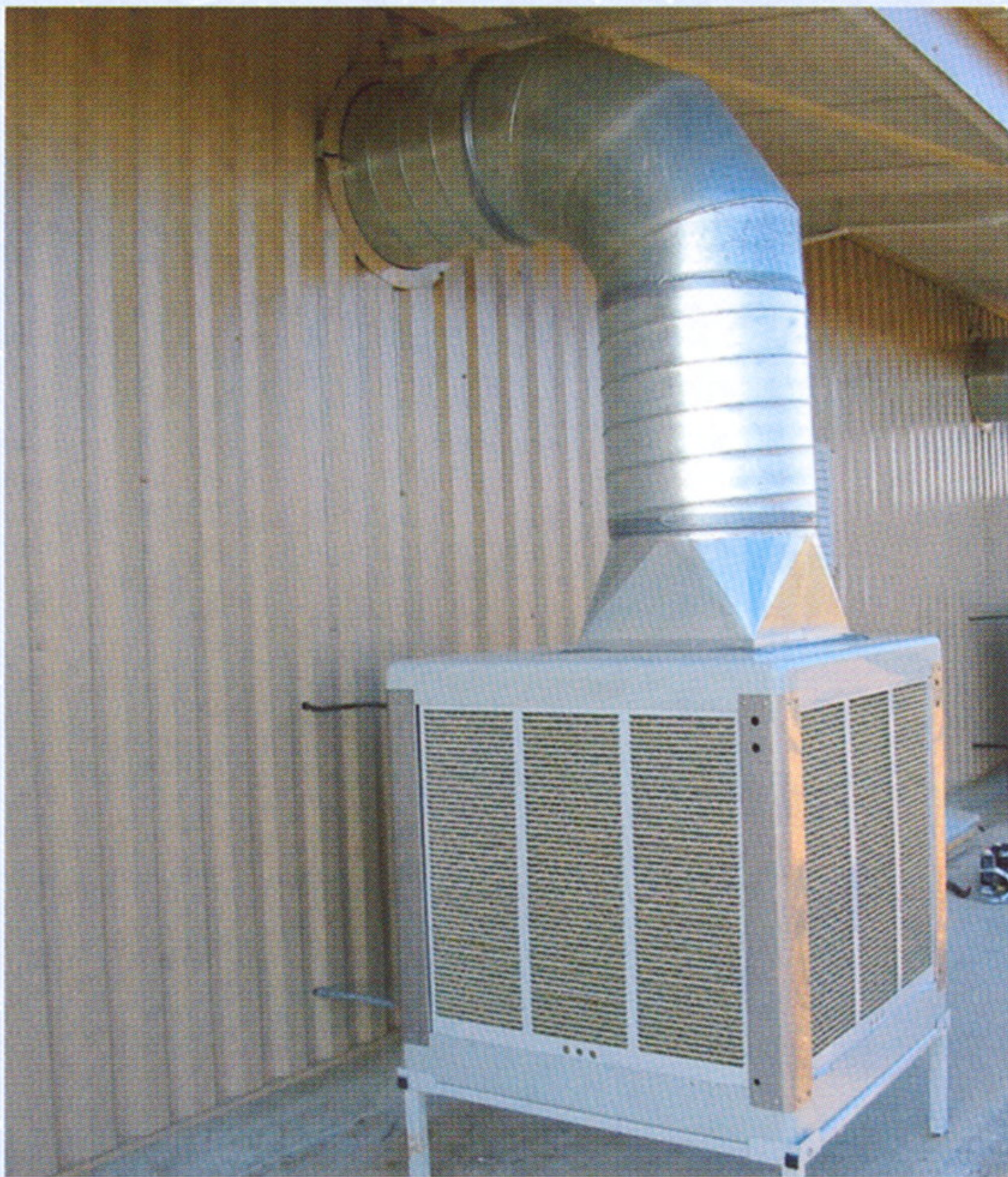




**CLIMATISEURS EVAPORATIFS "SIROC"**



## **1. INTRODUCTION AU SYSTEME DE CLIMATISATION PAR EVAPORATION**

Pour comprendre avec facilité ce processus de climatisation – essentiellement différent de celui dit « à détente directe » - il est fondamental de connaître les concepts de base suivants :

### **Air**

L'air libre que nous respirons chaque jour se compose de :

Oxygène	21%
Azote	78%
Différents gaz	0,9%
Gaz carbonique	0,03%
Vapeur d'eau	0,05 – 1,50%

### **Psychométrie**

C'est la science qui étudie les propriétés et les processus thermodynamiques de l'air humide.

