

CVC

CONDITIONNEMENT D'AIR

CHAUFFAGE

VENTILATION

LE DOSSIER DES CLIMATICIENS

www.aicvf.org

Octobre 2023

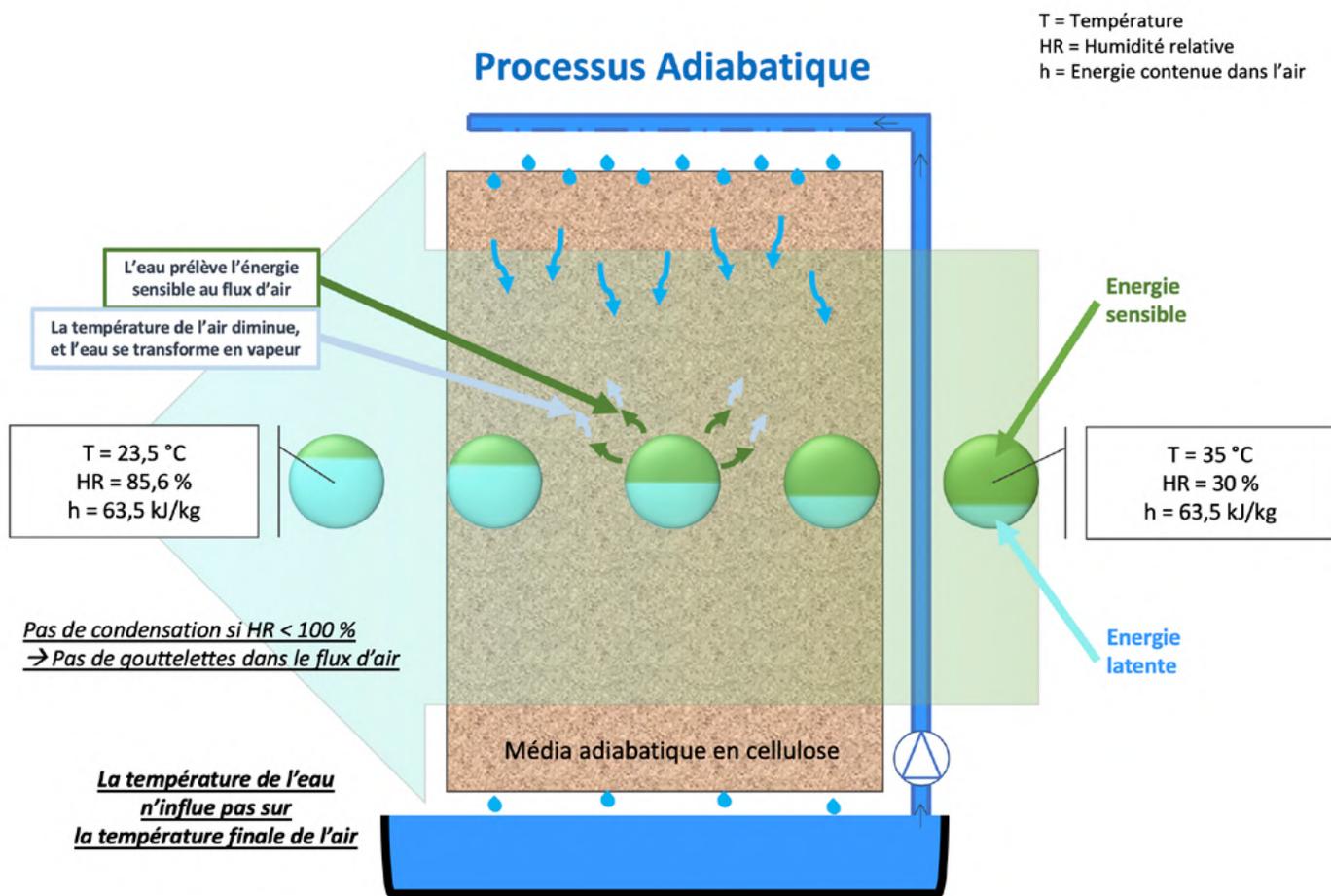


EXTRAIT
DU N° 921
DE CVC

ADIABATIQUE ET INNOVATIONS



Association des ingénieurs
et techniciens en climatique
ventilation et froid



Source : Adexsi

Adiabatique et innovations

Dossier coordonné par Pierre Picard (AICVF)

Le refroidissement adiabatique exploite la capacité de refroidir l'air sans recourir à un gaz réfrigérant, simplement par évaporation d'eau. Du point de vue technologique, les innovations récentes autour de l'adiabatique résultent notamment de la recherche d'efficacité pour les systèmes de refroidissement des data centers. De nouveaux composants et/ou équipements sont dorénavant proposés sur le marché français, qui s'inscrivent dans

le panel des solutions bas-carbone et dans l'amélioration du confort d'été en rénovation.

Côté conception des installations, les enseignements d'études et de réalisations passées sur l'adiabatique indirect sont à prendre en compte dans le tertiaire de bureaux neufs : le guide PROFEEL paru en 2021 aborde leur mise en œuvre en rénovation de bâtiments tertiaires.

Rafraîchissement adiabatique et innovations

➔ Les techniques de rafraîchissement adiabatique direct et indirect ont toujours fait l'objet d'un intérêt particulier. Après une présentation des principes de montages, quelques innovations sur les composants et/ou les systèmes sont mis en avant. Cet article constitue le sommaire détaillé de ce dossier.

Un petit rappel du principe

Une histoire d'enthalpie : le passage de l'air chaud et sec dans un filet d'eau à pression atmosphérique, crée un changement d'état. A la sortie de ce système est obtenu un air plus frais et plus humide : c'est le principe de base du rafraîchissement adiabatique, illustré dans les figures 1a et 1b. On se focalisera dans ce dossier sur une humidification par ruissellement sur un média en cellulose ou fibre de verre : l'humidification par pulvérisation est commentée dans l'article de ce dossier sur le Guide PROFEEL.

Alors que le rafraîchissement adiabatique a été utilisé par toutes les civilisations avant la nôtre pour l'habitat ou même pour maintenir la fraîcheur des aliments, la technique refait son apparition après les premiers chocs pétroliers lorsqu'on commence à chercher des solutions moins énergivores pour refroidir l'air. Tout d'abord cantonnée aux applications industrielles et aux grands volumes, la technologie apportait une solution aux projets où la climatisation était trop coûteuse ou mal adaptée. Le rafraîchissement adiabatique trouvait sa place entre des solutions d'extraction mécanique renouvelant l'air sans le rafraîchir, et des solutions de climatisation onéreuses à l'achat, ainsi qu'à l'exploitation. Le but recherché était à l'époque de maintenir un minimum de confort naturel à moindre coût.

Les différents types de montages

Aujourd'hui le prescripteur dispose d'un panel de montages et de types d'équipements pour mettre en œuvre le rafraîchissement adiabatique, soit sous forme de :

- **Rafraîchissement direct** : l'air que l'on souhaite rafraîchir passe sur un média humidifié (figure 1). L'équipement permettant le rafraîchissement est placé soit dans un local technique (s'il est possible de le raccorder à un réseau de gaine incluant un réseau d'air neuf et de soufflage), soit à l'extérieur du bâtiment sous forme d'un caisson permettant d'insuffler de l'air extérieur rafraîchi par évaporation d'eau. L'air traité présente une humidité absolue supérieure à celle de l'air à traiter.

- **Rafraîchissement indirect** : un flux d'air secondaire est refroidi par humidification, et échange avec l'air chaud qu'on souhaite refroidir : cet air primaire voit sa température diminuer. L'air humidifié voit sa température baisser, et est ensuite évacué vers l'extérieur. L'air rafraîchi, mais dont l'humidité absolue est inchangée, est introduit dans l'ambiance. Selon le flux d'air secondaire à humidifier, trois types de montages sont possibles :

➔➔➔

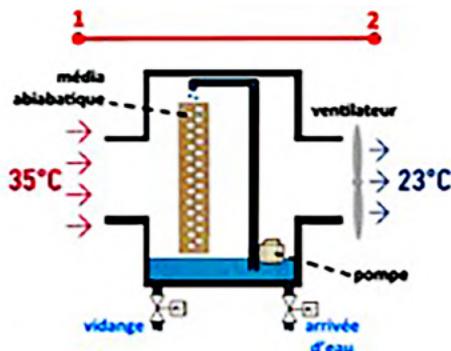


Fig. 1.a : Coupe d'un module

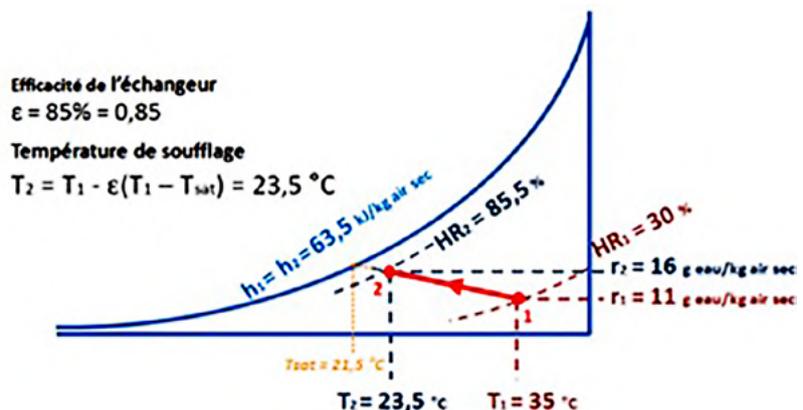


Fig. 1.b : Représentation des évolutions adiabatique direct (source : Adexsi)

