



PRÉVENIR LA FORMATION DE GIVRE

Déshumidification de l'air pour éviter
la formation de condensats et de givre
dans les chambres froides

Humidification de l'air, déshumidification et
refroidissement par évaporation

 **condair**

Le problème de l'air trop humide dans les chambres froides

Lors du stockage d'aliments, tels que la viande et la charcuterie, les produits laitiers, les pâtes et les aliments surgelés, un rapport optimal entre la température ambiante appropriée et l'humidité de l'air est une priorité absolue pour garantir une qualité élevée et durable des produits. Des conditions ambiantes qui s'écartent des conditions idéales, ne serait-ce que pour une courte période, peuvent souvent causer des dommages considérables.

La régulation de l'humidité de l'air constitue ici un défi particulier. Il est inévitable que de l'air chaud et humide circule dans l'entrepôt, par exemple lors de l'entrée ou de la sortie des marchandises, ou que les produits nouvellement déposés dans l'entrepôt libèrent de l'humidité dans l'air. Pour de nombreux opérateurs, l'élimination permanente et sûre de cette humidité est un problème permanent, surtout à des températures de stockage souvent très inférieures à 0°C. Lorsque l'eau se condense dans l'air, elle se précipite sous forme liquide ou, dans le cas d'un stockage surgelé, sous forme de givre sur les sols, les murs et les marchandises. Cela endommage les produits et met en danger la sécurité opérationnelle, car les personnes peuvent glisser et se blesser ou les chariots élévateurs peuvent glisser sur la glace glissante.

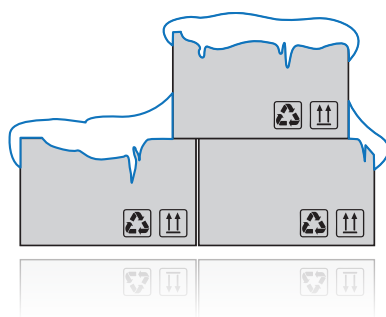
Les refroidisseurs à air recyclé qui aspirent l'air de l'entrepôt et le refroidissent dans un échangeur de chaleur avant de le renvoyer dans la zone de stockage ne déshumidifient que légèrement l'air.

Avec cette méthode de déshumidification, les températures inférieures au point de congélation entraînent rapidement le givrage du refroidisseur et la nécessité d'une phase de dégivrage, pendant laquelle ni le refroidissement ni la déshumidification ne sont possibles. En outre, le refroidisseur doit être réglé sur des températures de fonctionnement très basses (environ 5 à 7 K en dessous de la température ambiante) pour assurer une quelconque déshumidification aux températures très froides de la pièce. Ceci est très gourmand en énergie et en coûts.

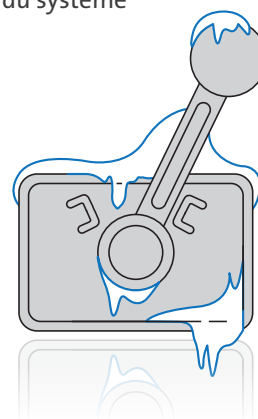
Cette brochure décrit et recommande l'utilisation d'un déshydrateur en complément d'un refroidissement conventionnel de l'air. Un déshydrateur sèche l'air de façon permanente, de manière très efficace et économique. Il permet d'éviter les problèmes susmentionnés dès le départ.

L'un des points forts est le déshydrateur **DA 500-4000 Freezer** qui, grâce à l'isolation du caisson sans pont thermique de 100 mm d'épaisseur, peut également être installé à l'extérieur et n'occupe donc pas de précieux espace de stockage.

Le givrage des marchandises stockées



Givrage du système





État de l'air extérieur
32 °C / 48 % H.R.

