

# Tours aéroréfrigérantes : quels traitements disponibles ?

Réalisé par Alain Vergnes

Les échecs en matière de traitements contre la présence de légionelles dans les tours aéroréfrigérantes sont nombreux. En cause, une mauvaise perception de l'état sanitaire réel de l'équipement traité, un traitement inadéquat, des défaillances au niveau de sa mise en œuvre ou un suivi trop approximatif des traitements curatifs et préventifs appliqués aux équipements.



## ABSTRACT Cooling towers: what treatments are available?

*Failures in terms of treatment against legionellae in cooling towers are legion. At cause, a poor perception of the actual sanitary condition of the treated equipment, inadequate treatment, poor implementation or approximate monitoring of the curative and preventive treatment operations applied to the equipment.*

**D**epuis le décret du 1<sup>er</sup> décembre 2004 qui soumet l'ensemble des tours aéroréfrigérantes à la législation des installations classées sous la rubrique 2921 "Installation de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air", ce sont environ 13.700 installations au sein de 5.721 établissements qui sont soumises à une réglementation renforcée contre le risque légionelles. Qu'elles soient soumises à déclaration ou à autorisation, l'eau contenue dans le circuit ne doit pas excéder,

aux termes des arrêtés du 13 décembre 2004, les 1.000 UFC/L (unités formant colonies). Et si le résultat excède les 100.000 UFC/L, l'exploitant devra arrêter l'installation de refroidissement selon une procédure d'arrêt immédiat qu'il aura préalablement définie, puis réaliser la vidange, le nettoyage et la désinfection de l'installation. Il incombe donc aux exploitants de ce type d'ouvrages de mettre en place un dispositif adapté pour maintenir leur installation dans un état sanitaire correct pendant toute la durée de leur

Première technologie incluant l'extraction d'ADN, la méthode GeneSystems est aujourd'hui la première méthode alternative de quantification des *Legionella* utilisée en Europe



Genesystems

fonctionnement. Ceci commence par un suivi de la qualité des eaux, par des analyses, mensuelles ou bimestrielles, selon que l'installation est soumise à autorisation ou à déclaration - pour assurer le respect de valeurs seuils et des fréquences de contrôle.

### Un suivi analytique rigoureux

Pour détecter la présence de *Legionella*, plusieurs méthodes existent. La méthode microbiologique normée NF T 90 431 est reconnue et largement utilisée. Les bactéries sont placées sur un milieu de culture spécifique, à 37 °C. Dans ces conditions, elles se reproduisent et forment des colonies dans un délai de 3 à 10 jours. Ces colonies doivent être examinées sur trois milieux de culture différents pour s'assurer qu'il s'agit bien de bactéries type *Legionella*. À l'issue de ces étapes, il reste à déterminer le type de *Legionella*. On procède alors à un sérotypage pour vérifier qu'il s'agit bien de *Legionella Pneumophila*. Inconvénient, cette méthode nécessite un délai incompressible de 10 à 13 jours. Pour s'en affranchir, l'exploitant pourra avoir recours à d'autres méthodes permettant une prise de décision plus rapide.

La méthode par PCR (Polymerase Chain Reaction), normalisée par l'Afnor en avril 2006, remplace le processus de division des cellules de la méthode normalisée par un processus de duplication biochimique de l'ADN de *Legionella*. De cette façon, les résultats sont disponibles en 48 heures, ce qui permet d'agir rapidement. Sur cette base, plusieurs prestataires ont développé des méthodes semi-automatiques, mettant le procédé à la portée du plus grand nombre.

Genesystems propose ainsi une méthode fournissant un résultat en 3 heures et un service d'aide à l'interprétation des résultats. Bio-Rad a également développé des kits de quantification rapides de même que de nombreux prestataires tels que SGS Multilab, Bouisson-Bertrand Laboratoires, ou Hygi-diag. Toutefois, il n'existe pas à ce jour d'éléments permettant de corréler les résultats en unités génome par litre (UG/l), avec ceux obtenus en unités formant colonie par litre (UFC/l): la méthode PCR ne doit donc pas être utilisée en remplacement de la méthode NF T 90-431.

De nombreux prestataires, tels Eurofins Environnement, optent pour une méthodologie de surveillance de l'écosystème microbien. Cette stratégie inclut les outils modernes tels que l'ATP, la PCR temps réel, la détection d'amibes et l'évaluation des biofilms, le tout en complémentarité de l'AMR réalisée par les exploitants ou les bureaux d'études.

Autre possibilité, la méthode Scan Vit, commercialisée par Raisio Diagnostics, qui permet d'identifier toutes les colonies dénombrées en terme de *Legionella spp* et *Legionella pneumophila* et de disposer de résultats prédictifs des résultats réglementaires en 72h. Plus rapide encore, Duopath® *Legionella* de Merck, est un tout nouveau test immunologique arrivé sur le marché au mois de mai 2006, basé sur le principe de flux immunitaire pour la détection simultanée des espèces de *Legionella sp* et *Legionella pneumophila* dans les tours aéro-réfrigérantes, circuit d'eau chaude sanitaire,.... Basé sur une analyse immunochromatographique, Duopath® permet une lecture du résultat du test et des zones de contrôle après 30 minutes. Reste qu'en France, ce test ne peut-être utilisé que dans le cadre d'autocontrôles car il ne répond pas aux exigences de la norme NFT 90-431.

