

# Avenir des refroidisseurs d'eau atmosphériques



L'actualité de ces derniers mois a régulièrement mis en avant les tours de refroidissement et les risques associés dus à la présence de la bactérie Legionella.

Face à une levée de boucliers médiatique et à des réactions souvent irrationnelles de la part de certains utilisateurs, il semble important de remettre en évidence les raisons d'être et les nombreux avantages de cette technologie, au point de vue environnemental et énergétique, ainsi que d'aborder l'aspect prévention et gestion du risque sanitaire.

D'une façon générale, tout procédé lié à une activité de type industriel, de conditionnement d'air ou de réfrigération, produit une certaine quantité d'énergie perdue sous forme de chaleur. Cette chaleur perdue devra être rejetée dans l'environnement et nécessite donc un refroidissement. De manière générale, quel que soit le procédé, plus la température à laquelle peut s'effectuer ce rejet sera basse, meilleur sera le rendement du procédé.

## Technologies de refroidissement

Selon les températures souhaitées pour obtenir le rendement optimal du process, l'on peut distinguer quatre catégories de technologie de refroidissement :

- l'eau, avec refroidissement par passage unique; aujourd'hui, beaucoup de procédés, particulièrement dans les applications industrielles, utilisent toujours ces systèmes à «eau perdue» ( interdit par l'arrêté du 2 février 98, article 14) entraînant pollution, nuisance pour l'environnement et gaspillage de ce si précieux élément qu'est l'eau. Il est donc primordial de prendre en compte d'autres systèmes;
- l'air évaporatif : ce principe, appelé refroidissement évaporatif, est celui utilisé dans les tours de refroidissement. En réutilisant 95% de l'eau de refroidissement, il est le plus adapté pour le refroidissement de procédés nécessitant des températures comprises entre 25°C et 45°C;
- l'air sec, utilisé dans tous les aéroréfrigérants secs, est destiné au procédé ayant un rendement optimal avec des températures supérieures à 45°C. Dans les applications de conditionnement d'air, beaucoup de procédés utilisent aujourd'hui des condenseurs à air pour évacuer la chaleur générée. Ces systèmes entraînent à la fois des consommations électriques et des coûts d'installation très élevés;
- le refroidissement mécanique par groupes frigorifiques qui sera utilisé pour des températures de refroidissement inférieures à 25°C et pour tout besoin en températures négatives.

## Le refroidissement évaporatif : principe et avantages

Nous nous efforçons tous de réduire le réchauffement de la planète et l'émission des gaz détruisant la couche d'ozone. La réduction de la production électrique, grâce à l'utilisation du refroidissement évaporatif, nous amène à un environnement plus sain.

Le refroidissement évaporatif est basé sur un principe naturel simple. Dans une tour ouverte l'eau à refroidir est pulvérisée sur une surface de ruissellement alors que de l'air est soufflé ou aspiré au travers de cette surface de ruissellement. Une petite quantité d'eau est évaporée, provoquant ainsi le refroidissement de l'eau restante.

Cette eau froide tombe dans le bac de la tour, et la chaleur est extraite par l'air sortant de la tour.

Les tours, ainsi que les condenseurs évaporatifs sont un moyen efficace et peu onéreux pour évacuer la chaleur inutilisable des systèmes industriels. Le refroidissement évaporatif combine une efficacité thermique élevée, des prix attractifs, une température basse du fluide avec une consommation réduite d'énergie et d'eau.

Des températures basses sont essentielles pour beaucoup de systèmes de refroidissement afin d'atteindre des rendements élevés. Ceux-ci consomment moins d'énergie et permettent de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. C'est dans cette perspective que les systèmes de refroidissement évaporatif contribuent à préserver les ressources naturelles de l'environnement.

Le refroidissement évaporatif utilise la température de bulbe humide de l'air ambiant, alors que les équipements de refroidissement à air sec dépendent de la température ambiante du bulbe sec. La température du bulbe humide est généralement de 8 à 12° inférieure à la température du bulbe sec et les tours de refroidissement ou condenseurs évaporatifs sont donc capables d'atteindre des températures de refroidissement ou de condensation au moins égales à la différence de température entre celle du bulbe sec et du bulbe humide.

### Installation industrielle

Dans l'exemple d'un groupe frigorifique pour une installation de réfrigération industrielle de 1050 kW, la figure 1 donne un détail des consommations électriques du système, pour différents cas de figure: condensation directe dans un condenseur évaporatif, condensation indirecte avec eau refroidie par tour de refroidissement ou condensation par air.