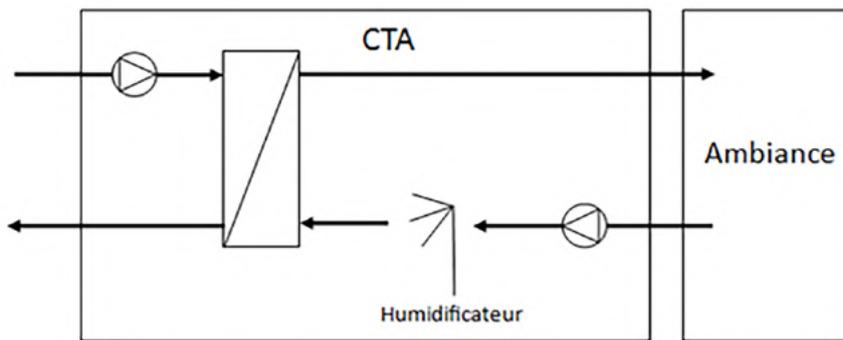


Fig. 2.a : Montage 2a : Rafraîchissement adiabatique indirect sur air extrait (Doc. COSTIC)

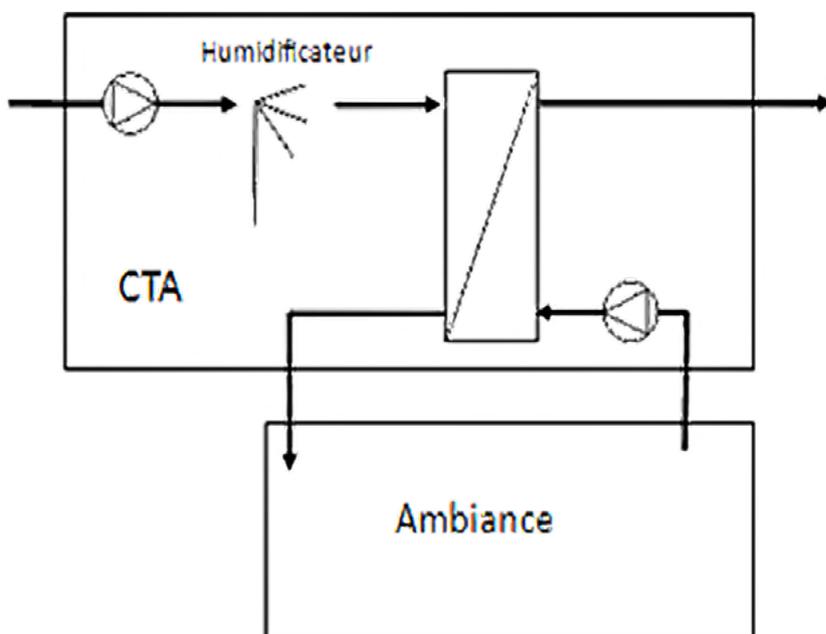


Fig. 2.b : Montage 2b : Rafraîchissement adiabatique indirect sur air extérieur (Doc. COSTIC)

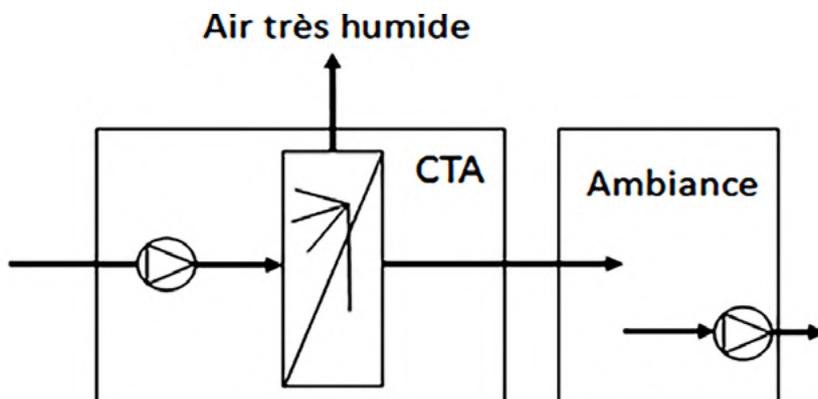


Fig. 2.c : Montage 2c : Rafraîchissement adiabatique indirect sur air neuf (Doc. COSTIC)

>>>

- 1) air repris du bâtiment (cf. figure 2a),
- 2) air extérieur (échangeur arrosé) (cf. figure 2b),
- 3) une partie de l'air neuf injecté dans un échangeur spécifique (cf. figure 2c).

Le montage de la figure 1 est le plus répandu à ce jour en termes de nombre d'équipements vendus en France (ventes estimées à 1500 unités/an), notamment pour des locaux de grands volumes. L'équipement standard insuffle de l'air humidifié sur une zone. Deux articles de ce dossier présentent les améliorations constantes réalisées sur cette technique (cf. articles de Adexsi/Genatis et SEELEY).

Le montage 2a) est « classique » et le plus développé : il peut être réalisé dans une CTA double-flux de conception modulaire (ou spécifique) en y intégrant un échangeur et un humidificateur. Une quinzaine de constructeurs de telles CTA modulaires peuvent répondre à des demandes de chiffrage d'équipements, dans une gamme de 750 à plus de 20 000 m³/h.

Pour des applications en rénovation ou dans le cas de locaux exigus, au moins trois constructeurs (Adexsi/Genatis, ETT et FRANCE AIR) proposent un caisson spécifique intégrant un humidificateur à ruissellement, à disposer en amont de la CTA double-flux sur la reprise d'air du bâtiment.

La recherche de la performance maximale

Le montage 1 fait l'objet d'une variante innovante associant adiabatique et thermodynamique, ce qui élargit les possibilités de fonctionnement en adiabatique direct pour des applications de confort (voir article ETT).

Concernant **le montage 2a**, l'efficacité maximale est obtenue avec un

couplage direct-indirect : un humidificateur à ruissellement complémentaire est installé en sortie de CTA (voir figure 2a et article Adexsi/Genatis).

Le montage 2b résulte des recherches sur la conception de CTA spécifiques pour les data centers dotés d'un refroidissement aéraulique (voir figure 2b). L'efficacité de tels locaux informatiques se mesure par le biais d'une métrique baptisée Power Usage Effectiveness (PUE). Celle-ci représente le ratio d'énergie totale au sein d'un data center divisé par l'énergie utilisée par l'équipement informatique. Compte tenu des contraintes environnementales, l'objectif du gestionnaire est d'afficher le PUE le plus proche de 1.

Ex. : Un PUE de 2 signifie que lorsque les serveurs consomment 1 kWh d'électricité, le data center consomme en tout 2 kWh (dont 1 kWh pour la climatisation, les productions de froid, les onduleurs, etc.).

Il faut donc réduire les consommations d'énergies électriques et frigorifiques, tout en évacuant la chaleur produite par les équipements informatiques, sachant que le fonctionnement est de 24/7, avec des contraintes de redondance des équipements (en cas de panne).

Parmi les mises en oeuvre pour la partie thermique :

- organisation des locaux en allées froides/chaudes,
- armoires de climatisation décentralisées, selon les charges thermiques,
- production d'eau glacée avec refroidissement adiabatique du condenseur,
- **distribution d'air frais avec rafraîchissement adiabatique indirect – par humidification de l'air extérieur.**

Une dizaine de constructeurs et d'intégrateurs (américains, suédois, allemands, etc.) proposent ces solutions spécifiques dans des gammes allant jusqu'à 107 000 m³/h (soit de l'ordre de 450 kWf). Leur échangeur est généralement en « plastique »⁽¹⁾ et/ou le dispositif d'humidification sont brevetés.

Enfin, le montage de la Figure 2c met en oeuvre le cycle de Maisotsenko, qui permet du refroidissement grâce à un échangeur plus performant qu'un échangeur à plaques ou rotatif. Cette solution (a priori plus onéreuse) est également d'intérêt pour les data centers. Les articles de deux constructeurs, SEELEY et CAELI ENERGIE, présentent dans ce dossier le fonctionnement de leurs unités.

Les performances de ces différents montages dépendent, outre des températures et de l'humidité extérieure et intérieure, de l'efficacité de l'humidificateur et du rendement de l'échangeur. Le guide PROFEEL présente des exemples des différentes CTA résultant de certains de ces montages, avec des valeurs typiques de température et humidité.

De nouveaux composants pour intégration

Preuve du regain d'intérêt pour l'adiabatique au niveau mondial, plusieurs fabricants proposent des composants innovants à intégrer dans une CTA modulaire, dont :

- CAREL (Italie) : humidificateur à atomisation et échangeur aluminium (avec revêtement adapté, anti-corrosion, favorisant le transfert quand mouillé) ;
- EXCOOL (USA) : échangeur en composite et humidification sous pression (à débit d'eau variable) ;
- EXA (Italie) : échangeur à plaques avec revêtement époxy et dispositif d'aspersion ;
- POLYBLOC (Suisse) : échangeur aluminium avec secondaire recouvert d'un matériau hydrophile, avec pulvérisation ;
- HuTek (Thaïlande) : médias sur mesure, en cellulose ou en fibre de verre, avec possibilité d'un traitement anti-UV ; le Modèle Glas Deck est classé "Non-Combustible" (EURO Class "A2-s1, D0" - confirmé par PV d'essais obtenu en France par une filiale de GENATIS).

Les innovations disponibles en France

Plusieurs systèmes innovants sont dorénavant disponibles sur le marché français pour mettre en oeuvre l'adiabatique ; ils sont présentés dans les articles suivants de ce dossier de CVC :

- ETT : roof-top avec adiabatique direct et thermodynamique (montage 1) ;
- Adexsi/Genatis : caisson avec humidificateur à placer sur la reprise d'une CTA (montage 2a) ;
- SEELEY : CTA avec échangeur à très haut rendement (montage 2c) ;
- CAELI ENERGIE : module simple-flux avec échangeur à très haut rendement pour le résidentiel et le petit tertiaire (montage 2c).

La conception d'une installation adiabatique

Les distributeurs de caisson adiabatique direct proposent généralement des abaques et/ou leur assistance sur des projets spécifiques pour dimensionner une installation. Un retour d'expérience sur les solutions double-flux avec adiabatique indirect, appliqué aux bâtiments tertiaires neufs, est proposé dans ce dossier.

