



GUIDE DES BONNES PRATIQUES

Legionella et tours aéroréfrigérantes



GUIDE DES BONNES PRATIQUES

Legionella
et tours
aéroréfrigérantes

Juin 2001

GUIDE DES BONNES PRATIQUES

Legionella et tours aéroréfrigérantes

Sans aucun préjudice des dispositions et réglementations en vigueur, ce guide a pour objet de préciser certaines mesures préventives et curatives à mettre en œuvre pour réduire les risques liés aux légionelles susceptibles de se développer dans les systèmes de refroidissement par voie humide. Il fournit des informations générales, des recommandations de conception, de fonctionnement, d'entretien et d'exploitation afin de maîtriser la prolifération de *Legionella* dans ces installations et de minimiser la dissémination de ces bactéries dans l'air.

Ce document, destiné aux maîtres d'ouvrage, aux maîtres d'œuvre, aux propriétaires, aux constructeurs, aux installateurs, aux exploitants et aux traitants d'eau, comprend trois grandes parties : une section relative aux tours aéroréfrigérantes du secteur industriel, une autre à celles du secteur tertiaire et une partie commune relative aux deux secteurs. Cette organisation est justifiée par l'usage, le dimensionnement et l'environnement de telles installations de refroidissement.

Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE	5
SECTION I : SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT D'EAU INDUSTRIELS	7
I - INTRODUCTION	8
II – TOURS AÉRORÉFRIGÉRANTES - PRINCIPE	8
II-1 Écart et approche	8
II-2 Appoint et purge de déconcentration	8
II-3 Panache et <i>Legionella</i>	9
III – RÈGLES DE CONCEPTION	9
III-1 Éléments constitutifs d'une tour aéroréfrigérante	9
III-2 Plages de fonctionnement admissibles	10
III-3 Nouvelles installations	10
III-3.1 Implantation des tours aéroréfrigérantes	10
III-3.2 Conception de l'installation	10
III-3.2.1 Conception du réseau	10
III-3.2.2 Conception des tours aéroréfrigérantes et du circuit	11
III-4 Exemples	12
III-5 Modification de la conception initiale (dérive des paramètres dans le temps)	12
IV – MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT	13
IV-1 Maintenance et entretien	13
IV-2 Protection du personnel	13
V - EXPLOITATION ET TRAITEMENT D'EAU	13
V-1 Plages de fonctionnement	13
V-2 Suivi des paramètres de fonctionnement	14
V-3 Gestion de l'appoint d'eau	14
V-4 Caractéristiques du traitement d'eau	14
VI - SUIVI DES INSTALLATIONS	14
VI-1 Le carnet de suivi	14
VI-2 Dénombrement de la flore viable (ou germes totaux)	15
VI-3 Legionella : Prélèvements – Analyse	15
SECTION II : SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT D'EAU POUR DES APPLICATIONS TERTIAIRES ..	17
I - INTRODUCTION	18
II - TOURS AÉRORÉFRIGÉRANTES - DÉFINITION	18
II-1 Le panache	18
II-2 Éléments constitutifs d'une tour de refroidissement par voie humide	18
III - RÈGLES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS UTILISANT UNE OU PLUSIEURS TOURS AÉRORÉFRIGÉRANTES	19
III-1 Introduction	19
III-2 Nouvelles installations	20

III-2.1	Implantation des tours aéroréfrigérantes	20
III-2.2	Conception de l'installation	20
III-2.2.1	Conception du réseau	20
III-2.2.2	Conception de la tour aéroréfrigérante	21
III-3	Installations existantes (dérive des paramètres dans le temps)	22
IV	– MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE REFOIDISSEMENT	22
IV-1	Maintenance et entretien	22
IV-2	Protection du personnel	22
V	- TRAITEMENTS D'EAU	23
V-1	Introduction	23
V-2	Pathologie des réseaux	23
V-3	Traitement de l'eau d'appoint	23
V-4	Traitement de l'eau du circuit	23
V-5	Contrôles et efficacité des traitements	24
VI	- SUIVI DES INSTALLATIONS	24
VI-1	Le carnet de suivi	24
VI-2	Dénombrement de la flore viable (ou germes totaux)	24
VI-3	Legionella - Prélèvements – Analyses	24
SECTION III	: PARTIE COMMUNE AUX SECTIONS PRÉCÉDENTES	25
PARTIE C. I	: LEGIONELLA ET RISQUES INDUITS	26
C.I - 1	La bactérie	26
C.I - 2	Contamination et pathologie	26
C.I - 3	Données épidémiologiques	26
C.I - 4	Les installations à risque	27
C.I - 5	Facteurs de colonisation des réseaux	27
PARTIE C. II	: ANALYSE DES LEGIONELLA	28
C. II - 1	Choix des laboratoires	28
C. II - 2	Analyse de Legionella	28
C.II - 2.1	Le matériel	28
C.II - 2.2	Les prélèvements	28
C.II - 2.3	Modalités	29
PARTIE C. III	: PARAMÈTRES DE L'ÉVALUATION DU RISQUE	31
C. III-1	Généralités	31
C.III - 2	Les différents paramètres de l'évaluation du risque	31
C.III - 2-1	Qualification de la source de contamination	31
C.III - 2-2	Estimation de l'émission et de la dispersion des aérosols contaminés	31
C.III - 2-3	L'exposition et le risque de contracter une légionellose chez les personnes exposées	32
C.III - 3	Hiérarchisation des situations	32
PARTIE C. IV	: PROTECTION DU PERSONNEL	35
C. IV - 1	Protection des intervenants vis à vis du risque de légionellose	35
C. IV - 2	Évaluation des risques	35
C. IV - 3	Mesures de prévention	35
C.IV - 3.1	Conception de l'installation	35
C.IV - 3.2	Gestion des interventions de maintenance	35
C.IV - 3.3	Protections individuelles	36
C. IV - 4	Information et formation du personnel	36
C. IV - 5	Médecine du Travail	37
C. IV - 6	Exemples de mesures de prévention recommandées en fonction des interventions	37

PARTIE C. V : LES DIFFÉRENTS TYPES DE TOURS AÉRORÉFRIGÉRANTES	38
C.V - 1 Classification selon le mode d'échange	38
C.V - 2 Classification des tours aéroréfrigérantes selon leur mode de tirage (circulation de l'air)	39
C.V - 3 Classification selon les trajectoires de l'air et de l'eau	40
PARTIE C. VI : MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT	41
C.VI - 1 L'entretien	41
C.VI - 1.1 Les contrôles sur les tours aéroréfrigérantes	41
C.VI - 1.2 Le remplacement de pièces usées ou défectueuses	41
C.VI - 2 Mise à l'arrêt et redémarrage du système (ne concerne pas les tours à tirage naturel)	41
C.VI - 2.1 Systèmes évitant les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt	42
C.VI - 2.2 Systèmes n'évitant pas les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt	42
C.VI - 2.3 Conservation d'un système de refroidissement à l'arrêt (pendant plusieurs semaines)	42
C.VI - 2.4 Redémarrage du système de refroidissement	43
PARTIE C. VII : PROCÉDÉS, CONTRÔLES DE L'EFFICACITÉ DES TRAITEMENTS DE L'EAU	44
C.VII-1 Procédés des traitements	44
C.VII-1.1 Procédés physiques	44
C.VII-1.2 Procédés chimiques	44
C.VII-2 Contrôles de l'efficacité des traitements de l'eau	44
PARTIE C.VIII - RÉGLEMENTATIONS ET RECOMMANDATIONS RELATIVES À LA PRÉVENTION DE LA LÉGIONELLOSE	46
DÉFINITION DE BASE	47

Introduction générale

La *Legionella* est une bactérie aérobique. Elle a été identifiée dans de nombreux milieux naturels (lacs, étangs, rivières) mais également dans certains réseaux d'eau chaude sanitaire, des forages et des circuits de refroidissement. Elle prolifère entre 20 °C et 45 °C. Au-dessous de 20 °C, les bactéries sont viables mais ne se développent pas ; à partir de 60 °C elles ne survivent pas. Dans les tours aéro-réfrigérantes, les températures d'eau sont généralement comprises entre 10 °C et 50 °C, pour quelques applications elles peuvent descendre jusqu'à 1 °C ou aller jusqu'à 90 °C. La *Legionella* peut être présente dans le biofilm qui est susceptible de se déposer dans ces installations. Celui-ci, composé de bactéries, de polymères naturels et de sels minéraux est susceptible, au cours de son évolution, de se détacher, libérant ainsi les bactéries dans l'eau.

Les infections qui peuvent être occasionnées par la *Legionella* sont de deux formes :

- une pneumopathie appelée maladie des légionnaires à déclaration obligatoire depuis 1987
- une infection à caractère bénin appelée fièvre de Pontiac.

Dans ces deux formes, la transmission se fait par inhalation de fines gouttelettes d'eau ou aérosols (taille < 5 µm) contenant des *Legionella* qui vont pénétrer jusqu'au niveau des alvéoles pulmonaires.

Les systèmes de refroidissement peuvent fonctionner :

- soit par voie humide : transfert thermique de l'eau vers l'air par évaporation (les fluides sont en contact direct),
- soit par voie sèche : transfert thermique de l'eau vers l'air par conduction et convection (les fluides sont séparés par une paroi).

Les différents systèmes de refroidissement sont décrits en partie commune C-V.

Le présent guide ne traite que des systèmes de refroidissement par voie humide. Ces systèmes répondent par leurs caractéristiques techniques à des besoins d'optimisation des performances, d'encombrement et de coût.

L'attention doit être particulièrement portée sur le fait que l'installation peut favoriser le développement de cette bactérie. Aussi la prévention du risque lié aux *Legionella* repose-t-elle avant tout sur une bonne conception, une gestion adaptée des équipements (circuit, tour aéro-réfrigérante, système de traitement d'eau) et un programme de maintenance et d'entretien approprié aux conditions d'exploitation.

GUIDE DES BONNES PRATIQUES

Legionella et tours aéroréfrigérantes

Section I

**SYSTÈMES
DE REFROIDISSEMENT
D'EAU INDUSTRIELS**

MOTS CLÉS :

TOUR AÉRORÉFRIGÉRANTE,
LEGIONELLA, CONCEPTION,
ENTRETIEN, EXPLOITATION,
INDUSTRIEL, PRÉVENTION,
BIOCIDE, TRAITEMENT D'EAU

I - INTRODUCTION

La présente section est consacrée aux risques liés au développement de *Legionella* des circuits de refroidissement en milieu industriel et plus particulièrement aux tours aéroréfrigérantes utilisées dans le milieu industriel.

Les processus industriels s'accompagnent très généralement de production de chaleur provenant du traitement de corps chauds (sidérurgie, plasturgie, automobile...), de condensations (centrales électriques, sucreries, distilleries...) de transformations d'énergie mécanique en chaleur ou de réactions exothermiques (gaz industriels, chimie, papeteries, verreries...).

Ces quantités de chaleur doivent être, en général, évacuées vers une source froide qui doit être à une température la plus faible possible afin d'obtenir un rendement optimal de l'installation, c'est-à-dire une consommation de combustible, de réactifs ou d'énergie la plus faible possible. La solution qui permet d'atteindre la température la plus basse possible, en contact avec l'air extérieur, est la tour aéroréfrigérante (réfrigérant atmosphérique humide).

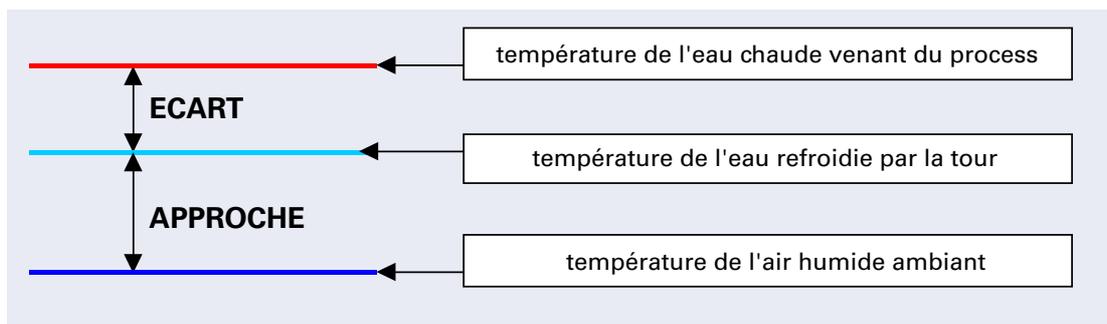
L'écologie des *Legionella* et les risques induits sont présentés en partie C-I « *Legionella* ».

II – TOURS AÉRORÉFRIGÉRANTES - PRINCIPE

La réfrigération humide est basée sur le contact direct entre l'air et l'eau à refroidir. Ce contact conduit d'une part à une évaporation de l'eau (chaleur latente) de l'eau qui est le moteur principal de l'échange thermique, d'autre part à des échanges par convection (chaleur sensible).

II-1 Écart et approche

La tour aéroréfrigérante, quel que soit son type, refroidit un **débit d'eau déterminé** pour un **écart thermique donné** entre l'eau chaude et l'eau froide pour une **approche** adaptée à l'évacuation de chaleur en vue d'obtenir un rendement global optimisé de l'installation. Cette **approche est définie** comme la différence entre la température de l'eau froide et celle de l'air humide.



La température de l'air humide est égale à la température de l'air ambiant pour 100 % d'humidité relative. En zone tempérée, elle est de 0 à 10 °C inférieure à celle de l'air ambiant.

II-2 Appoint et purge de déconcentration

L'eau est mise en contact avec l'air, une partie de l'eau, E, s'évapore. Afin de limiter la concentration de l'eau, un appoint, A, et une purge, P, sont nécessaires selon l'équilibre suivant :

$$A = E + P \quad (\text{appoint} = \text{évaporation} + \text{purge})$$

L'eau est concentrée dans le circuit d'un facteur Fc tel que :

$$P = E / (Fc - 1)$$

Le facteur de concentration, noté Fc, est défini comme étant le rapport entre la concentration en sel de l'eau circulant dans l'aéroréfrigérant et la concentration de l'eau d'appoint.

La déconcentration ou purge P est constituée :

- de la perte d'eau par entraînement de gouttelettes par l'air circulant dans la tour,
- de la purge de déconcentration (en général par trop plein ou par vanne réglable manuellement ou en automatique),
- de vidanges répondant à des besoins ponctuels (ex : suppression de l'antigel...).

II-3 Panache et *Legionella*

L'air saturé de vapeur d'eau crée un nuage visible à la sortie des tours aéroréfrigérantes par voie humide. Ce nuage appelé "panache" est constitué :

- **de vapeur d'eau** : c'est la quantité d'eau évaporée pour assurer le refroidissement. Elle est fonction de la chaleur éliminée. Elle est de l'ordre de 1 % du débit d'eau circulant (soit approximativement 1,5 m³ par MWh rejeté à l'atmosphère) pour 5 à 6 °C d'écart thermique entre l'eau chaude et l'eau froide. Ce débit d'évaporation est constitué par de l'eau pure qui n'entraîne aucun sel dissous. La vapeur d'eau peut se recondenser en gouttes d'un diamètre moyen de 5 µm.

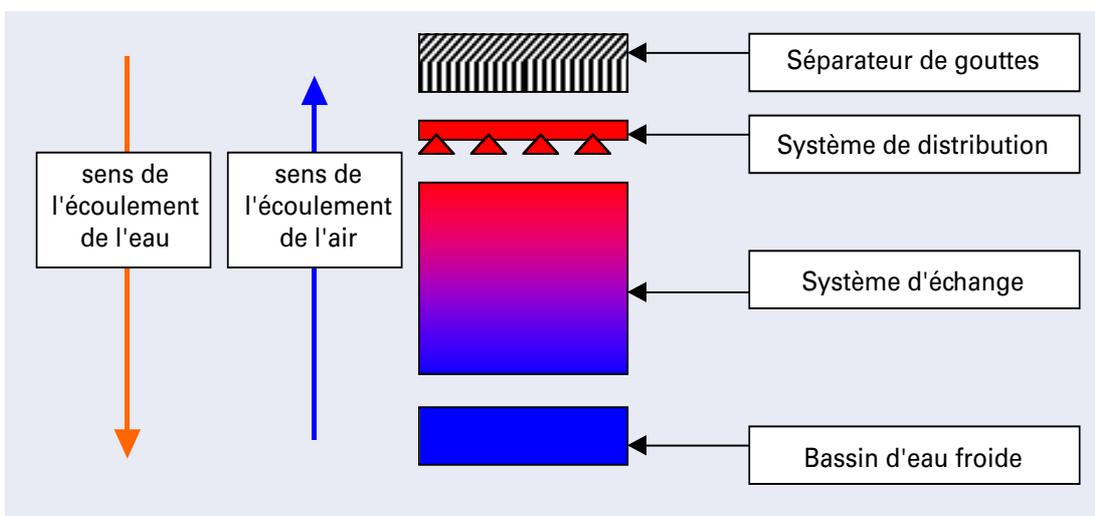
- **de gouttes entraînées ou entraînement vésiculaire** : l'entraînement vésiculaire est défini comme étant de fines particules d'eau (de quelques µm à 1 mm) entraînées dans l'atmosphère par la circulation de l'air dans la tour.

Contrairement à l'eau évaporée, les gouttelettes entraînées possèdent la même composition que l'eau du circuit et sont donc susceptibles de véhiculer les bactéries.