Sachant que la puissance du compresseur est réduite approximativement de 3 % pour chaque degré de température de condensation inférieure, il est aisé de

constater que le compresseur, dans le cas d'une condensation par eau, permet des économies de l'ordre de 30 à 35 % comparé à des systèmes à air sec. Dans cet exemple, le gain énergétique se chiffre donc à 129 kW / h électriques, soit sur base annuelle une économie de plusieurs centaines de MWh !

Par ailleurs les équipements de refroidissement évaporatif sont plus compacts et moins bruyants que les solutions alternatives à air sec tandis que leurs coûts de fonctionnement sont inférieurs pour les installations de tailles moyennes et importantes.

**COMPARATIF POUR UN PROCEDE REFRIGERATION**  
R-717 - Capacité de Refroidissement 1050 kW

|                      | Condenseur Evaporatif | Condenseur à eau + tour | Condenseur à air |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| Temp. Cond. °C       | 30°C                  | 36°C                    | 45 °C            |
| Compr. kWe           | 205 kWe               | 236 kWe                 | 324 kWe          |
| Rejet chaleur kW     | 1255 kW               | 1286 kW                 | 1374 kW          |
| Ventil./Pompe kWe    | 23 kWe                | 32 kWe                  | 33 kWe           |
| Puissance totale kWe | 228 kWe               | 268 kWe                 | 357 kWe          |

35% d'économie d'énergie avec un Condenseur Evaporatif

**Figure 1.** Comparaison de différents procédés de refroidissement pour une installation industrielle.

On peut établir une comparaison, dans le cas d'un procédé industriel nécessitant par exemple un refroidissement de l'eau de 33°C à 27°C, pour une même puissance thermique de 1050 kW. Au vu des températures demandées, l'utilisation d'une solution sèche est bien entendu impossible, mais aujourd'hui certains se tournent parfois vers l'utilisation de groupes frigorifiques.

Le tableau comparatif de la figure 2 montre les puissances requises pour une tour ouverte, une tour fermée ou pour un groupe frigorifique. Le groupe consomme ainsi 350 kW contre 33 kW dans le cas d'une tour fermée ou 11kW pour une tour ouverte, soit un facteur de 10 à 30 en faveur de la tour.

Pour un procédé continu, le gain énergétique annuel offert par la tour s'élèvera donc à minimum 2500 MWh (pour une tour fermée).

Ces exemples démontrent sans ambiguïté les avantages du refroidissement évaporatif.

Utilisés depuis plus d'un demi-siècle, ces systèmes consomment peu d'énergie et permettent d'économiser plus de 95 % de l'eau en circulation. Ils sont simples à utiliser et à entretenir.

De plus, grâce à leur haute efficacité énergétique, ces systèmes requièrent, pour leur implantation, un encombrement minimum au sol. Ils sont silencieux en comparaison d'autres solutions de rejet de chaleur. La fabrication, la mise en oeuvre et la destruction des refroidisseurs évaporatifs ont un impact quasi nul sur l'environnement.

Toutefois les événements récents ont rendu l'opinion publique et les utilisateurs très soucieux du risque du développement de la bactérie Legionella dans les systèmes de refroidissement évaporatif.

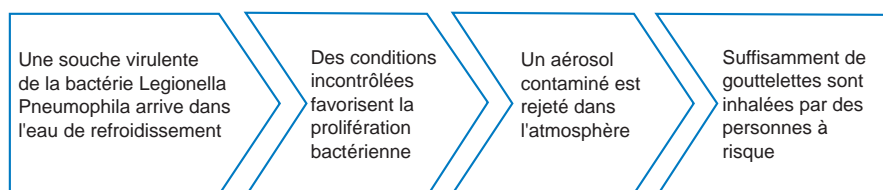
## Légionellose et les moyens de la prévenir

Bien que de rares cas de légionellose aient été associés à des systèmes de refroidissement évaporatif, lesquels n'étaient pas bien suivis ni entretenus, aucun cas de légionellose n'a pu être rattaché à un système qui était suivi correctement et disposant des éléments de contrôle de prolifération bactérienne nécessaires. Vu le degré de publicité généré par les cas de légionellose, l'existence du Guide des bonnes pratiques et l'expertise technique disponible sur le marché, il est regrettable de constater qu'aujourd'hui ces équipements peuvent être la source de risques potentiels, par ignorance des responsabilités et des obligations qui incombent à l'exploitant ou à l'utilisateur.