Enfin, le guide PROFEEL apporte des réponses détaillées sur les solutions adiabatiques en rénovation de locaux tertiaires dans le cadre du Décret Tertiaire. ●

(1) Le classement au feu est rarement précisé dans le cas des échangeurs en matériaux plastiques ou composites.

Pierre Picard, Consultant
Gérard Gaget, Adexsi pour la
marque Genatis



→ RAFRAÎCHISSEMENT ADIABATIQUE → DIRECT → INDIRECT

L'AdiaBOX de Adexsi/Genatis, une offre éprouvée

→ En plaçant au centre de ses préoccupations le confort et la sécurité des occupants, tout en valorisant continuellement les énergies naturelles, le groupe Adexsi (filiale de Soprema) offre une vision inédite des bâtiments. Adexsi s'engage et s'investit pour des constructions éco-responsables, notamment au travers de sa marque Genatis. Présentation de l'expertise de ce fabricant français ayant intégré les systèmes de rafraîchissement adiabatique direct et indirect dans son offre globale.

Une longue expérience en adiabatique

La coupe d'un module de rafraîchissement adiabatique direct peut paraître simple (voir figure 1). Disposant d'une longue expertise de fabrication et d'exploitation suite à la reprise de Cooléa, **Adexsi (au sein de sa filiale Souchier) a procédé à des améliorations continues des pièces constituant un module.** On citera notamment : l'accessibilité des composants pour la maintenance, la gestion de l'eau (dont la dureté et la vidange), une électronique adaptée à des conditions extérieures, la régulation, etc.

Aujourd'hui, le groupe Adexsi met en avant une palette de produits robustes et efficaces, fabriqués en France. Ainsi, la gamme AdiaBox est proposée dans de nombreuses variantes : sans/avec ventilateur, sans/avec automate, bi-vitesse avec commande manuelle. Les produits peuvent être proposés par Souchier (l'usine où sont fabriqués les produits) ou Bluetek, chacune de ces sociétés pouvant utiliser l'adiabatique en complément de son offre traditionnelle (désenfumage, lumière et ventilation naturelle).

Ces deux entités peuvent assurer les services suivants : **audit, dimensionnement, installation, maintenance.** Certaines solutions comme le kit Adiaplay (10 000 m³/h) ne sont proposées que par Bluetek : celui-ci permet une installation simple et rapide en toiture, sans nacelle. Un simple raccordement à une arrivée d'eau et une alimentation électrique suffisent pour son fonctionnement. Il permet de rafraîchir une zone de 250 m² (avec un diffuseur placé à 4 m de hauteur et des ouvertures en toiture pour évacuer l'air chaud).

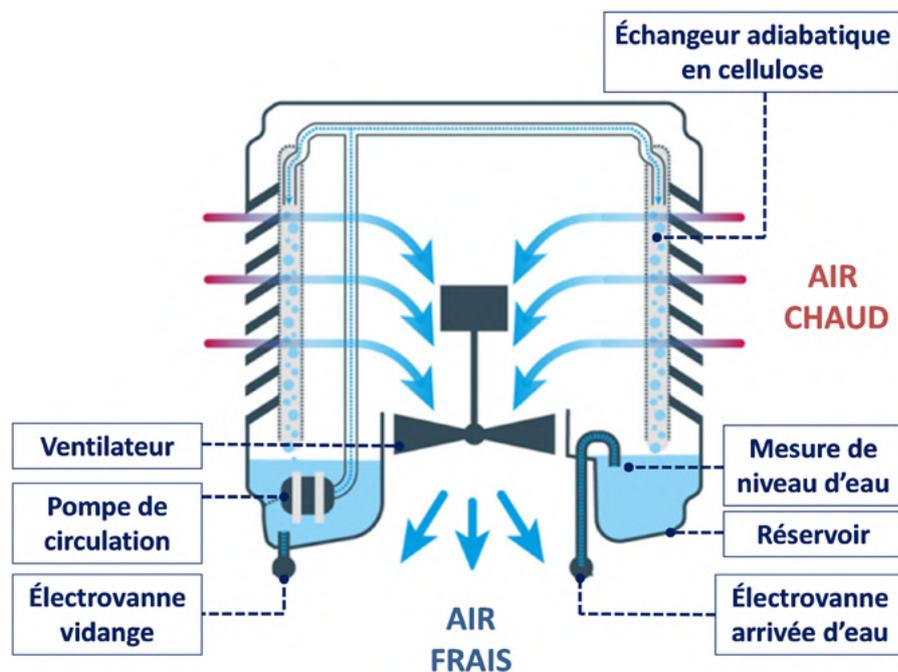


Figure 1 : Coupe d'un module (Doc. Adexsi/Bluetek)

De nombreuses opérations de référence ont été réalisées ces dernières années comme l'usine Trigano de Tourmon sur Rhône : 180 000 m² y sont désormais rafraîchis grâce au rafraîchissement adiabatique. Des sociétés comme Viessmann utilisent de tels rafraîchisseurs depuis plus de 10 ans pour assurer le confort d'été dans ses ateliers de Faulquemont (57).

Un rafraîchissement d'air automatisé pour CTA

AdiaBOX NFG est un caisson autonome intégrant un humidificateur (voir figure 2), conçu pour s'intégrer sur tout système de ventilation neuf ou existant. La figure 3 présente **les différents types de montages « autour » d'une CTA double-flux**, ainsi que les conditions de soufflage obtenues : adiabatique direct, indirect et direct/indirect. Le prescripteur peut donc modifier le

point de fonctionnement nominal d'une CTA neuve packagée (i.e. non modulaire), ou d'un caisson existant dont on veut augmenter les performances en rafraîchissement.



Figure 2 : Module AdiaBOX NFG (Doc. Adexsi/Bluetek)

Équipé en standard d'un packing Munters Celdeck, le module peut aussi recevoir un packing MO pour des applications en ERP. Son automate programmable innovant lui permet :

- d'asservir tout moteur (ventilation/extraction/CTA/GTC) ou servant au moteur au fonctionnement des appareils ;
- un pilotage à partir de la température ou de l'hygrométrie ;
- de gérer le free-cooling ou free-heating ;
- de déclencher la mise en marche du chauffage ;
- de piloter plus de 10 AdiaBOX avec un seul afficheur ;
- de réguler par zone et paramétrer les plages horaires.

La gamme comporte 7 modèles de 500 à 30 000 m³/h.

Elle vise un large domaine d'applications dans les secteurs tertiaires (salles polyvalentes, gymnases, grands bureaux, écoles, restaurants, ERP, etc.) et industriels (imprimeries, textile, entrepôts, automobile, industrie agroalimentaire).

Des solutions performantes

Vu les avantages qu'elles présentent, ces solutions adiabatiques constituent potentiellement une alternative à la climatisation dans de nombreux projets :

- **Des économies d'énergie** : une consommation en eau réduite et une consommation électrique négligeable par rapport à un système mécanique équipé d'une batterie d'eau froide.
- **Un entretien simple** : peu de pièces en mouvement, un entretien annuel est suffisant (pour l'hivernage des appareils).
- **Une empreinte écologique limitée** : aucun gaz réfrigérant donc aucune pollution, une consommation d'eau optimisée avec une possible récupération des eaux de pluie.
- **Aucun risque de légionellose** : aucune microgouttelette n'est entraînée dans le flux d'air.

Bibliographie

[1] Produits en verre, Fenêtres de toit, Conduits de lumière, Adiabatique - catalogue 2021, BLUETEK

**Gérard Gaget, responsable activité
Rafraîchissement Adiabatique, Adexsi**



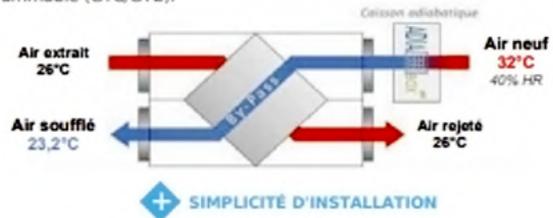
Adexsi

Agissant au sein d'un réseau multi-compétences d'industriels français, Bluetek, Souchier-Boullet, Langethermo et Tellier Brise-Soleil, Adexsi, se positionne en leader du désenfumage et de la gestion énergétique. Le confort, le bien-être et la sécurité des occupants sont au centre des préoccupations du groupe. Ces entreprises proposent un portefeuille inégalé de solutions pour l'éclairage zénithal, le design, la ventilation naturelle, le rafraîchissement des bâtiments, l'isolation, le désenfumage, le compartimentage, le cantonnement et la gestion énergétique de tous les bâtiments.

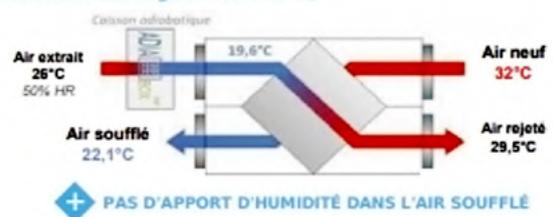
Depuis sa création en 2000, Adexsi est devenu l'un des principaux acteurs mondiaux en sécurité incendie, désenfumage naturel et gestion énergétique. Présent dans plus de 40 pays, avec des usines en France, en Chine, en Angleterre et en Allemagne, Adexsi produit plus de 95 000 composants par an.

Pour en savoir plus : <https://www.adexsi.com/>, <https://www.bluetek.fr>

L'ADIABOX NFG peut-être raccordée sur la prise d'air neuf de la CTA ... Une ADIABOX NFG, équipée de sondes de température et d'hygrométrie (équipement optionnel) communique avec la CTA via son automate programmable (GTC/GTB).



