

30 % de réduction des besoins de froid + réchauffage gratuit à la patinoire de Châlons-en-C.

La patinoire de Châlons-en-Champagne est équipée d'un système de traitement d'air basé sur l'utilisation d'une batterie de transfert d'énergie sensible, ce qui réduit de 30 % les besoins en froid pour assurer la déshumidification.

Ce procédé utilise d'autre part une partie de la chaleur dégagée par les condenseurs pour produire de la glace. Avec à la clé une réduction de 30 % de la puissance installée et 40 % des consommations d'énergie par rapport à une solution de traitement d'air standard.



Une déshumidification de l'air de la patinoire est nécessaire pour limiter les apports de vapeur d'eau, liés à la présence des spectateurs et des patineurs, ainsi qu'à l'introduction d'air hygiénique, caractérisé par une humidité spécifique élevée, notamment en été.

La patinoire de Châlons-en-Champagne (51) a été mise en service il y a tout juste un an. La maîtrise d'œuvre en a été confiée au bureau d'études NICOLAS de Dardilly (69). Le bureau d'études a choisi le procédé EcoPMPAT de la société ECOENERGIE, implantée à Beaucaire (30), pour assurer le traitement d'air (figures 1 et 2). Un procédé qu'il connaît déjà pour l'avoir prescrit dans la patinoire de Grenoble, mise en service au printemps 2001. Ce système permet, en utilisant la source d'eau glacée dédiée à la production de glace, de maintenir une humidité spécifique de 6 g/kg d'air à 12 °C en hiver, et 8 g/kg d'air à 20 °C en été, quelle que soit de la fréquentation. L'utilisation de la production de froid permet de déshumidifier l'air ambiant et l'air neuf en réduisant de 30 % la puissance habituellement nécessaire, et de fonctionner sans givrage, rendant inutiles les cycles de dégivrage. A besoins comparables, les consommations sont également réduites d'environ 30 %. L'installation de ces équipements de trai-

tement d'air a été réalisée par la société LSF (Le Sanitaire Français) de Metz (57). L'investissement global s'est élevé à 9 millions d'euros. L'exploitation du site a été confiée à Johnson Controls.

Déshumidification de l'air neuf

Les patinoires sont particulièrement exposées aux problèmes de condensation, qui sont d'autant plus importants que l'affluence est forte et que l'humidité spécifique de l'air extérieur est élevée, comme c'est le cas en été ou en bord de mer. Les apports d'humidité sont donc à la fois internes (dégagements dus aux patineurs, aux spectateurs mais également à l'opération de "surfaçage" de la glace, qui nécessite 800 litres d'eau par jour) et externes (infiltrations et renouvellement d'air hygiénique).

Seuls les apports externes peuvent être limités. Tout d'abord en évitant les introductions d'air neuf parasite. Le bâtiment doit donc être aussi étanche que possible. Ce problème a été résolu en maintenant une légère surpression à l'intérieur de la patinoire.

Les apports externes peuvent également être limités en ajustant l'introduction d'air neuf aux stricts besoins hygiéniques. Dans

le cas présent, le bureau d'études s'est donc simplement conformé à la réglementation en vigueur, avec un apport d'air neuf de 22 m³/h par patineur et de 18 m³/h par spectateur. Les apports d'humidité peuvent enfin être limités par la mise en œuvre d'une déshumidification de l'air neuf avant son introduction dans l'ambiance.

L'enjeu est important. Assurer le confort des spectateurs et des patineurs, bien sûr, mais pas seulement. Le traitement de l'air parti-

L'utilisation de la production de froid permet de déshumidifier l'air ambiant et l'air neuf en réduisant de 30 % la puissance habituellement nécessaire

cipe également à la pérennité de la structure. Il évite les phénomènes de condensation sur la structure et les équipements (notamment les jeux d'éclairage, 30 000 euros de matériel installé, tout de même !), la formation de brouillards et de stalactites sous la toiture ; ces derniers présentant un risque potentiel tant pour les personnes que pour le matériel. Le traitement de l'air participe également à la qualité de la glace en évitant que les gouttes formées par la condensation de l'air en toiture ne tombent sur la piste pour former des stalagmites ! Enfin, le contrôle de l'humidité spécifique permet de réduire les consommations d'énergie globales d'environ 20 %.