III – RÈGLES DE CONCEPTION

III-1 Éléments constitutifs d'une tour aéroréfrigérante

La tour aéroréfrigérante est principalement constituée d'un **système de distribution de l'eau**, d'un **système d'échange thermique**, d'un **bassin** récupérant l'eau refroidie, et d'un **séparateur de gouttes** ou dévésiculateur, le tout étant traversé par un courant d'air initié par tirage naturel ou par tirage forcé par un ventilateur.



III-2 Plages de fonctionnement admissibles

Une tour aéroréfrigérante est **conçue pour fonctionner selon les prescriptions d'un cahier des charges du constructeur (ou maître d'œuvre)** et a minima en fonction des critères suivants :

- la plage de débit d'eau admissible,
- le facteur de concentration maximal admissible (appoint/purge),
- la puissance de ventilation,
- la qualité de l'eau et le traitement d'eau.

III-3 Nouvelles installations

III-3.1 Implantation des tours aéroréfrigérantes

✓ Localisation des tours

L'implantation et l'orientation des tours doivent être considérées lors de l'étude du projet de réalisation du bâtiment. Il est notamment nécessaire de veiller à :

- l'environnement de la tour en évitant la proximité de fenêtres, de prises d'air, de lieux de rassemblements du public et en tenant compte des vents dominants, afin de ne pas propager l'air expulsé dans des milieux confinés, ou très fréquentés,
- la qualité de l'air aspiré. En effet, toute activité de proximité qui génère de grandes quantités de poussières ou de matières organiques en suspension dans l'air, participe au développement de micro-organismes favorables à la prolifération des *Legionella* (exemples : rejets de cuisine, poussières de chantiers...).

✓ Accessibilité

La ou (les) tour(s) aéroréfrigérante(s) doit(vent) être placée(s) de telle sorte que toutes les interventions de maintenance et d'entretien soient réalisables dans le respect des règles de sécurité générales stipulées dans le code du travail.

III-3.2 Conception de l'installation

L'installation est constituée, d'une part du réseau qui sert à véhiculer l'eau qui a été en contact avec l'air, d'autre part du système à refroidir et de la tour aéroréfrigérante.

III-3.2.1 Conception du réseau

✓ La vitesse de circulation de l'eau

Les caractéristiques de la ou des pompes et le choix des sections de tuyauteries doivent être définis pour assurer une vitesse de circulation de l'eau garantissant un écoulement turbulent dans le réseau, afin de limiter la formation de biofilm ; la présence de bras morts doit être évitée.

ATTENTION : toute partie de l'installation susceptible de créer un bras mort⁽¹⁾ doit être identifiée, répertoriée afin de pouvoir être surveillée tout particulièrement (se reporter au carnet de suivi dont le modèle est situé en partie centrale du document).

✓ Les matériaux

Le choix des matériaux doit prendre en compte les différents paramètres de l'installation et notamment la qualité et le traitement de l'eau, les risques de réaction électrolytique, la politique de maintenance afin de prévenir dans les meilleures conditions au moment de la conception et dans le temps les risques de corrosion, d'entartrage ou de dépôt de biofilm.

✓ Les organes de réglages et contrôles

- organes de réglage

Si le réseau d'eau est maillé, des dispositifs de réglage seront installés pour assurer l'équilibre hydraulique dans chaque maille de réseau.

- contrôle : pré-équipement du réseau

(1) bras morts : parties du réseau dans lesquelles l'eau circule très peu ou très mal. De ce fait, l'eau contenue dans les tuyauteries stagne, ce qui favorise le développement des micro-organismes.

Pour assurer un bon suivi du fonctionnement du système, il est judicieux de prévoir des points d'échantillonnage, des points d'injection, des points de mesure physico-chimiques, aux endroits où la qualité de l'eau est modifiée.

✓ Équipements additionnels

La conception des réseaux doit permettre l'installation d'équipements nécessaires au traitement de l'eau, notamment la mise en place de systèmes de filtration dérivée.

Remarque :

« Le guide technique 1 bis » de la direction générale de la santé traite de la qualité des installations de distribution d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments. Il couvre les aspects conception, réalisation et entretien.

✓ La protection des réseaux d'eau potable

Le circuit d'eau de la tour aéroréfrigérante raccordé à un réseau d'eau potable doit répondre aux exigences de sécurité sanitaire prévues par la réglementation relative à la protection des réseaux. Les installations alimentées en eau potable doivent intégrer, dès leur réalisation, les éléments de protection contre les risques de pollutions par retours d'eau.

Une méthode est décrite dans le guide technique n° 1⁽²⁾, utilisée par les autorités sanitaires françaises qui permet l'analyse des risques de retours d'eau et les choix des protections appropriées (méthode validée par le Comité Européen de Normalisation (CEN) sous la norme EN 1717).

✓ Les vannes de vidange

La présence de vannes de vidange est indispensable aussi bien au niveau des circuits qu'au niveau du bassin :

- vannes de vidange de circuits aux points bas des circuits,
- vanne de vidange du bassin au point bas du bassin et raccordée à l'égout.

Le rejet des eaux vidangées doit être réalisé en conformité à la réglementation en vigueur.

✓ La purge de déconcentration

La purge est continue de préférence ou discontinue asservie à l'appoint ou à la conductivité. Elle vise à maintenir le facteur de concentration à un niveau acceptable pour l'ensemble du circuit en adéquation avec le système de traitement d'eau.

III-3.2.2 Conception des tours aéroréfrigérantes et du circuit

La conception de la tour doit prendre en compte les applications thermiques propres à chaque site industriel. Ainsi les tours aéroréfrigérantes sont-elles conçues afin d'obtenir la performance thermique optimale souhaitée et limiter la formation de dépôts.

Lors de la conception de la tour, les systèmes d'échange, de distribution de l'eau et de séparateur de gouttes, dont les fonctions sont interdépendantes, sont déterminés en fonction des conditions d'utilisation de cette dernière. Le séparateur est le dernier obstacle aux émissions de gouttelettes vers le milieu ambiant. **Tous les équipements et toutes les conditions de fonctionnement de la tour sont des facteurs pouvant faire varier la quantité de gouttes émises dans l'atmosphère** pour un type de séparateur donné.

Dans le milieu industriel, les tours aéroréfrigérantes sont conçues pour des **taux d'entraînement inférieurs à 0,01 %⁽³⁾** du débit d'eau en circulation dans l'appareil. Le diamètre des gouttes émises est compris entre quelques centaines de micromètres et un millimètre.

Le choix du corps d'échange dépend de la qualité d'eau pour un facteur de concentration donné. L'objectif est, tout en s'assurant du respect des impératifs sanitaires, d'obtenir le meilleur bilan technico-économique prenant en compte les coûts d'investissement, les gains liés aux différences de performance et les coûts d'exploitation liés à l'entartrage ou à l'encrassement. Pour atteindre cet objectif, le choix se porte sur un corps d'échange qui s'entartre ou s'encrasse peu pendant toute la durée de vie de l'installation et qui est si possible démontable et facile à nettoyer.

(2) protection sanitaire des réseaux de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. Ministère chargé de la santé, direction générale de la santé, avril 1987.

(3) Actuellement, il n'existe pas de norme européenne permettant de réaliser ce calcul ; toutefois, il existe un référentiel américain du CTI (cooling tower institute) dont l'objet est l'utilisation d'une méthode isocinétique permettant d'évaluer le taux d'entraînement des gouttelettes.

La purge est continue de préférence ou discontinue asservie à l'appoint en eau. Elle vise à maintenir le facteur de concentration à un niveau acceptable pour l'ensemble du circuit en adéquation avec le système de traitement d'eau. **Une pompe de secours sur cet appoint** est souhaitable afin de maintenir un appoint d'eau acceptable en cas de panne.

Des accès libres ou trappes de visites sont prévus afin d'accéder au **bassin**, à la **distribution d'eau** et aux **séparateurs** pour faciliter l'inspection et permettre la maintenance.

Lorsque cela est possible, il est souhaitable d'obtenir des températures d'eau chaude supérieures à 45 °C à l'entrée de la tour aéroréfrigérante à partir desquelles *Legionella* ne prolifère plus mais survit. Certaines installations peuvent être dimensionnées pour des températures d'eau chaude dépassant 60 °C, température à partir de laquelle les *Legionella* sont détruites en quelques minutes.

Enfin la tour aéroréfrigérante elle-même n'est pas la seule partie du système en contact avec l'eau. Le circuit hydraulique doit être également conçu afin de pouvoir être vidangé et nettoyé si nécessaire. La présence de bras morts doit être évitée. Toute partie de l'installation susceptible de créer un bras mort doit être identifiée, répertoriée afin de pouvoir être surveillée tout particulièrement (se reporter au carnet de suivi dont le modèle est situé au centre du document).

III-4 Exemples

Pour une tour aéroréfrigérante à tirage naturel avec un facteur de concentration donné, la distribution d'eau chaude sera spécifique (faible pression : 0,07 bar) avec un séparateur de gouttes à faible perte de charge et un corps d'échange à haute performance et un traitement d'eau éventuel adapté au site.

Pour la chimie fine, le procédé nécessite en général des corps d'échanges performants, le système de distribution d'eau est constitué de tubes et de disperseurs avec pression pouvant atteindre 0,15 bar et des séparateurs de gouttes correspondant à des vitesses d'air assez élevées.

Pour les sucreries, les risques de formation de dépôts sont importants. Le système de distribution d'eau est en général à bacs faciles à nettoyer. Le corps d'échange est à gouttes et peu favorable au développement de films biologiques. De plus, les cycles de fonctionnement de ce type d'industrie se prêtent bien aux nettoyages réguliers.

Chaque cas est donc à traiter de façon adaptée afin d'obtenir un bon compromis entre performances thermiques et conditions d'utilisation. Dans certains cas il faudra un séparateur à haute performance, dans d'autres cas il faudra utiliser des corps d'échange particuliers. Dans tous les cas l'installation doit viser à limiter la dissémination d'aérosols d'eau potentiellement contaminée par les *Legionella*.

III-5 Modification de la conception initiale (dérive des paramètres dans le temps)

Les conditions de fonctionnement de la tour sont données par le constructeur et doivent être respectées. Les modifications ou dérives de paramètres les plus fréquemment rencontrées sont :

- **L'augmentation ou la diminution du débit d'eau en circulation** : l'augmentation du débit d'eau à puissance thermique constante peut conduire à des pertes d'eau supplémentaires par entraînement de gouttes. Elle peut conduire à une modification de la distribution d'eau chaude et si nécessaire du type de séparateur. Par ailleurs, si cette augmentation devient trop importante, elle peut conduire à la destruction partielle ou totale du corps d'échange et à un accroissement du taux d'entraînement de gouttelettes,

- **L'augmentation ou la diminution de la puissance de ventilation** : l'augmentation ou la diminution de la puissance de ventilation, ou le changement de ventilateur, peuvent modifier le champ de vitesse d'air dans le séparateur et occasionner des entraînements d'aérosols supérieurs à ceux initialement constatés,

- **L'augmentation de la puissance thermique dissipée** : l'augmentation de la puissance thermique dissipée va entraîner une évaporation plus importante et donc une élévation plus rapide du facteur

de concentration. L'ensemble de la gestion de l'appoint et du traitement d'eau doit être revu et le corps d'échange remplacé si nécessaire,

- **le remplacement du corps d'échange** : le remplacement du corps d'échange peut également conduire à des modifications du champ de vitesse d'air au niveau des séparateurs et donc conduire à une augmentation des entraînements de gouttelettes.

De façon générale, la modification de l'installation ou des conditions de fonctionnement en dehors des spécifications d'origine doit faire l'objet d'une étude réalisée par des spécialistes afin de garantir à nouveau un taux d'entraînement acceptable (dans tous les cas inférieur à 0,01 % du débit d'eau de circulation) et une formation limitée de dépôts dans le circuit.

IV – MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT

IV-1 Maintenance et entretien

La fréquence des arrêts de maintenance dépend beaucoup du type d'industries. Une industrie avec peu d'arrêts pourrait mettre en place un traitement d'eau efficace permettant la limitation dans le temps des dépôts et de *Legionella*. D'autres types d'industrie, dont la fréquence des arrêts est importante, pourraient procéder à des nettoyages sur des installations adaptées avec des traitements d'eau moins importants.

Un guide d'entretien et d'exploitation doit être remis par le constructeur qui décrit les différents modes de fonctionnement et leurs conséquences sur les performances thermiques, les éléments constitutifs de l'appareil, les conditions de bonne utilisation du matériel et les opérations d'entretien ou de maintenance nécessaires.

Ce paragraphe est développé dans la partie commune C.VI « maintenance et entretien des systèmes de refroidissement ».

IV-2 Protection du personnel

Lors des opérations de maintenance, le personnel chargé des opérations de nettoyage, de remplacement ou d'entretien doit être informé des risques liés aux *Legionella* et formé aux mesures de prévention afin d'obtenir son adhésion aux procédures et pratiques professionnelles.

Toute intervention doit se faire sur une tour à l'arrêt sauf impératif justifié par la nécessité de maintenir le fonctionnement de la tour ou par la nature de l'intervention.

Toutes les précisions sont apportées dans la partie commune C-IV : protection du personnel.

V - EXPLOITATION ET TRAITEMENT D'EAU

V-1 Plages de fonctionnement

En fonctionnement, l'installation doit respecter les prescriptions du fournisseur de tours et des autres fournisseurs de matériel faisant partie intégrante du circuit ou du système (traitement d'eau par exemple). En particulier, il faut respecter :

- la plage de débit d'eau admissible,
- la puissance de ventilation,
- le facteur de concentration maximal admissible (appoint/purge),
- le traitement d'eau prévu.

Au-delà du débit maximal, la pression sur la distribution d'eau n'est plus admissible, des jets parasites peuvent sortir de l'appareil. Les entraînements de gouttelettes sont alors augmentés. Les installations sont conçues pour accepter des variations de débit de l'ordre de 10 à 20 %.

V-2 Suivi des paramètres de fonctionnement

Certains paramètres de fonctionnement sont influencés par l'encrassement des tours aéroréfrigérantes :

– la puissance de ventilation ou puissance de pompage (intensité absorbée)

Si les intensités absorbées s'éloignent des valeurs nominales pour les moteurs entraînant les ventilateurs ou les pompes, ceci peut être dû à un encrassement de la tour ou du circuit par augmentation des pertes de charge.

– la température de l'eau froide

Un encrassement du circuit ou des tours peut être à l'origine d'une augmentation importante de la température d'eau refroidie (supérieure à 1 °C pour une température d'air humide donnée).

– la conductivité de l'eau de circulation

Une augmentation importante de la conductivité de l'eau peut être le signal de conditions propices à un encrassement rapide.

V-3 Gestion de l'appoint d'eau

En cas de panne d'appoint, le niveau d'eau baisse dans le bassin et, à terme, les pompes s'arrêtent. Si un défaut d'alimentation est constaté sur la pompe d'appoint, il est recommandé qu'une alarme de dysfonctionnement prévienne l'exploitant. Ceci permet d'éviter une augmentation importante du facteur de concentration et donc limite les formations de dépôts.

V-4 Caractéristiques du traitement d'eau

Le traitement d'eau sera adapté à la qualité d'eau du site, au facteur de concentration et aux retours d'expérience. Le traitement d'eau sera mis en œuvre lorsque cela s'avérera nécessaire. Il peut être constitué :

- d'un prétraitement (décarbonatation par exemple),
- d'inhibiteurs d'entartrage et/ou de corrosion,
- et/ou d'acides permettant d'abaisser le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) de l'eau,
- et/ou de bactéricides oxydants ou non oxydants,
- et/ou de molécules biodispersantes (tensioactifs),
- et/ou de procédés physiques (UV, ultrasons, filtration...).

Il faut noter que certains circuits de refroidissement industriels ne nécessitent pas de traitement (notamment dans le cas de circuits conçus avec un faible facteur de concentration), d'autres nécessitent seulement un traitement biocide préventif et adapté. Les qualités de l'eau d'appoint ou d'eau de circulation peuvent varier sensiblement au cours du temps.

VI - SUIVI DES INSTALLATIONS

VI-1 Le carnet de suivi

Un suivi adapté des paramètres biochimiques permet d'ajuster le traitement (pH, dureté totale, TAC, chlorures, conductivité, matières en suspension, flore viable...); ces valeurs doivent figurer dans le carnet de suivi ou y être jointes. Le modèle du carnet de suivi du système de refroidissement est situé au centre du document.

Les sujets relatifs aux procédés, contrôles et efficacité des traitements de l'eau sont développés dans la partie commune C.VII.

VI-2 Dénombrement de la flore viable (ou germes totaux)

Le dénombrement de la flore viable est un indicateur bactériologique de l'état des installations, d'une pollution et de l'efficacité des traitements biocides. Cependant, les études scientifiques ne mettent pas en évidence de corrélation entre le dénombrement de la flore viable et le dénombrement des *Legionella*. Ainsi, si un taux élevé de germes dans l'installation doit être considéré comme un **signal d'alerte**, en revanche, **une faible concentration ne garantit en aucun cas de faibles teneurs en *Legionella***.

Cependant, il est conseillé de surveiller le dénombrement en flore viable et plus particulièrement en période estivale ou en région chaude. Il est à noter que cet indicateur n'est pas représentatif pour les circuits refroidis en eau de surface où la concentration en flore viable est déjà très importante.

VI-3 *Legionella* : Prélèvements – Analyse

Ces sujets sont traités dans les parties communes C-I « *Legionella* » et C-II « analyses *Legionella* ».