... ou raccordée sur l'air extrait de la CTA (rendement échangeur CTA : 80 %)



... ou encore raccordée sur l'air extrait et l'air soufflé de la CTA ! (rendement échangeur CTA : 80 %)



Figure 3 : Possibilités d'installation d'un module adiabatique AdiaBOX NFG (Doc. Adexsi/GENATIS)

→ RAFRAÎCHISSEMENT ADIABATIQUE → DIRECT → ROOF-TOP

ULTI+ ADIA, une innovation d'ETT pour le rafraîchissement des locaux

→ Dernière-née de la R&D du constructeur breton ETT (Energie Transfert Thermique), la gamme ULTI+ ADIA est le fruit d'un développement de trois ans, comportant des suivis expérimentaux. La combinaison de deux technologies de refroidissement de l'air en été (adiabatique direct et thermodynamique) est une solution innovante dans le monde de la climatisation. Elle permet de baisser de façon considérable la consommation électrique estivale dans un contexte de hausse des prix de l'énergie, sans aucun impact environnemental, tout en assurant des conditions de confort optimales.

Un concept innovant

L'ULTI+ R32 ADIA est une évolution de la gamme de roof-top ULTI+ R32 certifiée Eurovent, et fait l'objet d'un dépôt de brevet. **En période estivale, cette unité associe intelligemment la technologie du refroidissement adiabatique direct à celle des pompes à chaleur thermodynamiques.** Ainsi, le module adiabatique direct permet de retarder, voire de ne pas déclencher, l'utilisation des circuits thermodynamiques et d'économiser ainsi la consommation électrique des compresseurs.

L'intelligence embarquée dans la machine analyse en permanence les conditions climatiques et donne toujours la priorité au refroidissement adiabatique. Lorsque ces conditions ne sont plus réunies (temps orageux « lourd » par exemple, l'humidité dans l'air étant au plus haut), les circuits thermodynamiques prennent alors le relais pour maintenir le confort à l'intérieur du bâtiment au niveau exigé par le propriétaire, tout comme cela est évidemment le cas en période hivernale pour le chauffage, assuré en mode pompe à chaleur (fluide frigorigène R32, sans aucun impact sur la couche d'ozone et à faible GWP). Le système privilégie aussi l'introduction d'air extérieur lorsque celui-ci a une température inférieure à celle de l'air intérieur (free-cooling).

La consommation d'eau reste minime, et il est tout à fait possible d'alimenter la machine avec un système de récupération d'eau de pluie. L'eau utilisée est consommée soit dans le processus évaporatif, elle ne fait alors que retourner à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau sur le même principe que son cycle naturel (plan d'eau - évaporation - nuage - condensation - pluie, etc.), soit vidangée à intervalles fixés par la régulation, dans le cadre des mesures de sûreté vis-à-vis des développements bactériens. Cette dernière peut être récupérée pour alimenter les blocs sanitaires.

Les nombreux suivis in-situ réalisés pendant deux ans ont révélé que les temps de fonctionnement des compresseurs sont ainsi réduits de 85 à 100 % sur la période de climatisation. Selon les régions et les conditions climatiques des sites, les gains sur les coûts d'exploitation (y compris la consommation d'eau) varient de 35 % à 87 %, portant le temps de retour sur investissement d'une telle solution entre 1 et 5 ans.

Une gamme écoconçue

Les 28 modèles de la gamme ULTI+ R32 ADIA couvrent une large plage de débits (de 3000 à 38 000 m³/h) et de puissances (de 20 à 190 kWf). **Une attention particulière a été portée aux encombrements et poids afin de pouvoir aisément installer ces équipements en remplacement de machines existantes.**

La conception par module facilite l'extension des capacités de cette gamme. Il est possible d'adjoindre à une unité, un caisson avec ventilateur d'extraction permettant d'extraire des calories en été : il est également possible de l'équiper d'une batterie à eau de récupération pour les installations qui s'y prêtent.

Livrée prête à fonctionner, l'unité monobloc (voir Figure 1) est réalisée à partir d'une **structure entièrement en aluminium** (châssis et carrosserie) lui conférant une tenue à la corrosion particulièrement efficace (garantie 20 ans anti-corrosion). Son encombrement et son poids sont réduits.

ETT a mis en œuvre une démarche Ecodesign permettant d'allier économie et performance optimum (SEER, SCOP), notamment sur ces composants :

- **Un ou des compresseurs à vitesse variable, au R32** ; le premier circuit en tandem, permet d'étager la puissance four-



L'ULTI+ R32 ADIA est constituée de 4 compartiments distincts :

- 1 Un compartiment électrique isolé du flux d'air et étanche (IP44).
- 2 Un compartiment technique isolé du flux d'air regroupant les composants frigorifiques et hydrauliques et les organes de régulation.
- 3 Le corps de la machine intégrant les filtres, la batterie à eau de récupération (option), le refroidisseur adiabatique, la batterie thermodynamique et les ventilateurs.
- 4 Un compartiment extérieur afin d'assurer les échanges thermiques avec l'environnement.

Figure 1 : Modèle simple-flux ULTI+ R32 ADIA avec module de refroidissement adiabatique intégré (document ETT)

nie et de réaliser des économies d'énergie lors des fonctionnements à charge partielle. Ce fonctionnement diminue très sensiblement les temps et nombre de dégivrages ;

Des détendeurs électroniques alliant une optimisation accrue du fonctionnement des échangeurs et une rapidité de stabilisation du système thermodynamique ;

- **Les ventilateurs sont à haute performance énergétique et acoustique :** transmission directe (gain en maintenance, fiabilité et consommation), moteur à commutation électronique « EC » à vitesse variable associé à la mesure et au contrôle de débit (gain de mise en service), avec possibilité de démarrage progressif. Ils sont communicants, ce qui permet d'ajuster leur fonctionnement en temps réel.

L'ensemble adiabatique est un humidificateur à ruissellement direct à haut rendement (93 %). Le média en **fibre de verre inorganique et ininflammable (MO)** est conforme à la norme EN ISO 1182 ; il est donc autorisé pour une utilisation en ERP (Etablissement Recevant du Public) selon la directive européenne 2006/42/CE relative aux machines.

Le principe de régulation de l'adiabatique est le suivant :

- Tenue de la consigne de température ambiante : lorsque celle-ci est dépassée, le système adiabatique est enclenché. L'intelligence artificielle permet l'enclenchement du refroidisseur en fonction des conditions météorologiques et de la réponse du bâtiment pour maximiser l'usage du refroidisseur et minimiser, voire supprimer, l'activation de la thermodynamique.
- Maintien en-dessous d'une limite haute du taux de CO₂ par ouverture progressive du registre d'air neuf (lorsque celui-ci n'est pas déjà en position ouverte).
- Maintien en dessous des limites hautes du taux d'hygrométrie et du poids d'eau (paramétrables) par arrêt du système adiabatique et mise en marche de la ther-

modynamique si nécessaire pour maintenir la consigne de température ambiante. Elle mesure en temps réel les conditions d'air intérieur et extérieur, et prend la décision sur le fonctionnement air neuf et air repris pour maximiser les performances.

Enfin, la démarche d'écoconception du constructeur favorise la déconstruction ultérieure : la recyclabilité des unités est de 98 % (taux de réemploi et recyclage base ULTI+ R32 21).

Un contexte jugé prometteur pour l'adiabatique

Globalement, **ETT juge le contexte actuel plus favorable au recours à l'adiabatique direct et indirect**, constatant notamment : une réduction des charges frigorifiques dans les bâtiments neufs, une plus grande attention portée à la consommation des auxiliaires électriques, l'augmentation du prix des énergies, et la prise en compte de l'adiabatique dans le moteur de calcul de la RE2020.

La solution innovante ULTI+ R32 ADIA permet de baisser de façon considérable la consommation électrique estivale dans un contexte de hausse des prix de l'énergie, sans aucun impact environnemental, tout en assurant des conditions de confort optimales. ETT va poursuivre sa démarche de Recherche et Développement puisque l'entreprise a remporté, par décision du Comité Interministériel de l'Innovation, l'appel à projet PIA4 de l'Ademe dont l'objet est de continuer d'innover autour de ce concept éco-efficent.

Bibliographie

[1] Documentation référencée MARK-BRO_55-FR_C, ETT, 2023

Ludovic Angeli, directeur marketing, ETT



→ RAFRAÎCHISSEMENT ADIABATIQUE ► INDIRECT ► ECHANGEUR M-CYCLE

Un panel de solutions adiabatiques dont une technologie innovante d'échangeur

→ Seeley International réinvente le rafraîchissement d'air par évaporation avec sa technologie unique d'échangeur adiabatique indirect à contre-courant, offrant une solution bas-carbone pour une qualité d'air intérieur optimale.

Depuis plus de 50 ans, Seeley International est un acteur leader en innovation pour le rafraîchissement d'air par évaporation. Le constructeur a notamment développé des gammes d'humidificateurs adiabatiques directs adaptés aux climats secs. Ils sont également prescrits dans les locaux de grands volumes, les appareils étant dotés d'un contrôle de l'humidité ambiante. Seeley a également conçu des systèmes adiabatiques indirects complets pour des applications en data centers et dans des industries variées [1]. Certaines de ces unités innovantes sont désormais disponibles sur le marché français pour traiter le confort des espaces tertiaires et industriels.

L'année 2022 a particulièrement montré à quel point il est nécessaire d'agir pour l'environnement. Les épisodes de chaleur ont été plus forts, plus longs et répétés, avec comme conséquence des bâtiments qui surchauffent, provoquant des situations sanitaires dégradées et des pertes de productivité importantes. Par ailleurs, l'inflation galopante de l'énergie et sa rareté obligent les utilisateurs et les autorités à trouver des alternatives à la climatisation avec ses consommations électriques exponentielles.

Un composant innovant

Seeley a breveté un échangeur air extérieur/air extrait arrosé, qui comporte une recirculation partielle de l'air introduit (cf. figure 1). Il est basé sur le cycle-M, également connu sous le nom de **cycle Maisotsenko**, qui est une variante du refroidissement adiabatique indirect.