"L'atout de notre système est qu'il tient compte du fait que tout ce qui est traité sur l'air ne sera pas à traiter par la glace", explique-t-on chez ECOENERGIE. En effet, un kilogramme de vapeur d'eau qui condense sur la glace entraîne une augmentation des besoins de production pour la glace de 880 Wh. A quoi il convient d'ajouter une dégradation de la qualité de la glace et une augmentation du nombre de surfacages.

Transfert d'énergie de la production de glace vers le traitement d'air

Le procédé de déshumidification mis en œuvre par ECOENERGIE permet d'économiser 40 % d'énergie par rapport à un système classique, comprenant une batterie froide et une batterie chaude. Ce système utilise seulement une batterie froide de déshumidification et de transfert, comportant deux batteries froides de déshumidification de huit rangs et une batterie de transfert en série, le tout alimenté en série en eau glycolée à un régime - 2 °C/+ 3 °C. Prenons l'exemple d'un air extérieur à une température de 32 °C, avec une humidité spécifique de 11,9 grammes d'eau par kilogramme d'air sec (figure 3). Cette

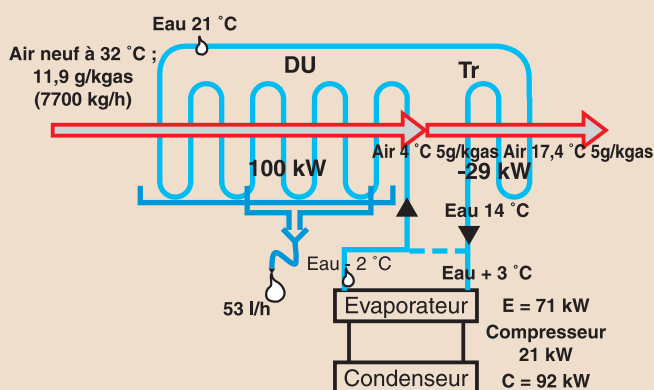


Figure 3. Principe du transfert d'énergie mis en œuvre par ECOENERGIE.

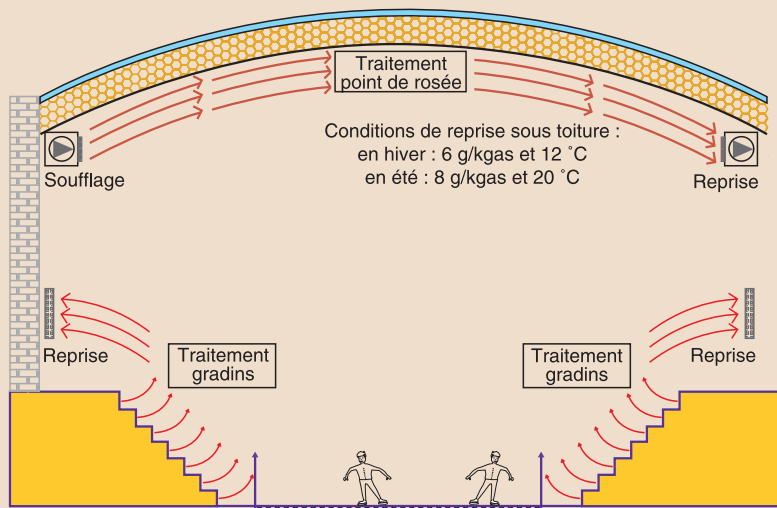


Figure 1. Principe du traitement de l'air de la patinoire. Il n'a pas été prévu sur les gradins une régulation spécifique de la température ambiante de ces zones. En revanche les batteries terminales des zones gradins sont régulées en fonction de la température de sortie d'air évitant ainsi de souffler de l'air froid sur les spectateurs. Consigne de soufflage en hiver de 20 °C et 16 °C en été.

