisées	0° à 6°C
Crèmes dessert	0° à 6°C
Crèmes pâtisseries, entremets	0° à 3°C
Fromages à pâte pressée ou cuite	15°C
Fromages frais ou à pâte molle	0° à 6°C
Huîtres, moules et coquillages vivants	5° à 15°C
Lait cru conditionner	0° à 4°C
Lait pasteurisé	0° à 6°C
Laits aromatisés emprésurés	0° à 6°C
Lapins et gibiers	0° à 4°C
Œufs en coquille	> + 5°C
Pâtisseries fraîches	0° à 3°C
Plats cuisinés à l'avance, sandwichs, fonds de sauces	0° à 3°C
Préparations culinaires à base de viande : - chaude	> + 65°C
Préparations culinaires à base de viande : - froide	0° à 3°C
Petits suisses	0° à 6°C
Poissons frais en peau, crustacés et mollusques cuits	0° à + 5°Cs/glace
Produits de la 4ème gamme	0° à 4°C
Semi-conserves (sauf produits de la pêche)	< + 10°C
Semi-conserves des produits de la pêche	< + 15°C
Viandes en carcasses et en quartiers	0° à 7°C
Viandes découpées désossées ou non	0° à 3°C
Viande hachée	0° à 2°C
Volailles fraîches découpées ou non	0° à 4°C
Yaourts	0° à 6°C

Ont participé à la création de ce document :

Ali BEN SADIA Ingénieur de Formation



Reproduction interdite

Article L 122-4 du code de la propriété intellectuelle

« Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction par un artifice ou un procédé quelconques »