

CLIMATISATION

# L'APPROCHE ÉNERGIES RENOUVELABLES

TEXTE : PASCAL POGGI PHOTOS & ILLUSTRATIONS : ADEXIS, CHROMASUN, ENERVENT, FAHRENHEIT, FUNDACION METROPOLI, HELIOCLIM, KUIVA, PAM, PASCAL POGGI/AQC, SENR

Plusieurs technologies valorisent les énergies renouvelables en rafraîchissement et améliorent nettement le bilan en énergie primaire. Pour rafraîchir uniquement à l'aide d'ENR, il faut associer ces techniques à une production d'électricité photovoltaïque sur site et à un stockage d'électricité.



©2017 - Pascal Poggi - AQC



**“Les ENR sont les énergies qui se renouvellent de manière naturelle, suffisamment vite pour qu’elles puissent être considérées comme inépuisables”**

**D**ans l’approche réglementaire française, la climatisation entraîne une surconsommation d’énergie et constitue une sorte de péché, véniel dans le cas des bâtiments tertiaires où l’on peut difficilement s’en passer, mais mortel en logements. Nombre de fidèles sont d’ailleurs persuadés que la doctrine de la Réglementation thermique stipule l’interdiction de la climatisation en logements collectifs neufs. Ce n’est pas le cas. Risquons une approche casuiste : si l’on utilise exclusivement ou principalement des énergies renouvelables (ENR), de surcroît produites sur site, la climatisation bénéficie d’une large absolution réglementaire. En effet, son fonctionnement ne grève plus, ou presque plus, le bilan énergétique annuel des bâtiments. Pour s’attirer une franche bénédiction, il faut naturellement commencer par réduire au maximum les besoins énergétiques grâce à une conception réfléchie du bâtiment. Ensuite, plusieurs approches techniques permettent de rafraîchir ou même de climatiser seulement ou principalement en consommant des énergies renouvelables. Voici une revue des solutions disponibles dès à présent sur le marché français. L’idée derrière toutes ces technologies appliquées à la climatisation ou au rafraîchissement est que la part d’ENR utilisée n’entre pas dans le bilan annuel de consommations d’énergie ; seul le reliquat faisant appel à des énergies non renouvelables grève le bilan.

### **Quelles sont les énergies renouvelables ?**

Mais avant de nous lancer, qu’appelle-t-on exactement énergie renouvelable ? Ce sont les énergies qui se renouvellent de manière naturelle, suffisamment vite pour qu’elles puissent être considérées comme inépuisables. La Directive européenne n° 2009/28/CE *Promotion de l’utilisation de l’énergie produite à partir de sources renouvelables* en énumère

huit dans son article 2 : énergie éolienne, solaire, géothermique, hydrothermique, biomasse et gaz des stations d’épuration d’eaux usées (méthane) et biogaz.

La force du vent, que l’on peut capturer à l’aide de micro-éoliennes de quelques kW de puissance installées sur les bâtiments, produit de l’électricité qui peut contribuer à alimenter les solutions techniques de rafraîchissement évoquées plus avant. Une bonne douzaine de fabricants européens en proposent, avec un succès mitigé jusqu’à présent. Les éoliennes vibrent : sans une installation parfaitement bien conçue et réalisée avec grand soin, il est difficile de juguler complètement le transfert des vibrations à la structure des bâtiments. Les éoliennes exercent aussi une force d’arrachement considérable sur leurs ancrages. De nombreux sinistres sont à déplorer en maisons individuelles, et en tertiaire, les expériences ne sont pas concluantes non plus.

Si la biomasse constitue également une source d’énergie renouvelable, il n’existe à ce jour qu’un tout petit nombre d’expériences, et plutôt en industrie, pour lesquelles des chaudières biomasse alimentent en eau à 80-110 °C des pompes à chaleur à absorption pour produire de l’eau glacée.

L’alinéa b de l’article 2 de la Directive ajoute l’énergie aérothermique, définie comme l’énergie emmagasinée sous forme de chaleur dans l’air ambiant. Elle ne cite pas l’hydraulique, utilisée en tant que force motrice grâce aux chutes d’eau, marées et au courant des rivières : à moins que le bâtiment neuf soit situé à proximité immédiate d’un cours d’eau exploitable, l’hydraulique n’entre pas vraiment en ligne de compte. Néanmoins, il est toujours possible de fabriquer des machines thermodynamiques à compression, dont le compresseur n’est pas entraîné par un moteur électrique mais par la force motrice de l’eau à l’aide de l’antique dispositif roue à aube et courroie. Il en existe plusieurs



©2017 – Pascal Poggi – AQC 2



©2017 – Pascal Poggi – AQC 3

exemples et, il y a environ 30 ans et durant quelques années, de telles machines individuelles bénéficiaient même d'un crédit d'impôt au titre des économies d'énergie qu'elles engendrent.

## Le soleil, la terre et les pompes à chaleur

Le soleil, à la fois sous forme de chaleur et de lumière, constitue l'énergie renouvelable la plus largement disponible. Depuis plusieurs dizaines d'années, l'Agence internationale de l'énergie (IEA) anime un programme international de recherche et de dissémination de connaissances sur le chauffage et le rafraîchissement solaire (SHC pour Solar heating and cooling). Leur site [www.iea-shc.org](http://www.iea-shc.org) recèle (en anglais) une mine de renseignements sur le rafraîchissement solaire dans les bâtiments. Des techniques de rafraîchissement exploitant la chaleur solaire thermique ou la lumière – solaire photovoltaïque – sont disponibles, même si elles demeurent mal connues : pompes à chaleur à adsorption, à absorption, climatisation classique à détente directe avec de l'électricité photovoltaïque.