### **Etat hygrométrique**

Pour évaluer l'état thermodynamique de l'air humide, il est nécessaire de quantifier les trois éléments suivants :

1. la pression atmosphérique
2. la température sèche
3. l'humidité relative

### **Température sèche**

C'est la température prise avec un thermomètre ordinaire.

### **Température humide**

C'est la température prise avec un thermomètre dont le bulbe a été enveloppé dans un morceau de gaze détrempé d'eau et ventilé avec une vitesse d'air déterminée.

### **Psychromètre**

Il intègre deux thermomètres qui nous donnent la lecture de la température sèche et de la température humide.

### **Température de rosée**

C'est la température à partir de laquelle se condense la vapeur d'eau dans un environnement d'air humide.

### **Condensation**

Passer d'un état gazeux à un état liquide.

### **Humidité relative**

C'est la quantité d'eau sous forme de vapeur que contient un environnement d'air humide.

C'est une valeur comprise entre 0 et 100 % et qui nous indique le degré de saturation.

Le brouillard apparaît à partir de 100 %

### **Humidité absolue**

Quantité de vapeur d'eau contenue dans un environnement d'air humide par comparaison à un kilo d'air sec.

### **Chaleur spécifique**

Chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade un kilo d'air.

### **Frigorie**

Quantité de chaleur qu'il faut retirer d'un litre d'eau pour abaisser sa température d'un degré centigrade. La frigorie est tout simplement une kilo calorie. Ainsi, quand on parle d'un appareil de 10.000 frigories par heure, cela signifie qu'elle est capable d'extraire 10.000 Kcal/h d'un quelconque local.

**Enthalpie**

L'enthalpie de l'air humide décrit l'état thermodynamique de son contenu énergétique. C'est la somme de deux composants, air sec et vapeur d'eau :

$$\text{ENTHALPIE} = \text{CHALEUR PERCEPTIBLE} + \text{CHALEUR LATENTE}$$

**Chaleur perceptible**

Il s'agit de la chaleur tactile qui peut se mesurer avec un thermomètre sec. C'est celle que nous ressentons et dont nous parlons toujours.

**Chaleur latente**

C'est la quantité de chaleur nécessaire pour changer l'état d'un corps sans altérer sa température. Cette chaleur n'est pas perceptible par le corps humain.

**Volume spécifique**

Se réfère aux m<sup>3</sup> par Kg d'air sec.

**Processus adiabatique**

Il a lieu quand il ne se produit pas d'échange de chaleur avec l'environnement extérieur.

**2. CLIMATISATION PAR EVAPORATION**

Les climatiseurs [ou refroidisseurs selon la terminologie employée] par évaporation « SIROC » utilisent avec succès la technique du rafraîchissement par évaporation d'eau.

Celle-ci provoque l'évaporation de l'eau lors de son passage dans un volume d'air, engendrant ainsi une baisse de la température de l'air et une augmentation du niveau d'humidité.

Les progrès technologiques actuels, de plus en plus performants, ont permis d'exploiter ce principe qui est le seul à pouvoir être « raisonnablement » proposé pour climatiser et rafraîchir des grands volumes par opposition au principe conventionnel dit « à détente directe » qui emploie des gaz comprimés ; ce dernier nécessite un appareillage incomparablement plus coûteux (de 6 à 10 fois...) et une énergie électrique énorme qui n'est de plus pas disponible sauf par le biais de cabines de transformation, le tout arrivant à des budgets « impayables » à tous les niveaux : coût d'installation et consommation....

La climatisation par évaporation permet de contrôler et la température et l'humidité, qui est un autre facteur à tenir en compte pour donner un maximum de confort. Ce système permet maintenant d'accéder à un rafraîchissement et à une élévation du % d'humidité dans des grands volumes tels usines, supermarchés, show-room, étables d'élevage, serres etc.... Il est de plus totalement écologique puisqu'il n'utilise aucun gaz réfrigérant et a une consommation électrique minimale. Son fonctionnement nécessite simplement de l'eau potable et la quantité consommée est très faible : 4,2 grammes d'eau par kilo d'air.