### Enchaînement des événements

Les cas de légionellose engendrés par une tour de refroidissement ou un condenseur évaporatif nécessitent l'enchaînement de **quatre événements** consécutifs décrits ci-dessous et ce, impérativement dans l'ordre indiqué.

Si cette chaîne est interrompue, n'importe où, le risque de légionellose est évité.



#### COMPARATIF POUR UN PROCEDE INDUSTRIEL

**Tour ouverte 1050 kW :**  
33°C/27°C par B.H. 21°C : modèle TXV 217  
Ventilation 11 kW (Coût approx. 15k€)

**Tour fermée 1050 kW :**  
33°C/27°C par B.B. 21°C : modèle FXV-561  
Ventilation 33 kW (Coût approx. 42 k€)

**Groupe Frigorifique 1050 kW :**  
Eau 20°C/15°C Air sec 32°C : (à C.O.P.4)  
Puissance électrique : 350 kW (Coût 100 k€)

**Figure 2.** Comparaison des puissances requises



Mais tous les maillons de la chaîne n'ont pas la même importance et tous ne peuvent pas être évités directement. Il est, par exemple, impossible d'empêcher la bactérie de la souche virulente Legionella Pneumophila d'arriver dans l'eau de refroidissement parce qu'elle est souvent présente en petites quantités dans l'eau d'appoint.

Il est également impossible d'éliminer totalement l'entraînement de gouttelettes ou d'empêcher que des personnes soient en contact avec cet aérosol. L'approche dynamique d'une action préventive est d'empêcher la prolifération bactérienne et en particulier de la Legionella Pneumophila. De cette façon, l'eau reste bactériologiquement inoffensive et l'aérosol, même inhalé par une personne à risque ne sera pas dangereux.

### Concept du suivi préventif

Une approche de bonne pratique globale, ainsi que la mise en oeuvre de méthodes planifiées et systématiques de gestion de la qualité de l'eau et de maintenance du système, ont prouvé qu'elles permettaient de minimiser la possibilité de développement de la bactérie Legionella et de prolonger ainsi la durée de vie de l'équipement sans risque de développement de corrosion ou de formation de tartre.

Les avantages énergétiques du refroidissement évaporatif peuvent être maintenus dans le temps mais des pertes de rendement peuvent être générées par des systèmes encrassés, entartrés ou présentant une pollution bactériologique. Ces facteurs ont en effet une incidence immédiate sur le rendement.

Avec la gestion du risque sanitaire, la mise en oeuvre d'une approche préventive globale et intégrée de qualité permet donc de pérenniser le fonctionnement du système de refroidissement et d'obtenir tout au long de l'année un fonctionnement optimal du processus industriel, une consommation minimale en eau et en énergie, d'éliminer le risque d'entartrage ou de corrosion, d'éliminer les arrêts inopinés et les actions curatives coûteuses et de prolonger la durée de vie des équipements.

Un audit énergétique de l'installation permet souvent de mettre en avant les gains financiers pouvant être obtenus par la mise en oeuvre d'un tel programme préventif de qualité.

### Compétences :

Les cas de légionellose sont quasi invariablement associés à une mauvaise gestion, une mauvaise communication ou un manque de compréhension du suivi ou des risques.

L'ensemble des acteurs associés dans la gestion, la définition ou le suivi des risques doivent être formés, compétents et conscients de leurs obligations.

## Types d'équipements de refroidissement

En ce qui concerne le système de refroidissement évaporatif lui-même, le premier élément à prendre en compte dans cette approche globale est la sélection et le dimensionnement des équipements du type le plus approprié.

Ceci intègre son étude d'implantation, l'étude des niveaux sonores, l'évaluation d'un système d'économie d'eau, des systèmes de contrôle et de gestion de la capacité, une protection anti-gel, voire l'étude d'équipement de réduction du risque de formation de panache.

Il existe différents types d'équipements de refroidissement évaporatif à savoir la tour de refroidissement à circuit ouvert, la tour de refroidissement à circuit fermé, les condenseurs évaporatifs et finalement les appareils hybrides.