GUIDE DES BONNES PRATIQUES

Legionella et tours aéroréfrigérantes

Section II

**SYSTÈMES
DE REFROIDISSEMENT
D'EAU POUR LES
APPLICATIONS TERTIAIRES**

MOTS CLÉS :

TOUR AÉRORÉFRIGÉRANTE,
LEGIONELLA, CONCEPTION,
ENTRETIEN, EXPLOITATION,
INDUSTRIEL, PRÉVENTION,
BIOCIDE, TRAITEMENT D'EAU

I - INTRODUCTION

Les bâtiments du tertiaire sont soumis à des apports thermiques importants tant externes, qu'internes. L'utilisation de systèmes de refroidissement dans ce secteur d'activités est principalement liée aux besoins de climatisation. Certaines applications nécessitent un refroidissement permanent et fiable (salles informatiques, musées, salles blanches...), d'autres répondent à des besoins plus ponctuels (bureaux, hôtellerie, centres commerciaux...).

La section II du guide donne des éléments adaptés au secteur tertiaire permettant de mieux maîtriser le risque microbiologique lié à *Legionella*.

L'écologie de cette bactérie et les risques induits sont présentés en partie C.I « *Legionella* ».

II - TOURS AÉROREFRIGÉRANTES - DÉFINITION

Une tour aéroréfrigérante humide est un échangeur de chaleur « air/eau » dans lequel l'eau à refroidir est en contact direct avec l'air ambiant. L'eau chaude est pulvérisée en partie haute de la tour aéroréfrigérante et ruisselle sur le corps d'échange. L'air traverse le système de ruissellement et est rejeté dans l'atmosphère. Le refroidissement s'effectue principalement par évaporation de l'eau ; **l'efficacité du système est liée à la conception et à l'entretien de la tour aéroréfrigérante** ainsi qu'aux conditions atmosphériques (température et humidité).

On se reportera utilement au glossaire et à la partie C-V « Les différents types de tour ».

II-1 Le panache

L'air saturé de vapeur d'eau crée un nuage visible à la sortie des tours aéroréfrigérantes par voie humide. Ce nuage appelé « panache » est constitué :

- **de vapeur d'eau** : c'est la quantité d'eau évaporée pour assurer le refroidissement. Elle est fonction de la chaleur éliminée. Elle est de l'ordre de 1 % du débit d'eau circulant (soit approximativement 1,5 m³ par MWh rejeté à l'atmosphère) pour 5 à 6 °C d'écart thermique entre l'eau chaude et l'eau froide. Ce débit d'évaporation est constitué par de l'eau pure qui n'entraîne aucun sel dissous. La vapeur d'eau peut se recondenser en gouttes d'un diamètre moyen de 5 µm.

- **de gouttes entraînées ou entraînement vésiculaire** : l'entraînement vésiculaire est défini comme étant de fines particules d'eau entraînées dans l'atmosphère par la circulation de l'air dans la tour (de quelques µm à 1 mm).

Contrairement à l'eau évaporée, les gouttelettes entraînées possèdent la même composition que l'eau du circuit, et donc sont susceptibles de véhiculer les bactéries.

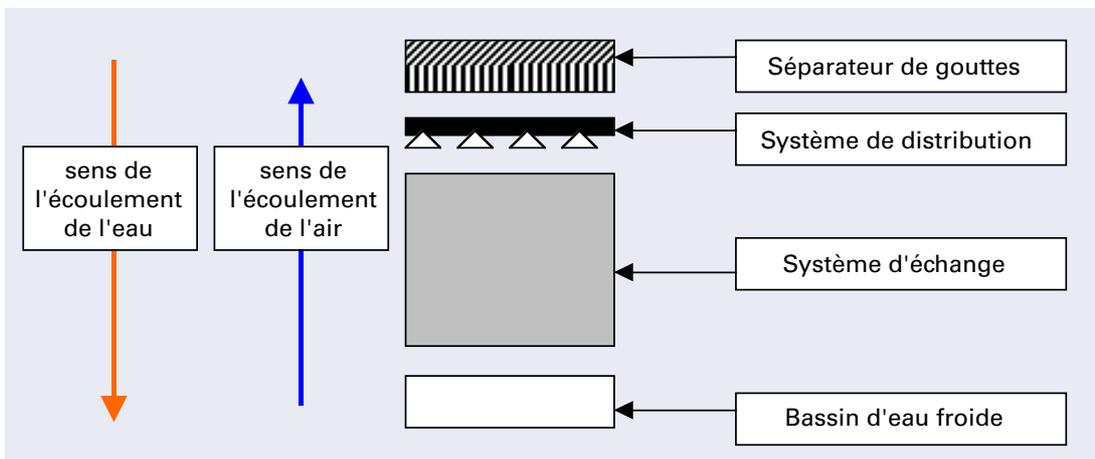
II-2 Éléments constitutifs d'une tour de refroidissement par voie humide

Les principaux éléments constitutifs d'une tour de refroidissement classique sont :

- **un système de distribution d'eau** dont le rôle est de disperser de manière uniforme l'eau sous forme de gouttelettes,
- **le corps d'échange ou garnissage encore appelé « packing »**, dispositif au travers duquel se fait le transfert thermique entre l'air et l'eau. Les garnissages les plus répandus en application tertiaire sont les garnissages de type film (des schémas figurent dans la partie définitions),
- **le pare gouttelettes ou séparateur de gouttes** (ensemble de chicanes) installé en sortie d'air de la tour aéroréfrigérante, conçu pour retenir l'entraînement vésiculaire (des schémas figurent dans la partie définitions),
- **la (ou les) trappe(s) de visite**, ouverture sur le corps de la tour aéroréfrigérante permettant l'ac-

cès à l'intérieur et le contrôle visuel des différentes parties constitutives,

- **le bassin** situé en partie basse de la tour pour récupérer l'eau refroidie,
- **le ventilateur** qui assure un écoulement continu d'air. Il peut être situé en partie haute ou basse de la tour aérorefrigérante,
- éventuellement **un ou plusieurs échangeurs** et une pompe assurant la circulation de l'eau, pour les tours de refroidissement à double circuit ou pour les tours hybrides.



La partie commune C.V détaille les systèmes de refroidissement les plus fréquemment rencontrés.

III - RÈGLES DE CONCEPTION DES INSTALLATIONS UTILISANT UNE OU PLUSIEURS TOURS AÉROREFRIGÉRANTES

III-1 Introduction

L'éradication des bactéries *Legionella* est très difficile voire impossible, mais en revanche il est indispensable de limiter leur prolifération et d'éviter leur dissémination dans l'environnement par aérosolisation. **Le risque *Legionella* associé aux unités de refroidissement peut être réduit :**

- en maîtrisant la prolifération de bactéries dans l'eau des tours,
- en limitant l'émission de gouttelettes d'eau dans l'environnement.

La maîtrise du risque passe par :

- ✓ une bonne conception de la tour aérorefrigérante et de l'ensemble du réseau,
- ✓ des conditions de fonctionnement adaptées à la conception initialement prévue,
- ✓ un contrôle régulier de l'état du matériel,
- ✓ une maîtrise de la qualité d'eau d'appoint,
- ✓ un entretien adapté au fonctionnement de l'installation,
- ✓ un traitement de l'eau adapté qui doit faire l'objet d'un suivi attentif et régulier,
- ✓ une vigilance accrue lors de périodes sensibles (par exemple : lors de travaux de proximité, en période chaude...),
- ✓ une évaluation de l'efficacité des programmes de traitement de l'eau.

Seule la prise en compte simultanée de tous les paramètres cités ci-dessus pourra limiter le risque *Legionella*.

ATTENTION : selon le type de circuit le risque de prolifération est localisé à la tour (tour à circuit fermé) ou à l'ensemble du réseau (tour ouverte) ; se reporter à la partie commune C.V « systèmes de refroidissement ».

III-2 Nouvelles installations

III-2.1 Implantation des tours aéroréfrigérantes

Localisation des tours

L'implantation et l'orientation des tours doivent être considérées lors de l'étude du projet de réalisation du bâtiment. Il est notamment nécessaire de veiller à :

- **l'environnement de la tour** en évitant la proximité de fenêtres, de prises d'air, de lieux de rassemblements du public et en tenant compte des vents dominants, afin de ne pas propager l'air expulsé dans des milieux confinés, ou très fréquentés,
- **la qualité de l'air aspiré**. En effet, toute activité de proximité qui génère de grandes quantités de poussières ou de matières organiques en suspension dans l'air, participe au développement de micro-organismes favorables à la prolifération des *Legionella* (exemples : rejets de cuisine, poussières de chantiers...).

Accessibilité

La ou (les) tour(s) aéroréfrigérante(s) doit(vent) être placée(s) de telle sorte que toutes les interventions de maintenance et d'entretien soient réalisables dans le respect des règles de sécurité générales stipulées dans le code du travail.

III-2.2 Conception de l'installation

L'installation est constituée, d'une part du réseau qui sert à véhiculer l'eau qui a été en contact avec l'air, d'autre part du système à refroidir et de la tour aéroréfrigérante.

III-2.2.1 Conception du réseau

• La vitesse de circulation de l'eau

Les caractéristiques de la ou des pompes et le choix des sections de tuyauteries doivent être définis pour assurer une vitesse de circulation de l'eau garantissant un écoulement turbulent dans le réseau, afin de limiter la formation de biofilm ; la présence de bras morts⁽⁴⁾ doit être évitée.

ATTENTION : toute partie de l'installation susceptible de créer un bras mort doit être identifiée, répertoriée afin de pouvoir être surveillée tout particulièrement. Ces informations devront être portées dans le carnet de suivi (se reporter au modèle situé au centre du document).

• Les matériaux

Le choix des matériaux doit prendre en compte les différents paramètres de l'installation et notamment la qualité et le traitement de l'eau, les risques de réaction électrolytique, les types d'opérations de maintenance envisagés afin de prévenir dans les meilleures conditions au moment de la conception et dans le temps les risques de corrosion, d'entartrage ou de dépôt de biofilm.

• Les organes de réglages et contrôles

– organes de réglage

Si le réseau d'eau est maillé, des dispositifs de réglage seront installés pour assurer l'équilibre hydraulique dans chaque maille du réseau.

– contrôle : pré-équipement du réseau

Pour assurer un bon suivi du fonctionnement du système, il est judicieux de prévoir des points d'échantillonnage, des points d'injection de produits de traitement, des points de mesure physico-chimiques, aux endroits où la qualité de l'eau est modifiée.

• Équipements additionnels

La conception des réseaux doit permettre l'installation d'équipements nécessaires au traitement de l'eau, notamment la mise en place de systèmes de filtration dérivée.

⁽⁴⁾ Bras morts : parties du réseau dans lesquelles l'eau circule très peu ou très mal. De ce fait, l'eau contenue dans les tuyauteries stagne, ce qui favorise le développement des micro-organismes.

• La protection des réseaux d'eau potable

Le circuit d'eau de la tour aéroréfrigérante raccordé à un réseau d'eau potable doit répondre aux exigences de sécurité sanitaire prévues par la réglementation relative à la protection des réseaux. Les installations alimentées en eau potable doivent intégrer, dès leur réalisation, les éléments de protection contre les risques de pollutions par retours d'eau.

Il existe une méthode, décrite dans le « guide technique n° 1 », utilisée par les autorités sanitaires françaises qui permet l'analyse des risques de retours d'eau et les choix des protections appropriées (méthode validée par le Comité Européen de Normalisation (CEN) sous la norme EN 1717).

• Les vannes de vidange

La présence de vannes de vidange est indispensable aussi bien au niveau des circuits qu'au niveau du bassin :

- vannes de vidange de circuits aux points bas des circuits,
- vanne de vidange du bassin au point bas du bassin et raccordée à l'égout.

Le rejet des eaux vidangées doit être réalisé en conformité à la réglementation en vigueur.

• La purge de déconcentration

La purge est continue de préférence ou discontinue asservie à l'appoint ou à la conductivité. Elle vise à maintenir le facteur de concentration à un niveau acceptable pour l'ensemble du circuit en adéquation avec le système de traitement d'eau.

III – 2.2.2 Conception de la tour aéroréfrigérante

La tour aéroréfrigérante est **conçue pour fonctionner selon un cahier des charges, des prescriptions constructeur (ou maître d'œuvre)** et a minima conformément aux conditions suivantes :

- Plage de débit d'eau admissible,
- Facteur de concentration maximal admissible (appoint/purge),
- Puissance de ventilation,
- Traitement d'eau/qualité d'eau.

Le type de système d'échange, le système de distribution de l'eau et le séparateur de gouttes sont liés entre eux au moment de la conception aux conditions d'utilisation de la tour. Le séparateur sera le frein aux émissions de gouttelettes vers le milieu ambiant. **Cependant, tous les équipements et toutes les conditions de fonctionnement de la tour sont des facteurs pouvant faire varier la quantité de gouttes émises dans l'atmosphère pour un type de séparateur donné.**

Les tours aéroréfrigérantes sont conçues pour des **taux d'entraînement inférieurs à 0,01 %⁽⁵⁾** du débit d'eau en circulation dans l'appareil. Il est nécessaire de veiller à ce qu'il n'y ait pas de dégradation de cette caractéristique dans le temps lors du fonctionnement habituel des tours.

Le choix du corps d'échange dépend de la qualité d'eau pour un facteur de concentration donné. L'objectif est d'obtenir le meilleur bilan technico-économique prenant en compte les coûts d'investissement, les gains liés aux différences de performance et les coûts d'exploitation liés à l'entartrage ou à l'encrassement. Le choix du meilleur bilan conduit généralement à un corps d'échange qui s'entartré ou s'encrasse peu pendant toute la durée de vie de l'installation et qui est si possible démontable et facile à nettoyer.

Des accès libres ou trappes de visites sont prévus afin d'accéder au **bassin**, à la **distribution d'eau** et aux **séparateurs** pour faciliter l'inspection et permettre la maintenance.

Tous les types de tour sont adaptés à leur application thermique et sont conçus pour obtenir des performances thermiques optimales. Cette exigence pour être maintenue, passe par un suivi sys-

(5) Actuellement, il n'existe pas de norme européenne permettant de réaliser ce calcul ; toutefois, il existe un référentiel américain du CTI (cooling tower institute) dont l'objet est l'utilisation d'une méthode isocinétique permettant d'évaluer le taux d'entraînement des gouttelettes.

tématique de la tour tant au niveau matériel que chimique. En effet la présence de salissures, tartre... agit sensiblement sur les performances de l'équipement et donc sur son rendement.

III-3 Installations existantes (dérive des paramètres dans le temps)

Les conditions de fonctionnement de la tour sont données par le constructeur et doivent être respectées. Les modifications ou dérives de paramètres les plus fréquemment rencontrées sont :

- **L'augmentation ou la diminution du débit d'eau en circulation** : l'augmentation du débit d'eau à puissance thermique constante peut conduire à des pertes d'eau supplémentaires par entraînement de gouttes. Elle peut conduire à une modification de la distribution d'eau chaude et si nécessaire du type de séparateur. Par ailleurs, si cette augmentation devient trop importante, elle peut conduire à la destruction partielle ou totale du corps d'échange et à un accroissement du taux d'entraînement de gouttelettes,
- **L'augmentation ou la diminution de la puissance de ventilation** : l'augmentation ou la diminution de la puissance de ventilation, ou le changement de ventilateur, peuvent modifier le champ de vitesse d'air dans le séparateur et occasionner des entraînements vésiculaires supérieurs à ceux initialement constatés,
- **L'augmentation de la puissance thermique dissipée** : l'augmentation de la puissance thermique dissipée va entraîner une évaporation plus importante et donc une élévation plus rapide du facteur de concentration. L'ensemble de la gestion de l'appoint et du traitement d'eau doit être revu et le corps d'échange remplacé si nécessaire,
- **le remplacement du corps d'échange** : le remplacement du corps d'échange peut également conduire à des modifications du champ de vitesse au niveau des séparateurs et donc conduire à une augmentation des entraînements de gouttelettes.

De façon générale, la modification de l'installation ou des conditions de fonctionnement en dehors des spécifications d'origine doit faire l'objet d'une étude réalisée par des spécialistes afin de garantir à nouveau un taux d'entraînement acceptable (inférieur à 0,01 % du débit d'eau de circulation) et une formation limitée de dépôts dans le circuit.

IV – MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT

IV-1 Maintenance et entretien

Un guide d'entretien et d'exploitation est remis par le constructeur qui décrit les différents modes de fonctionnement et leur conséquence sur les performances thermiques, les éléments constitutifs de l'appareil, les conditions de bonne utilisation du matériel ainsi que les opérations d'entretien ou de maintenance nécessaires.

Ce paragraphe est développé dans la partie commune C.VI « maintenance et entretien des systèmes de refroidissement ».

IV-2 Protection du personnel

Lors des opérations de maintenance, le personnel chargé des opérations de nettoyage, de remplacement ou d'entretien doit être informé des risques liés aux *Legionella* et formé aux mesures de prévention afin d'obtenir son adhésion aux procédures et pratiques professionnelles. Toute intervention doit se faire sur une tour à l'arrêt sauf impératif justifié par la nécessité de maintenir le fonctionnement de la tour ou par la nature de l'intervention.

Toutes les précisions sont apportées dans la partie commune C-IV : protection du personnel.

V - TRAITEMENTS D'EAU

V-1 Introduction

Le traitement d'eau est un point essentiel. La tenue des équipements (notamment la qualité de l'état de surface), le transfert de chaleur et la probabilité de survenue d'un danger sanitaire en dépendent directement.