Sans se substituer à l'analyse réglementaire,

## Analyse de la contamination en *Legionella* dans l'eau et le biofilm d'une tour aéro-réfrigérante en utilisant la méthode iQ-Check Legionella

Les tours d'aéro-réfrigération sont des systèmes complexes qui doivent être étudiés dans leur ensemble. La méthode iQ-Check Legionella de Bio-Rad associe des protocoles spécifiquement adaptés pour la détection et la quantification de *Legionella* dans les biofilms et des kits de PCR en temps réel. Cette méthode a été testée pour l'analyse du paramètre *Legionella* sur une installation de tour d'aéro-réfrigération. L'échantillonnage a été effectué à 3 endroits différents de l'installation (réservoir de la TAR; canalisation - eau d'appoint; canalisation - point bas du circuit) et à chaque niveau, les prélèvements sont effectués en double sur l'eau et le biofilm. L'effet d'un biodispersant sur le bassin a pu être également étudié.

Les résultats montrent que la contamination en *Legionella* est différente selon le point d'échantillonnage, ce qui illustre l'importance d'effectuer les

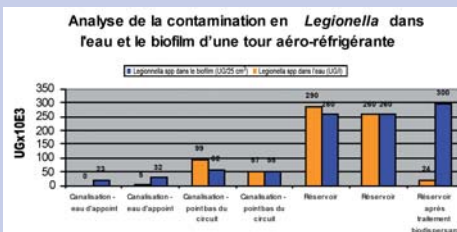
analyses sur différents points du réseau d'eau pour pouvoir le caractériser dans son ensemble.

Il existe une corrélation entre la présence de *Legionella spp* dans l'eau et le biofilm. Ces deux populations de *Legionella* vivent en équilibre, le biofilm servant de réserve pour les bactéries.

L'effet du biodispersant a été testé dans le réservoir de la tour, où le niveau de contamination en *Legionella* observé est le plus fort. L'action du dispersant

lors de cette action a été réelle, mais pas totale. Après le traitement, la quantité de *Legionella* dans le biofilm a diminué d'un facteur 10, alors que dans l'eau la quantité de *Legionella* reste importante.

Cette étude illustre la complexité d'un système hydraulique de type tour aéro-réfrigérante. Afin d'être efficace, la gestion du réseau en terme de risque *Legionella* doit comprendre une évaluation complète du système eau - biofilm.



ces tests permettent un suivi au plus près du fonctionnement des équipements, notamment dans le cadre du plan de surveillance des installations qui doit être mis en place conformément aux arrêtés du 13 décembre 2004. Lorsqu'ils mettent en évidence une présence importante de légionelles et que la méthode normalisée confirme l'approche du seuil autorisé, il faut traiter. Car les arrêtés ministériels du 13 décembre 2004 imposent une obligation de résultat aux exploitants: l'objectif est de maintenir en permanence la concentration en *Legionella species* dans les eaux du circuit de refroidissement, mesurée selon la norme NF T 90-431, en dessous de 1.000 UFC/l. Si le résultat de l'analyse est supérieur ou égal à 1.000 UFC/l ou si la quantification de *Legionella* est impossible du fait de la présence d'une flore interférente, les arrêtés du 13 décembre 2004 imposent que l'exploitant prenne des dispositions pour nettoyer et désinfecter l'installation de façon à s'assurer d'une concentration en *Legionella species* inférieure à 1.000 UFC/l. Mais contrairement aux réseaux d'eau chaude sanitaire, la réglementation n'impose pas de prescriptions particulières pour le traitement des tours aéroréfrigérantes. Les textes existants sont plus souples et dans la pratique, les contrôleurs de l'administration ferment moins souvent un établissement TAR qu'un établissement ECS ayant des problèmes identifiés, même si lors de dépassement des normes officielles de contaminations il est prévu dans les deux cas l'arrêt

## Vers un renforcement de la réglementation applicable aux TAR des centrales nucléaires ?

Saisie par les ministres chargés de l'environnement, de l'industrie et de la santé, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail a rendu au mois de juin 2006 son premier avis sur l'évaluation des risques sanitaires liés aux proliférations de *Legionella* dans l'eau des tours aéroréfrigérantes des centrales nucléaires d'EDF.

Ce rapport, très attendu dans la mesure où la réglementation actuelle applicable à ces équipements autorise des niveaux de concentration en légionelles 500 fois supérieurs aux exigences des tours relevant des ICPE, met en lumière de nombreuses failles dans la gestion du risque légionelles sur les centrales EDF. Les experts ont conclu que les éléments présentés par EDF ne permettaient pas de

démontrer que le niveau de risque lié aux légionelles engendré par les TAR des centrales soit inférieur à celui d'une TAR ICPE.

« Par conséquent, souligne le rapport, les résultats présentés par EDF ne permettent pas de justifier des seuils d'intervention pour les TAR Centre nucléaire de production électrique 500 à 5.000 fois plus élevés au seuil d'intervention des TAR ICPE. (...) En conclusion, EDF n'a pas présenté une démarche globale cohérente vis-à-vis du risque de prolifération et de diffusion des *Legionella*. EDF ne base ses actions de désinfection que sur le paramètre de contrôle recommandé pour les installations nucléaires de



base et ceci à des seuils d'intervention bien trop élevés ».

des installations. Pour une TAR, l'exploitant conserve donc la possibilité de choisir le traitement à mettre en œuvre. Pour ceci, une bonne connaissance des particularités de chacun de ces équipements s'impose.