Le refroidissement évaporatif offre les avantages suivants sur le refroidissement à détente directe:

Un **coût de matériel de 4 à 8 fois inférieur**

Un **coût d'utilisation 8 à 10 fois inférieur** : la consommation d'eau est au maximum de seulement 4,2 grammes / kilo d'air... de plus l'intensité électrique nécessaire pour une climatisation conventionnelle à détente directe nécessite – dans le cas de grands volumes – une cabine de transformation électrique, celle disponible sur le réseau de distribution d'électricité étant totalement insuffisante.

**Système totalement écologique** : aucun gaz n'étant utilisé contrairement au refroidissement par détente directe.

**Renouvellement total de l'air du local de 15 à 30 fois par heure** ce qui permet de laisser toutes les portes ouvertes en dégagant dès l'approche, dans le cas de commerces accueillant le public, une agréable sensation de fraîcheur incitant les clients à entrer. Également toutes les odeurs, fumées, insectes légers ou autres éléments présents dans l'air ambiant sont évacués en permanence vers l'extérieur.

**Contrôles de fonctionnement à tous les niveaux :**

- Variateur de vitesse permettant d'adapter le renouvellement d'air horaire en fonction des conditions ponctuelles
- Degré d'humidité relative intérieure, avec hygrostat, entre 30% et 90%

Sur le schéma suivant, nous expliquons d'une façon simple le fonctionnement de nos appareils par le biais d'un exemple théorique.

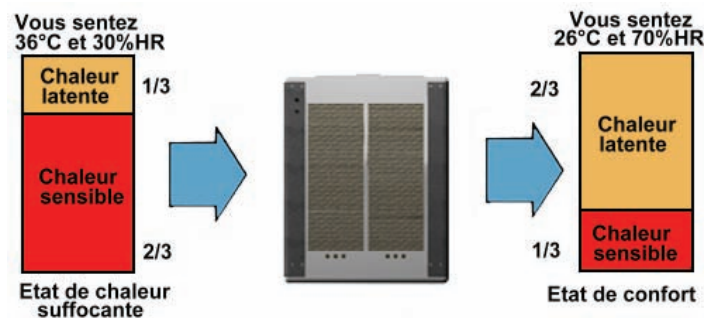


FIG. 1 : Le système consiste à rabaisser la chaleur que nous sentons [CHALEUR PERCEPTIBLE] et augmenter la chaleur que nous ne sentons pas [CHALEUR LATENTE]. Comme on peut l'observer, la CHALEUR PERCEPTIBLE est réduite à la moitié de sa valeur initiale, procurant une situation de bien-être et de confort.

