



www.jaeggi-hybrid.ch

Auteur



Joachim Weber
Directeur des ventes CH/A

Une réfrigération innovante et durable grâce à des refroidisseurs secs hybrides ou adiabatiques

Résumé

Qu'il s'agisse de la protection du climat, de la préservation des ressources ou de réduction des coûts, le rendement énergétique est la question centrale, non seulement au niveau politique, mais également pour un grand nombre d'entreprises. Dans ce contexte, le coefficient EER (Energy Efficiency Ratio) prend une importance particulière. En effet, c'est ce coefficient qui renseigne sur le rendement énergétique des machines frigorifiques. Plus il est élevé, meilleure est la rentabilité énergétique. Cependant, outre le rendement énergétique, il convient également d'évaluer la consommation d'eau des installations frigorifiques pour garantir une réfrigération efficace. Avec la technologie de refroidissement hybride, la société JAEGGI propose un système de réfrigération qui associe rendement énergétique élevé et faible consommation d'eau.

Contenu

Les machines frigorifiques sont énergivores	2
Bien souvent, les refroidisseurs secs ne suffisent pas	2
La palme de la rentabilité revient au refroidissement par évaporation	3
Le refroidisseur sec hybride : économe en eau, efficace au plan énergétique, sans vapeur et silencieux	3
<i>Exploitation optimale grâce à la commande HYBRIMATIC</i>	4
Caractéristiques de fonctionnement des refroidisseurs secs hybrides	5
« EER » = 120 : avec le refroidissement sec hybride, pas de problème !	7
Refroidisseur sec hybride à vidange automatique	8
Refroidisseurs adiabatiques	9
Des achats en gros pour plus d'économies	10
Économies d'énergie grâce au « refroidissement naturel » (free-cooling)	11
Constat	11

JAEGGI Hybridtechnologie AG
Hirschgässlein 11
CH-4051 BASEL
SWITZERLAND

Member of Guntner Group



Les machines frigorifiques sont énergivores

En fonction du niveau de température demandé, la planification et la réalisation de systèmes de réfrigération et de production d'eau froide font appel à différents procédés de refroidissement de l'eau de recyclage. Pour des températures d'eau de refroidissement inférieures à 20 °C environ, ce sont des machines frigorifiques appelées « refroidisseurs d'eau » qui sont mises en œuvre. Celles-ci peuvent exploiter un refroidissement à l'air ou à l'eau. En fonction de leur conception et de leur point de fonctionnement, elles atteignent des coefficients EER compris entre 4 (c'est-à-dire qu'il faut une puissance de 1 kW pour le moteur électrique d'entraînement du compresseur pour obtenir 4 kW de puissance frigorifique) et 10. Pour des températures d'eau de refroidissement supérieures à 20 – 25 °C environ, les exploitants n'ont pas besoin de telles machines frigorifiques énergivores. À la place, des refroidisseurs évaporatifs ou des refroidisseurs secs permettent d'obtenir les températures correspondantes tout en consommant beaucoup moins d'électricité pour y parvenir. Lors de la planification de nouvelles installations, il convient que planificateur et exploitant se posent systématiquement la question critique de savoir si le procédé de refroidissement a effectivement besoin de températures d'eau inférieures à 20 – 25 °C ou s'il est possible d'avoir recours à des températures d'eau plus élevées.

Dry cooling is often not enough

Sur les refroidisseurs secs, des échangeurs de chaleur à ailettes sont refroidis par l'air ambiant dont la température conditionne la limite de refroidissement théorique. Dans la pratique, le point de conception de 32 °C pour la température ambiante, couramment admis en Europe centrale, ne permet cependant d'atteindre que des températures minimales d'eau de refroidissement de 35 à 37 °C environ. En raison du réchauffement climatique, les installations sont désormais conçues pour une température ambiante d'au moins 35 °C, ce qui élève la température minimale d'eau de refroidissement aux alentours de 38 – 40 °C. Des températures d'eau plus faibles ne peuvent être obtenues économiquement qu'au moyen de refroidisseurs évaporatifs.



