



PRÉVENIR LE GIVRAGE

Déshumidification contre la condensation
et la formation de glace dans les entrepôts
frigorifiques

Le problème de l'air humide dans les entrepôts frigorifiques

Lors du stockage de denrées alimentaires, telles que la viande et la charcuterie, les produits laitiers, les pâtes et les aliments surgelés, une relation optimale entre la température et l'humidité de la pièce est la priorité absolue pour garantir la qualité des produits à long terme. Des conditions ambiantes qui s'écartent des conditions idéales pendant seulement une courte période peuvent souvent causer de graves dommages.

La régulation de l'humidité constitue un défi particulier : on ne peut éviter que de l'air chaud et humide pénètre dans l'entrepôt, par exemple lors de l'entrée ou de la sortie de marchandises, ou que les produits nouvellement déposés dans l'entrepôt dégagent de l'humidité dans l'air. L'élimination permanente et sûre de cette humidité est un problème permanent pour de nombreux opérateurs, en particulier lorsque les températures de stockage sont souvent bien inférieures à 0 °C. Lorsque l'eau se condense dans l'air, elle se précipite sous forme liquide ou, dans les entrepôts frigorifiques, sous forme de glace sur les sols, les murs et les marchandises. Cela endommage les produits et compromet la sécurité des opérations, car les personnes peuvent glisser et se blesser ou les chariots élévateurs peuvent glisser sur la glace glissante.

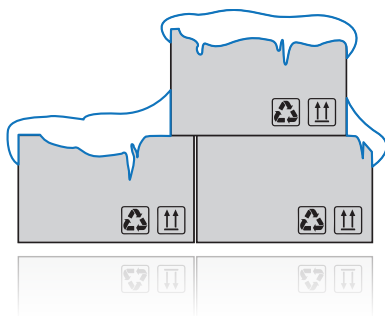
Les refroidisseurs à circulation d'air, qui aspirent l'air de l'entrepôt, le refroidissent dans un échangeur de chaleur et le renvoient ensuite dans la zone de stockage, n'assurent qu'une déshumidification minimale de l'air.

Avec cette méthode de déshumidification, les températures inférieures au point de congélation entraînent rapidement un givrage du refroidisseur, puis une phase de dégivrage nécessaire pendant laquelle il n'y a ni refroidissement ni déshumidification. En outre, le refroidisseur doit être réglé sur des températures de fonctionnement très basses (environ 5 à 7K en dessous de la température ambiante) pour assurer la déshumidification à des températures ambiantes très froides. Cette opération est très coûteuse en énergie et en argent.

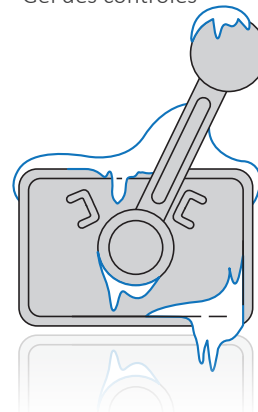
Cette brochure décrit et recommande l'utilisation d'un sécheur par adsorption pour compléter le refroidissement conventionnel de l'air. Un sécheur par adsorption sèche l'air de manière très efficace et économique à long terme. Il contribue à éviter dès le départ les problèmes évités dès le départ.