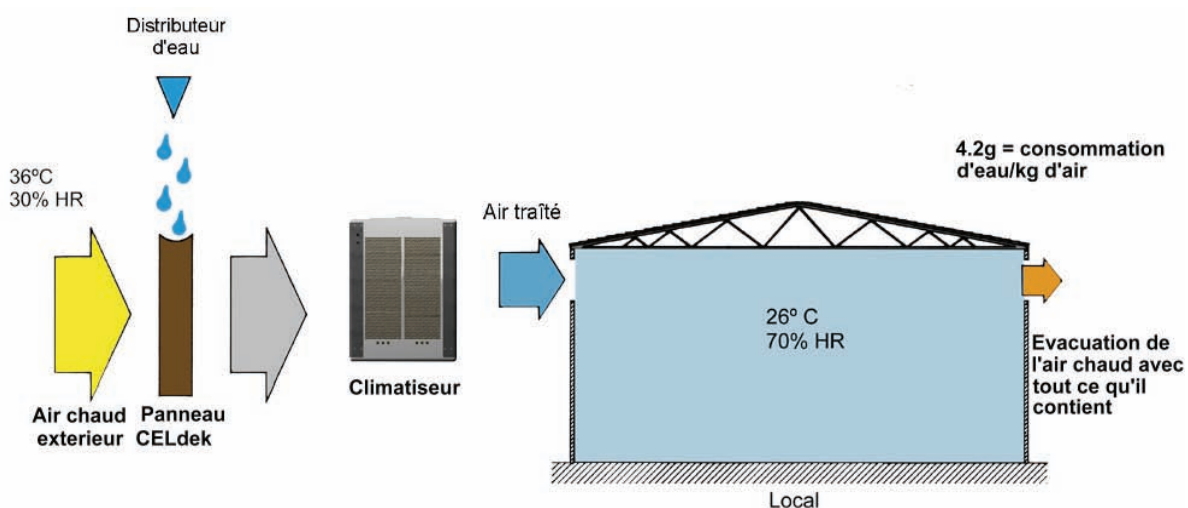
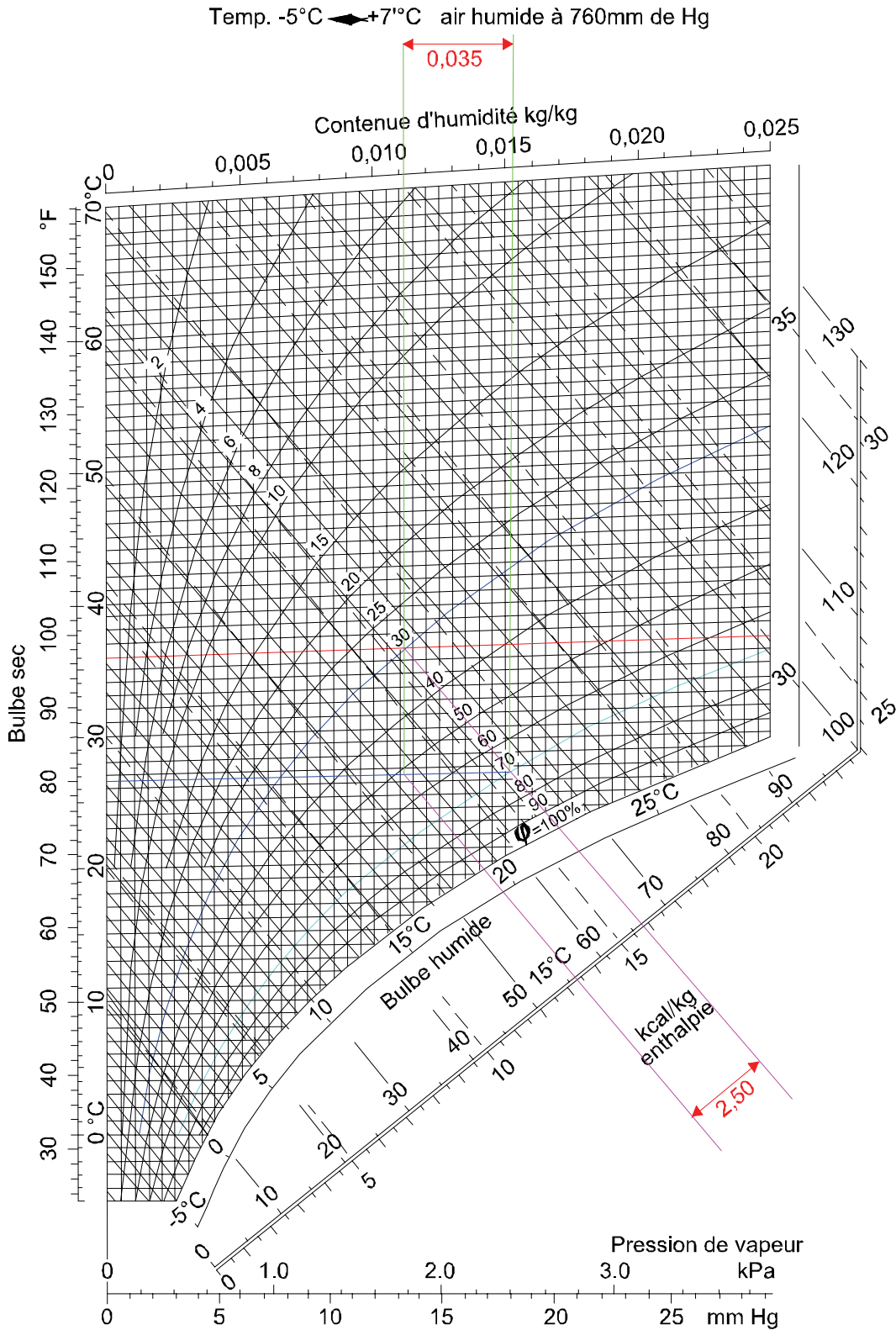