La chaleur et la fraîcheur de la terre constituent aussi des énergies renouvelables. Elles sont exploitées sous forme de géothermie peu profonde grâce à la circulation en boucle d'un fluide caloporteur dans des tubes enterrés verticalement ou horizontalement : puits canadien, puits hydraulique, géocooling.

Les pompes à chaleur (Pac) sont rangées parmi les énergies renouvelables car en mode chauffage, elles prélèvent la chaleur renouvelable de l'air extérieur (Pac air/eau et air/air), de la terre (Pac eau glycolée/eau) ou de l'eau (Pac eau/eau ou eau/air), l'amplifient et la restituent dans les locaux à chauffer. En mode rafraîchissement en revanche, les pompes à chaleur réversibles (ainsi que les groupes de production d'eau glacée) se contentent d'absorber la chaleur ambiante dans les locaux à rafraîchir, de l'amplifier grâce à leur circuit thermodynamique

**1** L'énergie éolienne récupérée par des mini ou micro-éoliennes sur les bâtiments ne perç pas. Cette installation sur le siège de Greenpeace à Hambourg devait contribuer à la production d'électricité verte pour la compagnie de distribution d'électricité exclusivement d'origine renouvelable Greenpeace Energy. Elle ne fonctionne que de manière épisodique.

**2** L'énergie solaire thermique pâtit depuis quelques années du bas prix des énergies fossiles. Mais, elle sera indispensable en 2018 puis en 2020 pour systématiser le Bepos dans toute la construction neuve. Il existe plusieurs types de capteurs, capables de produire de l'eau à des températures de 50 à 200 °C, de quoi couvrir toutes sortes d'applications, depuis la production d'eau chaude sanitaire jusqu'au chauffage et à la climatisation.

**3** Les nouvelles installations solaires thermiques sont devenues rares. Elles ont presque complètement disparu en maisons individuelles, mais survivent en grand tertiaire et en logements collectifs, notamment grâce au soutien du Fonds Chaleur géré par l'Ademe. L'association Socol ([www.solaires-collectif.fr](http://www.solaires-collectif.fr)) maintient, développe et diffuse le savoir-faire solaire thermique en collectif.

entraîné par un compresseur à moteur électrique et de la dissiper dans l'air extérieur, dans la terre ou dans l'eau. Rien de particulièrement renouvelable dans ce processus, sauf si du coup l'électricité est directement produite par des panneaux photovoltaïques (PV) ou des micro-éoliennes sur le toit du bâtiment.

## La chaleur et la fraîcheur de la terre

Pour rafraîchir ou climatiser des locaux, les technologies utilisant la fraîcheur de la terre ou des nappes phréatiques constituent une solution simple, fiable et éprouvée. Trois solutions sont commercialisées depuis des années : le puits canadien, le puits hydraulique, les pompes à chaleur sur nappe phréatique ou sur capteurs enterrés (dit aussi géocooling). Ces trois solutions font appel à des moteurs électriques pour les ventilateurs du puits canadien et du puits hydraulique, pour les pompes de circulation du puits hydraulique et des Pac sur nappe et sur capteurs enterrés, et pour les compresseurs des Pac. Elles deviennent donc complètement vertueuses si ces composants sont alimentés par du PV.

Dans le cas du puits canadien et du puits hydraulique, le vecteur air est utilisé dans la diffusion. Le puits canadien fait transiter l'air neuf d'un système de ventilation par extraction ou d'un double flux par un échangeur enterré à faible profondeur, entre deux et cinq mètres de profondeur. L'échangeur est constitué d'un ou de plusieurs tubes en béton, fonte ou polyéthylène. Ces différents tubes doivent être suffisamment espacés pour ne pas plafonner l'échange de chaleur entre l'air dans les tubes et la terre autour des tubes : au minimum un mètre, parfois plus en fonction de la matière des tubes, de leur diamètre et du débit d'air dans les tubes. Ils doivent présenter une pente uniforme de 1,5 %, vers l'intérieur ou vers l'extérieur, avec mise en place d'un recueil de condensats au point bas >>>>



de cette pente. Si un puits canadien requiert un peu de surface pour garantir l'échange thermique, ses tubes peuvent néanmoins être disposés sous le bâtiment, sous un parking, sous un terrain végétalisé, etc. Plusieurs sites équipés de puits canadien ont fait l'objet de suivis thermiques. Le bureau d'études thermiques Izuba Énergies a notamment monitoré une pièce équipée d'un puits canadien en 2006 dans la résidence de personnes âgées « Clair Logis » à Alès (30) (1). Après la canicule de 2003, cette résidence accueillant 95 pensionnaires avait décidé de rafraîchir au moins une pièce. Les relevés de température intérieure et extérieure montrent une grande efficacité du puits canadien à la fois contre la chaleur et contre le froid : au cours du mois de juillet 2007, avec des températures extérieures dépassant 35 °C à 17 reprises, la température de la pièce ne dépasse pas 27 °C. À l'inverse, avec des températures extérieures de l'ordre de 12 °C durant la nuit en septembre 2007, la température intérieure ne baisse pas en dessous de 20 °C. En rafraîchissement, selon les installations, un puits canadien permet d'abaisser la température d'air neuf introduit par la ventilation de 8 à 12 °C par rapport à la température de l'air extérieur. Cette technique est applicable à tous types de bâtiments et de solutions de ventilation, de la maison individuelle avec une simple VMC simple flux à des bâtiments tertiaires équipés de CTA (Centrale de traitement d'air) double flux, en passant par les solutions d'insufflation mécanique et le double flux en maison individuelle. Les puits canadiens ont fait l'objet en 2008 d'un guide d'information publié par le Cetiati (2), et en 2012 d'une fiche technique de l'Ademe (3). Ce document souligne

**4 Le puits canadien récupère la température du sol pour réchauffer ou refroidir l'air neuf de la ventilation du bâtiment.**

l'efficacité du puits canadien (dit aussi puits climatique ou puits provençal) pour rafraîchir des locaux en été, précisant « *qu'un gain d'une dizaine de degrés est possible, mais dépendra beaucoup de la conception, de la mise en œuvre et de la conduite du système* ».