Givrage

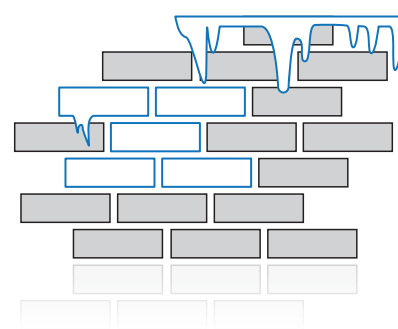
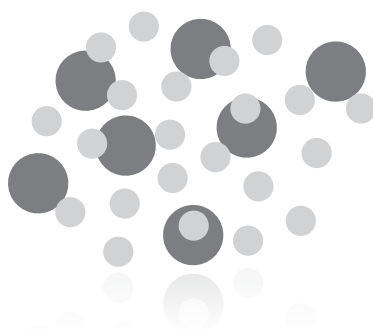
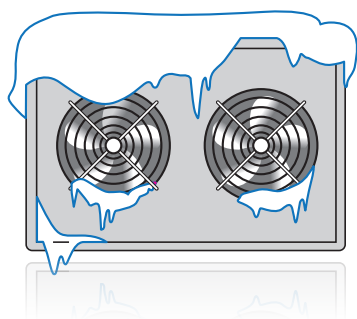
État de l'air dans la chambre froide
-5 °C / 100 % H.R.

Formation de condensat et
de givre

Givrage par évaporateur

Brouillard

Givrage des surfaces des
murs et des plafonds



Un peu de thermodynamique : Comment fonctionne la déshumidification

En thermodynamique, les variables enthalpie (h), température (t) et humidité (x) sont indissociablement liées. Ces variables sont représentées dans un « diagramme h,x ». L'enthalpie h correspond au contenu thermique total de l'air, constitué de la température de l'air et de la vapeur d'eau présente dans l'air. Dans le cas de l'humidité, on distingue l'humidité absolue x (g de vapeur d'eau dans l'air par kg d'air) et l'humidité relative ϕ . L'humidité relative indique à quel pourcentage l'air est saturé. Si la tâche consiste maintenant à déshumidifier l'air pour un processus ou à garantir des conditions ambiantes cibles spécifiques, il en résulte des défis tels que les suivants.

Entrepôt frigorifique A :

Température ambiante -15 °C,
humidité x = 0,9 g/kg, Densité $\rho = 1,37 \text{ kg/m}^3$

Air extérieur en été : +34 °C, 42 % H.R.,
x = 14 g/kg, Densité $\rho = 1,15 \text{ kg/m}^3$

Air extérieur en hiver : 0 °C, 80 % H.R., x = 3 g/kg,
Densité $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$

Hauteur x largeur de l'ouverture : 2,5 m • 2 m

Temps d'ouverture : 10 minutes par h

Hypothèse :

En raison de l'entrée et de la sortie des articles (ouverture des portes et des trappes), l'air extérieur pénètre dans la chambre froide et se mélange à l'air ambiant. La quantité d'eau qui pénètre dans la chambre froide dépend des conditions de l'air et de la différence de densité qui en résulte entre l'air extérieur et la chambre

froide, de la taille de l'ouverture, de la durée d'ouverture et des mesures prises pour se protéger contre la pénétration de l'humidité, comme un système de rideau d'air.

Sans système de rideau d'air, les spécifications ci-dessus entraînent une infiltration calculée de 1 251 m³/h d'air extérieur dans la chambre froide en été. En utilisant un système de rideau d'air avec une efficacité de 80 %, cette valeur est réduite à 250 m³/h.

Fonctionnement en été :

$250 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,15 \text{ kg/m}^3 \cdot (14 - 0,9) \text{ g/kg} = 3\,766 \text{ g/h}$