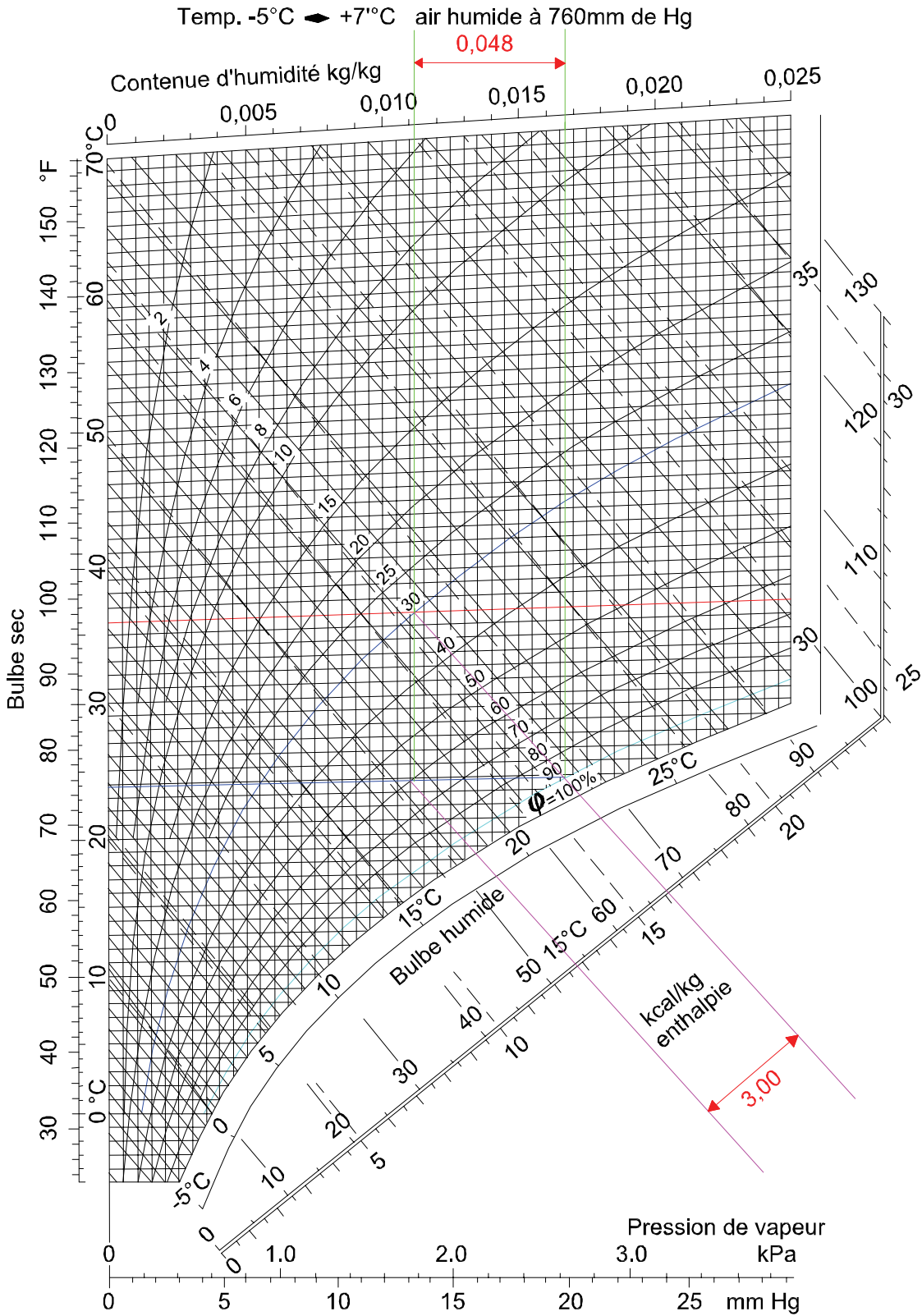