Refroidisseur sec sous forme de table

Photo : Güntner GmbH & Co. KG

La palme de la rentabilité revient au refroidissement par évaporation

Sur les refroidisseurs secs, outre les températures d'eau élevées, il faut pouvoir assumer d'importantes surfaces d'installation ainsi qu'une consommation électrique relativement élevée, même si cette dernière reste inférieure à celle des machines frigorifiques. A contrario, les refroidisseurs évaporatifs sont beaucoup plus avantageux. En effet, le fait d'utiliser le principe naturel de l'évaporation permet d'obtenir un rendement énergétique maximal tout en nécessitant un encombrement nettement plus faible. L'eau qui s'évapore dans l'atmosphère prélève ainsi l'excédent de chaleur du circuit de traitement. Dans les refroidisseurs évaporatifs, la température de bulbe humide conditionne la limite de refroidissement théorique, fixée en Europe centrale à 21 – 23 °C pour la conception des équipements. Les températures d'eau qu'il est possible d'atteindre dans la pratique sont de 2 à 8 °K supérieures, en fonction du type de construction des refroidisseurs évaporatifs. Il existe sur le marché des équipements à refroidissement évaporatif dans une large gamme de puissances et selon de nombreux types de construction, par exemple sous forme de tour de refroidissement par voie humide, ouvertes et fermées, ou de condenseurs évaporatifs. Ces systèmes présentent cependant un certain nombre d'inconvénients. En effet, en fonction du régime de fonctionnement et du type de construction, ils émettent un panache de vapeur visible qui est souvent ressenti comme une gêne, voire une source de dangers potentiels comme la formation de brouillard, nuisant à la visibilité, ou de verglas sur les routes voisines. Par ailleurs, il est nécessaire de disposer de quantités d'eau relativement importantes pour compenser les pertes par évaporation et déconcentration. De plus, la plupart des tours de refroidissement ne peuvent être insonorisées qu'au prix d'installations coûteuses, en raison du niveau de bruit relativement élevé dû à la chute de l'eau. Dans les tours de refroidissement ouvertes, l'eau de refroidissement est également polluée par la poussière, les feuilles, les insectes, le pollen, etc. provenant de l'air ambiant, une tour de refroidissement ouverte fonctionnant indirectement comme un épurateur d'air.

Le refroidisseur sec hybride : économe en eau, efficace au plan énergétique, sans vapeur et silencieux

C'est ainsi que, en 1992, un concept de refroidissement moderne et innovant a permis à la société JAEGGI de mettre au point en Suisse le refroidisseur sec hybride. Depuis, ce sont plus de 3 000 refroidisseurs secs hybrides qui ont été produits. En fonction de la conception, les températures de fluide atteintes peuvent dépasser la température de bulbe humide de 3 °K. Le refroidisseur sec hybride de JAEGGI associe les avantages des systèmes de refroidissement conventionnels et de la réfrigération humide, sans en subir les inconvénients. Ceci permet aux clients de bénéficier d'installations réfrigérantes à haute efficacité, pour une consommation réduite en électricité et en eau. Par ailleurs, les refroidisseurs sont extrêmement silencieux, ils sont garantis sans émission de vapeur et, grâce à la commande HYBRIMATIC intégrée et à leur faible encombrement, ils peuvent être incorporés dans des installations neuves ou existantes sous forme de solution prête à l'emploi.