Le traitement d'eau doit être opérationnel dès la mise en service du circuit, il doit permettre de lutter de façon efficace contre l'entartrage, la corrosion et la prolifération bactérienne.

L'entretien des installations et le suivi du traitement d'eau nécessitent des contrôles mais aussi un contact étroit entre les utilisateurs de l'installation et les spécialistes du traitement des eaux.

V-2 Pathologie des réseaux

L'eau en circulation dans un système de refroidissement a des propriétés physico-chimiques et biologiques, qui vont évoluer au contact des matériaux du circuit, en fonction du temps de séjour, de sa vitesse d'écoulement, de sa température et de la température superficielle (température de l'eau au contact du matériau).

Si le suivi de l'installation (entretien et contrôle de la qualité de l'eau : parties communes C.VI « maintenance et entretien des systèmes de refroidissement ») et la tenue à jour du carnet de suivi (modèle situé au centre du document) ne sont pas réalisés correctement, l'exploitant d'un système de refroidissement sera confronté très rapidement à des problèmes sanitaires et fonctionnels liés à la présence de salissures, de corrosion et d'entartrage.

Ces problèmes sont dépendants les uns des autres et doivent être pris en compte simultanément.

Les facteurs de colonisation des réseaux sont traités dans la partie commune C-I « *Legionella* ».

V-3 Traitement de l'eau d'appoint

Les eaux d'appoint nécessitent parfois un prétraitement adapté à leur niveau de qualité. Les techniques sont principalement : la filtration, l'adoucissement...

REMARQUE : c'est la qualité de l'eau d'appoint traitée qui doit être prise en considération pour déterminer le taux de concentration admissible, les consignes d'exploitation du système de purge et la conduite du traitement.

V-4 Traitement de l'eau du circuit

Quel que soit le traitement de l'eau d'appoint, il est souvent nécessaire de réaliser un traitement complémentaire de l'eau des circuits de refroidissement à savoir :

- **des traitements physiques :**
 - la filtration dérivée,
 - l'utilisation d'appareils ultra-violets, ultrasons...

- **des traitements chimiques avec utilisation de :**
 - biodispersants,
 - biocides en traitement de choc ou continu,
 - inhibiteurs d'entartrage,
 - inhibiteurs de corrosion.

Les traitements sont développés dans la partie commune C.VII « procédés de traitement de l'eau ».

V-5 Contrôles et efficacité des traitements

La seule injection de produits dans le réseau d'eau ne suffit pas. Il est nécessaire en sus de bien connaître le mode d'action des produits, les caractéristiques du circuit à traiter et les effets du traitement sur l'environnement pour obtenir un programme de traitement efficace.

Il est indispensable d'y associer une bonne gestion de l'installation pour obtenir l'efficacité des produits.

Compte tenu de la vitesse à laquelle les micro-organismes peuvent proliférer, il est essentiel d'exercer un contrôle régulier des installations afin de détecter la survenue éventuelle de problèmes.

Les contrôles :

- ✓ de l'échange thermique,
- ✓ de la consommation en eau et en réactifs,
- ✓ des postes de traitement d'eau et de dosage des produits,
- ✓ analytiques,

doivent être effectués et le résultat de ces contrôles doit être interprété pour mettre le cas échéant en évidence des dysfonctionnements de l'installation liés à des défauts d'entretien.

Cette partie est développée dans la partie commune C-VII « procédés, contrôles et efficacité des traitements d'eau ».

VI - SUIVI DES INSTALLATIONS

VI-1 Le carnet de suivi

Un suivi adapté des paramètres chimiques et biochimiques (pH, dureté totale, TAC, chlorures, conductivité, matières en suspension, flore viable...) permet d'ajuster le traitement. Les valeurs de ces paramètres doivent figurer dans le carnet de suivi ou y être jointes. Un modèle du carnet de suivi est fourni dans la partie centrale du document.

Les procédés, les contrôles et l'efficacité des traitements de l'eau sont développés dans la partie commune C.VII.

VI-2 Dénombrement de la flore viable (ou germes totaux)

Le dénombrement de la flore viable est un indicateur bactériologique de l'état des installations, d'une pollution et de l'efficacité des traitements biocides. Cependant, les études scientifiques ne mettent pas en évidence de corrélation entre le dénombrement de la flore viable et le dénombrement des *Legionella*. Ainsi, si un taux élevé de germes dans l'installation doit être considéré comme un signal d'alerte, en revanche, une faible concentration ne garantit en aucun cas de faibles teneurs en *Legionella*.

Cependant, il est conseillé de surveiller le dénombrement en flore viable et plus particulièrement en période estivale ou en région chaude. Il est à noter que cet indicateur n'est pas représentatif pour les circuits refroidis en eau de surface où la concentration en flore viable est déjà très importante.

VI-3 *Legionella* - Prélèvements – Analyses

Ces sujets sont traités dans les parties communes C-I « *Legionella* » et C-II « analyses *Legionella* ».

Section III

PARTIE COMMUNE AUX SECTIONS PRÉCÉDENTES

- Partie CI : *Legionella*
- Partie C.II : Analyses de *Legionella*
- Partie C.III : Paramètres de l'évaluation du risque
- Partie C.IV : Protection du personnel
- Partie C.V : Différents types de tours
- Partie C.VI : Maintenance et entretien des systèmes de refroidissement
- Partie C.VII : Procédés, contrôles de l'efficacité des traitements d'eau
- Partie C.VIII : Réglementations et recommandations relatives à la prévention de la légionellose

Le carnet de suivi de système de refroidissement se situe en partie centrale du document.

PARTIE C. I : LEGIONELLA ET RISQUES INDUITS

C. I - 1 La bactérie

Legionella sont des bactéries d'origine hydrotellurique. Cette famille de bacilles à Gram négatif comporte 43 espèces. *Legionella pneumophila* est responsable de 90 % des légionelloses et le sérogroupe 1 de cette espèce (Lp1) est associé à plus de 80 % des cas.

Legionella prolifèrent lorsque la température de l'eau est comprise entre 25° et 45 °C. Elles survivent en deçà de 25 °C et se multiplient au-delà. Aux alentours de 50 °C une destruction survient (en quelques heures). Vers 60 °C le temps de destruction devient très court (de l'ordre de la minute). La bactérie tolère une large gamme de pH. Elles prolifèrent en présence de concentrations élevées de calcium et de magnésium, de résidus métalliques, de certains matériaux tels que le caoutchouc, le chlorure de polyvinyle, le polyéthylène ou le silicone et d'autres micro-organismes des milieux aquatiques, comme les cyanobactéries ou les amibes libres.

Leur mise en évidence est effectuée selon la norme Afnor NFT 90-431 (en cours de modification) par une technique de culture sur milieu spécial (BCYE). Le résultat est exprimé en Unité Formant Colonie par litre. La limite de détection est actuellement de 50 à 100 UFC/l selon le laboratoire. La croissance de la bactérie sur ce milieu de culture est relativement lente, pouvant aller de 3 à 10 jours selon les espèces.

C. I - 2 Contamination et pathologie

La contamination des personnes exposées se fait essentiellement par inhalation de fines gouttelettes d'eau (taille inférieure à 5 µm) contaminée, diffusée en aérosol. Ces aérosols atteignent les alvéoles pulmonaires, infestent les macrophages pulmonaires et provoquent leur destruction. Il n'y a pas de transmission inter-humaine.

Les légionelloses se manifestent sous deux formes cliniques distinctes :

- la fièvre de Pontiac, qui est une forme bénigne (syndrome pseudo-grippal bénin) passant le plus souvent inaperçue,
- la maladie des légionnaires, qui se présente sous la forme d'une infection pulmonaire grave dont la létalité est de 20 %.

Des facteurs individuels, permanents ou passagers, tels que l'âge, l'alcoolisme, le tabagisme, l'immunodéficience, les affections respiratoires chroniques, peuvent induire une plus grande sensibilité au risque d'infection.

C.I - 3 Données épidémiologiques

La maladie des légionnaires a été décrite pour la première fois en 1976 lors d'une épidémie qui a touché, à l'occasion du 58^e congrès de l'American Legion à Philadelphie, 221 participants, entraînant le décès de 34 personnes. Depuis cette date, plusieurs épidémies ont été observées dans des immeubles collectifs, des hôtels ou des hôpitaux.

En France, la légionellose est une maladie à déclaration obligatoire depuis 1987. Cependant, le nombre de cas déclarés est resté très faible (autour de 50 par an) jusqu'au renforcement du dispositif de surveillance épidémiologique en 1997. C'est ainsi qu'en 1999, le nombre de cas de légionelloses déclarés s'élève à 440 avec une exhaustivité de la déclaration par rapport au diagnostic estimée à 33 %. De nombreuses légionelloses ne sont pas diagnostiquées.

L'origine de la contamination n'est connue que dans un faible pourcentage de cas, principalement lors des investigations d'épidémies. *Legionella* étant présentes dans tout milieu hydrique il est très difficile de faire la preuve de l'origine de la contamination. Pour cela il faut isoler la souche chez le malade (ce qui est fait dans 20 à 30 % des cas) et la comparer, avec des méthodes d'analyse génétique, aux diverses souches environnementales prélevées.

C.I - 4 Les installations à risque

Legionella sont présentes à l'état naturel dans les eaux douces (lacs et rivières) et les sols humides. À partir du milieu naturel, la bactérie colonise des sites hydriques artificiels lorsque les conditions de son développement sont réunies. Sa prolifération peut ainsi être favorisée par les conditions présentes dans différentes installations dites « à risque » telles que les réseaux d'eaux chaudes, les circuits des tours aéroréfrigérantes, les bains à bulles, les humidificateurs...

Les investigations d'épidémies et de cas sporadiques ont permis d'associer la maladie des légionnaires à deux principales sources, à savoir : les tours de refroidissement et condenseurs évaporatifs et les systèmes de distribution d'eau chaude sanitaire :

- **les réseaux d'eau chaude sanitaire** : la contamination via un aérosol généré par l'utilisation d'eau chaude sanitaire (essentiellement lors de douches) est à l'origine d'un grand nombre de cas de maladie des légionnaires. La contamination des systèmes de distribution d'eau chaude a été associée à un nombre important d'épidémies nosocomiales, à quelques épidémies contractées lors d'un séjour dans un hôtel ou une pension et à des cas isolés liés à une contamination survenue en milieu résidentiel.

- **les tours aéroréfrigérantes** : les circuits chauds industriels ou des groupes frigorifiques, utilisés en climatisation, en froid industriel ou commercial, sont des milieux favorables au développement des *Legionella* compte tenu de la température de l'eau et du contact avec l'air. *Legionella* peuvent coloniser l'eau des tours puis être véhiculées dans l'air extérieur via l'entraînement de l'aérosol de microgouttelettes. Des études ont mis en évidence des cas de contaminations de personnes :
 - via la prise d'air neuf de bâtiment placée sous le vent d'une tour aéroréfrigérante du système de climatisation d'un autre bâtiment,
 - chez des personnes passant à proximité d'un immeuble équipé d'une tour colonisée par les *Legionella* et exposées aux émissions de microgouttelettes.

C.I - 5 Facteurs de colonisation des réseaux

La contamination biologique des réseaux est constituée des bactéries mais aussi d'algues, de moisissures, de protozoaires, de micro-organismes qui peuvent coloniser les surfaces en formant un biofilm.

La bactérie peut également proliférer dans les circuits de refroidissement. Sa prolifération est favorisée par la présence d'autres micro-organismes.

À des concentrations maîtrisées, les micro-organismes ne gênent pas le fonctionnement du circuit et le risque de contamination est réduit.

Si les micro-organismes peuvent contribuer au développement de phénomènes de corrosion des métaux, les sous produits de la corrosion constituent des nutriments pour les micro-organismes et quelle que soit leur origine, la corrosion et l'entartrage détériorent l'état de surface pouvant favoriser indirectement la formation de biofilm.

Outre la présence de nutriments organiques et minéraux véhiculés par l'eau, les facteurs tels que la température, le domaine de pH et l'aération continue de l'eau contribuent à la création d'un milieu favorable aux développements microbiens.

Les propriétés chimiques de l'eau et sa température influencent la formation de tartre et de corrosion. De même toute diminution de la vitesse de l'eau (voire arrêt de l'installation ou d'une partie de l'installation) peut favoriser la formation de biofilm. **Une conception et un entretien inadaptés peuvent accélérer les phénomènes (voir aussi sur ce point le chapitre III sections I et II et la partie commune C.VI « maintenance et entretien des systèmes de refroidissement »).**

PARTIE C.II : ANALYSE DES *LEGIONELLA*

C. II - 1 Choix des laboratoires

Pour la réalisation de l'analyse de l'eau, il est recommandé de s'adresser aux quatre catégories de laboratoires ci-après :

- laboratoires qui réalisent les analyses de *Legionella* et qui sont agréés par le ministre chargé de la santé pour le contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine,
- laboratoires agréés par le ministre chargé de la santé pour les eaux minérales,
- laboratoires accrédités COFRAC pour le paramètre « *Legionella* »,
- laboratoires utilisant la norme Afnor T 90-431 et participant à des réseaux d'intercalibration (condition a *minima*).

C. II - 2 Analyse de *Legionella*

Dans l'état actuel des connaissances, la méthode de référence pour la détection et la quantification des *Legionella* dans les fluides techniques est la méthode par mise en culture décrite par la norme Afnor T90-431.

C.II - 2.1 Le matériel

Lors d'un prélèvement il est recommandé d'avoir à sa disposition :

- ✓ **des récipients stériles** d'un volume d'un litre (si possible en plastique pour éviter la casse du verre). **Il est important de spécifier au laboratoire s'il y a eu avant le prélèvement un traitement et quelle en est sa nature.** Dans le cas d'échantillons provenant d'eaux chlorées, bromées ou ozonées, le récipient collecteur doit contenir du thiosulfate de sodium en quantité suffisante pour neutraliser les oxydants,
- ✓ **un thermomètre** (contrôle de la température de l'eau sur le lieu de prélèvement),
- ✓ **une enceinte réfrigérée** isotherme (de type glacière...),
- ✓ **un masque de protection** vis-à-vis des aérosols biologiques (se reporter à la partie C.IV relative à la protection du personnel).

C.II - 2.2 Les prélèvements

Ils sont réalisés sur des équipements en fonctionnement, c'est-à-dire en eau circulante et ce, à distance des opérations de traitement « choc » (au moins 48 heures après le traitement de choc et éventuellement avant pour contrôler l'opportunité du traitement).

Les prélèvements qui doivent être réalisés en tenant la bouteille verticale pour éviter que le thiosulfate ne se renverse, peuvent être exécutés :

- ✓ **soit à la sortie d'une vanne** en amont de la pulvérisation (retour sur la tour) : après ouverture de la vanne, laisser l'eau s'écouler environ 1 minute et la recueillir dans le flacon stérile en évitant tout contact avec le robinet.
- ✓ **soit dans le bassin** de réception des fluides de ruissellement : après arrêt du ventilateur et ouverture de la trappe d'accès par l'agent d'exploitation, introduire le flacon dans l'eau en s'écartant du point d'arrivée de l'eau d'appoint.

Remarques :

- Les techniques de biologie moléculaire (PCR) et d'immunofluorescence sont reconnues et appliquées habituellement pour l'identification des souches de *Legionella* isolées en culture. Toutefois, leur utilisation pour la détection et la quantification des *Legionella* dans des fluides techniques ou d'échantillons de l'environnement n'est pas recommandée, les données expérimentales n'étant pas fiables.
- Le prélèvement d'aérosols pour la recherche des *Legionella* n'est pas réalisé en routine en raison de difficultés métrologiques non encore maîtrisées.

C.II - 2.3 Modalités

Les modalités de gestion et de traitement des installations ont une incidence non négligeable sur les résultats d'analyse biologique.

Les conditions de prélèvement, de transport et le délai de traitement de l'échantillon doivent être rigoureux et reproductibles.

Il convient de convenir d'un rendez-vous avec un laboratoire qui effectuera les prélèvements ou recevra les échantillons de façon à ce que l'analyse puisse être pratiquée au plus tard le lendemain du recueil. Un résultat provisoire qualitatif de présence peut être obtenu à partir du 6^{ème} ou du 7^{ème} jour ; le résultat quantitatif pourra être pour sa part obtenu dans un minimum de dix jours.

Un exemple de fiche de prélèvements est proposé en page suivante.

L'ensemble des informations recueillies devra être reporté dans le carnet de suivi dont le modèle figure dans la partie centrale du document.

Fiche de prélèvement pour les analyses bactériologiques

Fiche de prélèvement	
Équipement :	Adresse :
Coordonnées du préleveur	
Nom du préleveur :	Téléphone :
Adresse :	Télécopie :
Coordonnées du Laboratoire	
Nom du Laboratoire :	Téléphone :
Adresse :	Télécopie :
Destinataire du bulletin d'analyses	
Nom :	Téléphone :
Adresse :	Télécopie :
Informations concernant l'échantillon	
Date de prélèvement :	Heure de prélèvement :
Identification du point de prélèvement (vanne de purge, bassin...) :	
Nature de l'échantillon :	Température de l'eau lors du prélèvement :
Condition d'acheminement de l'échantillon :	Paramètre à analyser :
Informations concernant le traitement d'eau	
Traitement de l'eau en continu : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Type de traitement :	Traitement de l'eau en choc : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Type de traitement :
Concentration	Nombre d'heures depuis la dernière injection Temps de demi-séjour :
Observations :	

PARTIE C.III : PARAMÈTRES DE L'ÉVALUATION DU RISQUE

Le présent chapitre fournit aux acteurs professionnels divers éléments de réflexion leur permettant de comprendre la pertinence et l'interaction de chacune des mesures qui doivent être mises en œuvre, d'identifier les points faibles d'une installation donnée et de hiérarchiser les actions à réaliser pour limiter le risque.