FIG. 2 : Un débit d'air extérieur déterminé, à une température de 36°C et 30% d'humidité relative traverse à basse vitesse l'intérieur d'un panneau CELdek humidifié et imbibé d'eau potable, il y subit une chute de température et une augmentation du niveau d'humidité et est pulsé dans le local avec une température de 26°C et une humidité relative de 70%.



Panneau CELdek 5090 - 50 mm - 1.5 m/s

1°		Température extérieure sèche (36°C)
2°		Degré d'humidité extérieure (30%)
3°		Température du bulbe humide (22,0°C)
4°		Température de l'air impulsé (26,5°C) Appliquer formule
5°		Degré d'humidité de l'air impulsé (70%)



Panneau CELdek 5090 - 50 mm - 1.5 m/s

1°	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red;"></span>	Température extérieure sèche (36°C)
2°	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue;"></span>	Degré d'humidité extérieure (30%)
3°	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:purple;"></span>	Température du bulbe humide (22,0°C)
4°	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkblue;"></span>	Température de l'air impulsé (26,5°C) Appliquer formule
5°	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:cyan;"></span>	Degré d'humidité de l'air impulsé (70%)

**DIFFERENCE ENTRE LA TEMPERATURE D'ASPIRATION ET DE PULSION DES CLIMATISEURS EVAPORATIFS - PANNEAU CELDEK 5090 - 50MM**

Température ext. bulbe sec °C	Humidité relative %			
	25%	30%	40%	50%
25 °C	7,7 °C	7,0 °C	5,8 °C	4,7 °C
28 °C	8,4 °C	7,7 °C	6,3 °C	5,1 °C
30 °C	8,9 °C	8,1 °C	6,6 °C	5,4 °C
32 °C	9,3 °C	8,4 °C	6,9 °C	5,7 °C
34 °C	9,7 °C	8,8 °C	7,2 °C	4,0 °C
36 °C	10,1 °C	9,2 °C	7,5 °C	6,3 °C
38 °C	10,5 °C	9,5 °C	7,8 °C	6,6 °C
40 °C	11,3 °C	9,9 °C	8,4 °C	6,9 °C
42 °C	11,3 °C	10,3 °C	8,4 °C	7,2 °C

**DIFFERENCE ENTRE LA TEMPERATURE D'ASPIRATION ET DE PULSION DES CLIMATISEURS EVAPORATIFS - PANNEAU CELDEK 5090 - 100MM**

Température °C ext. bulbe sec	Humidité relative %			
	25%	30%	40%	50%
25 °C	10,3 °C	9,4 °C	8,1 °C	6,3 °C
28 °C	11,2 °C	10,3 °C	8,5 °C	6,7 °C
30 °C	11,7 °C	10,8 °C	9,0 °C	7,2 °C
32 °C	12,6 °C	11,2 °C	9,4 °C	7,6 °C
34 °C	13,0 °C	11,7 °C	9,9 °C	8,1 °C
36 °C	13,9 °C	12,1 °C	9,9 °C	8,1 °C
38 °C	14,4 °C	13,0 °C	10,3 °C	8,1 °C
40 °C	14,8 °C	13,5 °C	11,7 °C	8,5 °C
42 °C	15,3 °C	13,9 °C	11,2 °C	9,0 °C

### **3. EXEMPLES D'APPLICATION**

#### **Dépôts de produits volatiles**

Les produits stockés se volatilisent peu, le renouvellement d'air continu diminue les risques d'incendie et élimine aussi les gaz et les odeurs.

#### **Dépôts de produits pharmaceutiques**

Pour une meilleure conservation des médicaments.

#### **Application de peintures**

Des niveaux corrects d'humidité, dans l'application de la peinture en spray ou avec processus électrostatiques, permettent l'élimination de l'électricité statique et réduisent l'entrée de poussières qui provoquent des rejets coûteux. Le résultat est une finition de meilleure qualité et une économie de la quantité de peinture utilisée.

#### **Arts graphiques / Usines de transformation de papier**

Une température et un degré d'humidité correct maintiendront la résistance du papier et le rendront moins cassant et fragile. Le papier trop sec se charge avec facilité d'électricité statique qui rend difficile sa manipulation. Le fait de maintenir un niveau constant d'humidité durant le processus d'impression, maintient au papier ses propriétés réduisant le risque d'erreurs et une économie dans les peintures d'impression.