### Tour ouverte

Dans une tour à circuit ouvert, l'eau provenant de la source de chaleur du procédé est distribuée directement sur la surface de ruissellement et entre en contact avec l'air soufflé au travers de la tour, assurant ainsi le refroidissement par évaporation d'une petite partie de cette eau, grâce à l'échange direct obtenu entre l'eau et l'air. (Voir figure 3)

La tour ouverte est l'équipement évaporatif qui offre les plus grands avantages en matière de rendement, d'encombrement, de coût unitaire et de consommation énergétique, présentant également le poids d'installation le plus faible. Dans le cadre de la gestion du risque lié à la *Legionella* et du suivi de la qualité de l'eau, il faudra cependant tenir compte de la totalité du volume du circuit, incluant la tour de refroidissement proprement dite et tout le réseau, les échangeurs, les bassins éventuels, et les pompes. Il faut donc gérer souvent des volumes importants et des matériaux constitutifs de natures différentes. Dans ces systèmes, les points chauds tels que l'échangeur de chaleur ou le condenseur sont des sites plus favorables au développement du tartre, de la corrosion ou de la prolifération microbienne. Au vu de leur taille et de leur volume, ces systèmes peuvent parfois être plus difficiles à nettoyer ou à désinfecter en cas d'encrassement ou de pollution.

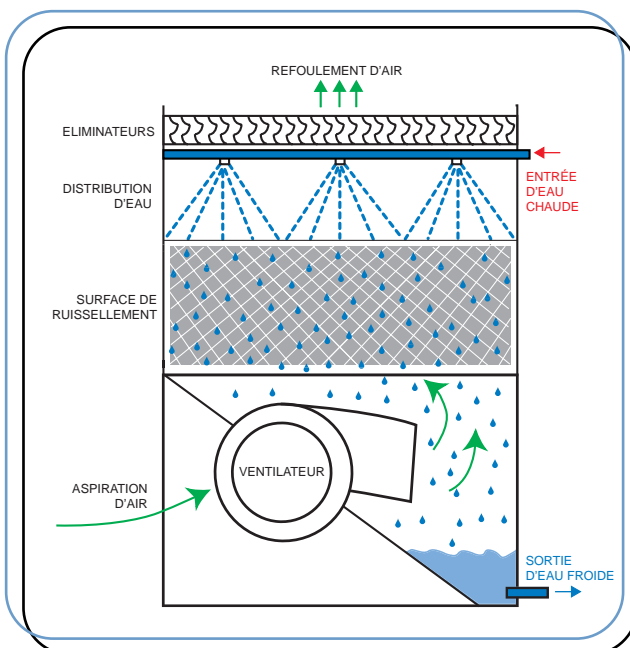


Figure 3. Tour ouverte

### Tour à circuit fermé

Dans une tour à circuit fermé, le fluide à refroidir circule dans un échangeur tubulaire étanche, lui-même directement arrosé. Le refroidissement est assuré comme dans une tour ouverte, par évaporation d'une partie de l'eau de pulvérisation. (voir figure 4)

En matière de gestion du risque, la tour fermée avec échangeur arrosé offre donc de nombreux avantages. Ce principe permet ainsi de confiner l'eau de pulvérisation à la seule tour de refroidissement. Le circuit primaire est fermé et totalement confiné, sans entrer en contact avec l'air. L'eau de pulvérisation ne peut donc pas être contaminée par les bactéries qui se développent dans les bras morts des tuyauteries ou dans les autres équipements externes au refroidisseur évaporatif (ex. condenseur). De plus, elle se trouve à une température inférieure à celle du procédé. Plus la température d'eau est basse, moins il y a de prolifération bactérienne. Seul le circuit de pulvérisation totalement confiné à la tour de refroidissement doit être traité et géré en terme de qualité d'eau.