L'évaluation des risques pour les personnels intervenant sur/ou à proximité immédiate des installations est traitée de manière spécifique dans la partie C.IV « protection du personnel ».

C. III-1 Généralités

L'estimation des risques liés à une tour aéroréfrigérante peut se résumer à :

1. identifier le danger : le danger qui est traité dans le cadre du guide est celui de contracter une légionellose via l'inhalation de fines gouttelettes d'eau contaminée par des légionelles provenant d'aérosols des tours aéroréfrigérantes. En l'état actuel des connaissances, il n'existe pas de méthode reconnue d'analyses des légionelles dans l'air ; aussi le danger ne peut-il être représenté qu'indirectement à partir de la concentration en *Legionella* de l'eau en circulation dans le système de refroidissement ;

2. estimer le risque que la population environnante inhale des aérosols contaminés et contracte une légionellose, c'est-à-dire la probabilité de survenue du danger. En l'état actuel des connaissances, l'incertitude sur de nombreux paramètres ne permet pas de calculer un risque. Celui-ci peut seulement être estimé de manière qualitative en étudiant l'ensemble des paramètres décrits dans la présente partie.

C.III-2 Les différents paramètres de l'évaluation du risque

Pour évaluer le risque lié à une tour de refroidissement, il est nécessaire d'examiner successivement les différents aspects suivants et leurs caractéristiques dans une situation donnée :

- la source de contamination représentée par les légionelles présentes dans l'eau des circuits de refroidissement,
- l'émission et la dispersion du panache d'aérosols,
- l'exposition de la population aux aérosols contaminés et les caractéristiques de la population environnante.

C.III - 2-1 Qualification de la source de contamination

Le niveau de contamination de la tour dépend de différents facteurs répertoriés et détaillés dans le présent guide tel que la nature de l'eau d'appoint, la conception de la tour, l'efficacité des opérations d'entretien et de maintenance, les traitements et le suivi de la qualité de l'eau.

L'application de l'ensemble des prescriptions du présent guide permet de limiter la prolifération de *Legionella* dans l'eau.

Dans certains cas, le maintien à un niveau faible de la concentration en *Legionella* par des traitements chimiques nécessite la prise en compte des rejets polluants, en particulier dans le cas des circuits utilisant de l'eau de rivière.

Il est indispensable de posséder une bonne maîtrise de l'utilisation des biocides et de faire en sorte que tous les critères sur lesquels repose l'estimation du risque soient bien pris en compte pour contribuer à mettre en place une gestion adaptée du site.

C.III - 2-2 Estimation de l'émission et de la dispersion des aérosols contaminés

Les expositions aux aérosols d'eau contaminés par des *Legionella* sont liées aux conditions d'émis-

sion et de dispersion des gouttelettes dans l'environnement. Elles dépendent des facteurs indiqués ci-après.

- **L'efficacité des séparateurs de gouttelettes** : le contrôle du risque d'émission passe par la mise en place sur toute la surface d'émission des gouttelettes d'un séparateur de gouttelettes efficace, en veillant plus particulièrement à limiter les pertes proches d'obstacles ou de parois. L'efficacité des séparateurs dépend de la conception et de l'entretien de ces derniers ; elle est étroitement associée aux conditions de fonctionnement de l'installation (débit d'eau, pression au niveau des diffuseurs, débit d'air...).

- **La dispersion du panache** : elle est notamment conditionnée par la dimension des installations (hauteur et diamètre) et la vitesse du courant ascendant (le panache pouvant monter pour certaines grandes tours à plus de 1,5 km). Le coefficient de transfert du panache⁽⁶⁾ peut alors varier entre 10^{-7} et 10^{-20} s/m³ pour des installations de très grande hauteur et entre 10^{-3} et 10^{-4} s/m³ pour des petites tours situées au niveau du sol. La dispersion est favorisée par une hauteur d'émission importante du panache et par l'absence d'obstacle proche de la tour favorisant son rabattement (immeubles, dénivelé important...). Enfin, il est à noter que la météorologie influence fortement cette dispersion (vents, plafond nuageux...). Les situations complexes de circulation de l'air entre les bâtiments rendent plus ardue l'évaluation de la dispersion du panache.

C.III - 2-3 L'exposition et le risque de contracter une légionellose chez les personnes exposées

La probabilité pour que des individus exposés inhalent des *Legionella* et que celles-ci atteignent les voies respiratoires dépend notamment de la proximité des individus aux installations, de la durée et de la fréquence de l'exposition. Les caractéristiques des bactéries et leur concentration influent également sur leur caractère dangereux (viabilité de la *Legionella* dans un aérosol, virulence de la bactérie...).

Concernant la sensibilité des individus, tout individu peut potentiellement contracter une légionellose. Il faut donc chercher à limiter autant que possible les expositions engendrées par une installation quelle que soit la population exposée. Toutefois, certains individus immunodéprimés seront plus sensibles à la bactérie et pourront nécessiter une attention particulière.

C.III - 3 Hiérarchisation des situations

Les tableaux ci-après détaillent les différents paramètres de l'évaluation des risques liés à une tour aérorefrigérante et permettent d'avoir un aperçu du niveau de risque lié à une situation donnée (en haut, rouge : niveau élevé ; en bas, vert : niveau faible). Ils peuvent servir de référence notamment dans le cadre de l'établissement d'un diagnostic des installations.

(6) Le coefficient de transfert atmosphérique (s/m³), ne doit pas être confondu avec le taux d'entraînement. Il est représentatif du rapport de la concentration volumique (x par m³) au sol au débit (y par seconde) de l'aérosol à la sortie de l'aérorefrigérant.

Paramètres		Niveau de risque	Partie commune	Section I	Section II
Source de contamination et paramètres d'amplification	Qualité d'eau d'appoint :	Eau brute Eau potable	Partie C I		
	Température de l'eau de circulation	< 50 °C de 50 à 60 °C > 60 °C	Partie C I	Chapitres II et III	
	Traitement de l'eau et efficacité (vis-à-vis du risque lié aux <i>Legionella</i>)	Sans traitement Avec traitement et contrôle	Partie C VII	Chapitre V	Chapitre V
	Connaissance de la tour et du réseau associé	Absence de plans des installations,... Existence de plans à jour, repérage des bras morts et suivi,...	Carnet d'entretien Partie C V	Chapitre VI	Chapitre VI
	Conception de la tour et du réseau (Bras morts, hydraulique...)	Présence de bras morts non justifiés et non respect du guide,... Prise en compte de l'ensemble des critères de conception,...		Chapitre III	Chapitre III
	Exploitation, maintenance et entretien	Absence de carnet de suivi, traitements non adaptés,... Carnet de suivi tenu à jour, traitements adaptés à l'installation, ...	Carnet d'entretien Partie C VI	Chapitres IV et VI	Chapitres IV et VI
	Concentration en <i>LEGIONELLA</i> dans l'eau des circuits de refroidissement ^(*)	Élevée Faible			

(*) Ce paramètre dépend de tous les paramètres précédents

Paramètres		Niveau de risque	Partie commune	Section I	Section II
Paramètres d'émission et de dispersion du Panache	Efficacité du séparateur de gouttelettes	Absence de séparateur ^(*) Présence mais dégradations des caractéristiques initiales Présence avec les caractéristiques initiales	Partie C III	Chapitre III	Chapitres II et III
	Dispersion du panache	Faible Fort	Partie C III	Chapitre III-3	Chapitre III-2
Paramètres d'exposition et risque de contracter une légionellose chez les personnes exposées	Proximité de la population		Partie C III		
	Durée d'exposition		Parties C I/C IV		
	Facteur de risque individuel		partie C.I		

(*) Il est rappelé que la présence d'un séparateur est fortement recommandée.

PARTIE C-IV : PROTECTION DU PERSONNEL

C. IV - 1 Protection des intervenants vis-à-vis du risque de légionellose

Cette partie traite de la protection des personnels vis-à-vis du risque de légionellose : d'autres risques qui ne sont pas abordés dans ce guide, mais qui demeurent présents, doivent aussi faire l'objet d'évaluation et de mesures de prévention.

Sans préjudice des dispositions du Code du Travail, en particulier celles du décret 94-352 relatif à la protection des travailleurs contre les risques résultant de leur exposition à des agents biologiques, la présente partie rappelle les principes élémentaires en matière d'évaluation, de prévention et de protection des intervenants vis-à-vis du risque de légionellose.

Quels que soient les moyens mis en œuvre, une bonne protection des intervenants doit s'accompagner d'une information et d'une formation de ces derniers afin d'obtenir leur adhésion aux procédures et pratiques mises en place.

C. IV - 2 Évaluation des risques

L'évaluation des risques, qui constitue le préalable à toute démarche de prévention, doit prendre en compte l'état de contamination de la tour, le périmètre d'intervention et la durée d'exposition du personnel.

La zone de risques liée à la *Legionella* peut être définie comme étant l'espace où un individu est exposé à l'inhalation d'un aérosol d'eau potentiellement contaminé. Cependant, il demeure de nombreuses inconnues en ce qui concerne d'une part la relation entre la concentration en *Legionella* dans l'eau et leur concentration dans l'aérosol et d'autre part la relation entre l'exposition à cet aérosol contaminé et le déclenchement d'une légionellose. Des facteurs individuels, permanents ou passagers, peuvent induire une plus grande sensibilité au risque d'infection.

Compte tenu du risque néanmoins existant d'infection pouvant conduire à une maladie grave voire à un décès, il y a lieu de mettre en œuvre des mesures de prévention visant toute personne amenée à intervenir à proximité immédiate et à l'intérieur d'une tour aérorefrigérante.

C. IV - 3 Mesures de prévention

Après la prévention intégrée dès la conception, le Code du Travail donne la priorité aux mesures de protection collective et d'organisation du travail sur les mesures de protection individuelle.

C.IV - 3.1 Conception de l'installation

Les équipements sont conçus de façon à limiter autant que possible la prolifération des micro-organismes et leur diffusion sous forme d'aérosols (chapitre III sections I et II du guide) ; dans le cadre de la protection du personnel l'attention sera portée plus particulièrement sur l'accessibilité et la facilité d'entretien des équipements (ex : trappe de visite...).

C.IV - 3.2 Gestion des interventions de maintenance

Legionella peuvent être à l'origine de maladies contractées par inhalation d'un aérosol contaminé. L'exposition des intervenants à des aérosols susceptibles de contenir des *Legionella* doit donc être strictement limitée :

- ✓ toute intervention doit se faire sur une tour à l'arrêt sauf impératif justifié par la nécessité de maintenir le fonctionnement de la tour ou par la nature de l'intervention,
- ✓ un temps de latence suffisant entre l'arrêt du fonctionnement de la tour et l'intervention doit permettre aux gouttelettes d'eau de se déposer,
- ✓ les techniques d'intervention générant des aérosols (en particulier le nettoyage au moyen de jets d'eau à haute pression) doivent être évitées dans la mesure du possible. Dans le cas contraire, une

protection individuelle respiratoire doit être mise à disposition du personnel d'intervention (cf. chapitre C.IV-6),

- ✓ des procédures d'intervention doivent être rédigées et mises à disposition des intervenants,
- ✓ l'ensemble des interventions doit être consigné dans un carnet de suivi (situé en partie centrale du document).

C.IV - 3.3 Protections individuelles

En complément des mesures de protection collective, lorsque l'exposition ne peut être évitée par d'autres moyens, l'employeur est tenu de fournir des équipements de protection individuelle (EPI) adaptés aux risques, de former les salariés au port, aux limites d'utilisation, à l'entretien des EPI et de veiller à leur utilisation effective.

Le risque lié à l'inhalation d'un aérosol d'eau potentiellement contaminé doit être prévenu par le port d'une protection respiratoire adaptée à la nature et à la durée du travail.

Par précaution, il est recommandé d'utiliser des protections respiratoires assurant un niveau élevé de filtration du milieu ambiant : filtre de type P3SL⁽⁷⁾ contre les aérosols solides et liquides.

Un demi-masque FFP3SL dit « masque jetable » n'assure pas une protection prolongée en ambiance saturée en humidité. Un appareil de protection respiratoire à ventilation assistée peut donc être recommandé lorsque les risques évalués sont particulièrement élevés (par exemple, des interventions en milieu confiné exposant à des aérosols en quantité importante ou pendant une longue durée). Ce type d'appareil améliore le confort et la protection des intervenants pour des opérations de nettoyage prolongées. L'ensemble de ces protections doit être stocké dans un endroit sec, propre et aéré.

Quel que soit le type de protection, la date de péremption du produit ne doit pas être dépassée. Avant son utilisation, l'utilisateur d'une protection respiratoire P3SL doit en vérifier le bon état et s'assurer de son bon ajustement.

Dans le cas des équipements dit « jetables », leur usage est unique et ils doivent par conséquent ne pas être réutilisés et être impérativement jetés après chaque intervention.

Les équipements à cartouche sont quant à eux réutilisables ; le masque doit être nettoyé après chaque usage et la cartouche doit être remplacée dès qu'elle présente une résistance mécanique à la respiration.

C. IV - 4 Information et formation du personnel

L'information et la formation sur les risques biologiques et les mesures de prévention à respecter concernent tous les salariés exerçant une activité impliquant un contact possible avec des agents biologiques. La formation est primordiale pour tous les personnels (y compris les personnels temporaires et intervenants extérieurs) avant qu'ils commencent à exercer leur activité. Pour ce qui concerne le risque de légionellose, cette formation comprend l'évaluation des risques conduite dans l'entreprise ainsi que les mesures de prévention :

- repérage des risques aux postes de travail,
- précautions à prendre pour éviter ces risques,
- port et utilisation des équipements de protection respiratoire.

La formation des personnels est une condition indispensable pour leur adhésion aux nouvelles contraintes de travail créées par le port des équipements de protection respiratoire. C'est aussi un élément essentiel de l'efficacité des appareils de protection respiratoire : vérification du bon état, contrôle de l'étanchéité sur le visage...

Lors de l'information, on devra rappeler aux personnels qu'en cas de maladie respiratoire et/ou de fièvre, ils doivent consulter immédiatement un médecin et l'informer notamment que leur métier les expose au risque de contamination par les légionelles.

Comme pour tous les autres risques professionnels, une information spécifique des membres du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT) ou à défaut des délégués du personnel, doit être réalisée sur les risques biologiques et sur les mesures de prévention dans l'entreprise.

⁽⁷⁾ Cette désignation P3SL sera progressivement remplacée par la désignation P3, conformément à la norme NF EN 143 révisée en mai 2000 et à la norme EN149 en cours de révision.

C. IV - 5 Médecine du Travail

L'évaluation de risques permet d'identifier les salariés pour lesquels des mesures de préventions particulières doivent être mises en place telle que la mise en surveillance médicale spéciale. Cette disposition réglementaire accorde plus de temps au médecin du travail pour participer à l'évaluation des risques et à la mise en place des consignes de prévention qui en découlent, en particulier l'information et la formation des salariés.

Ces actions de prévention sont essentielles sachant qu'il n'existe pas de vaccination contre la légionellose et que, pour l'instant, aucun test de dépistage n'est disponible en pratique courante.

Si un salarié est atteint d'une maladie qui pourrait être liée à des *Legionella*, le médecin du travail devrait en être informé afin qu'une surveillance médicale puisse être proposée aux salariés ayant subi une exposition analogue à celle du malade.

Dans ce cas, une analyse des causes doit être effectuée sous la responsabilité de l'employeur auquel le médecin du travail apportera assistance et conseil et qui pourra éventuellement aboutir à une nouvelle évaluation du risque. L'analyse du carnet de suivi des tours (modèle disponible en partie centrale du document), comportant notamment les plannings de travail des jours précédents et les conditions d'intervention, peut permettre la mise en évidence de facteurs favorables à la contamination. De nouvelles mesures de prévention ou un rappel des consignes d'intervention peuvent être nécessaires.

C. IV - 6 Exemples de mesures de prévention recommandées en fonction des interventions

Un panneau annonçant le port du masque doit être situé à proximité immédiate des tours aéroréfrigérantes susceptibles de fonctionner pendant l'intervention.

Opérations	Protections respiratoires et actions recommandées
Intervention à proximité immédiate des tours aéroréfrigérantes susceptibles de fonctionner pendant l'intervention	A minima, port d'un demi-masque FFP3SL
<p>Intervention dans une tour à l'arrêt</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Intervention ne générant pas d'aérosols ✓ Opérations de nettoyage pouvant générer des aérosols (sauf nettoyage au jet d'eau à haute pression) ✓ Opérations de nettoyage au jet d'eau à haute pression 	<p>A l'arrêt de la tour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attendre la re-déposition des aérosols avant d'intervenir ou • A minima port d'un demi-masque FFP3SL. <p>Protection respiratoire P3SL adaptée à la nature et à la durée de l'intervention.</p> <p>Proscrire l'usage d'un demi-masque FFP3SL. Protection respiratoire à ventilation assistée avec filtre P3SL recommandée. A minima, masque complet avec filtre P3SL.</p>
Intervention dans une tour en fonctionnement	<p>Protection respiratoire P3SL adaptée à la nature et à la durée de l'intervention.</p> <p>Demi-masque FFP3SL uniquement pour les interventions de très courte durée (5 à 10 minutes).</p>

PARTIE C.V : LES DIFFÉRENTS TYPES DE TOURS AÉROREFRIGÉRANTES

La fonction assurée par une tour aérorefrigérante est celle d'un échangeur. La partie essentielle est donc le système d'échange thermique inséré le plus souvent dans un circuit d'eau et un circuit d'air. La façon de mettre l'eau en contact direct ou indirect avec l'air, le mode et les systèmes d'échange mis en œuvre permettent une première classification.