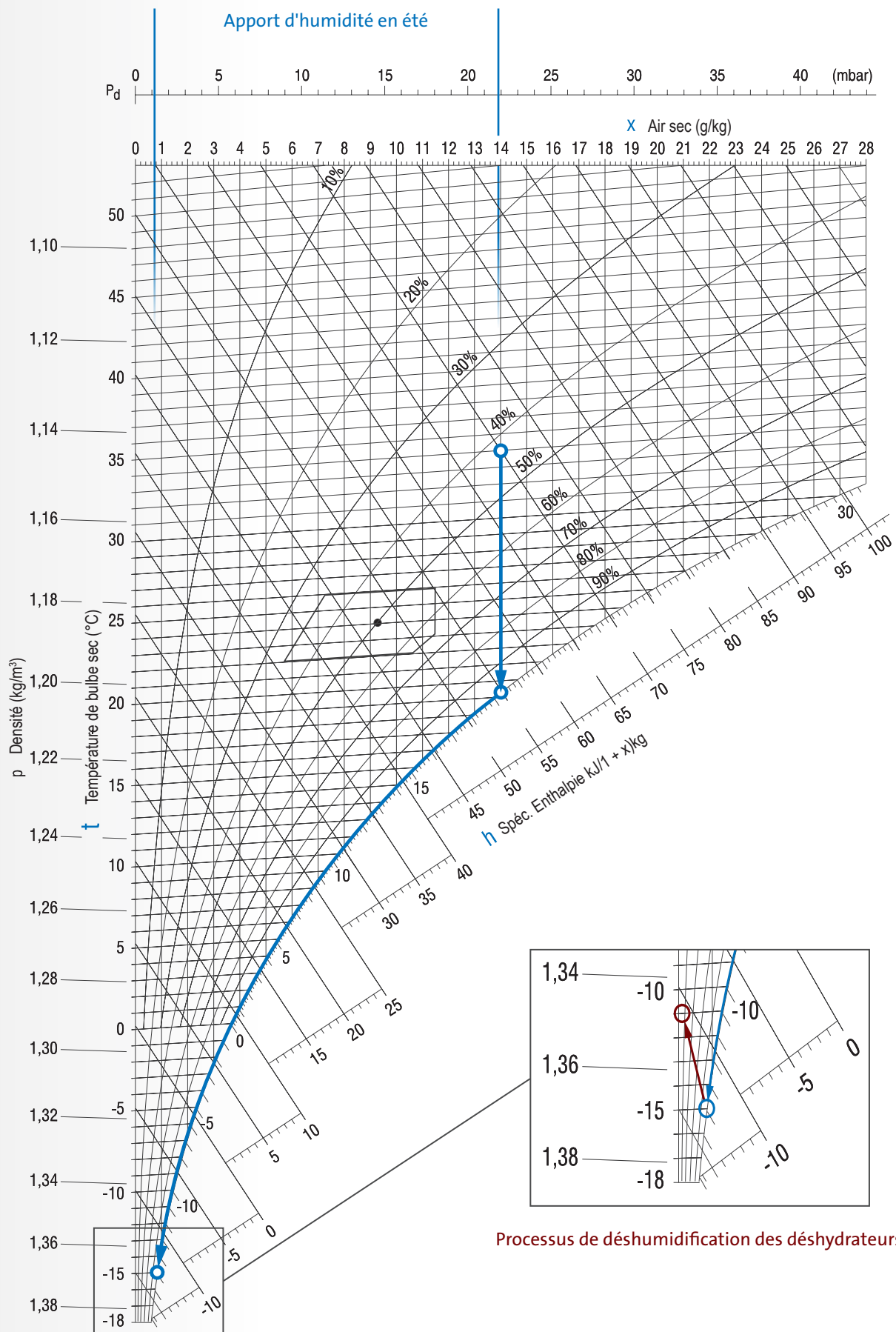
En mode hiver, la quantité d'air d'infiltration est réduite en raison de la plus faible humidité de l'air extérieur. En outre, la différence de densité de l'air est également plus faible. Cela réduit l'infiltration calculée, en tenant compte également du système de rideau d'air, à 150 m³/h.

Fonctionnement en hiver :

$150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot (3 - 0,9) \text{ g/kg} = 406 \text{ g/h}$

En raison de la température ambiante de -15 °C, l'eau qui se condense dans l'air va maintenant former du givre sur les surfaces et les marchandises dans l'enceinte de la pièce.

La formation de condensat et de givre dangereux peut être évitée en utilisant des déshydrateurs.



Déshydrateur entièrement isolé permet une installation à l'extérieur

Les déshydrateurs sont utilisés si une faible humidité de l'air, inférieure à environ 10% H.R., est souhaitée, ainsi que de très basses températures. Dans ces conditions, les besoins techniques et énergétiques nécessaires pour déshumidifier l'air en raison de la diminution du point de rosée, c'est-à-dire le principe de fonctionnement d'un déshumidificateur à condensation, sont énormes et par conséquent difficiles ou impossibles à réaliser. En revanche, les déshydrateurs exploitent les propriétés des gels de silice, qui permettent un séchage efficace de l'air même à basse température.