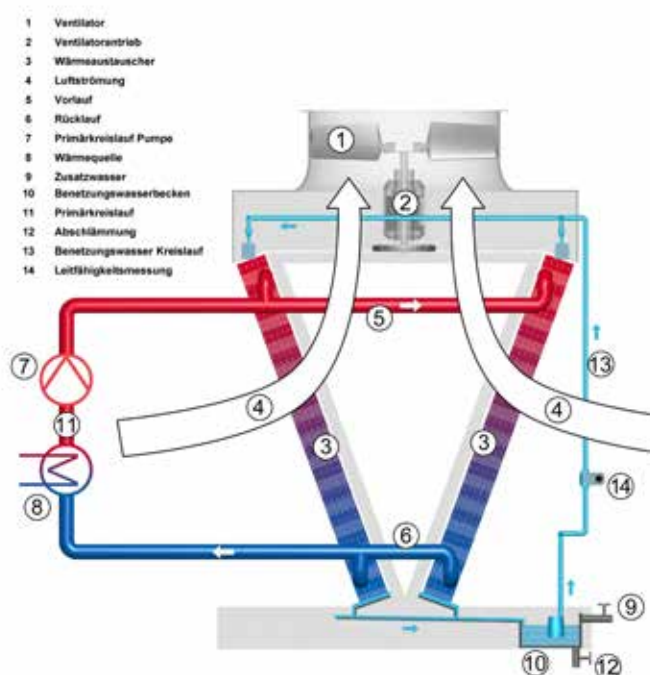
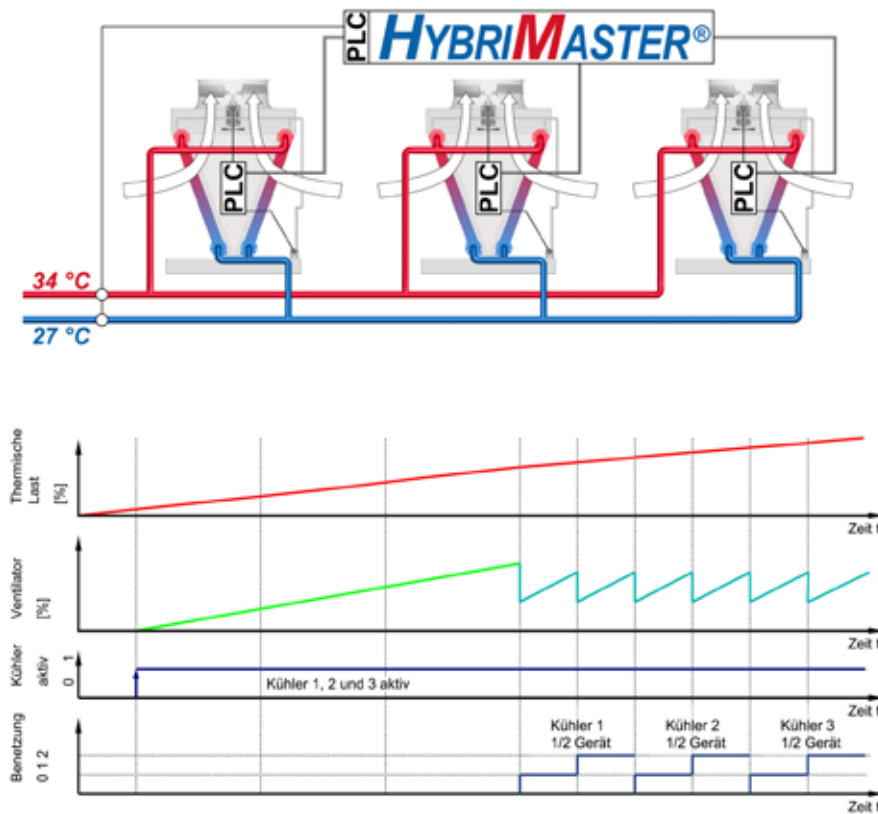


Schéma fonctionnel d'un refroidisseur sec hybride JAEGGI Hybridtechnologie AG

Exploitation optimale grâce à la commande HYBRIMATIC

Les refroidisseurs secs hybrides sont toujours optimisés pour économiser l'eau. En effet, durant les périodes froides de l'année ou lorsqu'ils fonctionnent à charge partielle, les refroidisseurs sont entièrement exploités à sec, grâce à la commande HYBRIMATIC de JAEGGI, c'est-à-dire avec transfert de la chaleur vers l'air ambiant par convection. Ce n'est que lorsqu'il n'est plus possible d'atteindre la température d'eau froide voulue en fonctionnement à sec que le circuit de mouillage s'active. Grâce à l'utilisation du principe naturel d'évaporation, les refroidisseurs sont très efficaces sur le plan énergétique tout en économisant, en fonction de leur point de fonctionnement et de leur conception, 70 à 90 % de la consommation d'eau et des coûts qui en résultent par rapport aux tours de refroidissement par voie humide. Dans le cas d'installations exploitant plusieurs refroidisseurs secs hybrides, les installations sont pilotées selon le principe maître-esclave au moyen de la commande HYBRIMASTER de niveau supérieur.