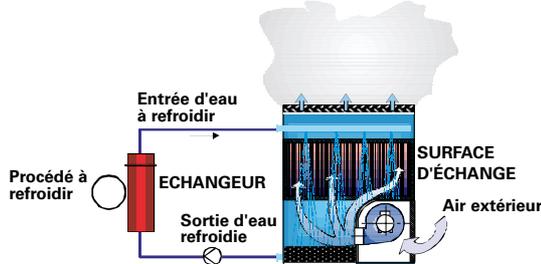
Les trajectoires relatives de l'air et de l'eau, en particulier dans les systèmes d'échange, conduisent à une deuxième classification.

Une troisième classification décrit le mode de mise en mouvement de l'air appelé tirage.

C.V - 1 Classification selon le mode d'échange

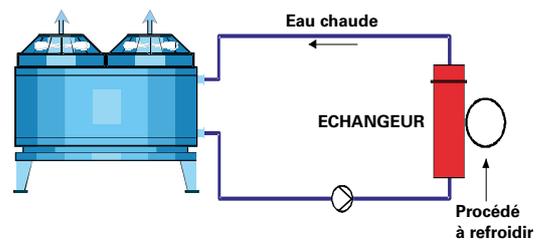
Il y a deux types de base : la tour aérorefrigérante humide et la tour aérorefrigérante sèche. De nombreuses solutions mixtes existent mélangeant parties sèche et humide.

Exemple de tour aérorefrigérante humide



L'eau est en contact direct avec l'air
Écoulement sur des films plastiques par exemple

Exemple de tour aérorefrigérante sèche



L'eau est en contact indirect avec l'air
Échangeurs à tubes par exemple

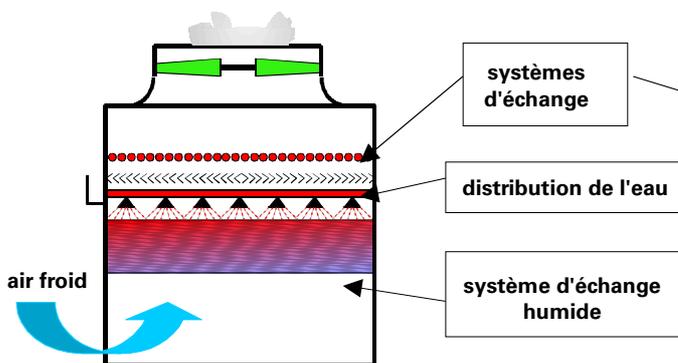
Exemples de solutions mixtes :

Les solutions mixtes sont toutes pourvues d'un système de distribution d'eau en contact direct avec l'air combiné à différents systèmes d'échange sec et/ou humide.

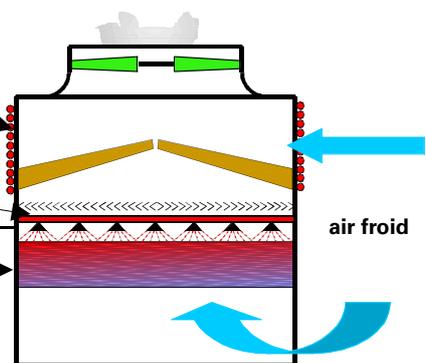
Tour hybride ou humide/sec (exemples) :

L'eau passe partiellement ou en totalité dans un échangeur sec puis dans un système d'échange humide (ou vice versa). Le but de ce type de tour est la diminution ou la suppression du panache.

Tour hybride à échangeurs en série



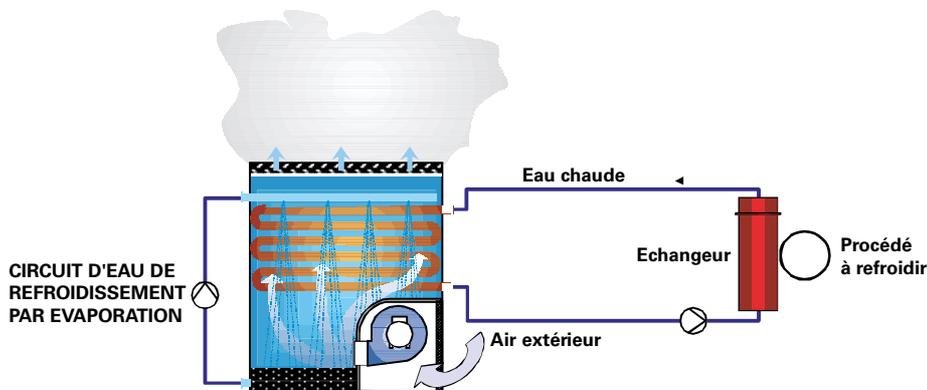
Tour hybride à échangeurs en parallèle



Circuits fermés :

L'eau à refroidir passe dans un système d'échange sec (tubes par exemple). Ce système est ensuite arrosé par de l'eau d'un circuit annexe permettant un refroidissement par évaporation.

Exemple d'un circuit fermé



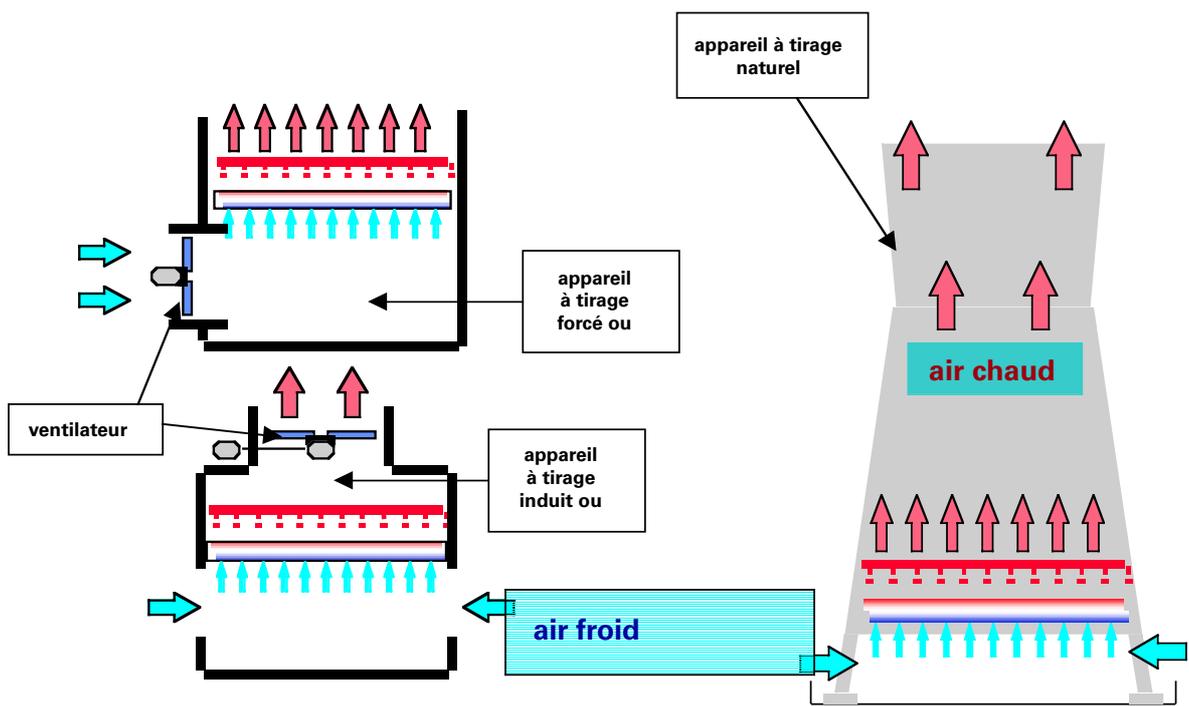
À l'exception de la tour aéroréfrigérante sèche, tous les autres types de tour possèdent un système de distribution d'eau générant des émissions de gouttelettes dans l'atmosphère.

Même si la tour aéroréfrigérante sèche élimine le problème lié aux émissions de gouttelettes, le remplacement de tours humide ou hybride s'avère souvent impossible techniquement. Le circuit d'eau d'un système sec peut être également contaminé par *Legionella* au même titre que les réseaux d'eau chaude sanitaire. Il ne présente cependant pas les mêmes risques puisque c'est un réseau fermé dépourvu d'oxygène.

C.V - 2 Classification des tours aéroréfrigérantes selon leur mode de tirage (circulation de l'air)

Fonctionnement à tirage naturel : l'air s'élève par différence de masse volumique (effet cheminée)
Fonctionnement à tirage induit ou aspirant ou fonctionnement à tirage forcé ou soufflant : l'air est mis en mouvement par un ventilateur

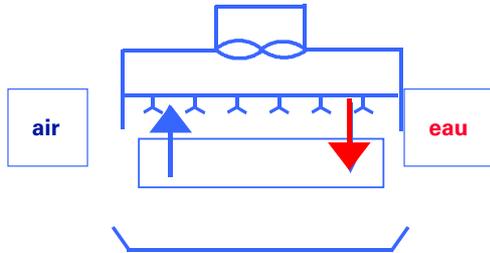
Exemple de différents tirages



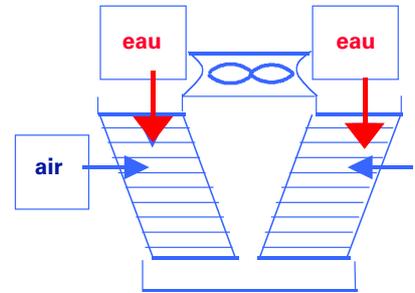
C.V - 3 Classification selon les trajectoires de l'air et de l'eau

Le circuit est considéré à contre courant (air à contre courant de l'eau) ou à courant croisés (air circulant horizontalement, eau tombant à la verticale) avec comme variantes des panachages entre ces deux modes d'écoulement.

Principe de l'échange à contre courant



Principe de l'échange à courant croisé



PARTIE C.VI : MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE REFROIDISSEMENT

C.VI - 1 L'entretien

C.VI - 1.1 Les contrôles sur les tours aéroréfrigérantes

Lors des arrêts de maintenance il est recommandé :

- ✓ **de vérifier le bon état de la distribution d'eau chaude et de ses disperseurs** : on vérifie lorsque l'accessibilité le permet, que ces derniers sont alimentés normalement. Les disperseurs détériorés doivent être remplacés,
- ✓ **de s'assurer que les séparateurs** sont propres, en bon état, exempts de déformations apparentes. Il est indispensable de vérifier qu'ils recouvrent bien toute la surface de sortie d'air. En cas d'entartrage ou de salissures importants, il convient de nettoyer les séparateurs ; en cas de détérioration mécanique, il convient de remplacer ces derniers à l'identique ou par un autre séparateur qui tienne compte des conditions de fonctionnement de la tour,
- ✓ **de s'assurer que le corps d'échange est propre**. En cas d'entartrage ou de salissures importants, il faut alors procéder au nettoyage des systèmes d'échange thermique par voie mécanique lorsque le dépôt est friable (ultrasons, vibrations, eau sous pression) ou chimique. Les systèmes d'échange doivent être remis en place après nettoyage, les éléments abîmés ou non nettoyables doivent être remplacés selon les critères préconisés par les constructeurs,
- ✓ **de s'assurer de l'évacuation des boues** qui peuvent avoir sédimenté dans le bassin,
- ✓ **de s'assurer du bon état du système d'appoint** : il faut réaliser une maintenance des pompes et s'assurer de la propreté de la prise d'eau,
- ✓ **de s'assurer de la bonne évacuation de l'eau par la purge** : il faut opérer un nettoyage éventuel des débris,
- ✓ **de s'assurer de la propreté des tuyauteries** : il faut réaliser un nettoyage éventuel,
- ✓ **de s'assurer du bon fonctionnement du système de traitement** : il faut réaliser la maintenance du système de traitement en tenant compte des préconisations du fournisseur.

C.VI - 1.2 Le remplacement de pièces usées ou défectueuses

Le remplacement de pièces usées ou défectueuses dans un circuit existant doit être fait à l'identique ou par des spécialistes ayant la connaissance :

- du type de distribution d'eau,
- du type de séparateur de gouttes,
- des caractéristiques aérauliques du corps d'échange (pertes de charge),
- des hétérogénéités de la répartition des vitesses d'air sur le séparateur.

En effet, tout remplacement de composants tels que distribution d'eau, corps d'échange ou séparateur peut générer des augmentations de taux d'entraînement. On notera le même phénomène si l'on a détérioration, encrassement ou absence d'un élément de séparateur.

Pour information, le taux d'entraînement sans séparateur peut s'élever à plusieurs % du débit d'eau en circulation (plusieurs centaines de fois supérieur à la normale).

Un guide d'entretien et d'exploitation est remis par le constructeur qui décrit les différents modes de fonctionnement et leur conséquence sur les performances thermiques, les éléments constitutifs de l'appareil, les conditions de bonne utilisation du matériel ainsi que les opérations d'entretien ou de maintenance nécessaires.

C.VI - 2 Mise à l'arrêt et redémarrage du système (ne concerne pas les tours à tirage naturel)

L'objectif est d'arrêter puis de redémarrer le système en évitant l'émission de gouttelettes issues de zones stagnantes où *Legionella* sont susceptibles de se développer.

Deux cas de figure se présentent :

- systèmes évitant des zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt,
- systèmes n'évitant pas les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt.

C.VI - 2.1 Systèmes évitant les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt

Afin d'éviter, lors des arrêts, l'émission de gouttelettes tout en maintenant une circulation de l'eau, on peut arrêter les ventilateurs. Mais une tour n'est pas toujours conçue pour fonctionner avec ses ventilateurs à l'arrêt ; en effet, la configuration « eau en circulation, ventilateurs à l'arrêt » peut favoriser l'émission de gouttelettes d'eau par les voies de prise d'air.

Plusieurs systèmes permettent d'arrêter le ventilateur de façon sûre :

- les appareils garantis sans sortie d'eau ventilateur à l'arrêt (persiennes par exemple),
- les systèmes équipés de by-pass (circulation de l'eau en court-circuitant le circuit de pulvérisation).

Il est rappelé que l'eau de refroidissement du système doit être en circulation afin d'éviter toute zone stagnante. Les zones stagnantes doivent être vidangées en évitant de générer des aérosols.

Une précaution supplémentaire est à prendre durant la période de gel. Avant de faire fonctionner le système sans charge thermique permettant la circulation de l'eau à des fins de maintenance, il est nécessaire de se reporter aux préconisations des constructeurs pour éviter la prise en glace de l'installation.

C.VI - 2.2 Systèmes n'évitant pas les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt

Le système doit être mis à l'arrêt et vidangé.

Il sera à terme amélioré en l'équipant de systèmes évitant les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt.

C.VI - 2.3 Conservation d'un système de refroidissement à l'arrêt (pendant plusieurs semaines)

Lorsqu'un système de refroidissement est mis à l'arrêt il peut être conservé soit sous cocon humide, soit sous cocon sec.

Le nettoyage ou le traitement doivent être engagés dès l'arrêt de la tour. Les personnes devant intervenir devront attendre quelques minutes après l'arrêt des ventilateurs et du système de pulvérisation afin de permettre aux gouttelettes d'eau de se déposer.

✓ Conservation sous cocon humide (cas des systèmes ne pouvant pas être complètement vidangés)

Dans le cas où l'ensemble de l'installation ne peut pas être complètement vidangé, il faut :

- vidanger la tour,
- nettoyer mécaniquement les organes à risque (bassin, pare gouttelettes, corps d'échange ou « packing ») et en cas de besoin réaliser un détartrage chimique ou mécanique du corps d'échange,
- faire un traitement anticorrosion de conservation (se rapprocher d'un traiteur d'eau qui définira le dosage) ; dans le cas où le système ne comprend pas d'équipement susceptible de se corroder, les traitements anticorrosion ne sont pas justifiés,
- faire circuler les produits injectés (by-pass ouverts) pour les répartir de manière homogène dans le système, en tenant compte du temps d'efficacité du produit,
- vidanger de nouveau le bac de la tour.

De manière générale, cet arrêt fera l'objet d'un traitement biocide adapté. Lors d'un arrêt durant plusieurs semaines, d'autres injections pourront être pratiquées à intervalles réguliers. Pour chaque injection de biocide l'eau devra être maintenue en circulation aussi longtemps que nécessaire pour assurer une bonne répartition du principe actif dans le réseau de la tour.

ATTENTION : l'eau de purge contient des produits susceptibles de nuire au milieu naturel et le rejet doit respecter la réglementation en vigueur.

✓ **Conservation sous cocon sec (cas des systèmes complètement vidangés)**

Dans ce cas, l'installation doit subir une **vidange complète du système** ; les traitements biocides ne sont pas nécessaires.

Les techniques d'intervention générant des aérosols (en particulier le nettoyage au moyen de jets d'eau à haute pression) doivent être évitées dans la mesure du possible.