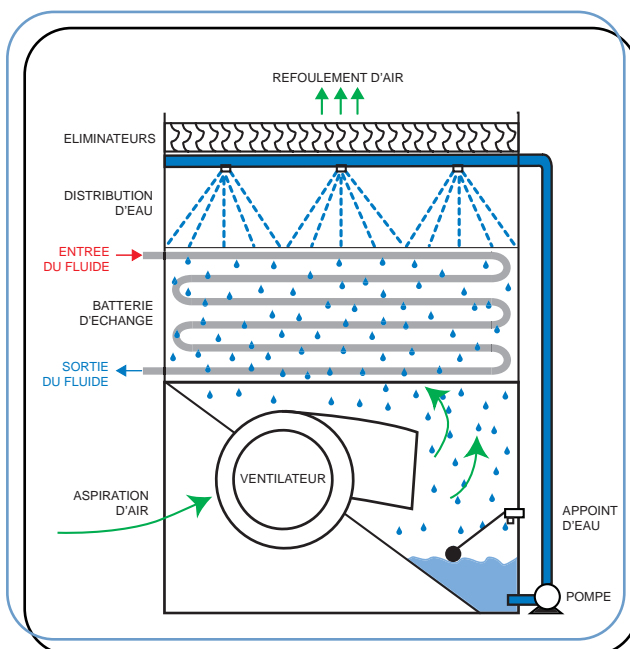


Figure 4. Tour à circuit fermé



Par ailleurs la conception de ces équipements avec tubes d'échangeurs à surface lisse, liée à une bonne accessibilité pour le nettoyage, évite les zones permettant l'accumulation ou l'encrassement typique dans les échangeurs tubulaires ou échangeurs à plaques, dans les surfaces d'échange de type packing ou nids d'abeilles qui présentent des surfaces complexes favorables à l'encrassement et difficile à nettoyer par la suite. Avec de grands débits d'eau de pulvérisation et un débit de distribution homogène, les tubes et le bassin seront lavés en permanence, limitant ainsi la probabilité de formation de dépôt.



Photo 1. Tours fermées

Par ailleurs, ces appareils nécessitant des débits

d'air plus importants sont plus favorables à la réduction éventuelle de panache.

L'association d'une tour de refroidissement de type ouvert avec un échangeur à plaques qui permet d'isoler le circuit d'utilisation du circuit pulvérisation réduit la gestion du risque de Legionella à un circuit plus confiné. Il faut toutefois se rendre compte que ceci ne supprime pas de surfaces complexes comme les échangeurs à plaques et les garnissages. Ces équipements sont plus favorables au risque d'entartrage ou à la formation de biofilm et restent difficiles à inspecter et nettoyer. (voir photo 1)

### Condenseurs évaporatifs

Les condenseurs évaporatifs sont de construction équivalente à celle des tours de refroidissement à circuit fermé. En lieu et place d'une surface d'échange dans une tour de refroidissement conventionnelle, on trouve une batterie de condensation dans laquelle circule le frigorigène. Le refroidissement évaporatif est assuré en recyclant et en pulvérisant de l'eau sur cette batterie de condensation, pendant que de l'air ambiant circule au travers et à l'extérieur de cette batterie, ce qui entraîne l'évaporation d'une faible quantité d'eau de pulvérisation. La chaleur latente prélevée du frigorigène qui se condense est transmise à l'air en circulation.

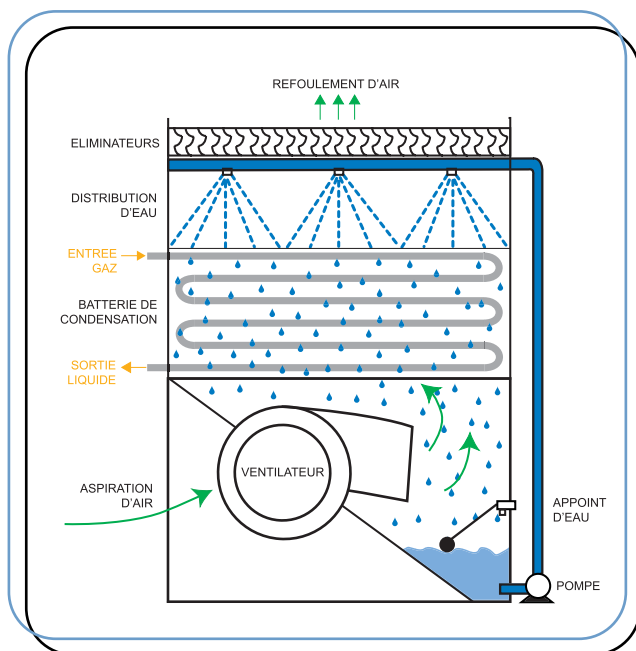


Figure 5. Condenseur évaporatif

Le condenseur évaporatif, en condensant directement le fluide frigorigène, est la forme la d'équipement évaporatif offrant le meilleur rendement . (voir figure 5)

Les avantages en matière de gestion du risque sont identiques à ceux offerts par une tour de refroidissement du type évaporatif.

L'inconvénient majeur du condenseur évaporatif reste le volume du fluide frigorigène du système global, qui sera plus important et nécessite donc une gestion plus poussée du risque lié aux exigences de confinement de l'ammoniac. La qualité de fabrication et d'installation en matière d'étanchéité du frigorigène, qui pour une large part incombe au fabricant de l'équipement ainsi qu'à l'installateur du système, est bien entendu primordial.

Ces équipements sont aujourd'hui repris dans la rubrique des équipements sous pression, en accord avec la norme européenne DESP(Directive Equipement Sous Pression). Depuis mai 2002, il est obligatoire pour ces équipements d'être en conformité avec les nouvelles directives. Alors qu'en Angleterre, ces équipements font l'objet d'avantages fiscaux vu leur fort intérêt énergétique, en France, les réglementations spécifiques et exigences de confinement de l'ammoniac favorisent parfois l'utilisation de solutions moins performantes.