L'air est pris à 100 % à l'extérieur, pour passer dans les circuits primaires qui sont secs ; il ne gagne aucune humidité supplémentaire. A la sortie, une partie de l'air sec est renvoyée par contre-pression dans les circuits secondaires qui sont humidifiés. Par évaporation adiabatique et conduction, l'air dans les canaux secondaires humides acquiert à la fois de l'humidité, et de la chaleur transférée par le circuit primaire. Les canaux sont continuellement imbibés d'eau, et cet air humide et chaud est ensuite évacué vers l'extérieur du bâtiment.

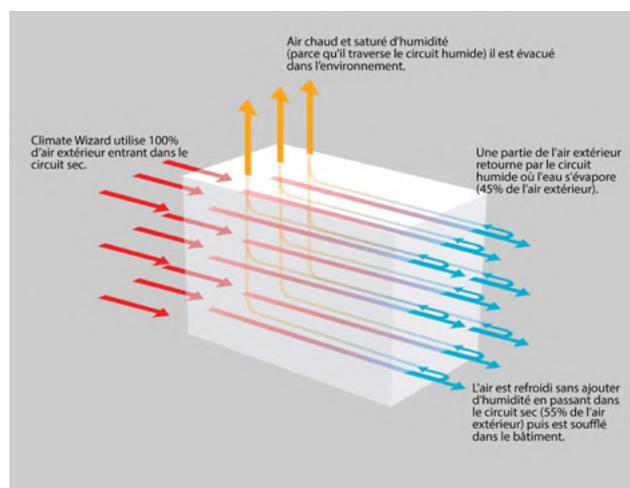


Figure 1 : Principe de l'échangeur arrosé (Document Seeley)

La figure 2 illustre les échanges entre un canal sec et un canal humide au sein de l'échangeur. Le flux total d'air extérieur passe par le canal sec et transfère sa chaleur au canal humide. Il n'y a pas d'eau dans le canal sec, il s'agit donc uniquement d'un refroidissement sensible. A la sortie du canal sec, 45 % du débit d'air est dévié vers le canal humide. Dans celui-ci se produit le processus de refroidissement par évaporation. Cependant, à mesure que l'air dans le canal humide capte la chaleur du canal sec adjacent, son humidité relative chute : il est donc capable de se refroidir davantage par évaporation. De cette manière, l'air des canaux secs devient progressivement plus froid, atteignant une température humide inférieure à celle de l'air entrant.

Des performances élevées

Comme l'air est transporté grâce à des ventilateurs à moteurs inverter de dernière génération, cette technologie de refroidissement adiabatique indirect à haut rendement Climate Wizard permet d'obtenir des EER très élevés. **En France, cette technologie permet de refroidir l'air généralement entre 15 et 20 °C, avec une efficacité jusqu'à 136 % sur la dépression bulbe humide, soit un EER compris entre 12 et 15 en fonction des conditions extérieures** - d'autant

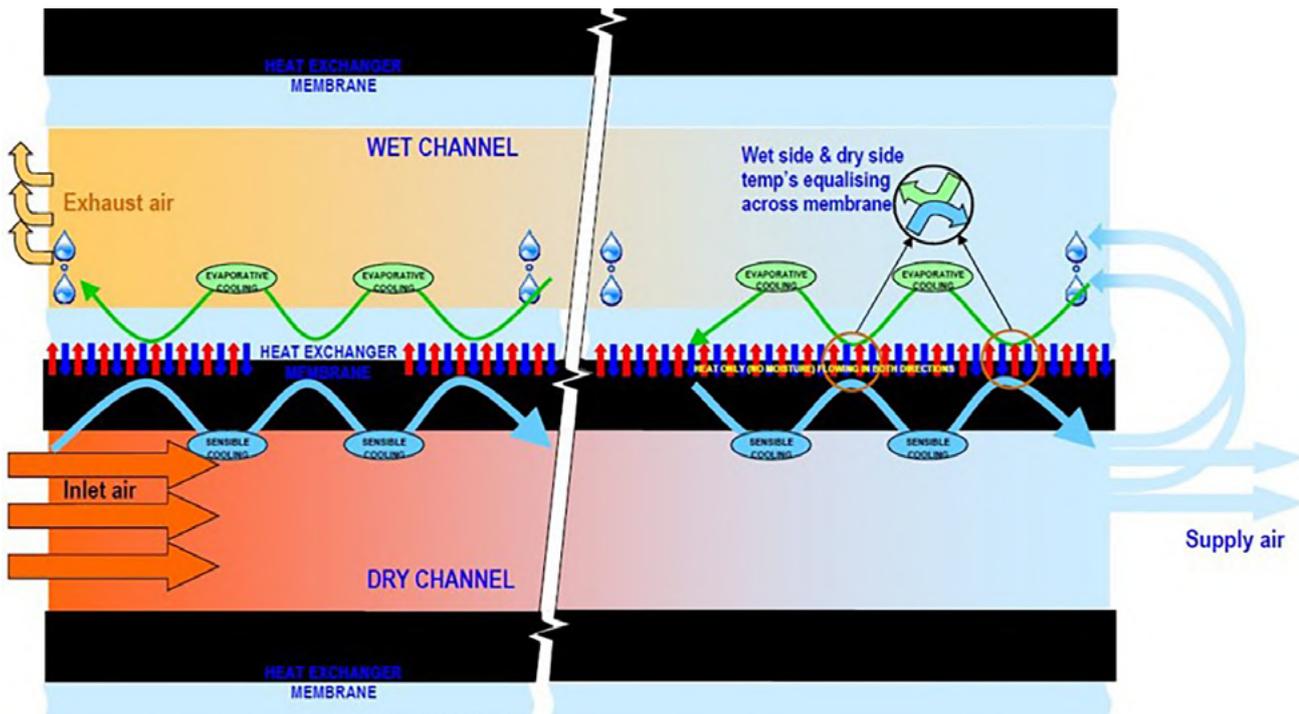


Figure 2 : Détails des transferts de chaleur et de masse dans l'échangeur avec M-Cycle (Document Seeley)

que plus il fait chaud, plus le procédé est efficace.

La figure 3 indique les points de fonctionnement d'un tel refroidisseur, qui peut être complété par un étage d'évaporation « direct » final, permettant de gagner quelques degrés au soufflage. On constate que cette technologie présente des performances très supérieures à la solution « classique » qui associe un média adiabatique direct (à ruissellement) et un échangeur à double flux croisés. **Elle peut rivaliser avec les systèmes réfrigérés, en utilisant jusqu'à 80 % d'énergie en moins.** Quelle que soit la température extérieure, le Climate Wizard utilise la même quantité d'énergie et fournit toujours 100 % d'air neuf, filtré et frais à l'intérieur. Ceci est en contraste direct avec les systèmes réfrigérés, qui nécessitent des quantités croissantes d'énergie à mesure que la température extérieure augmente.

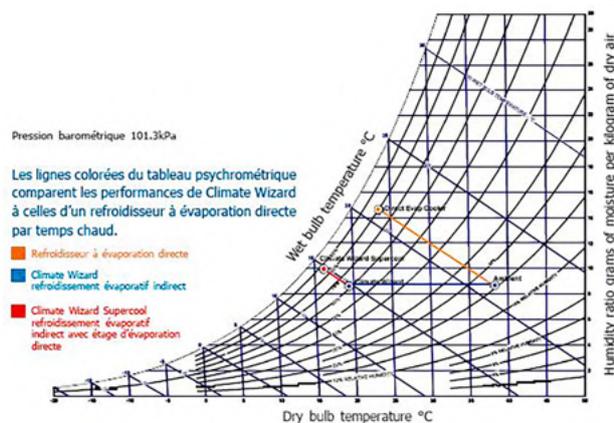


Figure 3 : Point de fonctionnement d'une installation de rafraîchissement adiabatique (Document Seeley)

Une unité de rafraîchissement compacte

Le modèle CW3 de 5360 m³/h (sous 50 Pa) intègre ce concept de fonctionnement d'échangeur M-Cycle à contre-courant (échangeur Micro-Core®) dans une version très compacte (voir figure 4). L'unité intègre le média Mini-Cell Chillcel® mis en œuvre notamment dans les dispositifs d'humidification directe Breezair. **Elle fournit une puissance de 17 kW dans des conditions extérieures de 35 °C/40 %, soit un soufflage à 20 °C.** La puissance absorbée est de 300 W, soit un EER de 20. L'unité intègre un système de régulation sophistiqué qui assure une efficacité maximale dans toutes les conditions de fonctionnement. Cette solution est conseillée pour des applications variées

Seeley International

Seeley International est un constructeur australien fondé en 1972 et détenteur de plus de 300 brevets sur l'adiabatique. Il exporte vers plus de 120 pays et dispose d'une représentation en France pour l'appui à ses distributeurs (tel que Aveltec, Delta-Neu, Australair et Exeltec) et aux prescripteurs. Ses modèles de rafraîchisseurs adiabatiques direct des marques Breezair et Coolair sont largement utilisés en industrie et en tertiaire de grand volume.

Pour en savoir plus : <https://www.seeleyinternational.com/fr/eu/corporate/emea/>



Figure 4 : Unité de rafraîchissement adiabatique indirect de petite puissance (Document Seeley)

>>>

en bureaux et en local serveurs, pour les petits tertiaires et le résidentiel. Un caisson CW3 a été récemment installé lors de la rénovation d'un lycée.

Une gamme complète

La gamme Climate Wizard comporte 5 autres modèles qui couvrent une gamme de débit de 2 880 à 30 600 m³/h (à 270 Pa de perte de charge), soit de 18 à 180 kW froid (conditions pour un climat continental, version High Cap). Ils peuvent être complétés par un module direct. Pour lancer ces produits « indirects », Seeley accompagne les premières opérations : dimensionnement, calcul de consommation, accompagnement terrain (du BET ou de l'installateur). L'entreprise dispose en ligne d'un outil (australien) de dimensionnement : il permet de définir le nombre d'unités pour le site, en comparant plusieurs modèles.