### Les puits hydrauliques

Variante du puits canadien, le puits hydraulique utilise un échangeur enterré sous forme de tubes à circulation d'eau glycolée avec une pompe de circulation, couplé à un échangeur eau glycolée/air placé dans la veine d'entrée de l'air neuf en ventilation. À condition de débit et de différence de température (entre le sol et l'extérieur) égales, le puits hydraulique peut transporter environ 3 500 fois plus d'énergie que le puits canadien. Les tubes sont enterrés soit verticalement, soit, le plus souvent, horizontalement à au moins 2 m de profondeur et au maximum 5 m environ. Posés sans raccordement enterré, leur durée de vie dépasse 30 ans. Généralement en polyéthylène (PE) ou en polyéthylène de haute densité (PEHD), leur conductivité thermique de 0,5 W/m.K est meilleure que celle des canalisations en béton ou en fonte utilisées pour les puits canadiens. Comme le circuit est doté d'un circulateur, le risque d'une mauvaise pose due au non-respect des pentes nécessaires disparaît. Comme le puits canadien, le puits hydraulique doit être associé à un système de ventilation >>>

(1) [www.izuba.fr/societe/references/etudes1/mesures-et-suivi](http://www.izuba.fr/societe/references/etudes1/mesures-et-suivi)

(2) [www.cetiati.fr/fr/publicationsveille/servezvous/guidesgratuits/index.cfm#puits\\_canadiens](http://www.cetiati.fr/fr/publicationsveille/servezvous/guidesgratuits/index.cfm#puits_canadiens)

(3) [www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/puits-climatiques-2012.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/puits-climatiques-2012.pdf)



Photo PAM

Le kit PAM Elixir, à base de tubes en fonte ductile, est destiné à l'équipement des maisons individuelles.

# PAM ELIXAIR, LE PUIT CANADIEN DE SAINT-GOBAIN

Depuis quelques années, plusieurs systèmes de puits canadiens sont apparus sur le marché français, dont PAM Elixir de Saint-Gobain (sous Avis Technique n° 14/14-2056).

Pour promouvoir cette solution dans des maisons de 90 à 150 m<sup>2</sup>, Saint-Gobain PAM a conclu un partenariat avec la société Énergie Puits Canadien et développé un kit spécifique. Ce kit rassemble 24 ml de réseau horizontal en fonte ductile DN 150, 6 ml DN 150 pour les remontées, 3 coudes DN 150 à 90°, une tête d'aspiration inox (la prise d'air extérieure), 3 filtres G4,



Photo PAM

1 collier de prise en charge des condensats, un regard de condensats (option) de 3 m de hauteur en DN 300 pour le cas où le point bas du réseau ne se trouve pas dans le local technique dans la maison. Pour les bâtiments plus importants, une étude de dimensionnement doit être réalisée en fonction des besoins, de la nature du terrain, du climat et de la surface disponible pour installer les canalisations. Une vidéo de mise en œuvre est disponible sur YouTube : [www.youtube.com/watch?v=HSPPAWS1jrc&feature=youtu.be](http://www.youtube.com/watch?v=HSPPAWS1jrc&feature=youtu.be).



5 Photo Fahrenheit

comportant une entrée d'air centralisée. Le français MyDATEC propose un kit de puits hydraulique avec une régulation autonome, rassemblant les tubes, l'eau glycolée (35 % de glycol avec un débit d'environ 0,34 m<sup>3</sup>/h d'eau glycolée dans le réseau), le circulateur, l'échangeur et sa régulation. Avec un sol argileux saturé d'eau en zone climatique H2d, un capteur de 100 ml enterré à 4 m de profondeur et un débit d'air neuf dans l'échangeur de 4 500 m<sup>3</sup>/h, MyDATEC estime que son kit sera efficace pour des températures d'air extérieur de - 22 à + 60 °C, apportant fraîcheur ou réchauffement selon la température extérieure. La puissance de l'échangeur eau glycolée/air atteint 2 kW, avec une consigne d'arrêt du circulateur sur l'eau glycolée quand l'air extérieur atteint 18 °C. La puissance en rafraîchissement est de 2,1 kW avec une température de consigne d'enclenchement à 22 °C de température d'air. MyDATEC revendique pour sa solution une économie de 4 100 kWh par an sous forme de récupération d'énergie dans le sol, par rapport à un système actif de chauffage et de rafraîchissement. Zehnder propose *ComfoFond-L*, une solution de puits hydraulique en association avec ses groupes de ventilation double flux. Le français AirExpert propose l'échangeur *GeoTherm 500*, fourni avec 200 ml de tubes en polyéthylène de diamètre 32 mm.

Ces systèmes consomment de l'énergie pour alimenter le circulateur sur le réseau d'eau glycolée enterré, mais la puissance électrique requise est faible : puissance et énergie peuvent être fournis par des panneaux photovoltaïques ou par l'association panneaux PV + stockage d'électricité pour rendre la solution parfaitement verte.

5 Les machines à adsorption de l'allemand SorTech, devenu Fahrenheit, utilisent la zéolithe comme adsorbant. Elles peuvent être montées en cascade pour atteindre jusqu'à 500 kW de puissance.