#### **Salles de fêtes / Discothèques**

Les températures sont confortables. Les fumées de tabac et les odeurs corporelles sont totalement éliminées grâce au renouvellement total de l'air plusieurs fois par heure.

**Caves à vins**

La conservation du vin ne s'interrompt pas. La fleur reste toujours en haut. Le vin ne s'évapore plus dans la cave, ni ne s'abrutit. La cave s'oxygène pleinement. Dans les cônes de fermentation, la levure reste toujours à la surface. La baisse de la température du vin en fermentation évite que et les éthers ne se volatilisent et élimine les gaz qui se produisent.

**Centres commerciaux / Show room / Supermarchés / Grandes surfaces**

Ambiance très confortable pour les clients et le personnel. Les légumes, fruits et autres aliments maintiennent une bonne conservation. Elimination des odeurs et des insectes. Les meubles en bois ne subissent des altérations d'aucun genre. Les clients s'attarderont toujours là où il « se sentent bien », surtout dans les salles d'exposition qui deviennent de véritables « étuves » en été.

**Composants électroniques et ordinateurs**

L'électricité statique représente une menace pour les circuits électroniques modernes. Un niveau d'humidité contrôlé maintiendra les zones de travail sans problèmes de décharges d'électricité statique.

**Usines de confection**

Températures très confortables et élimination rapide et constante des fumées et odeurs.

**Usines de fabrication d'emballage et autres produits en plastique**

La poussière, les particules et les insectes qui peuvent s'incruster dans les produits sont évacués à l'extérieur, de plus le personnel travaille dans une température ambiante très confortable.

**Usines de farine**

L'entraînement de la graine se fait par le biais de l'air. Cet air, pris dans local, quand il est trop sec, rend difficile le broyage. Au moment de l'emballage, les sacs de papier peuvent se casser faute d'humidité ambiante suffisante. Ces deux inconvénients seront éliminés.

**Fonderies**

L'excès de chaleur et les fumées dans l'usine sont éliminés.

**Industrie du bois**

Maintient le degré d'humidité du bois à un certain niveau qui lui permet de conserver sa stabilité et facilite la consistance dans le processus de manipulation avec un minimum de coûts.

Avec des niveaux élevés d'humidité, il y a un avantage supplémentaire de réduction de l'électricité statique, de plus la poussière est constamment évacuée.

**Industrie agro-alimentaire**

Les fruits et les légumes maintiennent leur fraîcheur et aussi leur prix.... en minimisant la perte de poids grâce aux niveaux élevés d'humidité dans l'ambiance.

**Musées et églises**

Maintiennent une humidité constante et empêche des dégâts possibles aux objets de valeur, comme la peinture ou des meubles, occasionnés par les contractions dans leur volume.

**Usines du secteur métallurgique**

Éliminent la chaleur générée par les machines, les fours, etc., ainsi que les fumées et les gaz. Augmente la productivité grâce aux températures confortables. Les machines et outils fonctionnent avec précision quand ils ont la température ambiante est adéquate.

**Secteur agricole**

Évitent les pertes par excès de chaleur. Reproduction et élevage améliorés dans une ambiance idéale pour les animaux, sans mauvaises odeurs, ni insectes. Augmentation de la production.

**Salle de machines ou co-génération**

Solution aux problèmes créés par l'excès de chaleur et augmentation du rendement des turbines ou moteurs de combustion.

**Ateliers d'automatisation**

Élimination de gaz d'échappement



#### **4. CALCUL D'UNE INSTALLATION**

Pour calculer les frigories d'un climatiseur évaporatif, on procède de la façon suivante en prenant un exemple pratique :

Une fois complété le graphique psychométrique, on extrait la donnée suivante:  
 [apport de kcal/kg d'air] [1 kcal = 1 frigorie]

Sur le graphique ci-avant [Panneau CELdek 5090 de 50mm] = 2,5 kcal/kg d'air

2,5 kcal/kg d'air x 1,2 densité d'air = 3 kcal/m<sup>3</sup>

Un climatiseur évaporatif modèle SCE-20-V a un débit d'air de 18.000 m<sup>3</sup>/h, ainsi la puissance frigorifique de ce modèle est de [3 kcal/m<sup>3</sup> x 18.000 m<sup>3</sup>/h] = 54.000 kcal/h

Selon le type d'activité du local à traiter, en prenant comme exemple une industrie textile, le nombre de renouvellements horaires nécessaire [ voir table] sera de 25.