Des applications multiples

La technologie peut être utilisée dans des applications multiples pour :

- **Le refroidissement autonome, en tertiaire, en industrie, et en collectivités** : idéal pour des zones internes à forts apports de chaleur, ou avec un besoin important d'air neuf pour l'hygiène de l'air.

- **Le pré-refroidissement de l'air neuf des CTA** : cela permet de diminuer drastiquement la consommation d'électricité, augmenter l'EER de l'installation, diminuer la puissance requise par le système de climatisation, booster la puissance froid, préserver le groupe froid.
- **Pour le refroidissement complémentaire d'installations déjà climatisées** : soit pour booster l'efficacité énergétique de l'installation, soit pour compenser une extension ou des apports de chaleur supplémentaires.
- **Des data centers ou centres télécoms** : avec la possibilité de fonctionner en free-cooling une grande partie de l'année.

Pour rafraîchir les espaces tertiaires et industriels en répondant aux exigences réglementaires (RE 2020 et décret tertiaire) avec une efficacité énergétique et environnementale, les systèmes de rafraîchissement adiabatique indirect à haut-rendement sont aujourd'hui une solution référente. De nombreux cas d'applications sont dorénavant à l'étude par Seeley.

Bibliographie

[1] « Indirect Evaporative Air Conditioning Reference Book », Seeley International, réf IEC REVD (0520)

Xavier Delaigue,
directeur des ventes EMEA, Seeley



Le confort thermique d'été bas carbone pour les bâtiments résidentiels et petit tertiaire

➔ La start-up française Caeli Energie développe une technologie de rafraîchissement adiabatique indirect basée sur le cycle de Maisotsenko. L'intérêt majeur de ce type de système réside dans sa capacité à refroidir une masse d'air en-dessous de sa température humide en s'approchant de la température de rosée, là où un rafraîchisseur adiabatique est physiquement limité par la température humide. Les premières expérimentations sont concluantes.

Une innovation française

Caeli Energie développe des systèmes de rafraîchissement adiabatique indirect à point de rosée.

Cette technologie, basée sur le cycle de Maisotsenko au sein d'un évapo-échangeur, permet de refroidir une masse d'air à une température inférieure à sa température humide, se rapprochant de la température de rosée. Deux flux d'air physiquement isolés par des plaques sont mis en mouvement dans une série de

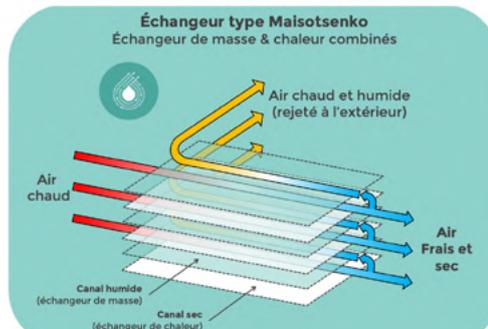


Figure 1 : Principe de l'échangeur (Doc. Caeli Energie)

canaux humides et secs composant l'échangeur de chaleur et de masse (voir figure 1). Le premier, celui insufflé dans la pièce, perd ses calories en passant dans les canaux secs. L'autre flux permet d'extraire les calories en s'humidifiant dans les canaux humides puis est rejeté à l'extérieur.

Le développement technologique de la société est conduit conjointement avec différents laboratoires de recherche : LOCIE (CNRS/USMB), CETHIL (INSA Lyon), LGP2



Les performances attendues au rendez-vous

Caeli Energie a procédé au suivi expérimental de 7 systèmes pendant l'été 2022. Cela a permis de générer pour des climats différents, une base de données réutilisable pour des études complémentaires en simulation (ex. régulation).

Un bureau de 23 m² au dernier étage d'un immeuble de 8 étages a été suivi à Valence. L'orientation des façades était sud et ouest, avec deux fenêtres sans protection solaire. Le rafraîchisseur a été placé dans un coin de la pièce. La figure suivante illustre les variations de température entre l'été 2021 (clément) et l'été 2022 (plus chaud). L'analyse des données collectées sur 8 semaines indique :

- un confort thermique largement amélioré : la température de 28 °C n'a été dépassée que quelques jours lorsque l'appareil ne fonctionnait pas ; la catégorie 1 est pratiquement respectée ;
- une température moyenne de soufflage de 16,2 °C ;
- une puissance utile moyenne de 630 W (le système a fonctionné en mode éco 90 % du temps), soit un EER moyen de 17,3 ;
- une consommation d'eau de 1,1 m³, pour un débit d'évaporation moyen de 0,9 l/h, soit une quantité d'eau évaporée de 1,4 /kWh de froid.

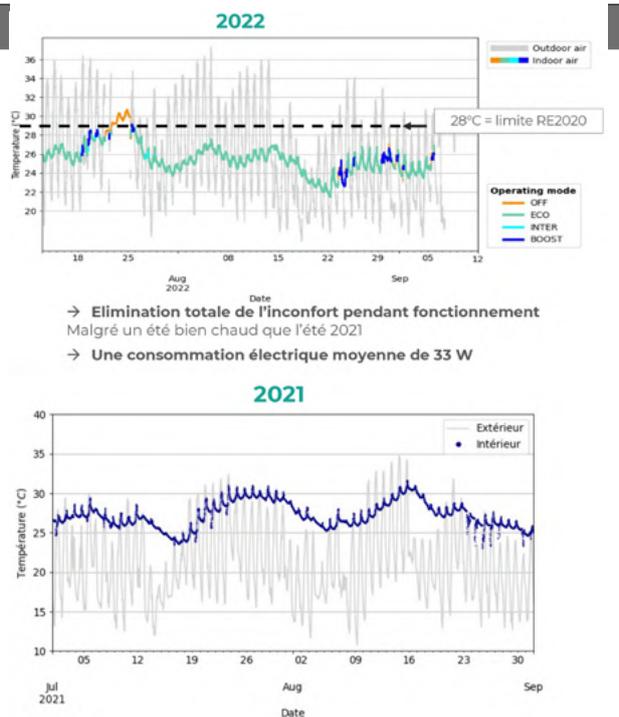




Figure 2 : Rafraîchisseur adiabatique mural (Photo Caeli Energie)

>>>

(Grenoble INP). La société a développé un process de fabrication spécifique et réalise la fabrication de ses évapo-échangeurs en polymère en interne. L'assemblage produit est confié à un partenaire industriel en Région AURA.

Un rafraîchissement pièce par pièce

Caeli Energie a développé un premier produit décentralisé pour un rafraîchissement « pièce par pièce » adapté à la rénovation. Son design a été particulièrement soigné pour s'intégrer dans les pièces à vivre (voir figure 2). Sa capacité frigorifique est de l'ordre de 600 à 1000 W, pour un débit nominal de 200 m³/h et une consommation électrique de 35 à 60 W.

L'installation se fait via un double carottage en diamètre 160 sur un mur donnant sur l'extérieur (voir figure 3). Le raccordement en eau se fait via une durite souple clipsable en 6/8 mm ; il n'y a pas besoin d'évacuation d'eau. Un logiciel de contrôle commande propriétaire est en cours de développement pour tirer le meilleur de la technologie.

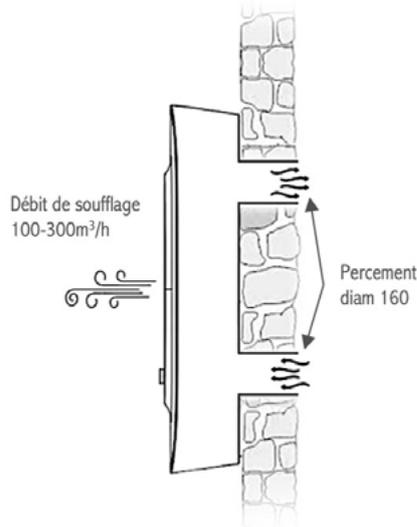


Figure 3 : Principe d'installation (Doc. Caeli Energie)

Une montée en gamme progressive

Le premier produit est destiné aux secteurs des bâtiments publics ou parae publics (administration, EHPAD, bailleurs sociaux, etc.) et des bâtiments résidentiels collectifs. Sur la base de la même technologie, **une seconde gamme de produits « gainés » est actuellement en développement.**