L'air à sécher est acheminé dans l'unité par le ventilateur d'air de traitement. Après avoir traversé un filtre à air, l'air atteint le rotor de sorption qui tourne lentement. Ce dernier est constitué de plus de 82 % de gel de silice sur une structure alvéolaire en fibre de verre perméable à l'air. Le gel de silice est très hygroscopique en raison de sa très grande surface intérieure, qui peut atteindre 800 m² par gramme. Il peut donc absorber de grandes quantités d'eau provenant de l'air de traitement à la surface et la stocker dans sa structure interne. Lorsque l'air traverse le rotor de sorption, deux processus se déroulent simultanément : L'air de traitement peut être déshumidifié en profondeur. Toutefois, selon l'intensité de la déshumidification, la température de l'air peut augmenter fortement au cours du processus. Par conséquent, il est souvent nécessaire de refroidir l'air maintenant déshumidifié mais chaud avant de le renvoyer dans la pièce.

Pour que ce processus de déshumidification fonctionne, le rotor de sorption doit être régénéré en permanence. Cela signifie que l'humidité stockée dans le gel de silice doit être constamment éliminée du rotor. Cela se fait avec de l'air de régénération venant de l'autre côté et traversant le rotor de sorption à contre-courant. L'air de régénération est chauffé et l'humidité relative est ainsi réduite à un point tel que l'eau peut être expulsée du gel de silice et se fixer dans l'air sous forme de vapeur (désorption).

L'air de régénération, qui est maintenant humide, quitte le déshydrateur et est évacué à l'extérieur après une récupération de chaleur supplémentaire si nécessaire. Les moyens utilisés pour chauffer l'air de régénération sont l'eau chaude, la vapeur, les brûleurs à gaz ou l'énergie électrique.

Les déshydrateurs de la série DA de Condair sont utilisés lorsque de très faibles taux d'humidité sont nécessaires à de très basses températures. Le rotor de sorption conserve sa capacité presque en permanence dans des conditions de fonctionnement optimales, ce qui permet de travailler en toute sécurité jusqu'à des températures de -30 °C et d'atteindre les niveaux d'humidité les plus bas. En plus des 30 modèles standard avec des capacités de déshumidification de 0,6 à 182 kg/h pour des débits d'air de traitement de 120 à 27 000 m³/h, les déshydrateurs DA sont également disponibles en tant que gamme de modèles spéciaux. Par exemple, des serpentins de pré-refroidissement et/ou de post-refroidissement et des modules d'échangeurs de chaleur ou de condensation peuvent déjà être installés dans les unités en usine. Tous les processus fonctionnant dans le déshydrateur en conformité avec les conditions cibles de l'air d'alimentation sont contrôlés en fonction des conditions de fonctionnement actuelles via l'ICE sur site ou, en option, le PLC intégré dans l'unité.

Le **DA 500-4000 Freezer** est une version spéciale du déshydrateur. En plus des composants précédemment décrits d'un déshydrateur standard, cette série d'unités est équipée d'un caisson isolé en acier inoxydable AISI 304 de 100 mm d'épaisseur. Cette technologie a été développée et optimisée pendant de nombreuses années et les ponts thermiques critiques ont été éliminés. Les différents composants (ventilateurs/rotor/éléments chauffants) sont également adaptés de manière optimale afin de planifier la solution la meilleure, la plus efficace et la plus économique pour une application donnée.

Exemple d'application : Stockage frigorifique



Si des problèmes d'humidité surviennent dans des entrepôts frigorifiques dont la température interne est souvent bien inférieure à 0 °C, ils deviennent rapidement apparents. Lorsque de l'air plus chaud et plus humide circule dans une chambre froide, l'eau se condense dans l'air, puis se précipite sous forme de givre sur les sols, les plafonds et les murs. De grandes formations de givre se forment rapidement, en particulier sur les évaporateurs du système de réfrigération et dans la zone du quai, ce qui nécessite ensuite un retrait manuel fastidieux. Et lorsque les évaporateurs givrent, cela augmente la perte de pression par rapport à l'air, qui doit être constamment refroidi par la méthode de recirculation. Il en résulte des capacités d'air et de refroidissement inférieures, des cycles de dégivrage fréquents et des coûts d'exploitation plus élevés. Dans le même temps, en particulier lorsque du givre se forme sur le sol, il y a un risque accru que des personnes glissent et se blessent ou que les chariots élévateurs ne puissent pas être conduits en toute sécurité.