### Bien connaître le fonctionnement d'une TAR pour bien traiter

Quel que soit le type de traitement choisi par l'exploitant, une attention particulière devra être portée sur l'état réel des circuits de refroidissement et de leur fonctionnement. La corrosion et l'entartrage des circuits doivent notamment faire l'objet d'un suivi particulier. Car dans la pratique, on retrouve souvent en TAR une situation bien connue dans les réseaux d'eau potable: un biofilm

se forme dans les circuits qui va permettre aux bactéries de se fixer et de se développer. Un suivi périodique de ce biofilm est donc indispensable. De nombreux outils existent. Le suivi du biofilm peut être effectué grâce au test de mesure de la biomasse totale par l'ATP (Adénosine Triphosphate) à certains points du circuit. La mesure régulière de la bio-

masse totale, dans un réseau d'eau par ATP-métrie, est à considérer comme un signal d'alarme précoce d'une prolifération de micro-organismes dans une installation, permettant de réagir immédiatement. Cette méthode est en cours de pré-normalisation au niveau européen par plusieurs laboratoires dont le Crecep. Des kits Quench Gone™ (QG) et Total Control Microbiology™ (TCM) développés par LuminUltra et commercialisés en Europe par aqua-tools.com, sont conçus spécifiquement pour la mesure de la biomasse active par ATP-métrie dans les eaux potables, les eaux chaudes sanitaires, les eaux des tours aéroréfrigérantes, les eaux de process de l'industrie, les eaux de rejet, etc. Ils sont optimisés pour chaque type d'eau et pour chaque niveau de contamination. Ils peuvent être adaptés pour chaque point d'un circuit.

Il est également possible de dénombrer *Legionella spp* dans les biofilms par méthode PCR. Bio-Rad propose pour ce faire des protocoles spécifiquement développés pour la détection et la quantification de *Legionella* dans les biofilms basés sur le kit Aquadiem™ et les iQ-Check™ Legionella. D'autres kits de mesure rapide sont également proposés à l'image d'Hydrobio de Henkel Concorde. Hydrobio est un kit de mesure quantitative rapide sur site du biofilm dans les installations de refroidissement. La détermination in situ et rapide de la présence du biofilm dans les circuits, grâce à ce kit permet d'adapter le traitement biocide aux conditions variables d'exploitation et ainsi de mieux contrôler l'encrassement microbiologique et de maîtriser les



Appareil Bio-Rad de PCR en temps réel/Kits iQ-Check™ Legionella correspondant aux exigences de la norme Afnor XP T 90-471 pour la détection et la quantification des légionelles dans l'eau, l'air et les biofilms.

Le Securox M. de Thétis Environnement est un générateur de dioxyde de chlore qui offre l'analyse du dioxyde de chlore et du chlorite.



Thétis Environnement

risques sanitaires. Ce kit est facile à mettre en œuvre et particulièrement adapté pour l'utilisation du personnel de terrain.

De même, pour assurer l'efficacité des traitements choisis, il est nécessaire de connaître l'âge de l'eau dans les divers circuits de la tour, de maîtriser la qualité d'eau d'appoint, le pH de l'eau en absence et en présence de chlore, la vitesse de corrosion et de l'efficacité des inhibiteurs, etc... Il est en effet impossible de désinfecter correctement si l'on ne connaît pas le temps de contact, tronçon par tronçon, du désinfectant sur les bactéries circulantes, le biofilm et les protozoaires hôtes. Une bonne connaissance de l'ensemble de ces paramètres est un préalable indispensable au choix du traitement. Mais avant de choisir le traitement le plus approprié, il faut lutter contre la corrosion et l'entartrage qui favorisent le développement de *Legionella*.

### Lutter contre la corrosion et l'entartrage

La lutte contre la corrosion consiste le plus souvent à introduire dans l'eau des inhibiteurs de corrosion chimiques. S'agissant des TAR et contrairement aux réseaux ECS, les formules chimiques sont libres. Les inhibiteurs de corrosion associent le plus souvent des minéraux (phosphates, zinc, molybdates...) à des composés organiques (phosphonates, amines grasses, triazoles...). Ces formulations sont proposées par plusieurs fournisseurs parmi lesquels Aquaprox, Henkel Concorde, Buckman Laboratories, Permo, Protec Traitement des Eaux ou encore Kemira.

Expertima Technologies, impliquée depuis près de 20 ans dans l'ingénierie process de traitement de l'eau a développé son savoir-

faire pour traiter préventivement et curativement le calcaire et la corrosion, responsables de la nidification et du développement des légionelles. Grâce à un nouveau réacteur électrostatique, sans électricité, le calcaire est totalement déstructuré sous forme de farine molle et la corrosion maîtrisée. Un filmogène naturel et protecteur se crée sans adjonction de produit chimique. Le nouveau réacteur, intégré dans un proces-

global d'Expertima Technologies, comprend du titane et des matériaux anti adhérents et nucléogènes, développant des surfaces réactionnelles très élevées et des flux multidirectionnels importants.