C.VI - 2.4 Redémarrage du système de refroidissement

• **Présence de systèmes** évitant les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt

Après un arrêt et une vidange du circuit (cocon sec), le remplissage se fait en eau d'appoint habituelle, l'appoint fonctionne normalement, le ventilateur de chaque unité est ensuite mis en marche (sauf dans le cas des tirages naturels) puis les pompes sont mises en route. Après 5 minutes de fonctionnement, on ajoute éventuellement de l'eau en supplément afin d'atteindre les niveaux d'eau en marche normale, compte tenu des volumes d'eau en rétention dans le système d'échange.

Si aucune vidange n'a été réalisée (cocon humide), les analyses d'eau habituelles doivent être faites avant redémarrage afin de s'assurer que la qualité de l'eau au démarrage respecte les critères habituels et spécifiques au site.

• **Absence de système** évitant les zones stagnantes et l'entraînement d'eau à l'arrêt

Dans ce cas, le système doit être démarré ventilateur à l'arrêt durant la période nécessaire (quelques heures) afin d'évaluer la présence résiduelle de biocides. Dans le cas où la détection n'est pas réalisable (problème de détection de certains biocides), il est conseillé de réaliser un traitement biocide systématique de démarrage en relation avec le traiteur d'eau.

Dans les deux cas de figure, il est recommandé dans les quinze jours suivant le démarrage de la tour qu'une recherche de *Legionella* soit réalisée.

PARTIE C.VII : PROCÉDÉS, CONTRÔLES DE L'EFFICACITÉ DES TRAITEMENTS DE L'EAU

C.VII-1 Procédés des traitements

C.VII-1.1 Procédés physiques

La filtration dérivée

La filtration d'une fraction du débit en circulation permet de retenir les matières en suspensions (MES) amenées par l'eau d'appoint, ou provenant du lavage de l'air au niveau de la tour et de les sortir du circuit. L'entretien de ces équipements est indispensable pour prévenir la création potentielle de foyers microbiens.

Utilisation d'appareils ultra-violet (UV)

Les procédés physiques tels que les UV par exemple, permettent de désinfecter l'eau, mais requièrent des conditions d'emploi bien précises (faible turbidité de l'eau et épaisseur de lame d'eau). L'attention est attirée sur le fait qu'il n'y a pas de rémanence de ce traitement, c'est-à-dire que l'action désinfectante est localisée (au moment du passage près des lampes) mais ne dure pas au delà.

Les ultrasons

Les ultrasons ont pour effet d'induire des perturbations profondes et létales dans les bactéries en modifiant les mécanismes d'oxydation cellulaire.

C.VII-1.2 Procédés chimiques

Les bio-dispersants

Ils favorisent l'accès et la pénétration des biocides dans les dépôts biologiques afin d'augmenter l'efficacité du traitement.

Les biocides en traitement continu ou choc

Il existe deux grandes familles de biocides (les oxydants et non oxydants) qui peuvent être utilisées en dosage de choc ou en continu selon le but recherché.

L'efficacité du traitement est dépendante de la dose et du temps de contact (entre les micro-organismes et le produit actif).

Une attention particulière doit être portée au pH et à la présence de substances inhibitrices qui peuvent influencer l'efficacité des biocides. L'avis de spécialistes sur ces points est important à requérir. Si les conditions de mise en œuvre ne sont pas conformes aux recommandations ou si la qualité de l'eau change brutalement, le produit risque d'être inefficace même injecté en quantité importante.

Remarque : l'utilisation de biocides oxydants en quantité importante peut causer des corrosions des installations.

Utilisation d'inhibiteurs d'entartrage

Ils empêchent la précipitation des sels sous forme entartrante.

Utilisation d'inhibiteurs de corrosion

Le réactif introduit dans le circuit s'oppose à la corrosion en formant un film protecteur sur les surfaces métalliques. La bonne constitution du film implique une injection continue.

C.VII-2 Contrôles de l'efficacité des traitements de l'eau

L'évaporation de l'eau dans la tour entraîne la concentration en sels minéraux dans l'eau en recirculation. Les purges de déconcentration sont indispensables, afin d'éviter la tendance à la corrosion, à la formation de dépôt par précipitation et de permettre aux réactifs chimiques injectés d'être efficaces.

L'eau d'appoint introduite dans le circuit compense les pertes d'eau par évaporation et par les purges de déconcentration.

L'efficacité des traitements en dépend puisque l'évaporation, le facteur de concentration et le taux de purge de déconcentration contribuent à stabiliser les propriétés chimiques de l'eau. Les réactifs de traitement injectés dans le circuit sont ainsi perdus avec l'eau de purge et doivent être remplacés. Le calcul de la purge revêt donc une importance capitale en vue de l'établissement des doses de traitements et des coûts.

Les contrôles ci-après doivent être réalisés :

– **contrôle de l'échange thermique** : la mesure des températures peut permettre la détection d'un encrassement du circuit.

– **contrôle de la consommation en eau et en réactifs** : ce contrôle permet de vérifier l'application du traitement d'eau et la détection de toute anomalie de fonctionnement (fuites d'eau...).

– **contrôle des postes de traitement d'eau et de dosage des produits** : il est nécessaire de vérifier le bon fonctionnement des postes de traitement d'eau (filtres, adoucisseurs...) pour éviter toute dérive éventuelle de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau.

– **contrôle et mesures de la corrosion** : les données fournies par les contrôles permettent d'optimiser le programme d'inhibition en vue de garder les installations en bon état. Le suivi de la corrosion par analyse de témoins ou par mesure du courant de corrosion est complémentaire à l'examen visuel des parties visitables.

– **contrôles analytiques** : les analyses d'eau constituent des moyens de s'assurer que les traitements sont appliqués correctement et sont efficaces. Elles permettent une réorientation du programme de traitement en cas de pollution accidentelle ou de dérive par rapport à la qualité de l'eau à la base. Elles portent sur :

– **des analyses physico-chimiques** (se reporter au carnet de suivi dont le modèle est situé en partie centrale du document) ; la comparaison des analyses effectuées dans le circuit et dans l'eau d'appoint permet de vérifier le respect des consignes d'exploitation et de suivre l'évolution ou la tendance du caractère de l'eau du circuit,

– **des analyses biologiques** (se reporter à la partie commune C.II relative aux prélèvements et au modèle du carnet de suivi disponible en partie centrale du document).

Le dénombrement de la flore viable est un indicateur de l'état des installations, d'une pollution et de l'efficacité des traitements biocides. Cependant, les études scientifiques ne mettent pas en évidence de corrélation entre le dénombrement de la « flore viable » et le dénombrement des *Legionella*. Ainsi, si une concentration élevée de germes dans l'installation doit être considérée comme un signal d'alerte, en revanche, une faible concentration ne garantit en aucun cas de faibles concentrations en *Legionella*.

Il existe sur le marché des méthodes rapides d'estimation du comptage de la flore viable basée sur la comparaison de la densité de la culture obtenue par rapport à une échelle préétablie par le fabricant. Cependant la seule méthode de dénombrement des germes totaux reconnue à ce jour est celle définie dans la norme Afnor NF EN ISO 6 222.

Remarque : les bactéries aérobies (nécessitant la présence d'oxygène) mésophiles (mise en culture à 22 °C et/ou 37 °C) revivifiables (viables et cultivables) sont aussi couramment et improprement appelées : « Germes totaux » ou « Flore totale » ou « Bactéries totales ». Les *Legionella* ne sont pas prises en compte dans ce type d'analyse ; leur isolement nécessite l'utilisation d'un milieu de culture contenant des éléments nutritifs spécifiques.

C.VIII - RÉGLEMENTATIONS ET RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA PRÉVENTION DE LA LÉGIONELLOSE

(La réglementation relative à la protection du personnel est traitée dans la partie C.IV)

La légionellose est une maladie à déclaration obligatoire depuis 1987. Outre les actions de surveillance, les pouvoirs publics concernés ont diffusé des recommandations nationales aux services déconcentrés pour limiter le risque de légionelloses dans les établissements de soins et dans les établissements recevant du public. Une réglementation a été édictée dans le cas particulier des établissements thermaux. Ces textes visent la mise en place de bonnes pratiques d'entretien des installations à risque, en particulier des réseaux d'eaux chaudes sanitaires.

Recommandations de portées générales

Circulaire DGS n° 97/311 du 24 avril 1997 relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose. Outre la partie concernant le renforcement du dispositif de surveillance de la légionellose, la circulaire précise les grandes lignes de la prévention. Elle est accompagnée de fiches techniques décrivant les mesures préventives et curatives à mettre en œuvre pour chacune des catégories d'installations à risque.

Circulaire DGS/VS4 n°98-771 du 31 décembre 1998 relative à la mise en œuvre de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux légionelles dans les installations à risque et dans des bâtiments recevant du public. La première partie de cette circulaire s'adresse aux responsables des établissements de santé. Elle rappelle que, si le producteur d'eau du réseau public est soumis à une double obligation de moyens et de résultats pour ce qui concerne le respect des exigences de qualité auxquelles doit répondre l'eau destinée à la consommation humaine, il est de la responsabilité des gestionnaires d'établissements de santé de vérifier et de garantir sa qualité aux points d'usage. Les responsables de ces établissements sont notamment appelés à mieux connaître leur réseau d'eau chaude sanitaire, à en assurer un entretien régulier et à mettre en œuvre une surveillance de la contamination des réseaux par la recherche de légionelles à des points critiques des installations.

La deuxième partie de la circulaire s'adresse aux responsables des établissements recevant du public qui comportent des installations à risque. Il est recommandé d'assurer un bon entretien des installations, d'évaluer la qualité de cet entretien au moins une fois par an par des prélèvements à la recherche de légionelles et de renforcer le contrôle en cas de prélèvements positifs et lors de la survenue de cas de légionellose.

Réglementation relative aux tours aéroréfrigérantes

Le ministre de l'environnement a adressé aux préfets le 23 avril 1999 un modèle d'arrêté préfectoral applicable aux installations à pulvérisation d'eau dans un flux d'air visées par la rubrique 2920 de la nomenclature des installations classées. Aussi, des arrêtés préfectoraux relatifs à ces installations ont-ils été édictés et il convient de s'y conformer strictement. Ceux-ci fixent des règles précises concernant la maintenance et le suivi des installations, de même que la conception et l'implantation des nouvelles installations ainsi que différents niveaux d'intervention en fonction des concentrations en légionelles mesurées dans les prélèvements.

Les établissements thermaux

L'arrêté du 19 juin 2000 modifiant l'arrêté du 14 octobre 1937 relatif au contrôle des sources d'eaux minérales fixe les critères de qualité de l'eau, les plans de surveillance et la périodicité des contrôles de la qualité des eaux minérales dans les établissements thermaux. Cet arrêté préconise notamment l'absence de légionelles aux points d'usage, justifiée par le fait que l'eau est utilisée dans ces établissements à des fins thérapeutiques.

DÉFINITIONS DE BASE

Appoint

Quantité d'eau qui entre dans le système de réfrigération atmosphérique pour compenser celle perdue par évaporation, par les entraînements vésiculaires et les purges.

Appoint = pertes par évaporation + entraînements vésiculaires + purges

Approche

Différence entre la température de l'eau froide et celle de l'air humide ambiant. C'est une des caractéristiques principales de dimensionnement de la tour de réfrigération atmosphérique.

Bras morts

Parties du réseau dans lesquelles l'eau circule très peu ou très mal. De ce fait, l'eau contenue dans les tuyauteries stagne, ce qui favorise le développement des micro-organismes.

Cycles de concentration

C'est le rapport entre la quantité de sels dissous dans l'eau de circulation et dans l'eau d'appoint. Le nombre de cycles de concentration dépend de la qualité de l'eau d'appoint et de celle admise pour l'eau de circulation. Il diffère d'un circuit à un autre compte tenu des matériaux qui le constituent et des instructions des constructeurs.

On conseille en général de situer le nombre de cycles de concentration entre 2 et 5 car au delà, les économies d'eau de purge deviennent faibles.

Disperseurs (ou gicleurs, ou buses)

Dispositif transformant le courant d'eau arrivant dans la tour en gouttelettes de telle sorte qu'elles soient uniformément réparties sur le garnissage.

Distribution d'eau

Ensemble de tubes munis de disperseurs, le plus souvent situé à la partie supérieure de la tour de réfrigération destiné à amener l'eau au contact de l'air.

Écart de refroidissement

Différence entre la température de l'eau à l'entrée et celle à la sortie de la tour de réfrigération.

Garnissage (ou corps d'échange)

Le garnissage ou « corps d'échange » est un dispositif à travers lequel se fait le transfert thermique entre l'eau et l'air. Il existe des garnissages de type « film » et de type « gouttes » :

- **Garnissage de type « film »** - figure 1.1 - page 50

Garnissage dans lequel l'eau à refroidir s'écoule sous forme de film sur des parois ondulées, en « nid d'abeilles ».

- **Garnissage de type « gouttes »** - figure 1.2 - page 50

Garnissage dans lequel l'eau à refroidir s'éclate en gouttes successives sur des lattes superposées.

Température humide de l'air

Valeur de la température lue sur un thermomètre dont le bulbe est entouré d'un coton mouillé d'eau distillée. C'est cette valeur qui est utilisée pour dimensionner les tours de réfrigération atmosphérique. C'est la température de l'eau refroidie que l'on obtiendrait pour une surface d'échange infinie.

Les différents types de tours

Tours de réfrigération atmosphérique ou tours aéroréfrigérantes

Ces tours constituent le moyen le plus efficace et le moins coûteux pour extraire la chaleur des systèmes de réfrigération, des process industriels et du conditionnement d'air. Compactes, peu gourmandes en énergie, elles économisent plus de 95 % de l'eau qu'elles refroidissent.

Elles fonctionnent, pour l'essentiel, sur le principe naturel du refroidissement par évaporation de l'eau, par un contact direct avec l'air ambiant. On peut ainsi obtenir des températures d'eau froide inférieures à celles de l'air sec ambiant.

L'eau se répartit dans un **garnissage** où elle rencontre l'air de refroidissement mis en mouvement, soit par effet de tirage dans une sorte de haute cheminée, dans **les tours de réfrigération atmosphériques à tirage naturel**, soit au moyen de ventilateurs dans les **tours à tirage forcé** (se reporter à la partie commune C.V).

Tours de réfrigération atmosphériques à tirage naturel

Ce sont des ouvrages importants que l'on trouve principalement dans le secteur de production d'énergie, (centrales thermiques ou nucléaires).

La circulation d'air est obtenue par effet de tirage d'une grande cheminée de forme le plus souvent hyperbolique, grâce à la différence de température entre l'eau chaude et l'air ambiant plus froid.

Tours de réfrigération atmosphériques à tirage forcé

Elles se trouvent le plus souvent dans l'industrie pour les plus grandes. Les plus petites étant utilisées dans le secteur tertiaire (installations de climatisation). L'air est mis en circulation au moyen d'un ou plusieurs moto ventilateurs. Il existe deux dispositions :

La tour de réfrigération est dite « à tirage forcé » quand le(s) moto ventilateur(s) est (sont) à l'amont du garnissage (on dit aussi tour soufflante) et « à tirage induit » quand il(s) est (sont) situé(s) à l'aval du garnissage (on dit aussi tour aspirante) (cf. partie C.V).

Tours de réfrigération hybrides

On les appelle aussi tours humides sèches quand l'eau à refroidir traverse aussi un échangeur sec. L'air ainsi réchauffé désature le panache qui n'est plus visible (figure 1.5).

Il existe aussi des tours dites sèches humides ou sèches arrosées (figure 1.4) destinées à réduire la consommation d'eau et où la puissance dissipée dans l'échangeur sec est prépondérante (60 à 80 %). L'importance de la partie humide dépend de la quantité d'eau que l'on s'autorise à utiliser.

Réfrigérants secs - (figure 1.3 - page 51)

Bien que non concernés par cette étude ils sont intéressants à citer par comparaison avec les tours de réfrigération atmosphérique. Dans ce cas, l'air n'est pas en contact avec l'eau ou un autre fluide (en effet il peut refroidir d'autres fluides que l'eau). Le transfert des calories se fait par échauffement de l'air ambiant avec les tubes dans lesquels circule le fluide à refroidir. L'échange thermique se fait uniquement par conduction et convection, par échauffement de l'air ambiant au travers de l'échangeur sans évaporation du fluide réfrigéré.

En première approximation, il faut signaler que quatre fois plus de surface d'échange et par conséquent de débit d'air sont nécessaires pour refroidir le même débit de fluide. Opérant sur la température de l'air sec, le réfrigérant sec ne permet pas d'atteindre des températures aussi basses qu'avec le réfrigérant atmosphérique.

Panache

Air sursaturé de vapeur d'eau qui crée un nuage visible à la sortie des tours de réfrigération atmosphériques.

Perte d'eau par évaporation

C'est la quantité d'eau évaporée pour assurer le refroidissement. Elle est principalement fonction de la chaleur éliminée. En première approximation, elle est égale à 1 % du débit d'eau circulant dans la tour de réfrigération atmosphérique pour un écart de 5 à 6 °C (un litre d'eau évaporée emporte environ 2 340 kJ ou 650 Wh).