## Le géocooling ou free-cooling des pompes à chaleur géothermiques

De la même manière que les puits hydrauliques, les pompes à chaleur géothermiques sont raccordées à un réseau de capteurs enterrés verticaux ou horizontaux. À partir d'une dizaine de mètres de profondeur, le sous-sol conserve une température constante de 10 à 12 °C. Un réseau disposé dans des puits verticaux (on parle alors de sondes géothermiques) peut descendre jusqu'à 100 ou 150 m de profondeur, dans un puits de 150 mm de diamètre dans lequel des canalisations en PEHD de diamètre 32 mm sont disposées en U. Une fois les tubes descendus, le puits est rempli d'un coulis mélangeant ciment et bentonite (une sorte d'argile) qui assure leur protection mécanique, tout en conservant assez de souplesse pour accepter d'éventuels mouvements du sol et en affichant une conductivité thermique suffisante pour permettre un bon échange entre l'eau glycolée et le sol environnant. La puissance spécifique d'extraction dans le sous-sol varie de 25 W/m pour un sol sédimentaire très sec à plus de 80 W/m dans du granit ou du gneiss, en passant par 55 à 70 W/m dans du calcaire massif. Pour les grands projets, sauf si le sol est connu à l'emplacement choisi, il est prudent de se livrer à un test de réponse thermique : un forage en taille réelle, soumis à des sollicitations thermiques pour calculer la capacité thermique du sol.

Les Pac géothermiques peuvent être arrêtées à mi-saison et en été, tout en laissant en fonctionnement leur circuit de capteurs d'eau glycolée qui est alors basculé vers un échangeur direct eau glycolée/eau, alimenté à 10-12 °C sans activer du coup le compresseur de la Pac et donc sans les consommations électriques associées. Le rafraîchissement à l'intérieur du bâtiment est assuré par des émetteurs de chaleur du type ventilo-convecteurs, plafonds, sols ou murs rayonnants, dalle active, etc.

Cette technique peut être, plus facilement que le puits canadien ou le puits hydraulique, associée à de grands bâtiments dont les besoins de rafraîchissement atteignent plusieurs centaines ou milliers de kW. Le Cop (Coefficient de performance) équivalent du free-cooling atteint 12 ou davantage en fonction du dimensionnement des émetteurs. Plus ceux-ci sont conçus pour fonctionner à basse température – c'est-à-dire avec un écart de température réduit entre la température des locaux et la température de l'eau glacée –, plus le Cop sera élevé.

Cette solution offre aussi la possibilité, en plus de l'eau glacée, de produire en même temps du chauffage ou de l'eau chaude sanitaire : il suffit que le circuit d'eau glycolée vienne alimenter simultanément la Pac (qui assurera chauffage et ECS) et l'échangeur eau glycolée/eau, et que les émetteurs soient alimentés par 4 tubes. Cela permet au même moment de chauffer certains locaux, tout en rafraîchissant d'autres. Pensons, par exemple, à un hôtel avec des salles de réunion qui demandent à être rafraîchies lorsqu'elles sont occupées, même en hiver ou à mi-saison. Ou à un immeuble de bureaux aux façades orientées sud et nord, qui peut nécessiter chauffage et rafraîchissement à mi-saison.

Comme le puits hydraulique, cette technologie fait appel à un circulateur pour le réseau d'eau glycolée enterré. La puissance et l'énergie nécessaire peuvent être fournies, en tout ou partie, par des capteurs PV, par l'association capteurs PV + stockage d'électricité ou par un couple capteurs PV + réservoir tampon d'eau glacée (le réservoir est chargé le jour, puis utilisé la nuit en lieu et place du réseau principal).

### Solaire thermique et adsorption

Deux technologies de pompes à chaleur sans compression, l'absorption et l'adsorption, font largement appel au solaire thermique. Une pompe à chaleur à absorption ou à adsorption fonctionne à partir d'une source de chaleur qui sert à amorcer, puis à entretenir la réaction de sorption. Par nature, ces relations de sorption produisent simultanément de l'eau chaude et de l'eau glacée. Dans la configuration idéale, le bâtiment a besoin des deux à la fois et le Cop peut alors dépasser 10 avec des machines à absorption, un peu moins avec les machines à adsorption. Sinon, il faut dissiper l'eau chaude ou l'eau glacée, la plupart du temps dans l'atmosphère.

Dans une réaction d'adsorption, un fluide réfrigérant, en général de l'eau, se fixe – adsorbé – à la surface d'un corps solide – l'adsorbant –, en général le gel de silice (silicage!) ou la zéolithe : un grain de 1 g de zéolithe peut offrir jusqu'à 1 km<sup>2</sup> de surface d'adsorption. La réaction d'adsorption est réversible et évapore le liquide, donc absorbe de la chaleur et produit du froid. Son pendant est la désorption qui se produit lorsque l'adsorbant est saturé en eau et réchauffé pour relâcher l'eau adsorbée. Pour amorcer et entretenir une relation d'adsorption, il suffit d'une source de chaleur comprise entre 65 et 80 °C, qui peut parfaitement être fournie par des panneaux solaires thermiques. Une machine à adsorption est composée de quatre parties : deux compartiments remplis d'adsorbant, un condenseur et un évaporateur (les termes condenseur et évaporateur se réfèrent toujours au fluide). Dans le premier compartiment, l'adsorbant est régénéré par la chaleur issue des capteurs solaires : l'eau est désorbé (libérée) de l'adsorbant et transformée en vapeur. Cette vapeur d'eau passe dans le condenseur où elle est condensée (retransformée en liquide) et donc refroidie : l'eau cède sa chaleur au circuit externe à réchauffer (l'installation de chauffage ou un circuit alimentant un aéroréfrigérant si l'installation n'utilise pas la chaleur). Sous forme liquide, l'eau passe à l'évaporateur par l'intermédiaire d'une vanne de détente. Elle arrive à basse pression dans l'évaporateur où elle s'évapore : l'eau absorbe de la chaleur, donc refroidit un circuit extérieur (l'installation à refroidir). L'eau passe enfin dans le second compartiment rempli d'adsorbant qui maintient la basse pression du circuit en adsorbant l'eau. Pour y parvenir, le compartiment 2 est refroidi par le retour du circuit extérieur à refroidir, par exemple. Lorsque la saturation en vapeur de l'adsorbant du circuit 2 augmente, la production de froid dans l'évaporateur baisse. Les fonctions des deux compartiments contenant l'adsorbant sont permutées par l'ouverture et la fermeture de clapets. Ce sont des machines très