Une autre méthode consiste à centrer la corrosion sur une pièce métallique facilement corrodable. ISB Water propose ainsi une solution de traitement jusqu'à des volumes de 3.000 m<sup>3</sup> qui intègre une technologie dédiée au traitement du calcaire et de la corrosion dans les conduites d'eau et équipements connectés, une microfiltration différentielle et un traitement par ionisation cuivre-argent. L'Ion Scale Buster empêche les dépôts de se former sur les parois en

çant la précipitation des ions calcium et magnésium en calcaire par microélectrolyse galvanique. Les diélectriques (PTFE) qu'il renferme apportent une importante coagulation/floculation en favorisant l'encapsulation. Les chambres de cavitation et de turbulences permettent d'avoir un effet sur le chlore actif, l'oxygène et l'azote dissous en limitant les agressions corrosives. Enfin, par relargage d'ions zinc dans le milieu, l'ISB agira comme un inhibiteur de corrosion. Le calcaire est agrégé dans le flux d'eau et véhiculé avec lui sans endommager les installations. La filtration entraînera une déconcentration permanente pour des économies d'eau substantielle tout en optimisant la capacité d'échange thermique. L'ionisation cuivre argent (durée de vie des électrodes 4-5 ans) utilisée par ISB Water sans contrainte de variation de pH permet de traiter de grands volumes et assure la destruction des bactéries avec une rémanence importante. En quelques mois d'utilisation, la solution d'ISB Water offrira un curage des canalisations tout en prévenant les risques sanitaires. Il subsiste une fine pellicule de calcaire qui protège contre de futures agressions corrosives. L'installation peut être faite sans interruption de production. La solution demande une maintenance limitée, ne nécessite pas d'additif et génère de

### Le contrôle du taux de concentration : un élément essentiel pour maîtriser l'entartrage, la corrosion et la prolifération bactérienne

Les sels minéraux et matières en suspension contenus dans l'eau d'appoint et apportés par le lavage de l'air au niveau de la tour s'accumulent et se concentrent dans l'eau du circuit du fait de l'évaporation.

Pour limiter cette concentration, une extraction volontaire, contrôlée et continue de l'eau du circuit appelée purge de déconcentration, doit être faite. La purge de déconcentration est constituée en fait de la somme des pertes involontaires par l'entraînement de gouttelettes d'eau par le flux d'air circulant dans la tour, des pertes non maîtrisés (fuites, débordements) et enfin et principalement de la purge de déconcentration volontaire.

En premier lieu et pour une bonne maîtrise, le concepteur de l'installation puis l'exploitant s'attacheront à réduire le plus possible les pertes involontaires : entraînement vésiculaire et purges "pirates"... Ensuite, pour contrôler et réguler le taux de concentration de l'eau du circuit, un système de suivi de la déconcentration doit être mis en œuvre : soit une purge réglée manuellement demandant une vérification analytique et un ajustement constant en fonction de la charge thermique du circuit, soit une purge automatisée et asservie à une mesure.

Plusieurs moyens automatisés existent : déconcentra-

tion par mesure de la conductivité de l'eau, une conductivité trop élevée de l'eau pouvant être le signe de conditions propices à un encrassement rapide ; déconcentration proportionnelle au volume de l'appoint d'eau à condition de ne pas avoir de purges parasites.

Ce type d'installation est essentiel sur les tours aéro-réfrigérantes et doit être rigoureusement suivi, pour la gestion du risque légionelles comme pour la maîtrise de l'entartrage et de la corrosion.

La dernière réglementation applicable aux TAR (arrêté ministériel 2921 du 13-12-2004) impose le relevé mensuel du compteur d'eau d'appoint. En toute logique, elle devrait aussi imposer la présence et le relevé simultané du compteur d'eau de la purge, car ce relevé n'a de sens que par le rapport des volumes appoint/purge.

Ce rapport représente le taux de concentration moyen sur la période considérée.

La détermination du point de consigne du taux de concentration est de la responsabilité du traiteur d'eau et dépend de nombreux paramètres tels que la qualité de l'eau d'appoint, le type de traitement mis en œuvre, les températures d'eau rencontrées dans l'installation, les matériaux en présence, l'environnement de l'installation.

Les UV sont la plupart du temps associés à une technique de désinfection rémanente telle que le cuivre-argent, le chlore, le brome, les bactéricides de synthèse... etc.



Bio UV

faibles coûts d'exploitation.

Quant aux traitements contre l'entartrage, ils pourront être soit physiques, soit chimiques. Ils consistent à modifier l'équilibre calco-carbonique de l'eau en réduisant la dureté de l'eau et/ou le TAC (les bicarbonates). Ceci peut se faire par adoucissement sur résines échangeuses, par adoucissement avec de la chaux, par passage sur une membrane ou par acidification de l'eau. Certains systèmes physiques ont également faits leurs preuves. C'est par exemple le cas de l'Aquabion® dont le fonctionnement repose sur le principe galvanique d'une anode consommable en zinc qui s'use lorsque se réalise la micro électrolyse lors du passage de l'eau dans l'Aquabion®. En fonction des paramètres de l'eau, l'élément galvanique génère une différence de potentiel, ce qui provoque l'agglomération de substances contenues dans l'eau autour de l'ion de zinc libéré (noyau de cristallisation). L'agglomération des constituants de dureté favorise dans le même temps la croissance cristalline, avec pour résultat la suppression des particules qui s'agglomèrent avec d'autres produits libérés. Ces particules, offrant alors une surface plus importante, sont évacuées avec l'eau. Dans les conduites d'eau, la tendance des agglomérats à adhérer aux parois est réduite.