Ces problèmes sont évités en déshumidifiant régulièrement l'air dans les entrepôts frigorifiques à l'aide d'un déshydrateur. Un tel déshydrateur aspire en permanence l'air ambiant de l'entrepôt frigorifique et le déshumidifie en dessous du point de rosée, puis renvoie l'air sec et déshumidifié dans la pièce ou, idéalement, directement dans

les refroidisseurs à recirculation d'air. Cela permet d'éviter de manière fiable et permanente la condensation indésirable de l'eau présente dans l'air et la formation de givre dans l'entrepôt. Comme la différence de température entre l'air extérieur et l'entrepôt frigorifique est généralement très élevée, dans la plupart des cas, il est judicieux d'installer le déshydrateur directement dans l'entrepôt frigorifique. Cela permet d'éviter les pertes de puissance dues au transfert de chaleur de l'intérieur froid du sécheur vers l'air chaud extérieur. Cependant, étant donné que les problèmes d'humidité de condensation dans une chambre froide n'apparaissent souvent qu'à un stade ultérieur de l'exploitation et qu'il faut alors y remédier rapidement, il n'y a souvent plus de place dans la pièce pour l'installation ultérieure d'un déshydrateur.

Pour ces cas, la gamme Condair comprend également un déshydrateur DA avec une isolation de 100 mm, qui permet également une installation en dehors de la chambre froide. L'énorme isolation empêche la chaleur de pénétrer dans le processus de séchage qui se déroule dans le déshydrateur, ce qui garantit un fonctionnement sûr et efficace. Toutefois, ce type d'application requiert une grande expérience et doit être planifié et exécuté avec précision.

Exemple d'application : Banc d'essai



Les bancs d'essai doivent fréquemment maintenir des températures allant de +35 °C à -20 °C pour des mesures spécifiques. Mais indépendamment de la température, l'humidité doit également être adaptée à ces conditions extrêmes.

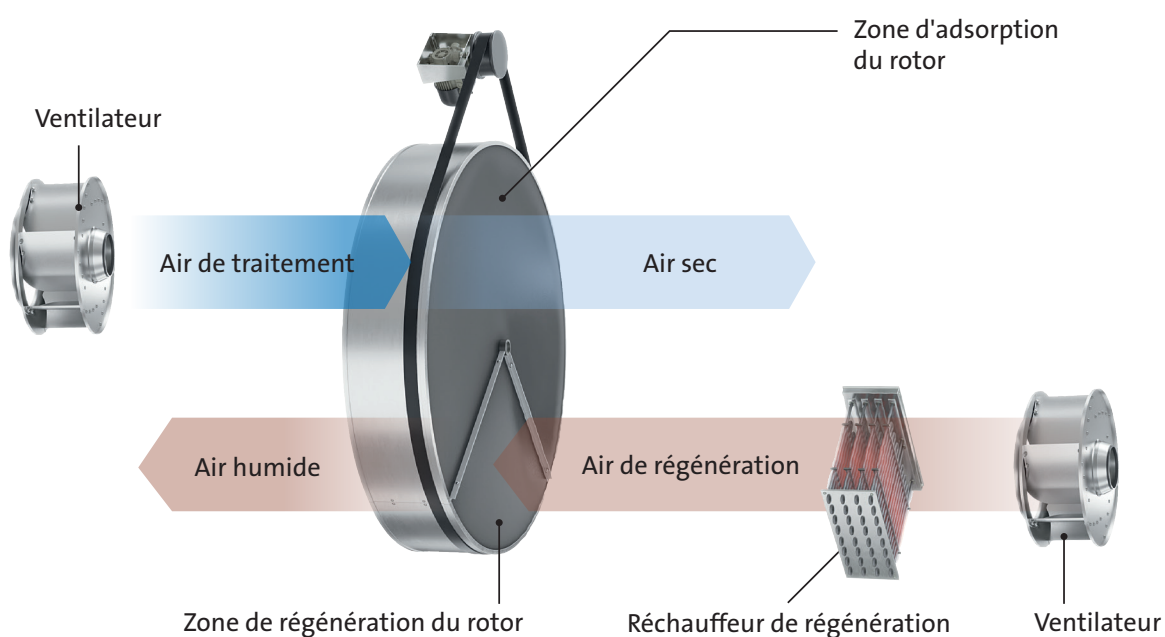
Les déshydrateurs sont particulièrement adaptés à cette fin, car ils peuvent déshumidifier l'air de manière fiable et efficace sur toute la plage de températures grâce au principe de sorption.