Photo Fahrenheit

6

**“Le Cop d'une machine à adsorption est inférieur à 1 mais si l'énergie utilisée est le soleil, cela importe finalement assez peu”**

**6** Les machines à adsorption SorTec (Fahrenheit) requièrent un apport de chaleur à 80 °C au maximum pour amorcer et soutenir leur réaction, produire de la chaleur et du froid simultanément.

robustes, car à l'exception de quatre clapets, elles ne contiennent aucune pièce en mouvement. En revanche, comme le fluide réfrigérant est l'eau qui possède des capacités de transport de chaleur réduite par rapport aux fluides réfrigérants chimiques (ammoniac, HFO, HFC, etc.), à puissance égale, les machines à adsorption sont nettement plus encombrantes que des groupes de production d'eau glacée classiques.

Le Cop d'une machine à adsorption est inférieur à 1 mais si l'énergie utilisée est le soleil, cela importe finalement assez peu. Les fabricants présents sur le marché européen proposent des machines à adsorption de 5,5 à 500 kW environ et sont exclusivement allemands pour l'instant. Le plus connu est SorTech, devenu Fahrenheit l'an dernier (4). Il existe d'autres fabricants, dont Rehler Kühlsysteme (5) et E.I.Tec (6), plutôt présents en industrie.

### Solaire thermique et absorption

L'autre technologie, la pompe à chaleur à absorption, remplace le solide adsorbant par un liquide absorbant : soit de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>), soit du bromure de lithium. L'eau est toujours le réfrigérant. Pour amorcer et entretenir l'absorption, il faut un apport de chaleur compris entre 150 et 200 °C. Le plus souvent, les machines à absorption utilisent un >>>

(4) <https://fahrenheit.cool>

(5) [www.rehler-kuehlsysteme.de](http://www.rehler-kuehlsysteme.de)

(6) [www.eitec-gmbh.de](http://www.eitec-gmbh.de)



7 Photo Fundación Metropoli

**7** L'Espagne est en pointe dans l'utilisation du solaire thermique pour la production de froid. Ici, des capteurs solaires thermiques tubulaires sous vide sont associés à des pompes à chaleur à absorption et à des stockages tampon d'eau chaude et d'eau glacée.

**8** L'Australie a décidé, il y a déjà 20 ans, de développer toutes les utilisations de l'énergie solaire thermique. Le fabricant australien Chromasun a développé des capteurs solaires thermiques haute température à concentrateur, capables de produire 100 °C avec un rendement de 60 % et jusqu'à 200 °C avec un rendement de 49 %. Ce qui ouvre toutes sortes de possibilités, depuis la production de chaleur de process en usines, jusqu'à la climatisation en association avec des machines à absorption, en passant par une large production d'ECS.

brûleur gaz ou fioul. Mais le français Helioclim a développé un capteur solaire thermique spécifique et conçu une solution complète, capable de réduire jusqu'à 80 % la facture d'énergie liée à la génération de chaleur et de froid. Cette réduction provient directement de l'apport d'énergie solaire thermique et du rendement de la machine. Sa machine à absorption utilise une solution eau (réfrigérant) + NH3 (le NH3, fluide naturel et très largement disponible dans le monde, porte la désignation R717 dans la nomenclature internationale des fluides réfrigérants). Elle produit de la chaleur et du froid de -40 à +65 °C, de l'eau glacée à 4 °C pour la climatisation ou la production de froid basse température. Dans certaines configurations, pour des besoins industriels, les machines Helioclim peuvent produire de l'eau glacée à des températures négatives jusqu'à -60 °C, de quoi alimenter des tunnels de surgélation en industrie agroalimentaire. La machine produit simultanément de l'eau chaude à 65 °C pour l'ECS ou le chauffage. Grâce au champ de capteurs solaires thermiques, la machine peut produire de la chaleur jusqu'à 200 °C pour des besoins spécifiques. Elle embarque un stockage d'énergie sous forme thermochimique pour fonctionner en l'absence de soleil. Helioclim n'est pas très disert quant à la

nature de la matière utilisée. Le chauffage de ce corps chimique (par le soleil) le sépare en deux composants stables. Au moment où l'on a besoin de chaleur, la réunion des deux composants produit de la chaleur et recompose le corps initial : le stockage thermochimique n'est donc pas chaud. Il est stocké à température ambiante, inerte et peut durer indéfiniment, tant que les deux composants ne sont pas réunis. Si la quantité de chaleur stockée ne suffit plus, la machine fait appel à une énergie de relève, le gaz naturel, par exemple, avec un rendement de 165 % sur PCI (Pouvoir calorifique inférieur). Cette machine à absorption peut tout aussi parfaitement fonctionner au biogaz pour être totalement vertueux.