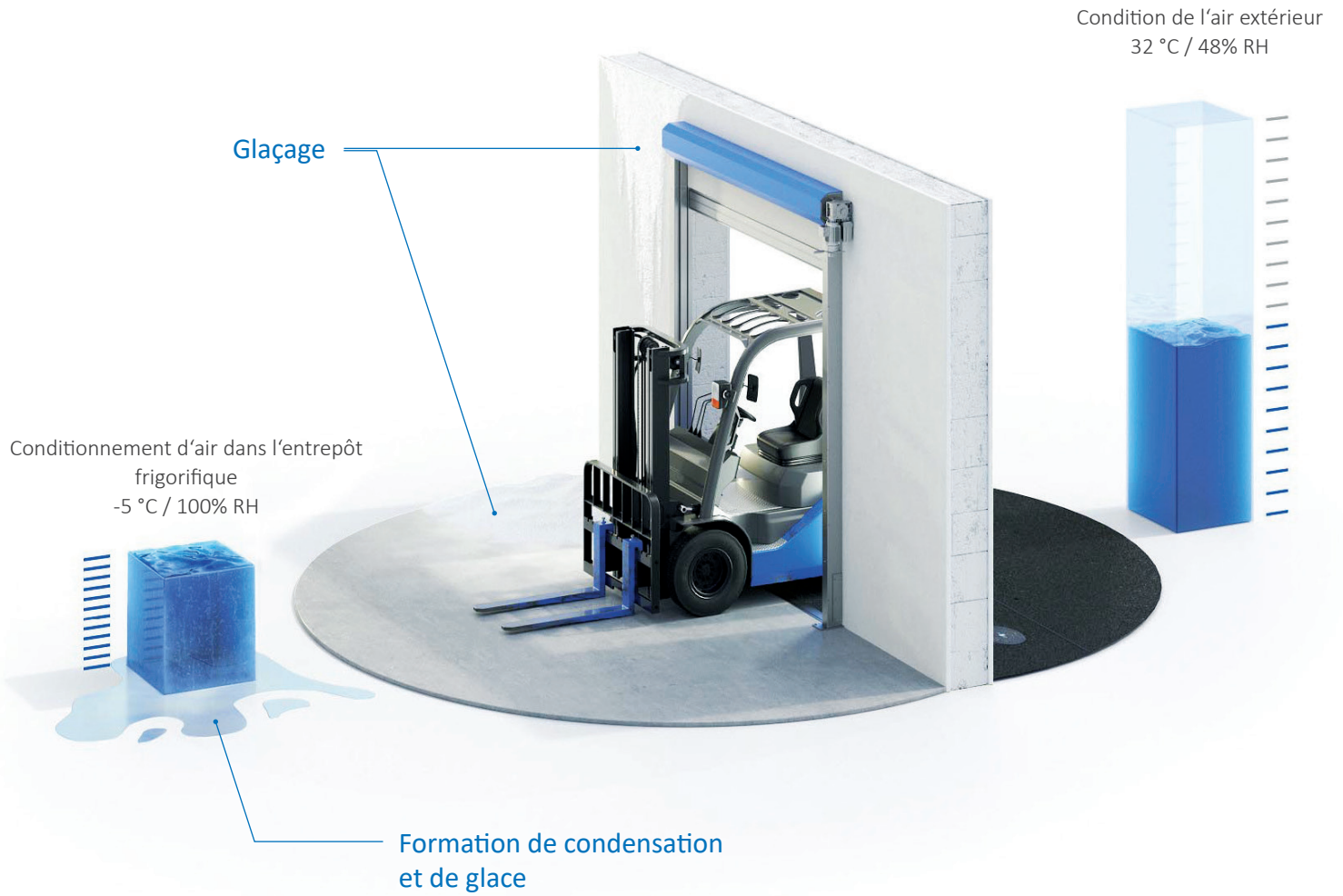
L'un des points forts est le sécheur par adsorption **DA 500-4000 Freezer** qui, grâce à l'isolation de son boîtier de 100 mm d'épaisseur sans pont thermique, peut également être installé à l'extérieur et n'occupe donc pas un espace de stockage précieux.