Une autre solution consiste à recourir aux inhibiteurs d'entartrage : polyphosphates, phosphonates, polymères carboxyliques et

polyamines filmantes.

L'étape suivante consiste à choisir un traitement microbiologique adapté aux particularités d'une tour aéroréfrigérante et des eaux circulant dans ces circuits.

### Les traitements microbiologiques

Plusieurs types de traitements coexistent. Les traitements chimiques qui mettent en œuvre des biocides oxydants ou non oxydants sont les plus répandus. La chloration, effectuée en chocs ou en traitements continus est la plus utilisée. Grâce à leur action oxydante, le chlore et ses dérivés permettent de contrôler la prolifération de *Legionella*. Les produits chlorés sont injectés en

continu à un dosage de 0,5 à 3 ppm ou par chocs discontinus dosés à 15-60 ppm. L'avantage de la chloration est qu'elle touche l'intégralité du circuit, les dérivés chlorés étant injectés directement dans l'eau. Mais si le chlore empêche *Legionella* de proliférer, il n'éradique pas les souches. En cas d'arrêt d'injection, la recolonisation du circuit par les bactéries peut être très rapide. De plus, la chloration génère des phénomènes de corrosion sur les installations en acier, acier galvanisé et cuivre.

La bromation est similaire à la chloration, la différence étant la quantité d'acide hypobromeux disponible aux pH usuels de l'eau. À des pH compris entre 7 et 8, les performances de la chloration baissent alors que la bromation reste efficace. De plus, les performances du brome sont supérieures sur les eaux alcalines et la corrosion est moindre car le dosage en oxydant est plus faible.

Lorsque le pH est trop élevé et que les performances de la chloration sont trop faibles, Buckman Laboratories propose d'utiliser Bulab 603S en association avec l'hypochlorite de soude ou d'employer avec un brominateur des pastilles de brome.

Permo, qui développe une grande variété de traitements en fonction de la nature et des caractéristiques des installations propose des dispositifs de régulation couplés à des brominateurs. Le brome en galets est dissous par un brominateur avant d'être injecté dans le circuit refroidissement. La régulation est assurée par un photomètre qui mesure la teneur en brome libre. Pour Frédéric Dufort, Permo, « c'est un traitement sûr, peu coûteux, avec lequel nous

## Une technologie prometteuse : l'acide hypochloreux

Ovipur, filiale du groupe Avipur 3D, propose depuis quelques mois une nouvelle technologie conçue pour aider les industriels à maîtriser le risque *Legionella* dans les réseaux de systèmes aéroréfrigérants. Cette technologie, développée par Marin Développement, est connue sous le nom Biodes Concept™. Elle est mise en œuvre dans les circuits de TAR comme dans les réseaux d'eau pour prévenir toute prolifération de *Legionella*. Le procédé fait appel à du sel (chlorure de sodium) que l'on électrolyse à l'aide d'un électrolyseur spécifique à membrane pour obtenir de l'acide hypochloreux. L'acide hypochloreux (chlore actif) est 100 fois plus bactéricide que l'ion hypochlorite. De plus, n'étant pas chargé, il n'affecte pas les matières métalliques constitutives des installations traitées. Dans les installations traitées par ce procédé, le suivi du taux de chlore devient facultatif mais pour ceux qui le conservent, leur afficheur indique 0,2 ppm. En fonction des qualités d'eau traitée, les dosages s'échelonnent de 0,1 % à 5 %.

Premier avantage, cette technologie ne nécessite aucun produit dangereux. Ensuite, elle est économique dans la mesure où l'industriel synthétise sur place son biocide. Elle est également écologique

puisque le sodium (Na) du sel (NaCl) est retrouvé sous forme de soude (hydroxyde de sodium), éventuellement valorisable, en contrepartie de la solution biocide produite. Pour un litre de solution produite, seulement 100 ml de soude sont rejetés. Enfin, elle est simple à mettre en œuvre puisque le potentiel redox dû à l'acide hypochloreux permet à l'exploitant de suivre ce paramètre en continu. Ces variations permettent d'ajuster le traitement soit manuellement soit automatiquement en fonction des installations. En associant ce suivi simple à des techniques comme la PCR ou à des mesures ATPmétriques, le risque *Legionella* peut être prévenu et détecté très en amont.

« Sur l'ensemble des industriels bénéficiant de cette technologie, aucun n'a jamais déploré une contamination à *Legionella* supérieure à 1.000 UFC/litre, souligne Christophe Lentillon, directeur commercial chez Marin Développement. Ce résultat est le fruit d'une politique qui consiste à proposer un résultat contractuellement garanti plutôt qu'à vendre une simple machine ». À noter que Marin Développement est capable de modifier les réglages de sa machine pour apporter une réelle efficacité de sa technologie sur le biofilm des installations.