La machine Helioclim est disponible pour des puissances de 100 à 1000 kW froid. Son Cop chaud est de 1,7, tandis que son Cop froid se limite à 0,7. Le capteur solaire développé par Helioclim produit de l'eau chaude entre 150 et 200 °C. Il s'agit d'un capteur à concentration : un vrai miroir inaltérable à très haute réflectivité (96 %) concentre la chaleur sur le tube absorbeur monté en focale au-dessus. Le capteur est installé sur un trackeur à un axe de manière à suivre la course du soleil pour maximiser le rendement quotidien et à mettre >>>

**“Le français Helioclim a développé un capteur solaire thermique spécifique et conçu une solution complète, capable de réduire jusqu'à 80 % la facture d'énergie liée à la génération de chaleur et de froid”**





# LE RAFRAÎCHISSEMENT ADIABATIQUE

En présence d'eau, l'air chaud lui cède sa chaleur et l'évapore : l'air se refroidit. C'est le mécanisme de la ventilation adiabatique : un ventilateur pousse l'air chaud extérieur dans le bâtiment à travers un échangeur humide pour le refroidir. Le bâtiment traité est donc mis en surpression et l'air intérieur est poussé hors du bâtiment. Plus la température de l'air extérieur est élevée et plus son humidité relative est faible, plus la ventilation adiabatique est efficace. Cooléa, une marque du groupe Adexis, propose la gamme *Adiabox*, des caissons monobloc de ventilation adiabatique. Ils sont alimentés en eau perdue (déméralisée et filtrée) et équipés d'un ventilateur. Pour un air extérieur à 20 °C avec 10 % d'Humidité

relative (HR), la température de soufflage dans le bâtiment est de 9,3 °C ; tandis que pour de l'air extérieur à 20 °C avec 80 % HR, la température de soufflage monte à 18 °C. En revanche, un air extérieur à



Photo Adexis

40 °C avec 10 % HR permet une température de soufflage à 21,6 °C, soit un abaissement de température extrêmement significatif. En termes d'efficacité énergétique, un caisson *Adiabox 16* absorbe une puissance électrique de 1,5 kW. Avec de l'air à 36 °C et 30 % HR, il restitue une puissance frigorifique de 58 kW. Ce qui donne un EER (Energy efficiency ratio, l'équivalent en froid du Cop) de 39 ! La gamme *Adiabox WF* est disponible en caisson de 16 000 m<sup>3</sup>/heure de débit sans ventilateur ou de 30 000 m<sup>3</sup>/heure avec ventilateur. Cooléa propose aussi 7 modèles *Adiabox NFG*, gainables et sans ventilateur pour un montage dans une CTA, par exemple, de 500 à 30 000 m<sup>3</sup>/heure. ■