Principe de fonctionnement de la commande maître en cas d'installations combinées exploitant plusieurs refroidisseurs hybrides

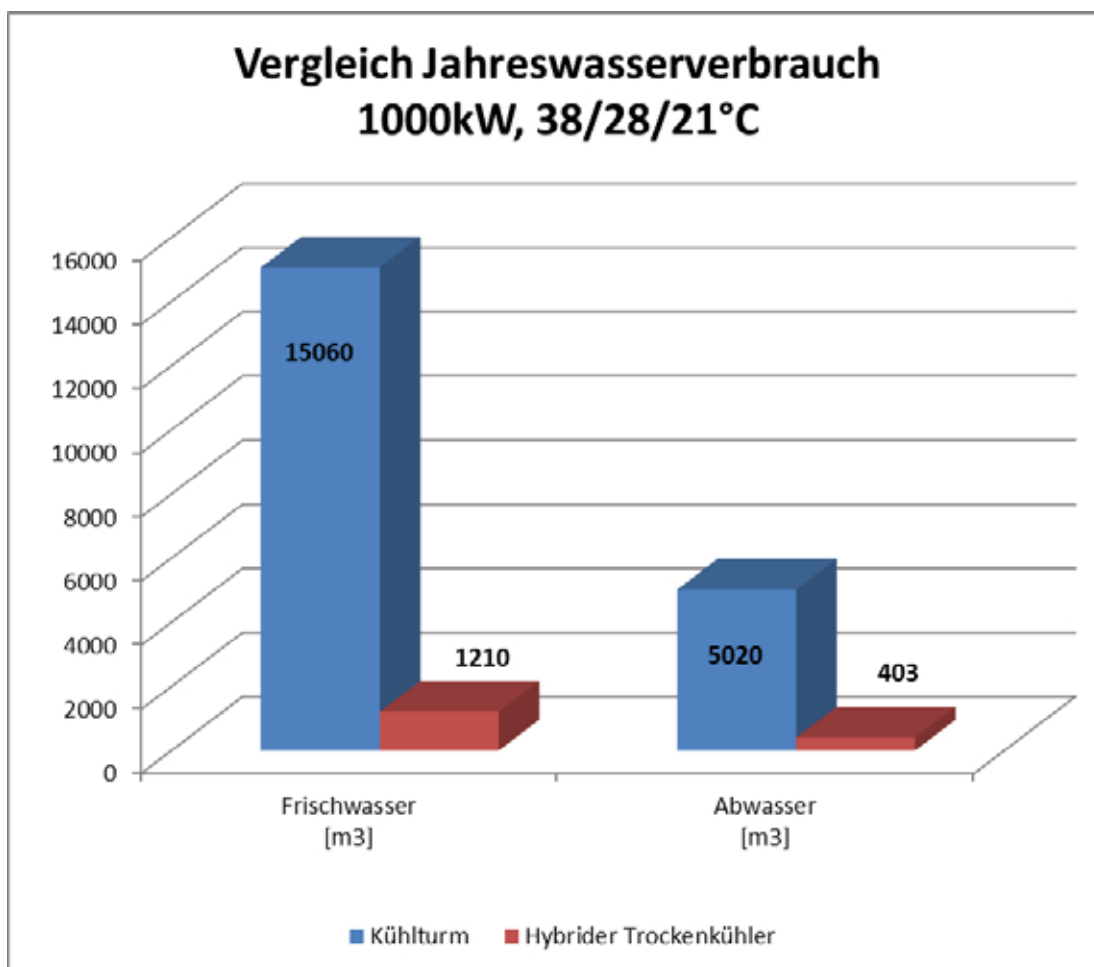
Caractéristiques de fonctionnement des refroidisseurs secs hybrides

La technologie hybride innovante permet de combiner dans un seul équipement la technique de réfrigération à haut rendement énergétique, sur la base du principe naturel de l'évaporation, et le refroidissement sec, économe en eau. Dès que le point de basculement pour fonctionnement à sec est atteint, le refroidisseur coupe automatiquement le mouillage et travaille ensuite à sec, sans consommer d'eau. En fonction de la conception, les points de basculement pour fonctionnement à sec sont dans la plupart des cas compris dans une plage de température ambiante comprise entre 10 et 20 °C. L'économie d'eau par rapport aux tours de refroidissement par voie humide habituelles est considérable, du fait que les refroidisseurs fonctionnent à sec ou ne sont que partiellement humides une bonne partie de l'année. Le tableau ci-dessous montre une caractéristique de fonctionnement typique pour un refroidisseur sec hybride équipant le site de Munich. Le point de basculement pour fonctionnement à sec est de 18 °C dans cet exemple, pour une charge constante annuelle de 1 000 kW, des températures de fluide de 38/28 °C et une exploitation en 3x8.