**Générateur de dioxyde de chlore Wallace & Tiernan Diox-C, voie chlore (rendement supérieur de 20 % par rapport à la voie acide chlorhydrique), avec contrôle et régulation en continu par automate de tous les débits de réactifs. Capacité maximale de production 4.500 g/h ClO<sub>2</sub>.**

Wallace & Tiernan



« obtenons de très bons résultats avec un minimum de corrosion ».

Autre possibilité, le dioxyde de chlore, de plus en plus utilisé dans la lutte contre *Legionella*. Ses avantages sont nombreux: efficacité indépendante de la valeur pH de l'eau, pas de génération de sous-produits chlorés, valeur AOX de l'eau diminuée de plus de 90 % par rapport à un traitement au chlore. Sa rémanence est également importante. Et surtout, le dioxyde de chlore, contrairement au chlore, détruit les biofilms empêchant la réapparition des légionelles. Jusqu'à présent, sa préparation complexe et son instabilité empêchaient le stockage et en limitait le développement. Il y a encore quelques années, la technique de production du ClO<sub>2</sub> était réputée dangereuse et entraînait le reclassement du site par les DRIRE. Mais l'apparition de générateurs capables de faire face à un grand nombre de configurations a changé la donne. Wallace & Tiernan, groupe Siemens Water technologies, propose ainsi plusieurs modèles standards de générateurs de dioxyde de chlore allant de quelques grammes par heure à plusieurs kilos par heure, depuis son modèle compact Diox-A3/10 (capacité maximale de production 3 ou 10 g/h ClO<sub>2</sub>) jusqu'au Diox-C (capacité maximale de production 4.500 g/h ClO<sub>2</sub>) en passant par son Diox-A 250 (capacité maximale de production 250 g/h ClO<sub>2</sub>). Sur tous les générateurs Wallace & Tiernan, le contrôle et la régulation en continu par auto-

mate de tous les débits de réactifs assurent le respect des stoechiométries de réactions chimiques lors de la préparation du dioxyde de chlore. Ce dernier procédé est également proposé par Permo avec son Permo-BioX dont la production est sécurisée par batch et par Cifec avec Marcellus. De son côté, ProMinent propose trois types de générateurs qui couvrent une plage de production de 0 à

10 kg/h. Bello Zon CDL est spécialement adapté aux petits circuits de traitement de l'eau. Cet appareil prépare une solution à 2 g/l de dioxyde de chlore dans un réservoir étanche et qui peut ensuite être injectée par une ou plusieurs pompes doseuses dans un circuit d'eau. La production maxi de cet appareil est de 5 g/h. Bello Zon® CDV fonctionne comme l'appareil précédent avec des produits chimiques dilués, de l'acide chlorhydrique à 9 % et du chlorite de sodium à 7,5 % mais qui permet de préparer une solution à 40 g/l de dioxyde de chlore dans l'installation. La production maxi de cet appareil est de 2.000 g/h. Quant à Bello Zon® CDK, il fonctionne avec de l'acide chlorhydrique à 30 à 33 % et du chlorite de sodium à 25 %. Le mélange de chaque litre de produit donne environ 150 g de dioxyde de chlore. Pour garantir la sécurité lors de la production, les installations CDK disposent d'une troisième pompe qui dose l'eau de dilution dans le réacteur. Leur rendement va jusqu'à 10 kg de production de dioxyde de chlore par heure.

Le Sécurrox de Thétis Environnement permet également de produire du dioxyde de chlore par électrolyse de chlorite de sodium. Dernier né de la gamme, le Securox M. est le premier générateur de dioxyde de chlore à offrir l'analyse du dioxyde de chlore et du chlorite. Le taux de dioxyde de chlore et de chlorite est

## Une solution pour externaliser le risque sanitaire

ICS'eau a présenté à Pollutec 2006 Aquavisio, la première plate-forme extranet permettant la dématérialisation du carnet sanitaire de suivi des réseaux d'eau et des tours aéroréfrigérantes. En synchronisant les différents acteurs intervenant sur ces installations, Aquavisio permet ainsi de contrôler, de suivre et d'évaluer les risques sanitaires en temps réel. Le développement du module permettant la gestion des risques liés aux réseaux d'air est en également en cours en partenariat avec la société Kel'Air. Ce programme bénéficie du soutien de la région Aquitaine et de l'Anvar, et sera commercialisé à la fin du premier trimestre 2007.

ainsi surveillé en continu sans avoir à faire l'acquisition d'analyseurs supplémentaires. Avec la gamme Oxiper®, Grundfos Alldos propose de son côté trois types de générateurs de dioxyde de chlore à partir de réactifs dilués 164 D, concentrés 164 C pour la voie acide et 166 C pour la voie chlore pour des capacités allant de 5 à 10.000 g/h. Plusieurs modes de commande offrent une grande flexibilité de contrôle de l'injection de bioxyde: proportionnel à des impulsions issues d'un compteur, à un signal analogique et commande par télé-asservissement. Toutes les versions peuvent être équipées d'un réservoir tampon pour une production séquentielle et des injections multipoints indépendantes. Ceci notamment via des pompes doseuses digitales de la série True-Dos® qui peuvent être équipées de l'option Flow Monitor qui garantit la traçabilité du dosage du bioxyde.