## Principe de fonctionnement du rafraîchissement par dessiccation

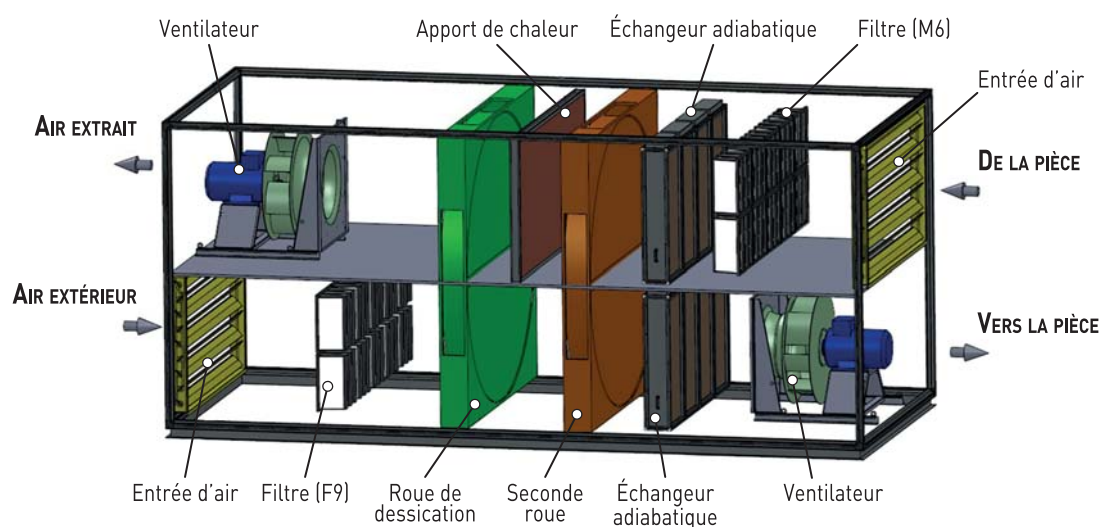


Illustration Kuiva

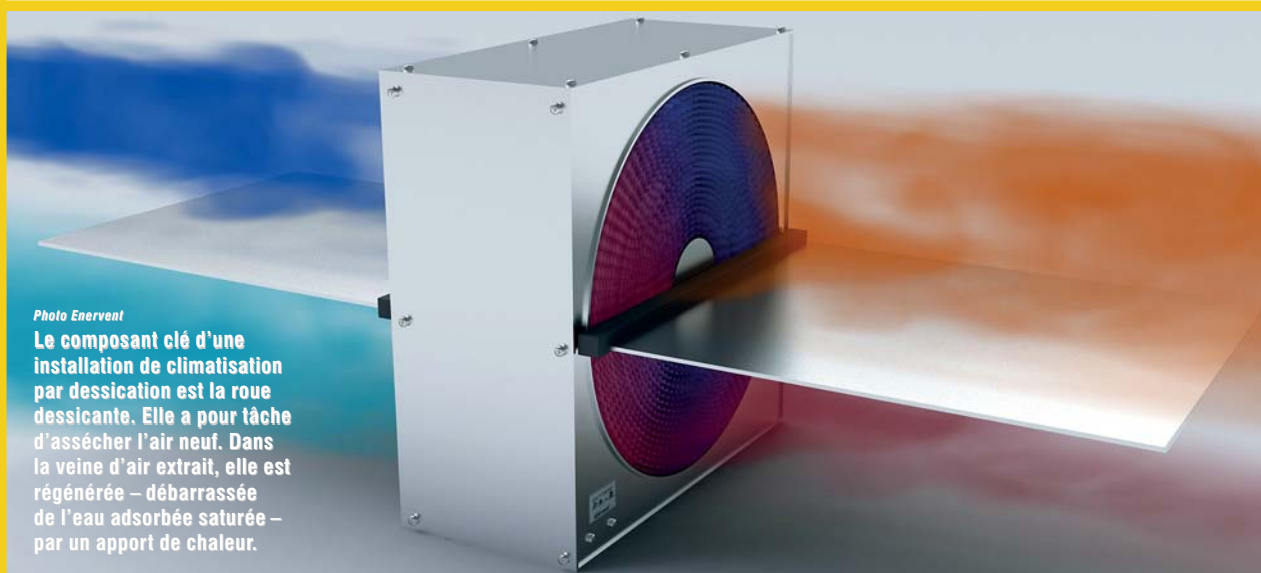


Photo Enervent

**Le composant clé d'une installation de climatisation par dessiccation est la roue dessiccante. Elle a pour tâche d'assécher l'air neuf. Dans la veine d'air extrait, elle est régénérée – débarrassée de l'eau adsorbée saturée – par un apport de chaleur.**

# LE FROID PAR DESSICCATION

**Le froid par dessiccation est un approfondissement des processus adiabatiques.**

Dans une Centrale de traitement d'air (CTA) double flux à dessiccation, en mode rafraîchissement, l'air est d'abord filtré puis asséché par un premier échangeur rotatif (desiccant wheel). Il s'agit d'une roue à sorption, dite aussi roue de dessiccation, dont l'adsorbant est le plus souvent le silicagel. Cette roue doit être régénérée par un apport de chaleur dans le flux d'air extrait (heating coil). Cette chaleur provient soit d'une récupération de chaleur fatale, soit d'une boucle d'eau réchauffée par une chaudière gaz ou fioul, soit de panneaux solaires thermiques. Dans le flux d'air entrant, l'air neuf

asséché par son passage sur la roue de dessiccation traverse ensuite une seconde roue (sensible wheel) qui récupère la relative fraîcheur de l'air extrait, renforcée par un échangeur adiabatique (evaporative cooler) monté juste avant la roue dans le flux d'air extrait. Ce passage à travers la seconde roue refroidit l'air neuf. La température de l'air neuf est de nouveau abaissée par une projection d'eau dans la veine d'air grâce un échangeur adiabatique (evaporative cooler) : une surface constamment humidifiée en eau perdue. La différence de température entre l'air extérieur et l'air neuf insufflé peut atteindre 12 à 18 °C, ce qui donne des Cop de l'ordre de 28 à 32.

En mode chauffage, les échangeurs adiabatiques sont arrêtés et les deux échangeurs rotatifs portent le rendement de récupération de chaleur sur l'air extrait au-delà de 90 %. La batterie de réchauffage est toujours alimentée en hiver par les capteurs solaires et apporte un complément de chaleur qui contribue au chauffage des locaux. L'énergie électrique consommée par une CTA à dessiccation alimente ses deux ventilateurs et les pompes qui humidifient les échangeurs adiabatiques. Il existe plusieurs offres packagées de CTA adiabatique sur le marché français, notamment celles de la société coopérative Dessicca ([www.dessicca.fr](http://www.dessicca.fr)) et celle de Sustain'Air ([www.sustainair.fr](http://www.sustainair.fr)). ■



Photo Helioclim 9

le capteur en position de sécurité (miroir et absorbeur dirigés vers le sol) en cas de très fort vent, d'absence de soleil, de grêle... Le capteur ne pèse que 60 kg, ce qui permet de l'installer sur une toiture-terrasse. Lorsque l'installation dispose de plusieurs capteurs, la position de sécurité peut également servir à moduler la puissance de l'installation en effaçant une ou plusieurs lignes de capteurs. Elle peut servir aussi à couper totalement l'installation en effaçant tous les capteurs, en cas d'absence de besoin de chaleur. Tous les composants du système Helioclim sont fabriqués en France.

### Photovoltaïque et climatisation

Finalement, les systèmes évoqués jusque-là ne font totalement appel aux énergies renouvelables que si l'électricité qu'ils utilisent est produite sur site par des panneaux PV et autoconsommée. Les systèmes de panneaux PV plus stockage d'électricité plus onduleur de chargement et de déchargement du stockage sont déjà disponibles sur notre marché, auprès d'une bonne trentaine de fabricants ou d'assembleurs. Mais, au-delà, l'association énergie PV et rafraîchissement ou même climatisation à détente directe constitue-t-elle aussi une solution d'avenir ? Depuis quelques années déjà, une bonne vingtaine d'industriels européens et asiatiques proposent sur le marché français d'associer électricité PV et production d'ECS dans des ballons thermodynamiques. Une douzaine environ font un pas de plus et proposent en Europe, très peu en France, l'association de climatiseurs à détente directe et d'électricité PV. Certains, comme Panasonic et LG sont particulièrement bien armés pour cela puisqu'ils