Formation de glace sur les marchandises stockées

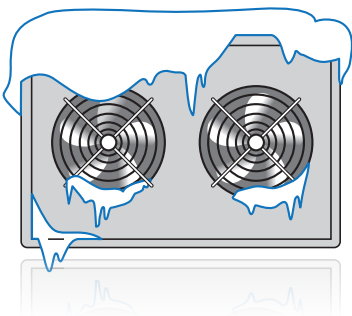


Gel des contrôles

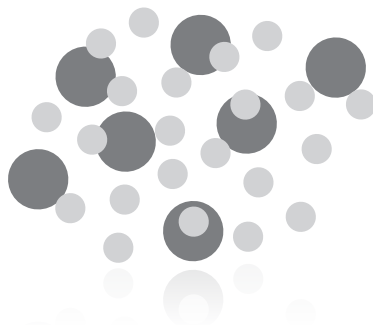




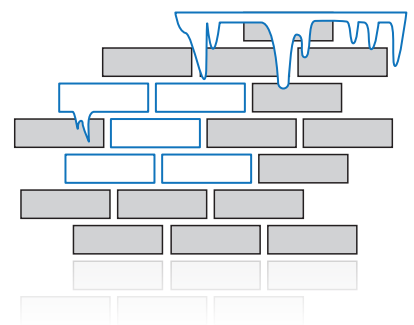
Formation de condensation et de glace



Condensation



Givrage sur les murs et les surfaces du plafond



Un peu de thermodynamique :

Voici comment fonctionne la déshumidification

En thermodynamique, les variables enthalpie (**h**), température (**t**) et humidité (**x**) sont inextricablement liées. Ces variables sont représentées dans un diagramme appelé hx. L'enthalpie h correspond au contenu thermique total de l'air, composé de la température de l'air et de la vapeur d'eau présente dans l'air. En ce qui concerne 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 le pourcentage d'air saturé. Lorsqu'il s'agit de déshumidifier l'air pour un processus ou pour garantir des conditions d'air ambiant spécifiées, les défis typiques suivants se posent, par exemple.

Cellule de congélation 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% HR, x = 14 g/kg,
densité $\rho = 1,15 \text{ kg/m}^3$

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

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

Heure d'ouverture : 10 minutes par heure

Hypothèse

Lors de l'entrée et de la sortie (ouverture des portes et des portails), l'air extérieur pénètre dans l'entrepôt frigorifique et se mélange à l'air ambiant. La quantité d'eau introduite dans l'entrepôt frigorifique dépend des conditions atmosphériques et de la différence de densité qui en résulte entre l'air extérieur et l'entrepôt frigorifique, de la taille de l'ouverture, de la durée d'ouverture et des mesures prises pour protéger l'entrepôt contre les infiltrations d'humidité,

par exemple un système de rideau d'air,
par exemple un système de rideau d'air.