**Bello Zon CDL de ProMinent prépare une solution à 2 g/l de dioxyde de chlore dans un réservoir étanche et qui peut ensuite être injectée par une ou plusieurs pompes doseuses dans un circuit d'eau. La production maxi de cet appareil est de 5 g/h.**

ProMinent

À noter que le dioxyde de chlore peut être utilisé dans certains cas sans recours à un générateur sous une forme stabilisée. Le Duozone100L®, commercialisé en France par Elchim, est un dioxyde de chlore liquide stable, sans risque d'explosion, prêt à l'emploi, ne nécessitant aucune réactivation, qu'il suffit d'injecter avec une pompe doseuse, une lance d'aspiration et un point d'injection.

L'acide hypochloreux est également une solution intéressante. Ovipur commercialise ainsi le procédé Biodes Concept™ (voir encadré) développé par Marin Développement qui fabrique l'appareillage et assure l'installation du process. Le procédé est basé sur du chlorure de sodium qui génère après électrolyse de l'acide hypochloreux. Le process se compose d'un électrolyseur, d'un analyseur, d'une partie injection et d'une cuve de stockage du produit synthétisé. En sortie, on obtient uniquement de la soude qui peut être valorisée sur certains sites notamment en dégraissant. Marin Développement travaille actuellement sur une évolution du procédé qui permettrait, à échéance de fin 2007, de supprimer tout rejet en transformant le biocide en produit entièrement

réutilisable. En TAR, le procédé fonctionne actuellement avec succès sur une douzaine d'installations chez Auchan, Alcan, Freescala, Atmel, Adrimex ou encore Arcelor. MHS Composants, société spécialisée dans la fabrication de composants électroniques l'utilise également avec succès depuis 12 mois sur un circuit de 4 tours aéroréfrigérantes de 1.750 kW unitaires de puissance thermique. Sur ces installations, la société effectue une mesure de flore totale hebdomadaire, un test culture mensuel doublé avec un test PCR et une flore totale. Mickael Alexandre est chef du Département entretien travaux neufs chez MHS Composants. Il explique: « *Après avoir enregistré, lors de la mise en route du procédé, une augmentation des résultats PCR due au décrochage du biofilm, les résultats ont décrié de façon spectaculaire. Et depuis 4 mois consécutifs, nos résultats en PCR se situent en dessous du seuil de détection, ce qui est tout à fait exceptionnel* ». Le procédé, efficace sur le biofilm, est totalement neutre vis-à-vis des problématiques antitartre et anticorrosion. Il est également intéressant au plan économique. L'investissement lié à l'achat et à l'installation du process est amorti sur 2 à 3 ans. Quant aux coûts d'exploitation, ils se situent à un niveau très bas: « *Le procédé ne demande pour fonctionner que très peu de consommables, confirme Mickael Alexandre: un peu d'électricité, un peu de sel pour alimenter l'électrolyse, un petit peu d'acide acétique pour nettoyer les cellules. Au total, en terme de coûts d'exploitation, le procédé est nettement moins cher que*

**Avec la gamme Oxiperm®, Grundfos Aldos propose de son côté trois types de générateur de dioxyde de chlore à partir de réactifs dilués 164 D, concentrés 164 C pour la voie acide et 166 C pour la voie chlore pour des capacités allant de 5 à 10.000 g/h.**



*les traditionnels biocides* ».

L'alliance du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et des ions d'argent (Ag<sup>+</sup>) figure également parmi les traitements qui ont fait leur preuve. Le peroxyde d'hydrogène est une substance oxydante avec des caractéristiques désinfectantes importantes. En plus, c'est une substance qui, en éliminant l'oxygène, se transforme en eau pure, ne laissant aucune trace d'oligoéléments dans l'eau traitée. Quant aux solutions d'argent hautement diluées, on sait qu'elles ont un important effet algicide, qu'elles sont efficaces à des températures élevées de l'eau et sur l'ensemble des valeurs de pH. La rémanence de l'argent est également excellente et prévient une nouvelle contamination. Inventeur et propriétaire depuis 1987 du brevet ayant mis en évidence la complémentarité et les résultats de l'alliance du peroxyde d'hydrogène et des ions d'argent, Sanosil France propose plusieurs formulations dont le Sanosil Super 25, efficaces contre le biofilm. L'oxygène dégagé par le peroxyde d'hydrogène perce le biofilm et ouvre le chemin pour que l'argent puisse anéantir les bactéries et virus. L'effet de synergie permet d'atteindre des résultats significatifs à de très faibles concentrations. La concentration d'argent dans Sanosil Super 25 est 10 à 20 fois inférieure à la limite autorisée pour l'eau potable. Les caractéristiques du produit, spécialement en ce qui concerne la toxicité, les effets secondaires et la tolérance écologique, correspondent d'ailleurs aux réglementations officielles. Les désinfectants Sanosil® peuvent être utilisés dans de multiples domaines d'applications dont les TAR. Mais l'autorisation pour



**Les doseurs proportionnels sans électricité Dosatron (l'eau est la seule force motrice) permettent de traiter de manière préventive ou curative les réseaux d'eau chaude sanitaire (ECS) et tours aéroréfrigérées dans le cadre des directives légionelles (traitements chocs, traitements discontinus).**

Dosatron

*nettement moins cher que*



Rime

L'emploi du produit dans le traitement d'eau ECS - une autorisation difficile à obtenir - a été accordée dans divers pays dont la France (Circulaire DGS 2002/243). Plusieurs applicateurs agréés Sano Label proposent la mise en œuvre du procédé H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + Ag<sup>+</sup>, à l'image d'ARÈS Solutions qui propose via son concept ARÈS AeroBio™, un automate multiparamètres associant le procédé avec un agent séquestrant de calcaire et un anti-algues.