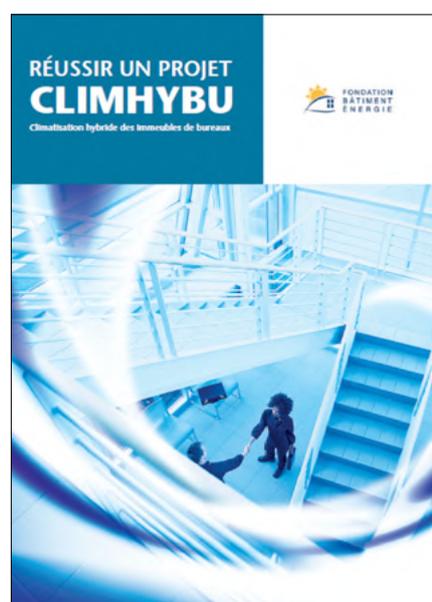
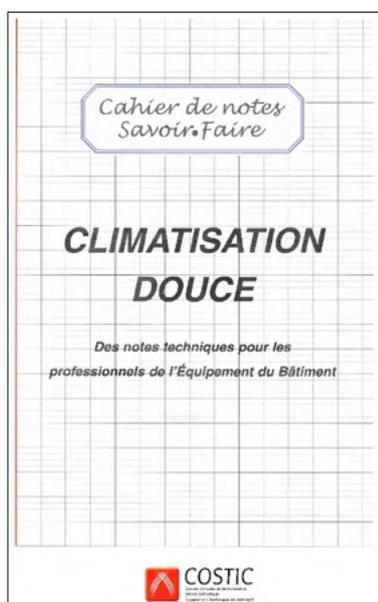
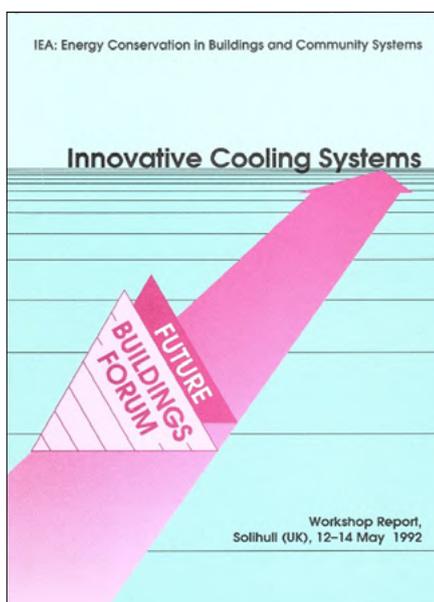
Les premiers tests terrain ont eu lieu en 2022 en France et Allemagne (voir encadré). A l'été 2023, la société a mené une campagne de tests à plus grande échelle en partenariat avec des bailleurs sociaux, des crèches, le ministère de l'Intérieur et des énergéticiens français. Le lancement commercial de la gamme décentralisée pièce par pièce est prévu pour 2024. L'objectif affiché de la société est d'arriver ensuite dans le secteur de la construction neuve d'ici 2025.

Rémi Pérony, président co-fondateur



La conception de l'adiabatique indirect dans le tertiaire neuf, historique et enseignements

➔ La technique du rafraîchissement adiabatique indirect a fait l'objet de travaux de R&D et d'opérations de démonstration en tertiaire dans les années 1997-2010. De quoi apporter des enseignements quant à la conception d'installations, alors que l'adiabatique indirect connaît un regain d'intérêt dans le cadre de bâtiments neufs bioclimatiques ou à basse consommation.



Les travaux Gaz de France/CSTB (1986-1993)

La fin des années 1980 a vu le développement de la ventilation double-flux dans les bâtiments, en bureaux notamment. Dans un contexte d'économies d'énergies, Gaz de France a promu le couplage avec la condensation (chaudière à deux échangeurs) pour le préchauffage de l'air neuf [1]. La veille technologique avait également permis d'identifier **la technique de rafraîchissement adiabatique indirect développée en Suède**, notamment mise en avant par les constructeurs VIM-Bahco (centrale de traitement d'air) et Munters (humidificateur à ruissellement). Le principe de fonctionnement en été de la centrale de traitement d'air (CTA) est indiqué en Figure 1.

Une convention d'étude entre le CSTB et Gaz de France a été initiée afin d'étudier le potentiel de cette technique de **« confort d'été sans groupe frigorifique » en tertiaire neuf**. Parmi les principaux résultats [2] :

- L'étude en modélisation sur des bureaux a proposé un critère de « confort adaptatif » : l'occupant adapte sa vêtue (notion reprise dans la RT). Elle a permis la mise au point de stratégies de régulation par étage : surventilation nocturne, humidification, ventilation, etc. **Elle a montré l'importance du rendement de l'échangeur** : dans le cas d'un modèle à plaques, un rendement supérieur à 70 % est nécessaire ;
- Les simulations réalisées au pas de temps horaire sur un été complet ont permis de proposer **une table de taux de ventilation en été pour limiter l'inconfort** : 3 stations météo, 4 typologies de bâtiment ont été étudiées.
Ex. Paris : minimum de 4 vol/h, Sud de la France : supérieur à 7 vol/h ;
- Des essais dans l'immeuble expérimental de la DETN (voir photo) doté d'une centrale Bahco (avec échangeur de type roue sensible) ont montré **un gain de 2 °C entre**

➔➔➔

l'étage rafraîchi et les étages non rafraîchis.

- Les mesures sur une opération pilote (bureaux Electrolux à Senlis équipés d'une centrale Bahco de 25 000 m³/h) ont montré **un confort acceptable sur les plateaux paysagers, sauf dans les bureaux à forts apports. Les consommations d'eau sont fortement impactées par le réglage de la purge ; la consommation d'électricité est impactée par le dimensionnement du réseau aéraulique et le choix des ventilateurs.**

Plusieurs opérations en adiabatique indirect ont fait l'objet de suivis instrumentés dans les années 1990 ; elles mettaient en œuvre des solutions techniques variées :

- Le siège social Laurent Bouillet à Rueil-Malmaison a été équipé d'une CTA avec échangeur à plaques (avec bypass aéraulique), raccordée sur une installation tout-air en volume d'air variable (VAV). Le complément de froid était assuré par 5 producteurs d'eau glacée à absorption Robur. **Le pilotage via la GTB comportait une surventilation nocturne avec ouverture forcée des modules VAV dans les bureaux.** Le suivi a montré un confort global acceptable.
- L'Agence Laurent Bouillet à Toulouse a été équipée d'une CTA avec échangeur à plaques (avec bypass aéraulique) raccordée sur une installation avec batteries à induction Spirec. La production d'eau chaude et d'eau glacée était assurée par une machine à absorption double-service Yazaki. Le pilotage et le monitoring ont été assurés par la GTB. Le suivi a également montré un confort global acceptable.
- Un nouveau bâtiment de bureaux de la DETN à Saint-Denis a été équipé d'une CTA Hydronic avec échangeur à plaques et bypass. Le suivi a indiqué un confort global acceptable, mais a montré **la difficulté de traiter les bureaux exposés : coins sud-ouest sans protection solaire extérieure, où le taux de renouvellement d'air doit être très élevé.** Cette réalisation a été décrite dans le catalogue des techniques de rafraîchissement, publié par l'Agence Internationale de l'Energie dans le cadre des travaux de son Annexe 28 [3].

Le contexte était déjà concurrentiel entre les énergies : le lancement par EDF de la communication et des solutions de climatisation, bénéficiant de tarifs d'été de l'électricité très bas, a impacté le développement du rafraîchissement adiabatique indirect.

Les travaux sur la climatisation douce

Entre 1995 et 2002, l'ADEME a supervisé un projet de recherche visant à proposer des méthodes de prédimensionnement de 4 techniques de « climatisation douce » : surventilation, évaporatif indirect, plafonds rafraîchissants (sur tour aéroréfrigérante), dessiccation.

La méthodologie retenue par le CSTB et l'ENSMP était la suivante : simulations sur une séquence de 5 jours chauds (identiques) d'un local avec une face exposée, et observation

de la température moyenne dans les trois heures les plus chaudes. **Des abaques ont été tracées pour 9 stations météo, deux niveaux de facteur solaire, deux inerties.** Ces travaux ont notamment été publiés dans le Cahier « La Climatisation douce » édité par le COSTIC [4].

Le projet CLIMHYBU

Le projet CLIMHYBU a été financé entre 2007 et 2012 par la Fondation Bâtiment Energie. Il avait comme **objectif de dresser un catalogue des techniques de rafraîchissement adaptées aux bureaux**, et de proposer un outil cohérent avec le calcul réglementaire (RT2005). Le projet a notamment fait l'objet d'un guide [5]. Toutefois, les systèmes évaporatifs n'ont pas été traités malgré la participation du CSTB dans le projet.

Enseignements et perspectives

La présentation de ces travaux auprès de la filière prescription (1989-1992) a généré les commentaires suivants.

- **Pour une installation sans groupe frigorifique, les débits nécessaires (de 4 à +7 vol/h) représentent une contrainte d'implantation des gaines et de la CTA en immeubles de bureaux** : en effet le renouvellement d'air hygiénique nécessaire (donc le dimensionnement de la CTA pour l'hiver) est de 1 ou 2 vol/h. Des précautions doivent être prises pour la diffusion d'air dans chaque pièce (risque d'inconfort local).

En 2023 : le concepteur optera (sans doute) pour une installation avec un groupe frigorifique (ou une PAC) en appoint. Le débit en CTA pourra être « optimisé » en termes de consommation des ventilateurs avec un débit compris entre 2 et 4 vol/h, en prenant en compte des tarifs électriques de « basse saison » beaucoup plus élevés.

- La solution est jugée intéressante en premier niveau, car **elle permet un investissement par phase : si besoin, on complète après une ou deux saisons d'été avec une batterie froide** (dans une réservation à prévoir en CTA) **et un groupe frigorifique sous-dimensionné** (jusqu'à 50 %).

En 2023 : cette approche peut répondre au cas de petits bâtiments tertiaires (où le suivi du confort dans quelques zones serait plus facile).

- Contrairement à la climatisation, il n'y a pas d'engagement possible du maître d'œuvre ou de l'installateur sur une température « maximale » dans les locaux : la solution était donc jugée difficile « à vendre » à un maître d'ouvrage. D'autant qu'il n'est pas aisé pour un prescripteur qui raisonne en puissance maximale de froid (W/m²), d'accepter la notion d'énergie journalière de rafraîchissement (kWh/jour/m²) ou de **puissance moyenne journalière (W/m²)**.

En 2023 : le recours à la simulation thermique pour l'estimation du confort et des consommations s'est largement répandu. Il est plus facile d'argumenter de l'intérêt de ces systèmes.



Immeuble expérimental de Gaz de France (© Mediacyber Engie - Sylvain Cambon)
NB : Après plus de 30 ans de service, ce laboratoire a fait place à la piscine Olympique pour les J.O. 2024

En l'absence actuelle d'un guide sur le dimensionnement pour un bâtiment neuf, ces observations qualitatives restent donc d'actualité dans la conception d'une installation double-flux avec humidification de l'air extrait.