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

Fonctionnement estival

250 m³/heure x 1,15 kg/m³ x (14 - 0,9) g/kg = 3 766 g/heure

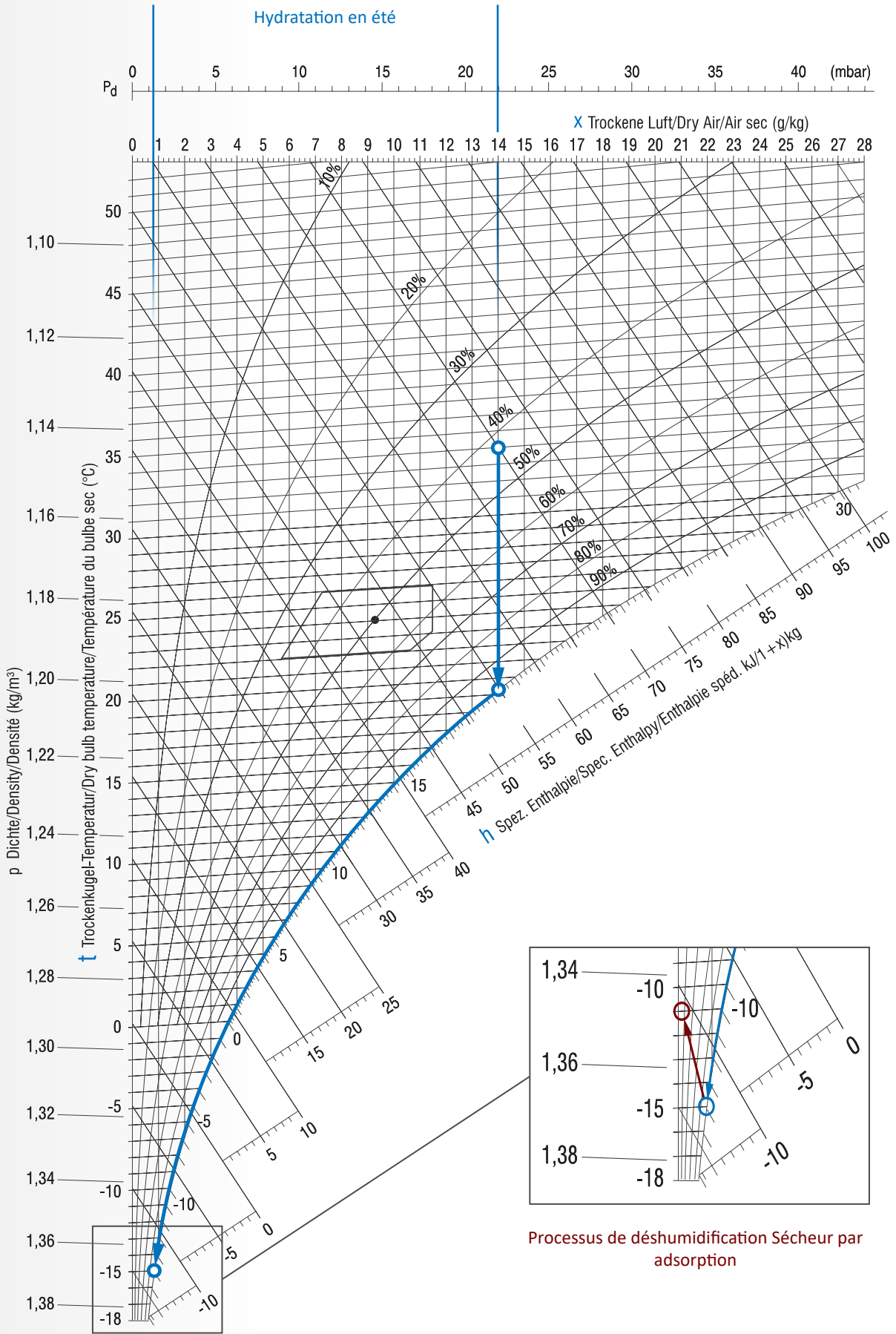
En hiver, la quantité d'air d'infiltration est non seulement réduite en raison de l'humidité extérieure plus faible, mais la différence de densité de l'air est également plus faible. La différence de densité de l'air est également plus faible. Cela réduit l'infiltration calculée, y compris le système de rideau d'air, à 150 m³/heure.

Fonctionnement en hiver :

150 m³/heure x 1,29 kg/m³ x (3 - 0,9) g/kg = 406 g/heure

En raison de la température ambiante de -15 °C, l'eau contenue dans l'air se condense sous forme de glace sur les surfaces et les biens de la pièce.

L'utilisation de sècheurs par adsorption permet d'éviter à la fois la formation de condensats et la formation de glace dangereuse.



Processus de déshumidification Sécheur par adsorption

Sécheur par adsorption entièrement isolé permet une installation à l'extérieur

Les sécheurs par adsorption sont utilisés à des niveaux d'humidité inférieurs à 10 % HR et à des températures souvent très basses. L'effort technique et énergétique nécessaire pour déshumidifier l'air à basse température (<12 °C) dépasse le principe de fonctionnement efficace d'un déshumidificateur à condensation. À ces basses températures, l'utilisation d'un déshumidificateur à adsorption est un meilleur choix technique et énergétique. Les déshydrateurs à adsorption utilisent les propriétés des gels de silice, ce qui permet un séchage efficace de l'air même à très basse température.