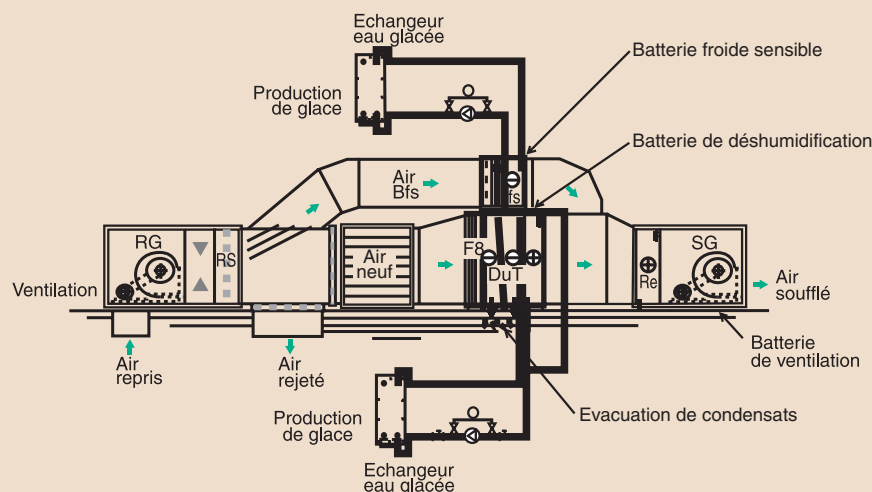
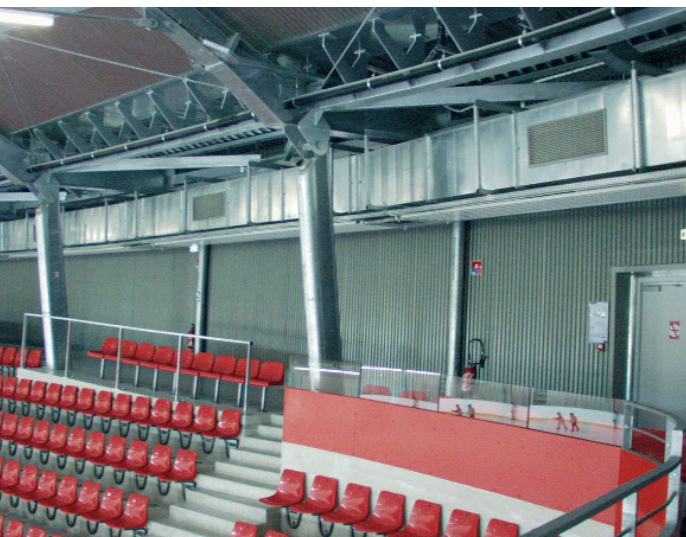


Figure 2. Schéma de principe de l'EcoPMPAT.

batterie permet d'obtenir un air à une température de 4 °C, avec une humidité spécifique de 5 g/kg d'air. La température de l'air est trop froide pour que celui-ci puisse être soufflé directement dans l'ambiance, notamment pour des raisons liées au confort des spectateurs. Le soufflage de cet air saturé en eau entraînerait par ailleurs la formation de brouillard. Il doit donc être réchauffé. Plutôt que d'utiliser une batterie chaude, l'idée d'ECOENERGIE a été

de recourir à une batterie de transfert, alimentée par le réseau d'eau glacée de la production frigorifique servant à la mise en glace de la patinoire. On utilise l'eau glacée du circuit de retour, dont la température est de 21 °C. L'eau cède une partie de ses calories à l'air, qui est réchauffé jusqu'à une température de 17,4 °C, sans toutefois que soit modifiée son humidité spécifique. C'est ce transfert d'énergie qui permet de sous-dimensionner de 30 % la puissance froide utilisée pour la déshumidification, et d'obtenir un gain de 40 % sur la consommation d'énergie du système de déshumidification lui-même. Le système de traitement de l'air comporte deux sections en parallèle. L'une comprend une batterie froide utilisée pour faire du rafraîchissement sensible. L'au-



La centrale de traitement d'air est installée en local technique.

L'air est repris juste au-dessus des derniers gradins pour la zone spectateurs et sous la toiture de l'autre côté de la patinoire, à l'opposé du soufflage. Des sondes contrôlent que l'ambiance est maintenue à une humidité spécifique de 6 g/kg d'air en hiver, et 8 g/kg d'air en été.



tre section comprend la batterie de déshumidification proprement dite, installée sur la prise d'air neuf. Une cinquantaine de litres d'eau par heure peuvent être évacués lors de la déshumidification de l'air neuf.