Bibliographie

- [1] « La condensation, ça marche », F. Croquelois, Editions Parisiennes, 1987.
[2] « Système complet de confort à gaz avec humidification indirecte de l'air en été - Guide de Conception » Rapport GEC/DAC-90.24R/b, CSTB, 1990.

- [3] « Innovative Cooling Systems », Workshop Report, Solihull, AIE, 1992.
[4] « La climatisation douce », Notes de Savoir-Faire, COS-TIC, 2010.
[5] « Réussir un projet CLIMHYBU - climatisation hybride des immeubles de bureaux », Fondation Bâtiment Energie, 2012.

**Pierre Picard, consultant,
membre du Comité de la Revue**



→ RAFRAÎCHISSEMENT ADIABATIQUE → TERTIAIRE RENOVÉ → GUIDE

Le guide de référence pour mettre en œuvre le rafraîchissement adiabatique en tertiaire en rénovation



→ Dans le cadre du projet BONNES PRATIQUES, un des 9 projets PROFEEL, un nouvel outil pratique a été développé pour accompagner les professionnels dans la conception, la mise en œuvre et la maintenance de solutions techniques autour du rafraîchissement adiabatique. Cet article présente le contexte et le sommaire de ce nouveau document de référence, qui cible la rénovation en tertiaire, mais dont le contenu technique est également applicable aux projets neufs.

Contexte

Aujourd'hui, on peut constater :

- Un réchauffement climatique réel : chaque année, des périodes de chaleur plus intenses et plus longues ;
- Les notions de confort estival : un besoin de refroidissement est de plus en plus recherché et parfois nécessaire, notamment pour le confort des salariés ;
- Des solutions alternatives peu énergivores existent : le rafraîchissement adiabatique peut être couplé à une installation de climatisation, voire s'y substituer.

Dans ce contexte et face à ces enjeux, le programme PROFEEL (voir encadré) a missionné l'AICVF pour explorer le sujet du rafraîchissement adiabatique. Les principaux contributeurs sont l'AICVF (pilotage par le BET Tribu Energie), le Costic et Gérard Gaget (Adexsi/Genatis).

Sommaire du Guide

Ce guide à destination des artisans, architectes et maîtres d'œuvre, a pour ambition de présenter les systèmes de rafraîchissement adiabatique en rénovation tertiaire, leurs avantages, inconvénients et les bonnes pratiques associées. Le périmètre de ce guide prend en compte uniquement les systèmes où le phénomène évaporatif, à la base des rafraîchisseurs adiabatiques, est mis en œuvre pour le rafraîchissement de l'air neuf introduit dans un bâtiment. Les systèmes de type aéroréfrigérants ne sont donc pas traités. Ce document [1] de 73 pages est disponible en ligne ; il a fait l'objet d'un webinaire AICVF jeudi 3 juin 2021. Son sommaire est le suivant :

- 1 - Contexte et enjeux
- 2 - Principes du rafraîchissement adiabatique

- 3 - Différentes technologies
- 4 - Réglementations et adiabatique
- 5 - Efficacité de l'adiabatique
- 6 - Précautions
- 7 - Etudes de cas et témoignages
- 8 - Synthèse

On revient ici sur les principaux points développés en détail dans le document.

Synthèse des systèmes adaptés selon les usages (cf. Chap. 3.5)

Selon le bâtiment et le type de rénovation prévue, il existe de multiples technologies adiabatiques. L'arbre de décision (figure 1) permet de guider le choix vers la solution la plus adaptée.

Classement ICPE (cf. Chap. 4.1)

Les systèmes de rafraîchissement adiabatique conçus pour éliminer le risque d'aérosol, par exemple, par la mise en place d'un média entre l'air et l'eau, ne sont pas considérés comme une installation classée. Sont donc concernés, les systèmes de rafraîchissement adiabatique directs et indirects **disposant d'un média** entre l'air et l'eau.

Les systèmes de rafraîchissement adiabatique fonctionnant par dispersion d'eau dans un flux d'air sont considérés comme des installations classées pour la protection de l'environnement au titre de la rubrique 2921. Sont donc concernés les systèmes de rafraîchissement adiabatique directs et indirects **ne disposant pas d'un média** entre l'air et l'eau.

Adiabatique et légionellose (cf. Chap. 4.3.4)

Il convient de distinguer :

- **La brumisation** : les gouttelettes d'eau sont directement pulvérisées dans l'air à rafraîchir : l'air humide prend la forme d'un « brouillard ».
- **L'évaporation** : l'air refroidi se charge en humidité grâce à l'évaporation de l'eau sans entraîner d'eau à l'état liquide dans le flux d'air.

Le risque de prolifération consécutif à l'introduction du germe dans l'eau n'existe que si et seulement si les 3 conditions suivantes sont réunies simultanément : température d'eau supérieure à 25 °C, stagnation de l'eau (création d'un biofilm), production d'un aérosol.

Dans une majorité des systèmes adiabatiques directs, l'eau n'est pas dispersée dans le flux d'air par des injecteurs/buses. L'utilisation de média humide et les vitesses d'air utilisées garantissent l'absence d'aérosols. Dans un système indirect, l'eau est injectée sur l'air extrait (ou l'air extérieur) : il n'y a pas de contact avec l'air neuf.

La présence d'eau dans le processus d'évaporation n'entraîne pas de risque éventuel de légionellose (contrairement à la brumisation). Une maintenance régulière de l'humidificateur (système d'aspersion, bac, vidange périodique) est toujours nécessaire, afin de maintenir les performances nominales (cf. Chapitre 6.3).

Efficacité de l'adiabatique (cf. Chapitre 5)

Des simulations thermiques dynamiques ont été menées pour des bureaux, une école, un gymnase. Les tendances suivantes sont proposées :

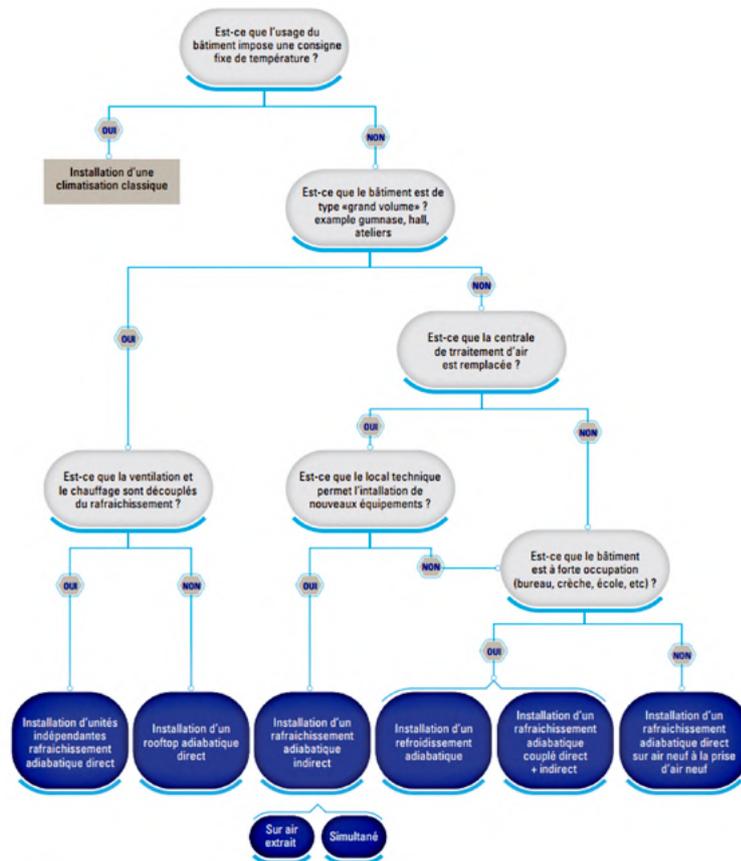


Figure 1 : Arbre de décision pour le choix d'un système adiabatique (Source : Guide PROFEEL)

- Dans des locaux où il est prévu de mettre en œuvre un système de refroidissement, le système adiabatique permet de réduire le besoin en froid. L'impact se fait donc directement sur les consommations de froid.
- Dans les locaux où il n'est pas prévu de système de refroidissement, le système adiabatique permet un gain net de confort, sans augmentation des consommations énergétiques. En adiabatique direct, la quantité d'eau utilisée est raisonnable : l'ajout de cette consommation impacte de façon minimale le bilan carbone de l'opération.

Une solution adiabatique directe ou indirecte est donc pertinente pour apporter du confort estival tout en maîtrisant le surcoût et l'impact environnemental associés.

Précautions (cf. Chapitre 6)

La large gamme de technologies existantes permet de trouver à chaque usage le rafraîchissement adiabatique pertinent. Pour mettre en œuvre ce système, certaines précautions sont à prendre au cours de la rénovation du bâtiment tertiaire. Elles sont explicitées au Chapitre 6 pour chaque phase d'un projet : conception, installation, maintenance.

Bibliographie

[1] « Les solutions de rafraîchissement adiabatique dans les bâtiments tertiaires en rénovation », Programme PROFEEL, Septembre 2021. Téléchargeable sur : <https://programmeprofeel.fr/>

Nathalie Tchang, Tribu Energie, AICVF



PROFEEL : une réponse collective aux défis de la rénovation énergétique

Seize organisations professionnelles du bâtiment ont été à l'initiative de la démarche PROFEEL afin de répondre collectivement aux défis de la rénovation énergétique. Ses 9 projets sont positionnés sur trois grands enjeux : favoriser le déclenchement des travaux de rénovation, garantir la qualité des travaux réalisés et consolider la relation de confiance entre les professionnels. Dans le cadre du projet BONNES PRATIQUES, 14 nou-

veaux outils pratiques sont développés pour accompagner les professionnels dans la conception, la mise en œuvre et la maintenance de solutions techniques, clés ou innovantes de rénovation énergétique. Cette nouvelle collection d'outils s'inscrit dans la continuité des référentiels techniques produits dans le cadre de précédents programmes portés par la filière bâtiment : PACTE et RAGE.