Pour que ce processus de déshumidification fonctionne, l'absorbant doit être régénéré en permanence. L'humidité absorbée par le gel de silice doit également être éliminée. Pour ce faire, de l'air de régénération provenant de l'autre côté et circulant à contre-courant dans le moteur du carter est utilisé. L'air de régénération est chauffé et l'humidité relative est réduite à un point tel que l'eau peut être expulsée du gel de silice et se retrouver dans l'air sous forme de vapeur (désorption).

L'air de régénération, désormais humide, quitte le sécheur par adsorption et est évacué vers l'extérieur, éventuellement après une récupération supplémentaire de chaleur. L'eau chaude, la vapeur, les brûleurs à gaz ou l'énergie électrique sont utilisés pour chauffer l'air de régénération.

Les sécheurs par adsorption Condair de la série DA sont utilisés partout où une très faible humidité est requise à des températures très basses. Le moteur à adsorption maintient sa capacité/efficacité pratiquement en permanence dans toutes les conditions de fonctionnement et permet un fonctionnement sûr jusqu'à des températures de -30 °C et peut même atteindre des niveaux d'humidité très bas. Outre les 30 versions standard avec des capacités de déshumidification de 0,6 à 182 kg/h pour des débits d'air de 120 à 27 000 m³/h, les sécheurs DA sont également disponibles dans diverses versions spéciales. Les unités peuvent être équipées en usine de registres de pré et/ou post-refroidissement, d'échangeurs de chaleur ou de modules de

condensation. Le contrôle de tous les processus en cours dans le sécheur par adsorption en fonction des conditions cibles de l'air d'alimentation s'effectue en fonction des conditions de fonctionnement actuelles, soit via le MSR sur site, soit en option via l'automate programmable intégré dans l'unité.

Un modèle spécial de sécheur par adsorption est le congélateur **DA 500-4000**.

Outre les composants d'un sécheur par adsorption standard décrits ci-dessus, cette série d'appareils est dotée d'une enceinte hautement isolée de 100 mm en acier inoxydable AISI 304. Cette technologie a été développée et optimisée au cours de nombreuses années et les ponts thermiques critiques ont été éliminés. Les composants individuels (ventilateurs/rotor/éléments de chauffage) sont également adaptés de manière optimale afin de concevoir la solution la meilleure, la plus efficace et la plus économique pour l'application concernée.

Exemple d'application : Stockage congelé



Les problèmes d'humidité dans les entrepôts frigorifiques, où la température ambiante est souvent bien inférieure à 0°C, deviennent rapidement apparents. Lorsqu'un air plus chaud et plus humide pénètre dans la zone de refroidissement, l'eau se condense dans l'air et se dépose sous forme de glace sur les sols, les plafonds et les murs. En particulier sur les évaporateurs du système de refroidissement et dans la zone des quais, de grandes formations de glace se forment rapidement, qu'il faut ensuite enlever à la main, ce qui prend beaucoup de temps. Et lorsque les évaporateurs gèlent, cela augmente la perte de pression par rapport à l'air, qui doit être constamment refroidi à l'aide du processus de circulation de l'air. Il en résulte des capacités d'air et de refroidissement plus faibles, des cycles de dégivrage plus fréquents et des coûts d'exploitation plus élevés. Dans le même temps, en particulier lorsque de la glace se forme sur le sol, le risque que des personnes glissent et se blessent ou que des chariots élévateurs ne puissent plus circuler en toute sécurité augmente.

Ces problèmes sont évités en déshumidifiant constamment l'air de l'entrepôt frigorifique à l'aide d'un déshydrateur à adsorption. Un tel déshydrateur à adsorption aspire en permanence l'air ambiant de l'entrepôt frigorifique, le déshumidifie en dessous du point de rosée, puis souffle l'air déshumidifié et sec

dans la pièce ou, idéalement, directement dans le refroidisseur à circulation d'air. Cela permet d'éviter la condensation indésirable de l'eau contenue dans l'air et la formation de glace dans l'entrepôt. En raison de la différence de température généralement très élevée entre l'air extérieur et l'entrepôt frigorifique, il est généralement judicieux d'installer le sécheur par adsorption directement dans l'entrepôt frigorifique. Cela permet d'éviter les pertes d'énergie dues au transfert de chaleur entre l'intérieur froid du sécheur et l'air extérieur chaud. Toutefois, comme les problèmes de condensation de l'humidité dans l'entrepôt frigorifique ne surviennent souvent qu'en cours de fonctionnement et doivent alors être résolus rapidement, il n'y a souvent pas de place dans la chambre de congélation pour installer un sécheur par adsorption.