Plage de temp. de l'air (régime de fonctionnement)			Mode de fonctionnement du refroidisseur		Vitesse du ventilateur	Consommation d'eau		Puissance totale absorbée	Heures de fonctionnement	Puissance de refroidissement	Eau de refroidissement	
de [°C]	à [°C]	φ %	sec	hum		Eau douce	Eaux usées				Marche	Arrêt
					%	EZ = 3 [m³]	EZ = 3 [m³]	[kWh]	h	[MW]	[°C]	
-29.0	-20.0	0	1	0	28	0	0	2	5	1.000	38.0	28.0
-20.0	-17.0	0	1	0	30	0	0	7	16	1.000	38.0	28.0
-17.0	-14.0	0	1	0	31	0	0	19	38	1.000	38.0	28.0
-14.0	-11.0	0	1	0	34	0	0	47	77	1.000	38.0	28.0
-11.0	-8.0	0	1	0	36	0	0	97	129	1.000	38.0	28.0
-8.0	-5.0	0	1	0	39	0	0	257	276	1.000	38.0	28.0
-5.0	-2.0	0	1	0	42	0	0	649	552	1.000	38.0	28.0
-2.0	1.0	0	1	0	45	0	0	1'911	1263	1.000	38.0	28.0
1.0	4.0	0	1	0	50	0	0	1'952	972	1.000	38.0	28.0
4.0	7.0	0	1	0	55	0	0	2'635	959	1.000	38.0	28.0
7.0	10.0	0	1	0	62	0	0	4'117	1'038	1.000	38.0	28.0
10.0	13.0	0	1	0	72	0	0	6'894	1'117	1.000	38.0	28.0
13.0	16.0	0	1	0	87	0	0	10'769	1'005	1.000	38.0	28.0
16.0	18.0	0	1	0	100	0	0	7'289	446	1.000	38.0	28.0
18.0	19.0	66	1/2	1/2	77	187	63	1'430	175	1.000	38.0	28.0
19.0	22.0	60	1/2	1/2	89	456	153	4'518	374	1.000	38.0	28.0
22.0	24.1	56	1/2	1/2	99	223	74	2'768	165	1.000	38.0	28.0
24.1	25.0	55	0	1	53	100	33	201	53	1.000	38.0	28.0
25.0	28.0	48	0	1	56	176	59	357	84	1.000	38.0	28.0
28.0	31.0	41	0	1	59	59	20	123	26	1.000	38.0	28.0
31.0	33.0	36	0	1	61	9	3	18	4	1.000	38.0	28.0
						1210	403	46060	8760			

Caractéristique de fonctionnement d'une installation type pour refroidisseurs hybrides à plein régime toute l'année, d'une puissance de refroidissement constante de 1 000 kW pour des températures de fluide de 38/28 °C sur le site de Munich

Pour le refroidisseur sec hybride, on obtient une consommation d'eau annuelle (évaporation et déconcentration pour un facteur d'épaississement de 3) de 1 210 m³ et une quantité d'eaux usées de 403 m³. En revanche, en cas d'utilisation d'une tour de refroidissement par voie humide, c'est une quantité de 15 060 m³ d'eau douce qui serait consommée, pour un volume d'eaux usées de 5 020 m³.



Comparaison de la consommation d'eau d'une tour de refroidissement par rapport à un refroidisseur hybride fonctionnant à plein régime toute l'année, avec une puissance de refroidissement constante de 1000 kW pour des températures de fluide de 38/28 °C sur le site de Munich

« EER » = 120 : avec le refroidissement sec hybride, pas de problème !