Purges

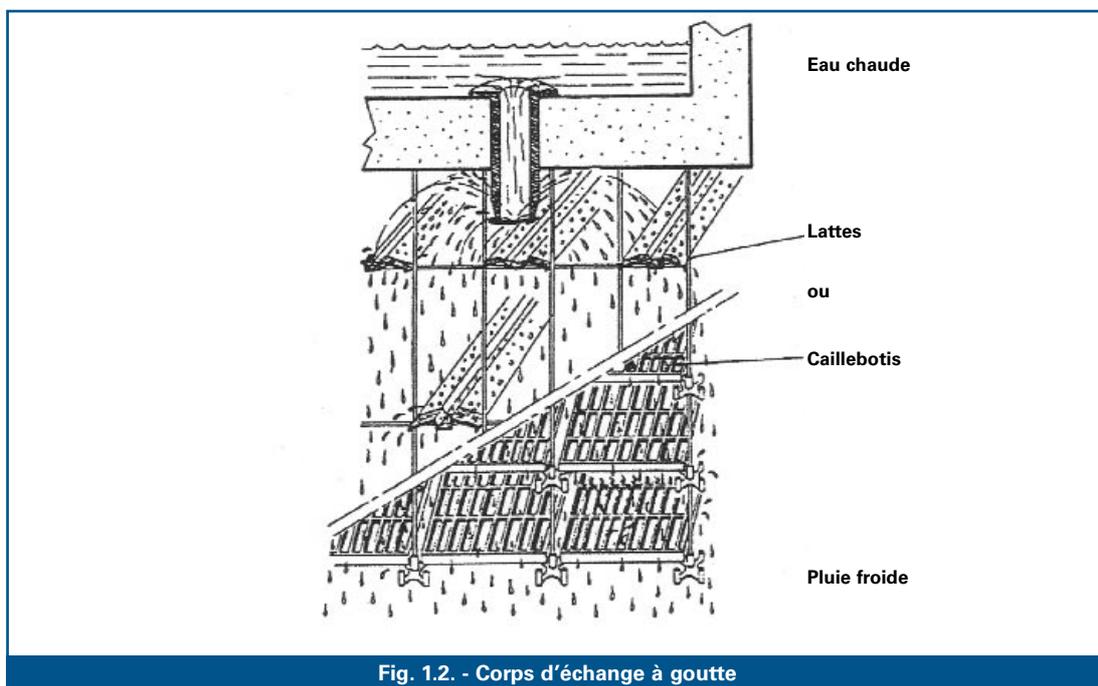
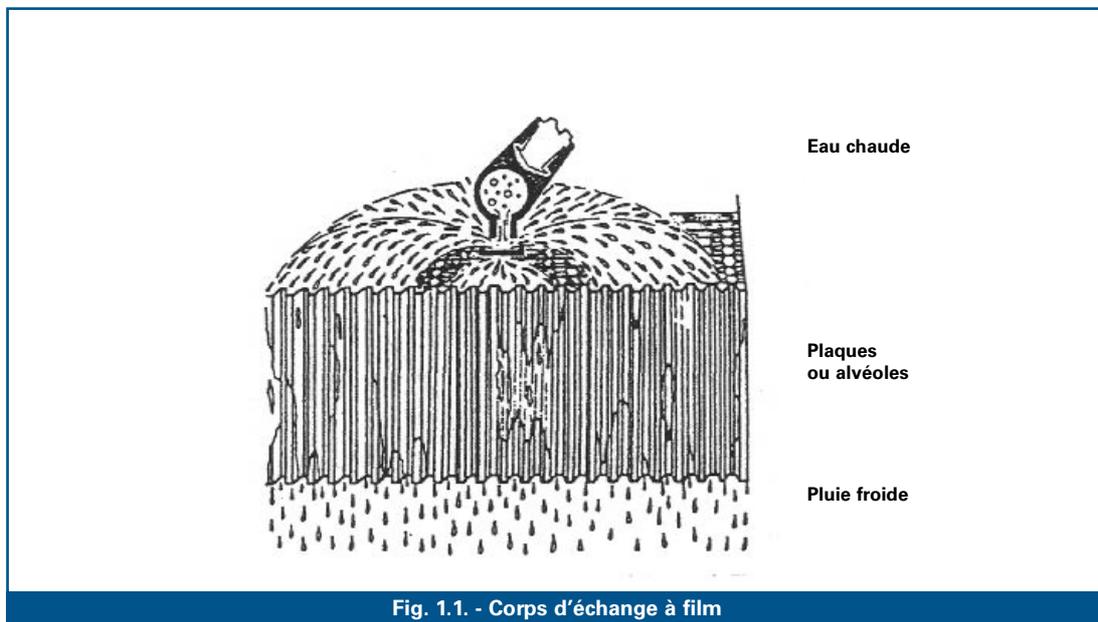
Quantité d'eau que l'on prélève au circuit de réfrigération pour contrôler la concentration de sels dissous. La quantité d'eau à purger est fonction de la concentration en sels admise par le circuit de refroidissement, ce qui impose le nombre de cycles de concentration.

Purge = (Pertes par évaporation + entraînements vésiculaires)/(cycles de concentration - 1)

Séparateurs de gouttes ou dévésiculeurs (ou capteurs de gouttes) (figures 2.28 et 2.29 - page 51)

Ensemble de chicanes, installé en général en sortie d'air de la tour destiné à retenir les gouttelettes d'eau qui autrement seraient entraînées dans l'atmosphère.

Sources : Dessins et schémas : « Les réfrigérants atmosphériques industriels » de Lionel CAUDRON aux Éditions Eyrolles 61 bd Saint Germain 75005 Paris. - Hamon Thermal Europe. 116 118 rue Jules Guesde 92300 Levallois Perret - Dalkia, Quartier Valmy, 33 Place Ronde 92981 Paris La Défense CEDEX.



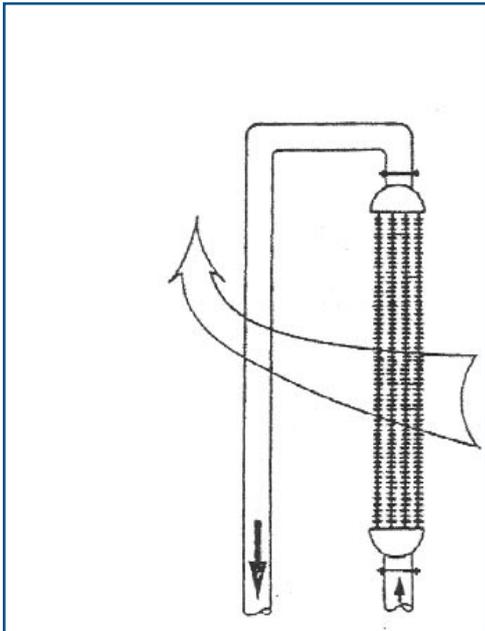


Fig. 1.3. - Réfrigérant sec

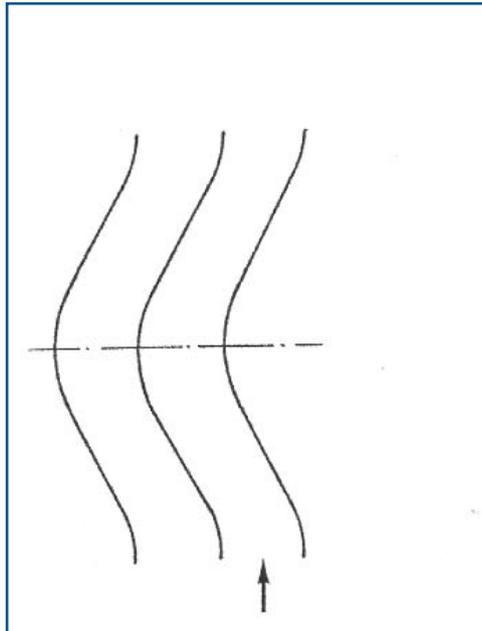


Fig. 2.28. - Capteurs de gouttelettes pour réfrigérants à contre-courant

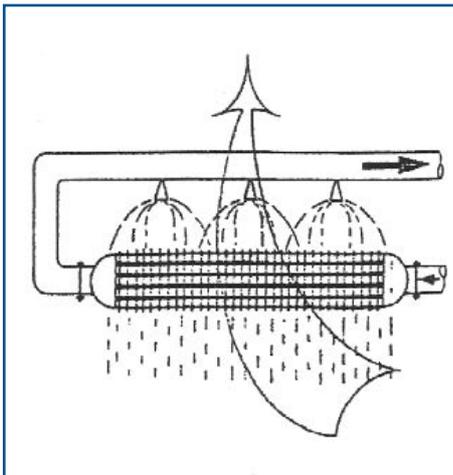


Fig. 1.4. - Réfrigérant sec-arrosé

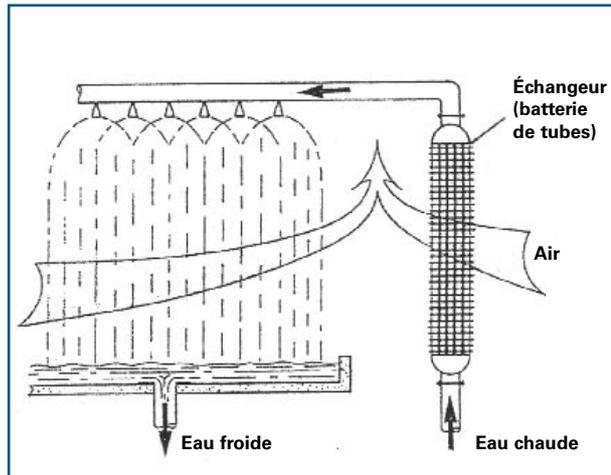


Fig. 1.5. - Réfrigérant humide-sec

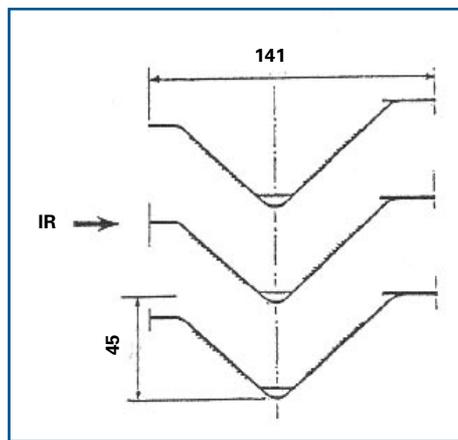


Fig. 2.29. - Capteurs de gouttelettes pour réfrigérants à courants croisés

Bilan Hydrologique et paramètres hydrauliques

Écart de température : Δt (K) C'est la différence entre les températures entre l'eau chaude et l'eau refroidie.

Puissance du réfrigérant : P (kW) C'est la quantité de chaleur échangée par seconde. Elle s'exprime par le produit :
 $P = Q / 3.6 \times 4\ 186 \times \Delta t$

Quantité de chaleur échangée : le joule (J) C'est la quantité de chaleur évacuée à l'atmosphère.

Taux de concentration ou nombre de cycles de concentration : Fc

L'eau en circulation est plus concentrée en minéraux que l'eau d'appoint (à cause de l'évaporation). Par convention, on appelle « nombre de cycles de concentration » le rapport des teneurs en certains sels dissous entre l'eau du circuit (ou eau de purge) et l'eau d'appoint. (Après 3 cycles de concentration, l'eau de purge renferme trois fois plus de ces sels que l'eau d'appoint $F_c = 3$).

Le facteur concentration de l'eau du circuit dépend du débit de purge de déconcentration :

$F_c = \text{salinité totale de l'eau du circuit} / \text{salinité totale de l'eau d'appoint}$.

Débit de recirculation : Q (m³/h) L'eau circule dans le système de refroidissement selon un débit dit « de recirculation »

Débit d'entraînement vésiculaire : E_v (m³/h)

C'est le débit d'eau directement entraînée dans l'atmosphère sous forme de gouttelettes finement divisées. Lorsque les conditions de fonctionnement du guide sont respectées $E_v < 0,0001 \times Q$ est en général négligé pour le calcul de l'appoint.

Débit d'évaporation d'eau : E (m³/h) selon norme NF E 38-423 ; c'est le débit d'eau évaporée à la tour pour refroidir l'eau du circuit. Ce débit d'évaporation est constitué par de l'eau pure qui n'entraîne aucun sel dissous.

$$E = Q \times 0.004\ 186 \times \Delta t \times C_s$$

avec C_s donné dans le tableau suivant :

Humidité en %	Température de l'air extérieur en °C			
	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C
20	0,269	0,308	0,345	0,378
40	0,269	0,305	0,339	0,371
60	0,269	0,302	0,335	0,364
80	0,269	0,302	0,331	0,357
100	0,271	0,303	0,331	0,354

(tableau extrait de la norme NF E 38-423)

C_s peut également être considéré comme égal à $0,2688 + 0,00348 t$ avec t : température de l'air extérieur en °C

Débit de purge de déconcentration : P_D (m³/h)

L'évaporation de l'eau entraîne une augmentation de la concentration des sels dissous dans l'eau circulante. Les purges de déconcentration visent à maintenir les paramètres chimiques de l'eau à l'intérieur de limites précises afin de réduire au maximum l'entartrage, la corrosion, l'entraînement de particules et divers autres problèmes particuliers.

Cette opération est indispensable pour limiter une concentration croissante des sels dissous qui atteindraient rapidement leur limite de solubilité.

Débit de purge de déconcentration totale : P_T (m³/h)

En plus de la purge de déconcentration, l'entraînement vésiculaire E_V et les différentes pertes en eau qui peuvent exister dans un circuit (fuites parasites ou incontrôlées, etc.) participent à la déconcentration du système,

$$P_T = E_V + P_D + \text{fuites} = E/(F_c - 1) = A/F_c$$

Le respect d'une purge de déconcentration totale telle que $P_T = A/F_c$ permet de maintenir le facteur de concentration constant (F_c).

Autrement dit la quantité de sels entrant avec l'eau d'appoint A est égale à la quantité de sels sortant avec la purge P_T .

Débit d'appoint : A (m³/h)

De l'eau d'appoint est introduite dans le circuit pour compenser l'ensemble des pertes d'eau dans le circuit (évaporation, eau de purge de déconcentration totale).

$$\text{Avec : } A = E + P_T \text{ et } A \times \text{salinité de l'eau d'appoint} = P_T \times \text{salinité de l'eau du circuit}$$

Le tableau ci dessous donne un exemple de calcul.

DONNÉES	CALCULS : Quantité de chaleur échangée par heure :
$Q = 56 \text{ m}^3/\text{h}$ Entrée t°eau chaude = 35 °C $\Delta t = 10 \text{ K}$ Sortie t°eau froide = 25 °C } $F_c = 2$ $E_V = 0,01 \% \times Q$	$P = 1.16 \times Q \times \Delta t = 649,6 \text{ kW}$ $E = Q \times 0,004 186 \times \Delta t \times C_s = 0,89 \text{ m}^3/\text{h}$ $P_T = E/(F_c-1) = 1-0,89 \text{ m}^3/\text{h}$ $E_V = (Q \times 0.0001) = 0,0056 \text{ m}^3/\text{h}$ (soit 5,6 l/h)
Température de l'air extérieur en °C = 30 $C_s = 0.371$	$P_D = P_T - E_V = 0,884 \text{ m}^3/\text{h}$ (soit 884 l/h)
Humidité en % = 40	$A = E + P_D + E_V = E + P_T = 1,78 \text{ m}^3/\text{h}$

Membres des groupes de réflexion et de rédaction du guide pratique

Président groupe Industrie/Énergie : M. MUREAU Hamon

Présidente groupe Tertiaire : Mlle MERCHAT Climespace-Elyo

M. ANDRE Gabriel	JACIR- AIR TRAITEMENT
Mme APPOURCHAUX Michèle	EDF division production nucléaire – groupe env.
Mme BALTU Isabelle	INRS
M. BANQUET François	EDF division ingénierie et services
M. BAUGE Christophe	CERCHAR/SNET
Mme BAYEUX Marie-Cécile	INRS
M. BECQUAERT Daniel	GEA Erge Spirale et Soramat
Mme BOUISSET Stéphanie	CTCPA
M. BOULY Thierry	GEA Ergé spirale et Soramat
Mme BRAY Nicoletta	Bureau Véritas
M. BRUNELLO J. Marie	SNET
M. CABANES Pierre-André	EDF-GDF service des études médicales
Mme CALLABE Valérie	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
M. CHALUMEAU Bernard	HAMON Thermal Europe
M. COUTREL J.François	FICUR/ANIA
M. du CHESNE Gérard	Fédération Française du Bâtiment (FFB)
M. FAISQUES Patrick	Fédération Française des Entreprises Gestionnaires de Services aux Équipements, à l'Énergie et à l'Environnement (FG3E)
M. GRUSON Bernard	NALCO FRANCE
M. HOEN Jean Marc	CIBA spécialités chimiques
M. KERGOVIC	AIR TRAITEMENT
Mme LARRIBET Annie	Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie
M. LESCURE J.Pierre	SNFS et ANIA
Mme LHERM Catherine	Ministère de l'Emploi et de la Solidarité - Bureau CT4 Direction Relation du Travail
M. MAZILLIER Eric	CRAMIF
M. MEDICI	CIAT
Mlle MERCHAT Michèle	CLIMESPACE/Elyo
Mlle MOLINARO Diane	Ministère de l'Emploi et de la Solidarité – Bureau VS4 Direction Générale de la Santé
M. MORAN Francis	SYPRODEAU/Cefracor
M. MUREAU Patrice	HAMON Thermal Europe
M. PARIS Patrick	CSTB – Division Eau et Habitat
M. PUIBARAUD J. Philippe	DALKIA
M. PRA Philippe	CETIAT
M. ROUBATY Jean-Louis	IRH environnement dpt études
M. RUFFIER-LANCHE	JACIR-AIR TRAITEMENT
Mme SIRUGUET Odile	Ministère de l'Emploi et de la Solidarité Inspection médicale-IMTMO
Mme WALLET France	EDF-GDF service des études médicales