L'ozone est également un désinfectant puissant. Une concentration résiduelle de 0,1 à 0,2 ppm est suffisante pour assurer la propreté des circuits d'eau. Cette molécule est produite par oxydation de l'air ou d'oxygène par des décharges électriques dans un ozoneur. Des ozoneurs proposés par ProMinent, Wedeco, Permo ou Ozonia peuvent produire de quelques grammes à quelques dizaines de kg à l'heure de ce gaz oxydant. Pour une sécurité maximale, Permo associe ces ozoneurs à des traitements par chocs à l'aide de biocides.

L'ozone est très efficace contre le biofilm. Il est produit sur site et ne nécessite pas le stockage de produits dangereux. Toutefois, les eaux caractérisées par une dureté élevée et/ou une DCO élevée sont peu appropriées à ce type de traitement. Par ailleurs, la solubilité de l'ozone ainsi que son temps de demi-vie sont réduits à haute température. Son utilisation se limitera donc au traitement des eaux dont la température n'excède pas 45 °C.

L'ionisation cuivre-argent proposée en France par Sanichem ou Euromed peut aussi être utilisée pour éliminer les légionelles dans les tours de refroidissement.

L'ion cuivre détruit les légionelles et autres bactéries en perçant la membrane extérieure protectrice de la cellule et perturbant ainsi son équilibre. Les ions argent servent à l'interruption de la production d'ADN, empêchant ainsi la reproduction cellulaire, et accélèrent la phase de lyse des bactéries. La rémanence de l'ionisation cuivre-argent est importante et son efficacité est indépendante de la température. La méthode n'est pas corrosive. Mais son efficacité dépend de la valeur du pH de l'eau: pour une valeur du pH de 9, seulement un dixième des bactéries *Legionella* sont éliminées. Et lorsque la concentration en solides dissous est élevée, l'argent risque de précipiter. Ce procédé est donc parfois couplé à un traitement par les UV qui trouvent là un nouveau champ d'applications.

### Un nouveau champ d'applications pour les UV

Guldager propose ainsi LegioFree®, une combinaison des deux procédés qui se complètent, les points faibles de l'un étant compensés par les points forts de l'autre: la désinfection UV prend en charge une fonction de barrière tandis que la rémanence est obtenue par l'ionisation. Car les UV sont capables de détruire, sans ajout de produits chimiques, la totalité des bactéries passant dans la cellule. La technologie est aussi très performante contre les amibes. Le problème de la désinfection UV est l'absence de rémanence dans les installations. Elle est donc la plupart du temps associée à une technique rémanente telle que cuivre-argent, chlore, brome, bactéricide de synthèse... etc. BIO-UV a équipé une tour aéroréfrigérante sur un

site de la société Trelleborg en Rhône-Alpes et exploitée par IDEX. Le protocole de traitement comprend un traitement biocide continu par un stérilisateur BIO-UV placé à un endroit stratégique de l'installation, à un traitement biocide chimique en choc. Les économies réalisées sur le coût global biocide sont de 75 %, et les rejets de biocides chimiques et de leurs sous-produits ont pu être fortement limités. Depuis la mise en place de ce protocole il y a 2 ans, les analyses de contrôles ont montré l'efficacité du réacteur appliqué.

De son côté, Bordas associe à des stérilisateurs adaptés à la contamination de circuits par *Legionella* l'usage de biodispersants qui favorisent la dislocation du biofilm et la diffusion des molécules bactéricides pour assurer la rémanence du traitement.

Permo propose également des traitements à base d'U.V. associés à des traitements par chocs avec des produits non corrosifs: brome liquide, THPS, etc... « *Moins coûteux que les traitements continus ces traitements par chocs complètent efficacement les UV sur des petites ou moyennes installations* », explique Frédéric Dufort, Permo.

RIME propose de son côté une méthode uniquement physique: mise en place des UVc sur l'eau d'appoint (barrière d'entrée) et sur la boucle de recirculation filtrée (inhibition rapide des foyers de re-démarrage éventuels), mais avec traitement d'adoucissement de l'eau d'appoint (maîtrise du taux de concentration et donc de l'entartrage). Une installation réalisée dans la Somme a permis de valider cette méthodologie (résultat inférieur à 50 UFC/l: seuil de détection); la solution RIME est en accord avec les nouvelles politiques environnementales visant à mettre en œuvre les solutions les plus écologiques pour les rejets.

Enfin, d'autres types de traitements font leur apparition comme le procédé Aqua HP commercialisé en France par RER qui repose sur un hydro-réacteur à haut rendement dont le principe de fonctionnement est d'utiliser les forces de l'eau et le potentiel d'oxydation de l'oxygène dissout dans l'eau. La création de vortex selon des paramètres spécifiques et ciblés dans l'écoulement d'un liquide permet de générer des forces centripètes et centrifuges d'une intensité extrême qui inactivent un large spectre de micro-organismes pathogènes parmi lesquels les bactéries du type *Legionella*. ■