Condair propose à cet effet un sécheur par adsorption DA doté d'une isolation de 100 mm d'épaisseur, qui peut également être placé à l'extérieur de l'entrepôt frigorifique. L'énorme isolation empêche la pénétration de la chaleur dans le processus de séchage qui se déroule à l'intérieur du sécheur par adsorption, ce qui garantit un fonctionnement sûr et efficace. Toutefois, ce type d'application requiert beaucoup d'expérience et doit être soigneusement planifié et exécuté.

Exemple d'application : Banc d'essai



Il n'est pas rare que les montages d'essai doivent maintenir des températures comprises entre +35 °C et -20 °C pour les mesures spécifiées. Quelle que soit la température, l'humidité doit également être adaptée à ces conditions extrêmes.

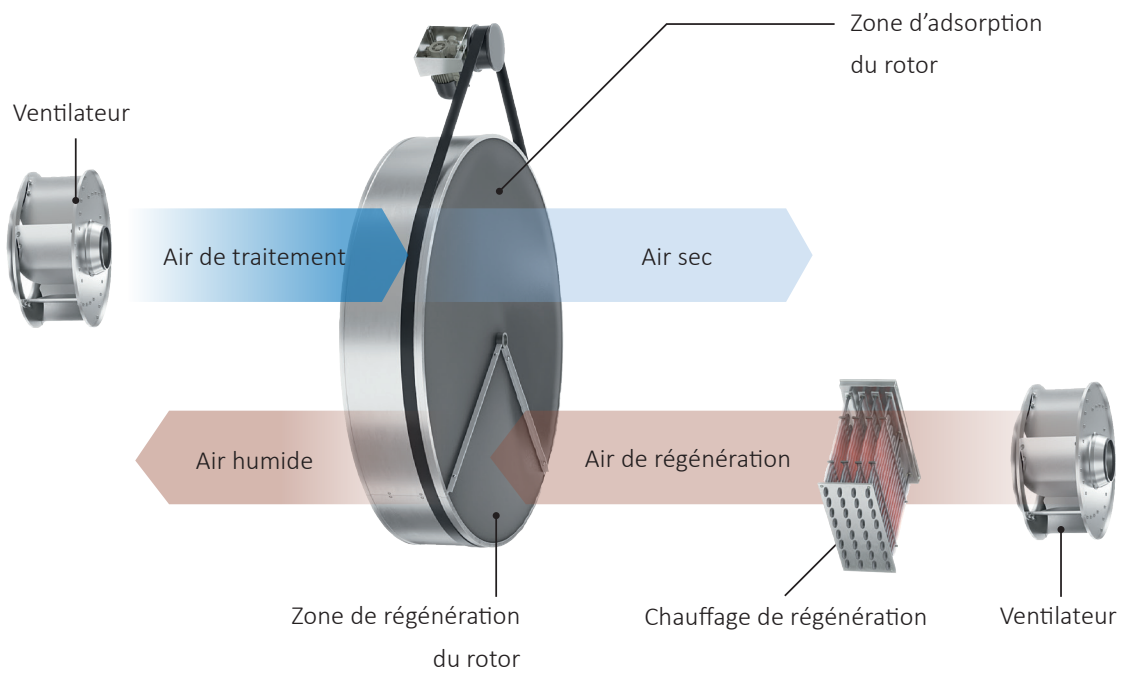
Les sécheurs par adsorption sont particulièrement adaptés à cette fin, car ils peuvent déshumidifier l'air de manière sûre et efficace sur toute la plage de température grâce au principe de la sorption.