En raison de la très large plage de températures sur les bancs d'essai, le problème suivant se pose : Lorsque la température de l'air de traitement est basse, le caisson du déshydrateur se refroidit lui aussi considérablement et le condensat de l'air ambiant se forme d'abord sur le caisson, ce qui peut même conduire à la formation de givre. Ce phénomène peut également se propager au compartiment électrique et à la section de régénération. Accepter le givrage comme une fatalité et, dans le meilleur des cas, équiper les appareils d'un bac à condensats n'est certainement pas une solution durablement acceptable ici d'un point de vue professionnel.

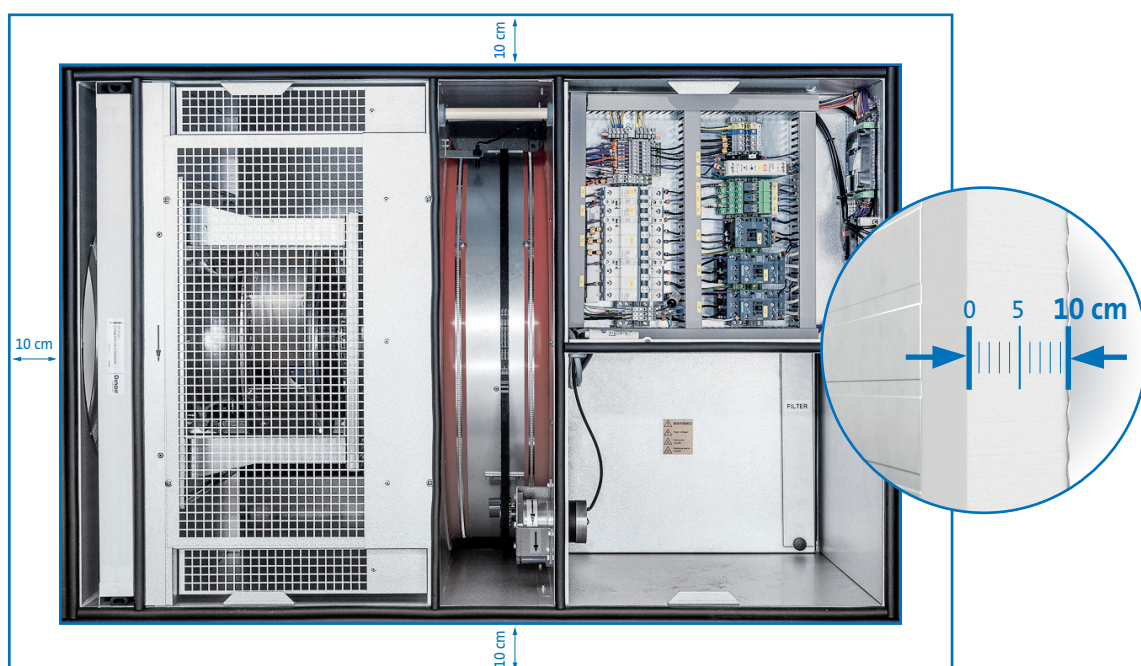
Une autre solution consiste à préchauffer l'air froid avant qu'il n'entre dans le déshydrateur, puis à le déshumidifier, et enfin à le refroidir à nouveau à la température cible. Cela représente une perte d'énergie extrêmement importante, car non seulement l'air doit être constamment chauffé jusqu'à un degré supplémentaire perceptible, puis refroidi, mais le chauffage de l'air entraîne également une baisse de l'humidité relative et, par conséquent, le processus de déshumidification devient également plus inefficace.

En effet, une humidité relative plus faible [% H.R.] avec une humidité absolue constante [g/kg] nécessite un apport énergétique plus important dans le processus de régénération et entraîne des températures d'air humide très élevées.

Principe de fonctionnement du déshydrateur



Isolation complète Condair DA Freezer



Condair SA
Route de la Pâla 100
1630 Bulle/FR, Suisse
Téléphone : +41 (0)26 651 77 46
E-mail : ch.info@condair.com
Internet : www.condair.ch