### Tour à circuit fermé hybride

Les systèmes de refroidissement hybride conjuguent le meilleur des deux systèmes : le refroidissement évaporatif en été, alliant température basse et consommation d'énergie inférieure et le refroidissement sec dans les saisons plus fraîches. La combinaison de ces deux modes permet de réaliser de substantielles économies d'eau tout au long de l'année. L'utilisation de ce type de systèmes d'une manière contrôlée minimise grandement le risque de contamination bactériologique. (voir figure 6)

Les véritables systèmes hybrides fonctionnent à 80% du temps en mode sec et apportent tous les avantages du fonctionnement en eau à basse température liés à une très grande réduction des risques.

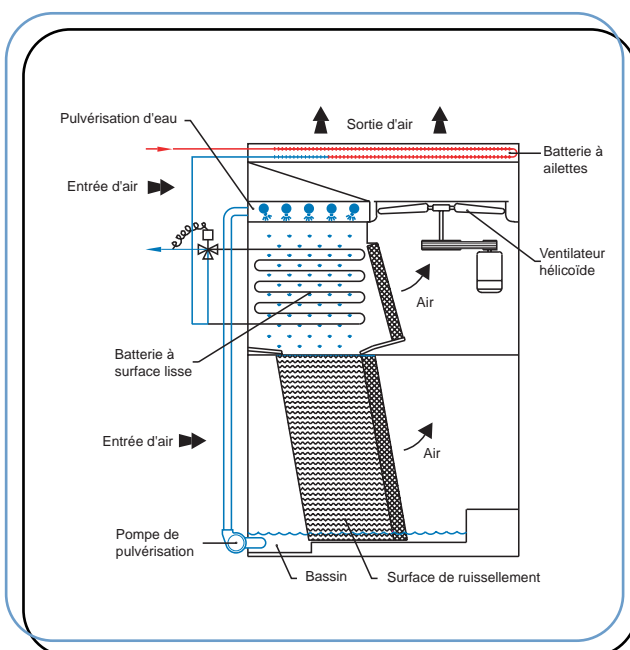


Figure 6. Tour fermée hybride

Grâce à l'utilisation d'une batterie placée au refoulement, l'appareil peut travailler selon trois modes distincts :

- mode sec et humide combiné, dans les conditions de sélections nominales et d'ambiance les plus élevées;
- mode adiabatique, en intermédiaire, lorsque la température ambiante et/ou la charge seront plus faibles;
- mode sec uniquement, dans les conditions plus froides ou de charges plus réduites.

Dans ce dernier cas de figure, l'installation pourra être complètement vidangée et plus aucune gestion de l'eau n'est alors nécessaire. Un véritable appareil fermé hybride permet de plus une élimination visuelle du panache et des économies d'eau importantes pouvant s'élever à 80 % sur base annuelle. (voir photo 2)



Photo 2. Tours fermées hybrides



Baltimore Aircoil

## Conception des installations de refroidissement

### Détails de construction

Les différents types de systèmes sont équipés d'éliminateurs de gouttelettes à haute efficacité, qui devront être maintenus propres et en bon état et il faudra veiller à leur positionnement correct. Il est important de noter que l'élimination de gouttelettes dans sa totalité reste impossible et ce quel que soit le type de séparateurs installés.

Dans la conception des tours les systèmes de distribution d'eau à basse pression seront privilégiés et il faudra veiller également au bon état de propreté de ces systèmes.

Les bassins seront de type fermé avec possibilité d'accès aisé pour le nettoyage. Le choix des matériaux de construction privilégiera les surfaces lisses tels que l'acier galvanisé, les revêtements époxy ou l'acier inox.

### Panache : formation et réduction

Concernant le panache et sa réduction éventuelle, il est important de bien distinguer le panache de l'entraînement vésiculaire. Le panache est en fait la re-condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air saturé au refoulement de la tour qui peut se retrouver en sur-saturation lors de son mélange avec l'air ambiant plus froid. Le panache sera donc généralement plus visible lors de conditions ambiantes plus froides ou plus humides.

Les gouttelettes d'eau constituant ce panache visuel sont des gouttelettes d'eau totalement pures et elles ne contiennent aucune bactérie ou autres minéraux.