54.000 kcal/h / 25 renouvellements = 2.160 frigories / renouvellement.

Ainsi on renouvelle et on rafraîchit l'air du local chaque 2 minutes et 24 secondes.

#### **Calcul des installations par nombre de renouvellement d'air du local :**

Supposons qu'on doive climatiser une usine de textiles de 200m<sup>2</sup> x 8 de hauteur.

On calcule une hauteur maximum de 4 mètres, c'est à dire 200m<sup>2</sup>x4 = 800m<sup>3</sup>.

Débit nécessaire = 800m<sup>3</sup> x 25 = 20.000 m<sup>3</sup>/h.

On sélectionnera le modèle SCE-30.

Suivant l'expérience acquise pendant plusieurs années dans le secteur, nous avons établi le tableau ci-dessous qui définit le nombre de renouvellements horaires adéquat en fonction du type d'activité :

Activité de l'entreprise	Nombre de renouvellements avec panneaux CELdek type 5090	
	50 mm	100 mm
Industries textiles	25-29	22-26
Ateliers de confection	22-25	20-22
Salles de machines	18-22	16-20
Industrie de manufacture	18-22	16-20
Fonderies	25-30	22-27
Ateliers de peinture	25-30	22-27
Usines de plastique	30-35	27-31
Boulangeries	20-25	18-22
Restaurants	18-22	16-20
Cafés et bars	18-22	16-20
Salles d'exposition / grandes surfaces	18-22	16-20
Salles de fêtes	25-29	22-26
Caves de vin	30-40	27-36
Discothèques	25-29	22-26
Cinémas et théâtres	14-18	13-16

Une fois choisit le type d'appareil il ne restera plus qu'à définir la version à installer : horizontal, vertical inférieur ou vertical supérieur.

**5. EXECUTIONS**
**MODELE "H"**


Appareil avec aspiration de l'air sur 3 cotés et pulsion horizontale latérale.

**MODELE "V"**


Appareil avec aspiration de l'air sur 4 cotés et pulsion verticale vers le bas.

**MODELE "VS"**

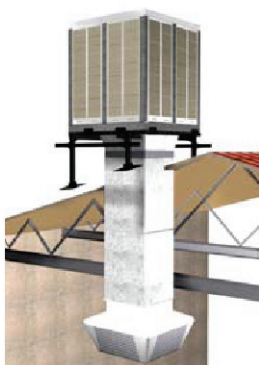

Appareil avec aspiration de l'air sur 4 cotés et pulsion verticale vers le haut.

**6. PRINCIPES D'INSTALLATIONS**


Appareil avec pulsion de l'air horizontale et distribution de celui-ci par un réseau de gaine avec des cônes orientables.



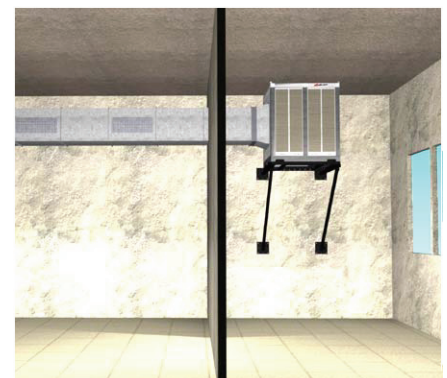
Appareil avec pulsion de l'air horizontale et distribution de celui-ci par un plenum 2 faces.



Appareil avec pulsion de l'air verticale vers le bas et distribution de celui-ci par un plenum à 4 faces.



Appareil de sol avec pulsion de l'air verticale vers le haut et distribution de celui-ci par un plenum 2 faces.



Appareil avec pulsion de l'air horizontale et distribution de celui-ci par un réseau de gaine pour un local adjacent.

**7. EXEMPLES D'INSTALLATIONS**