**9** Le capteur solaire thermique *Helioclim 4800* à concentrateur, conçu et produit par Helioclim, produit de l'eau chaude jusqu'à 200 °C. Il est monté sur un trackeur à un axe pour maximiser son rendement en suivant la course du soleil dans la journée.

fabriquent eux-mêmes tous les composants nécessaires : panneaux PV parmi les meilleurs du marché, stockages d'électricité, automates de pilotage, onduleurs en ce qui concerne Panasonic et systèmes de climatisation à détente directe. Les climatiseurs modernes sont pilotés par Inverter, un dispositif qui transforme le courant alternatif du réseau en courant continu pour pouvoir facilement faire varier sa fréquence et réguler le climatiseur. Comme les panneaux PV et les stockages d'électricité produisent du courant continu, Panasonic a donc imaginé qu'il pouvait sauter l'étape de l'onduleur qui convertit le courant continu des panneaux en courant alternatif, et alimenter directement ses climatiseurs en courant continu. Cela permet d'augmenter le rendement global de l'installation, puisque chaque transformation courant continu/courant alternatif (ou l'inverse) entraîne une perte d'énergie. Panasonic mène donc des expériences au Japon dans des logements et bureaux dotés de deux réseaux électriques : en courant continu et en courant alternatif. En France, nous n'en sommes pas là, mais un petit industriel a déjà développé une solution.

### L'idée d'une climatisation tout en photovoltaïque

La société SENR (Solutions énergies renouvelables) [7] a développé deux solutions pour faire fonctionner une climatisation classique à détente directe et Inverter avec de l'électricité photovoltaïque. Pour la maison individuelle et le tertiaire, SENR a développé une solution qui assure un fonctionnement de la climatisation à 80 % à partir d'électricité photovoltaïque. Tout d'abord, SENR a noué un >>>

[7] [www.senr.fr](http://www.senr.fr)

**“Pour la maison individuelle, la solution solaire hybride réversible de SENR est tout à fait particulière. Les panneaux photovoltaïques sont raccordés à un onduleur embarqué dans l'unité extérieure de climatisation”**



©2017 - Pascal Poggi - AQC

L'électricité d'origine photovoltaïque peut être rendue disponible partout : sur des maisons individuelles isolées comme sur des bâtiments existants au centre des plus grandes villes.



Photo SENR

Voici l'interface de pilotage d'une installation de SRV. Elle raccorde tous les composants d'un SRV – un DRV (Débit de réfrigérant variable) à alimentation photovoltaïque – à une supervision à travers différents bus de communication. Grâce à son serveur web embarqué, elle permet aussi un contrôle direct depuis un navigateur internet (Internet Explorer, Safari, Chrome...).

partenariat avec le chinois Midea, l'un des tous premiers industriels de la climatisation au monde. Midea commercialise ses solutions sous sa marque, mais a aussi conclu plusieurs accords techniques et commerciaux avec des marques connues : Toshiba Climatisation, Bosch Thermotechnologie... Ainsi, la toute nouvelle gamme de DRV (Débit de réfrigérant variable) de Bosch pour le tertiaire est produite dans une joint-venture Midea-Bosch. SENR a donc accès à une technologie de pointe, une grande variété de groupes extérieurs et d'unités intérieures. Pour la maison individuelle, la solution solaire hybride réversible de SENR est tout à fait particulière. Les panneaux photovoltaïques sont raccordés à un onduleur embarqué dans l'unité extérieure de climatisation. La puissance nominale des panneaux PV ne doit pas dépasser 650 Wc. Trois types d'unités intérieures sont disponibles, chacune d'une puissance de 3,7 kW en froid : climatiseur mural, unité gainable ou cassette. Le Seer (Seasonal energy efficiency ratio ou EER saisonnier) peut atteindre 8,5, tandis que le Scop monte à 5,1. Ce système domestique peut être associé à un stockage d'électricité proposé en option.

Pour le tertiaire, l'entreprise propose le *SRV Climatisation Solaire Photovoltaïque*, un DRV à alimentation photovoltaïque. Un SRV fonctionne selon deux modes. Premièrement, il peut moduler la puissance froid ou chaud de l'installation en fonction de l'énergie photovoltaïque disponible à tout moment, en agissant sur les unités extérieures. Deuxièmement, le SRV peut gérer plusieurs sources d'électricité – panneaux PV, stockage, réseau extérieur – pour atteindre les buts fixés par sa programmation : maximiser l'emploi de l'électricité produite sur site, assurer une consigne intérieure, pièce par pièce éventuellement, gérer la puissance électrique fournie par le réseau en fonction d'objectifs de coûts d'exploitation, etc. Le SRV est construit à partir de la cinquième génération des DRV Midea qui propose 14 groupes extérieurs de 14/15 kW (froid/chaud) à 62/59 kW, avec 6 types d'unités intérieures différentes. Les surfaces de panneaux PV associées vont de 37 m<sup>2</sup> (21 panneaux, 3,95 kWc) à 165 m<sup>2</sup> (94 panneaux et 19 kWc). Enfin, pour les sites isolés (refuge en montagne...), SENR propose 4 climatiseurs de 2700 à 7200 W fonctionnant de manière parfaitement autonome grâce à des panneaux PV associés à un stockage d'électricité. Les climatiseurs sont alimentés directement en courant continu de 48V. Selon la puissance souhaitée, le nombre de panneaux PV varie de 4 à 12 et le stockage doit être dimensionné pour assurer un fonctionnement durant 6 à 24 heures. Cette gamme, toujours développée à l'aide de climatiseurs Midea, a été présentée lors de la COP22 au Maroc. ■