Par contre, lors de sa sortie de l'appareil, l'air de refoulement va entraîner au travers des séparateurs de gouttelettes une faible quantité d'aérosol sous forme de gouttelettes (dans la limite de l'efficacité des séparateurs). Ces gouttelettes ont une composition identique à celle de l'eau de circulation et, en cas de présence de légionelles, pourront donc contenir également des germes.

La réduction ou l'élimination de panache permet en réchauffant l'air de refoulement saturé en humidité, de l'éloigner de son point de saturation et éviter la condensation de la vapeur d'eau lors de son retour dans l'atmosphère.

Cette opération est réalisée en installant une batterie ailetée au refoulement de l'appareil, laquelle réalise un pré-refroidissement du fluide.

La meilleure efficacité est obtenue en plaçant cette batterie sèche en série avec la batterie arrosée dans une application tour à circuit fermé. L'installation de batteries de réduction de panache sur une tour ouverte n'est pas recommandée car son efficacité est nettement plus faible et nécessite une modulation très importante du débit d'eau pulvérisé sur la surface d'échange, ce qui peut favoriser la formation de dépôt et de tartre dans les zones mal irriguées ainsi que l'entraînement de gouttelettes.

**L'élimination de panache ne réduit en rien l'entraînement de gouttelettes potentiellement contaminées et ne présente donc aucun avantage dans la lutte anti-Legionella.** Elle permet par contre d'éliminer la pollution visuelle que représente le panache.

### Conception des installations

Il est évident que le refoulement des tours doit être éloigné des aspirations et ouvrants des bâtiments. Il faut éviter la présence de bras morts dans la tuyauterie et s'assurer de l'irrigation régulière de tout le circuit lors des fonctionnements alternés. Lors de tout arrêt prolongé, il est recommandé de vidanger complètement les bassins des tours.



## Traitement d'eau préventif

Une approche globale intégrée nécessite également la mise en place d'un programme de traitement d'eau préventif avec un suivi pointu.

En matière de sécurité et d'hygiène les tours de refroidissement à circuit ouvert ou fermé et les condenseurs évaporatifs sont classés de la même façon. Les mêmes standards de qualité de suivi de la qualité de l'eau, de la propreté de l'installation et de la bonne maintenance doivent être appliqués quel que soit le type d'équipements en jeu.

Le refroidissement évaporatif est obtenu par l'évaporation de l'eau de circulation. Cette eau s'évaporant, les solides dissous présents restent dans le système. La concentration de solides augmente rapidement et peut atteindre des proportions inacceptables. De plus, la tour agit comme un laveur d'air et les impuretés apportées par l'air ainsi que les matières organiques se retrouveront dans l'eau de circulation.

S'ils ne sont pas contrôlés parfaitement, ces éléments peuvent engendrer des risques de corrosion, d'entartrage, de dépôt et de développement bactériologique. Ceci réduit l'efficacité du transfert de chaleur et accroît de façon significative les coûts de fonctionnement. A titre d'exemple, un dépôt de 1 mm de tartre sur un faisceau d'échange à tube lisse va réduire l'efficacité de l'appareil de l'ordre de 30 %, ce qui se traduit par une augmentation de la température de refroidissement ou de condensation de 6°C, soit une augmentation de la puissance électrique absorbée par le système (groupe froid ou compresseur) de l'ordre de 18 %. Cet exemple peut être extrapolé à une tour avec échangeur à plaques pour lequel la perte de rendement sera encore plus importante par le fait de coefficients d'échanges élevés.

Le programme de traitement d'eau doit être choisi afin de prévenir la corrosion, la formation de tartre, l'encrassement et le développement bactériologique. Tous ces éléments sont de fait des facteurs aggravants dans le risque de développement de la bactérie Legionella.

La conception d'un système de traitement d'eau approprié et d'un programme d'entretien et de services dépend du type de produits et de la qualité d'eau. De manière générale toutefois, il est primordial, dans la gestion de la qualité d'eau, de mettre en oeuvre plusieurs traitements.

### Gestion du taux de concentration

Il faut gérer de manière précise le taux de concentration de l'eau de circulation. Pour éviter une accumulation excessive d'impuretés dans l'eau en circulation, il faut veiller à purger une faible quantité d'eau, de façon à maintenir une concentration de l'eau de circulation par rapport à l'eau d'appoint à une valeur admissible.

Le taux de concentration se calcule par la formule suivante :  $C = (E + D) / D$

avec : C = taux de concentration

E = débit d'évaporation

D = débit de purge

Le débit d'évaporation est égal à 1,8 litres pour 4 180 kJ de refroidissement.

La courbe de la figure 7 montre l'évolution du débit de purge en fonction du taux de concentration.