L'exemple d'installation réalisée illustre de manière impressionnante le rendement énergétique des refroidisseurs secs hybrides : Le refroidisseur HTK 2.4/9.0 représenté sur l'illustration sert à refroidir un banc d'essais. Pour une consommation électrique de 3 x 4,8 kW pour les ventilateurs et de 2 x 0,7 kW pour les pompes de mouillage (= en tout 15,8 kW), il fournit une puissance de refroidissement de 1 900 kW (volume d'eau de 230 m³/h, température d'eau chaude de 35 °C, température d'eau froide de 28 °C, température de bulbe humide de 21,5 °C). On en retire un coefficient EER de 1900 kW/15,8 kW = 120, plus efficace au plan énergétique (remarque : le coefficient EER, qui s'applique en fait aux machines frigorifiques, est employé ici par extension).



Refroidisseur sec hybride HTK 2.4/9.0 pour le refroidissement d'un banc d'essais, puissance de refroidissement de 1900 kW à des températures de fluide de 35/28 °C

Photo : JAEGGI Hybridtechnologie AG

En régime à charge partielle ou pour des températures de bulbe humide plus faibles, la vitesse de rotation des ventilateurs est réduite en continu au moyen de la commande HYBRIMATIC, par l'intermédiaire d'un convertisseur de fréquence. La consommation électrique des ventilateurs étant proportionnelle au cube de leur vitesse de rotation, le coefficient EER croît exponentiellement. Dans l'exemple ci-dessus, le refroidisseur atteint ainsi un coefficient EER de 590 à la moitié de la vitesse des ventilateurs.

Refroidisseur sec hybride à vidange automatique

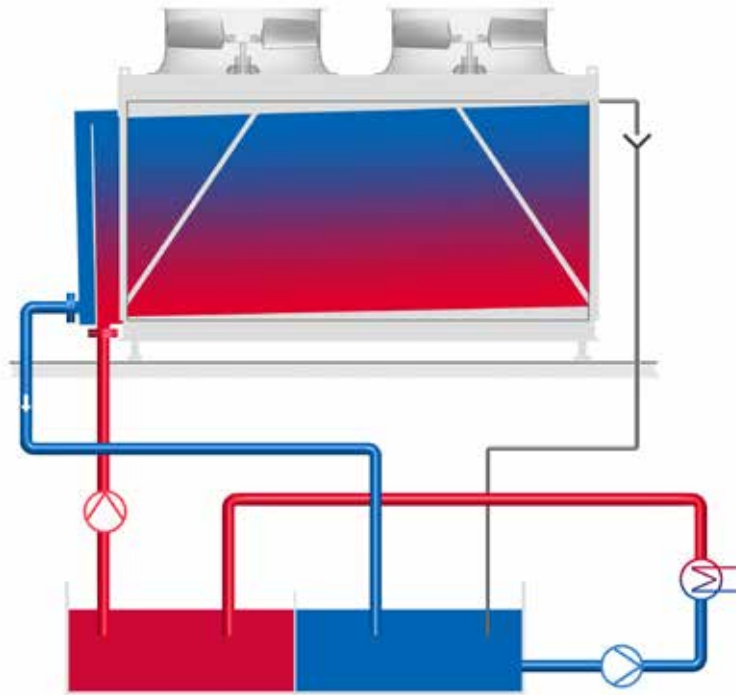


Schéma fonctionnel d'une installation de refroidissement à l'eau avec refroidisseur hybride à vidange automatique

En règle générale, les refroidisseurs secs hybrides sont utilisés avec un mélange eau/glycol pour éviter les dégâts dus au gel en hiver lorsque l'installation n'est pas utilisée. Pour remplacer des tours de refroidissement par voie humide existantes ou pour planifier de nouveaux équipements sans glycol, JAEGGI propose également une version avec vidange automatique pour une exploitation à l'eau pure. Une réalisation spéciale permet alors de garantir que le fluide du refroidisseur coule automatiquement dans un bac protégé contre le gel, côté bâtiment, lorsque l'installation est à l'arrêt.