L'air est ensuite soufflé sous la toiture et dans les gradins. Ces zones sont traitées et régulées indépendamment. Des batteries chaudes terminales sont installées au niveau des conduits de diffusion des gradins, pour obtenir une température de soufflage supérieure à celle mesurée sous la toiture, pour un meilleur confort des spectateurs.

**20 °C et 8 g/kg d'air en été,
12 °C et 6 g/kg d'air en hiver**

Les calculs ont été réalisés en considérant que la patinoire pouvait accueillir un nombre maximal de 1920 spectateurs. Un chiffre vraiment maximal pour cette patinoire qui accueille, en moyenne, 500 personnes.

Le bureau d'études a considéré une température estivale de 30 °C, avec 40 % d'humidité relative, c'est-à-dire une humidité spécifique de 10,2 g/kg d'air.

Les conditions d'ambiance à respecter en été sont une température de 20 °C et de 8 g/kg d'air. En hiver, elles sont de 12 °C et de 6 g/kg d'air. Ces valeurs sont mesurées à la reprise.

**Le débit d'air total
(reprise et soufflage)
est de 45 000 m³/h**

Le site fonctionne toute l'année, y compris pendant les mois les plus défavorables que sont juillet et août.

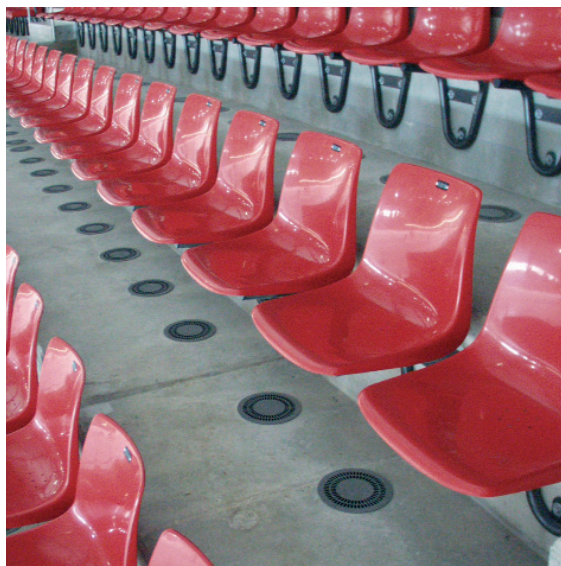
Le traitement d'air fonctionne en air neuf dès lors que celui-ci permet d'assurer la déshumidification, c'est-à-dire lorsque son humidité spécifique est inférieure à

5,4 g/kg d'air. C'est généralement le cas de novembre à avril. Ainsi, "à une température de - 10 °C et une humidité relative de 90 % correspond une humidité spécifique de 1,4 g/kg d'air. L'air extérieur offre dans ce cas de figure un fort pouvoir déshumidificateur pour maintenir l'ambiance à une humidité spécifique de 6 g/kg d'air", explique Sophie TONNELIER, responsable technico-commerciale au sein de la société ECOENERGIE.

Quand l'humidité spécifique de l'air extérieur est supérieure à cette valeur, on se limite à une introduction d'air neuf correspondant aux conditions d'air neuf hygiénique. On ouvre alors les vannes sur l'alimentation des batteries d'eau glacée pour fonctionner en déshumidification thermodynamique, ce qui est le cas au moins la moitié de l'année. Sous réserve cependant qu'il y ait besoin d'une introduction d'air neuf. Il n'est en effet pas nécessaire d'introduire de l'air neuf hygiénique en l'absence

de spectateurs ou de patineurs. Le traitement d'air peut dès lors fonctionner en recyclage. Il n'est donc pas nécessaire de déshumidifier l'air.

Des sondes d'humidité relative et de température sont installées à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment. La régulation Eco-energie IV, intégrée dans le système ECOENERGIE, calcule l'humidité spécifique grâce aux valeurs mesurées. Le régulateur, se basant sur le diagramme de l'air humide, raisonne en écart de poids d'eau. Il gère ainsi automatiquement le basculement entre les deux modes de déshumidification. ■



La diffusion de l'air est réalisée sous les sièges pour le traitement des zones gradins réservées aux spectateurs et sous la toiture pour le volume de la patinoire. Ces deux zones sont traitées indépendamment.