Sur cette courbe le taux de concentration optimal est situé autour de la valeur 3. En dessous de ces valeurs, la surconsommation d'eau reste importante. Au-delà, par contre, le gain en consommation sera marginal alors que le risque de dérive, d'encrassement, de formation de tartre et de corrosion devient très important, vu la forte concentration en minéraux et bactéries. La gestion de la déconcentration est effectuée par la mise en place d'automatismes, sur la base de la mesure de la conductivité de l'eau ou par proportionnalité en asservissement à un compteur sur l'appoint d'eau.

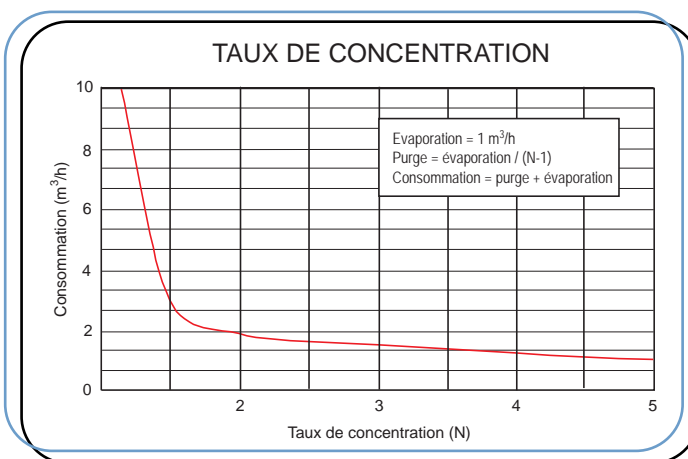


Figure 7. Taux de concentration

### Traitement anti-tartre et anti-corrosion

Afin de contrôler la formation de tartre ou la corrosion, un traitement anti-tartre, anti-corrosion doit être prévu par injection d'inhibiteurs chimiques adaptés à la qualité d'eau spécifique du site. Ces produits sont dosés en continu, proportionnellement à l'appoint d'eau fraîche.

Un pré-traitement par adoucisseur ou autre traitement spécifique peut être nécessaire pour des eaux de dureté élevée.

### Traitement bactéricide et anti-Legionella

Un traitement bactéricide et anti-Legionella par injection de produits biocides adaptés doit être mis en œuvre également sous forme d'un traitement permanent.

Le meilleur résultat pratique est obtenu par l'utilisation combinée de 2 principes actifs de biocide, oxydant et organique ou d'un biocide et d'un biodispersant.

Vu sa faible efficacité en eau à pH élevé, typiquement rencontré dans un circuit de refroidissement évaporatif, et son caractère corrosif, le chlore doit être évité en traitement de base.



Photo 3. Poste de traitement d'eau typique BAC - Balticare

### Suivi du traitement

Afin de maintenir l'efficacité et la sécurité du système, il est nécessaire ensuite de mettre en œuvre un suivi du traitement d'eau approprié ainsi que des actions de maintenance mécanique suivant les recommandations du constructeur ou de la société de services présente sur le site. Ainsi, la philosophie du suivi préventif est fondée sur un entretien régulier, et, particulièrement, le contrôle des conditions de fonctionnement du système, de manière à ce que les bactéries Legionella ne puissent pas proliférer et atteindre des niveaux dangereux. Ceci peut être atteint par les mesures suivantes :

- un dénombrement de flore viable (ou germes totaux) doit être fait régulièrement;
- il faut éviter toute corrosion et tout dépôt de tartre (le tartre constitue un habitat et la corrosion peut être un nutriment pour les bactéries);
- tout biofilm existant doit être réduit à un strict minimum et il faut prévenir la formation de tout nouveau biofilm;
- le système de refroidissement ne doit pas contenir des matières organiques qui favorisent la prolifération bactérienne.

En résumé, un programme de suivi préventif devrait être établi et il est composé des cinq éléments suivants :

- exigences générales pour le système,
- paramètres de contrôle de la qualité d'eau
- maintenance et entretien
- activités de contrôle
- concentration en germes totaux et actions recommandées

En conclusion, le refroidissement évaporatif offre de nombreux avantages qui nécessitent d'être maintenus dans le temps par la mise en place de mesures préventives et d'un suivi adapté, mesures qui seront profitables au rendement de l'installation.



Pour toute information supplémentaire :

**B.A.C. Balticare**

4, Rue du Chèvreloup  
F- 78150 Rocquencourt  
info-fr@balticare.fr  
www.BaltimoreAircoil.com