Le problème suivant se pose en raison de la très large gamme de températures sur les bancs d'essai. Lorsque la température de l'air de traitement est basse, le boîtier du sécheur par adsorption se refroidit également de manière significative et l'eau de condensation contenue dans l'air ambiant forme d'abord du condensat, puis du givre. Ce phénomène peut également se propager au compartiment électronique et à la section de régénération. Accepter le givrage comme une évidence et, au mieux, équiper les unités d'un bac à condensats n'est certainement pas une solution acceptable à long terme d'un point de vue professionnel.

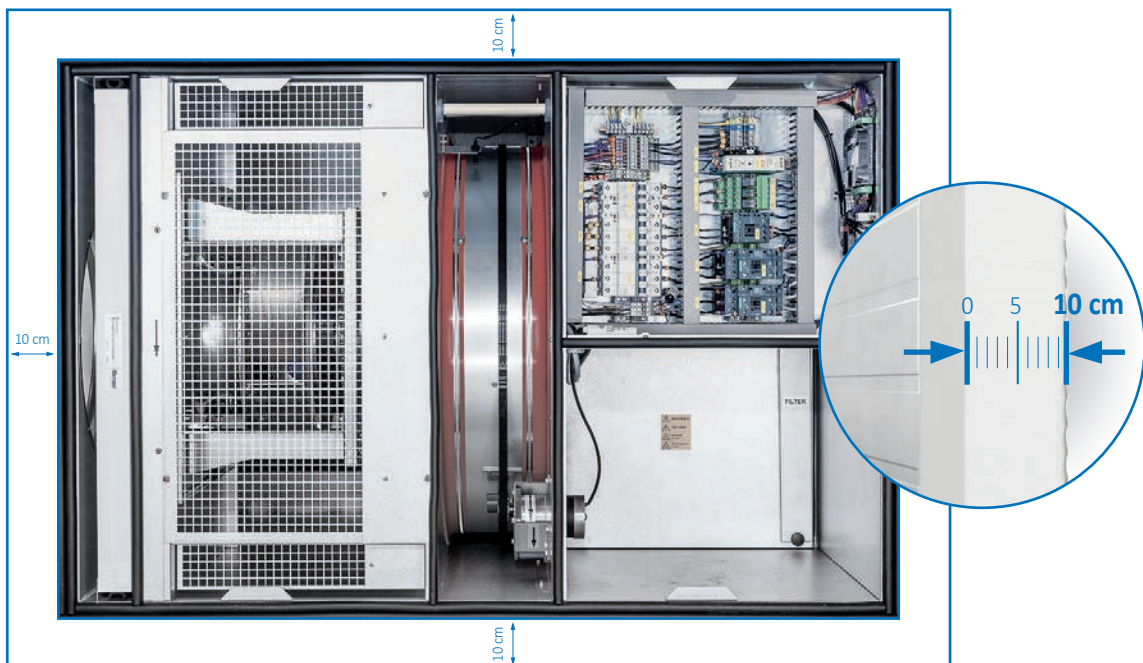
Une autre solution consiste à préchauffer l'air froid avant qu'il n'entre dans le sécheur par adsorption, puis à le déshumidifier et à le refroidir à nouveau à la température définie. Cette méthode consomme énormément d'énergie, car non seulement l'air doit être constamment chauffé puis refroidi, mais le chauffage de l'air entraîne également une réduction de l'humidité relative, ce qui rend le processus de déshumidification plus inefficace.

En effet, une humidité relative plus faible (% HR) avec une humidité absolue constante (g/kg) nécessite une plus grande consommation d'énergie dans le processus de régénération et entraîne des températures d'air humide très élevées.

Principe de fonctionnement Sécheur par adsorption



Isolation prolongée Condair DA Freezer



Belgique

Condair N.V.
De Vunt 13 bus 5, 3220, Holsbeek
Tél : +32 (0)16 98 02 29
info@condair.be - www.condair.be