Refroidisseurs adiabatiques

Depuis quelques années, on trouve de plus en plus de « refroidisseurs adiabatiques » à aspersion. En fonction des spécifications de conception, cela peut représenter une variante économique par rapport aux refroidisseurs secs hybrides. Dans les refroidisseurs secs du commerce, l'eau est aspergée dans le sens de l'air ou dans le sens opposé, afin de refroidir l'air à une température inférieure à la température ambiante et d'atteindre ainsi des températures de fluide inférieures à la température ambiante. Le problème qui se pose en mode aspersion, c'est que les batteries de refroidissement conçues pour une exploitation à sec se mouillent, d'où un risque de corrosion et de dépôts. La durée d'aspersion est limitée. En cas d'aspersion prolongée, il est obligatoire d'utiliser de l'eau adoucie ou déminéralisée. C'est pourquoi JAEGGI s'est orientée vers une autre solution mettant en œuvre un média humidifié à l'entrée de l'air.



*Série ADC de refroidisseurs secs adiabatiques, avec média humidifié à l'entrée de l'air
Photo : JAEGGI Hybridtechnologie AG*

Le gros avantage de cette solution réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'une eau traitée pour le média humidifié, du fait que les batteries de refroidissement restent sèches. Par conséquent, à l'inverse des refroidisseurs à aspersion, il n'y a dans ce cas aucune limite à la durée d'utilisation en fonctionnement humide. Il est alors possible d'utiliser les refroidisseurs sans problème avec un point de consigne glissant. Les températures de fluide pouvant être atteintes sont d'environ 6 °K supérieures à la température de bulbe humide. Par rapport aux refroidisseurs secs hybrides, plus chers en fonction de leur point de conception, et bien qu'il faille prévoir davantage de place et d'électricité, le point de commutation pour mode à sec est plus élevé et les coûts de consommation d'eau sont donc plus faibles.



*Refroidisseurs ADC pour climatisation de bâtiments à Londres
Photo : JAEGGI Hybridtechnologie AG*

Des achats en gros pour plus d'économies

Il est également possible de faire des économies d'énergie en surdimensionnant volontairement les refroidisseurs. Au point de conception, le refroidisseur travaille alors à un débit d'air réduit et avec une vitesse de rotation de ventilateur réduite, ce qui réduit la consommation électrique de façon exponentielle car la consommation électrique des ventilateurs évolue proportionnellement au cube de la vitesse de rotation. Par ailleurs, le point de commutation pour mode à sec s'élève du fait du volume plus important des refroidisseurs secs adiabatiques ou hybrides, ce qui permet, outre les économies d'électricité, de faire également d'autres économies sur les coûts de l'eau douce. Les coûts d'investissement plus élevés dans un premier temps en raison du refroidisseur plus volumineux sont compensés par la suite par des coûts d'exploitation nettement plus faibles. Les coûts d'eau et d'électricité plus ou moins élevés en fonction des projets donnent une durée d'amortissement de moins d'un an du surcoût lié au refroidisseur plus volumineux.

Économies d'énergie grâce au « refroidissement naturel » (free-cooling)

Sur les installations d'eau froide, le « refroidissement naturel » permet des économies d'énergie considérables. En effet, une installation d'eau froide avec un refroidisseur d'eau est conçue de manière à ce que le refroidisseur d'eau froide gros consommateur d'énergie puisse être coupé aux faibles températures ambiantes et que le refroidisseur (tour de refroidissement, refroidisseur sec, refroidisseur sec adiabatique ou hybride) prenne en charge à lui seul le refroidissement du fluide au lieu du condenseur. Là encore, les surcoûts liés au surdimensionnement des refroidisseurs sont rentables à très court terme, notamment pour les refroidisseurs secs hybrides.



Exemple d'application du « refroidissement naturel » pour un centre informatique : la machine frigorifique ne fonctionne qu'aux températures de bulbe humide élevées, en fonctionnement normal, en contournant la machine frigorifique uniquement avec les refroidisseurs hybrides

Constat

Les considérations commerciales à court terme ont souvent pour effet de ne tenir compte que des coûts d'investissement, ce qui conduit à installer des systèmes apparemment bon marché, qui par la suite se révèlent coûteux et préjudiciables à l'environnement en raison de leurs besoins plus élevés en énergie primaire.

Pourtant, des installations bien conçues avec des refroidisseurs modernes permettent aux entreprises de faire d'importantes économies d'énergie et de préserver l'environnement. Les refroidisseurs évaporatifs et notamment les refroidisseurs secs hybrides, qui économisent à la fois l'eau et l'électricité, apportent une contribution efficace et précieuse à la préservation des ressources et à la protection de l'environnement.