La légionellose et sa prévention au sein du ministère de la Défense.

A. Merens[a], J.-F. Ferrand[b], L. Boukbir[c], C. Vachette[d], G. Bornert[e].

a Service de biologie médicale, HIA Bégin, 69 boulevard de Paris – 94160 Saint-Mandé.
b Direction régionale du Service de santé des armées de Saint-Germain-en-Laye, base des Loges, BP 40202 – 78102 Saint-Germain-en-Laye.
c École du Val-de-Grâce, 1, place Alphonse Laveran – 75230 Paris Cedex 05.
d 20, rue Rousselet – 75007 Paris.
e Direction régionale du Service de santé des armées de Brest, BCRM Brest - DRSSA - CC5 – 29240 Brest Cedex 9.

Article reçu le 28 novembre 2011, accepté le 19 janvier 2012.

Résumé

Décrite pour la première fois en 1976, la légionellose est désormais connue comme une maladie associée à divers types d'installations techniques susceptibles de générer des aérosols à partir d'eaux chaudes, principalement les douches et les tours aéroréfrigérantes. Bactéries communes de l'environnement, les légionelles présentent en effet, une adaptation à la vie dans le milieu hydrique principalement lorsque la température est comprise entre +25 °C et +45 °C. Elles constituent chez l'homme des agents d'infections à dominante pulmonaire, dont la létalité est élevée, observées principalement chez des patients présentant des facteurs de risque tels qu'une immunodéficience ou une insuffisance respiratoire chronique, des sujets alcoolo-tabagiques et des personnes âgées. Au sein du ministère de la Défense, il est recensé en moyenne moins de trois cas de légionellose par an. Placée, dans les armées, sous la responsabilité du commandement et encadrée par une réglementation très contraignante, la prévention de cette maladie repose sur une approche d'entretien et de pilotage des installations techniques à risque. La température constitue le paramètre clé, pour ce qui concerne les eaux chaudes sanitaires. En vue de contenir la colonisation des réseaux par les légionelles, il importe de maintenir la température des eaux à des valeurs supérieures à +50 °C. Le recours à des agents désinfectants peut aussi s'avérer utile. Dans le cas des tours aéroréfrigérantes, il est impossible d'intervenir sur la température des eaux. De ce fait, la prévention repose sur le recours à des traitements chimiques pour désinfecter régulièrement les circuits de distribution d'eau mais aussi toutes les surfaces en contact avec l'eau. Par ailleurs, des dispositifs permettent de limiter la formation d'aérosols.

Mots-clés : Armées. Eaux. Légionellose. Prévention. Tour aéroréfrigérante.

Abstract

LEGIONNAIRE'S DISEASE PREVENTION WITHIN THE FRENCH MINISTRY OF DEFENCE

First described in 1976, the Legionnaire's disease now has been known as a disease associated with various types of technical equipment capable of generating aerosols from warm waters, mainly showers and cooling towers. Common in the environment, Legionellae are bacteria adapted to life in natural waters mainly when the temperature is between +25° C and +45° C. They are responsible for human pulmonary infections with high lethality, mainly observed in patients with risk factors such as immunodeficiency or chronic respiratory failure, also alcohol and tobacco users and elderly people. Within the French Department of Defense an average of less than three cases of Legionnaires' disease are recorded each year. In the armed forces the prevention of this disease stands under the Command responsibility and is framed by a very binding regulation. It is based on the maintenance and control of high risk technical systems. Temperature is the key parameter, with respect to the domestic hot water, to prevent from the colonization by Legionella. Water temperature in networks should be maintained to __higher than +50 ° C. Using disinfectants also may be useful. In the case of cooling towers, it is impossible to work on water temperatures. Therefore, prevention is based on the use of chemical treatments to disinfect the water distribution channels but also all the surfaces in contact with water. In addition some devices can limit the production of aerosols.

Keywords: Army. Cooling tower. Legionnaire's disease. Prevention. Water.

A. MERENS, médecin en chef, praticien certifié. J.-F. FERRAND, médecin en chef, praticien certifié. L. BOUKBIR, vétérinaire capitaine (Forces armées royales du Maroc). C. VACHETTE, vétérinaire. G. BORNERT, vétérinaire en chef, professeur agrégé du Val-de-Grâce.
Correspondance : G. BORNERT, Direction régionale du Service de santé des armées de Brest, BCRM Brest - DRSSA - CC5 – 29240 Brest Cedex 9.
E-mail : bornert.gilles@aliceadsl.fr

Introduction

La légionellose a été décrite pour la première fois en 1976 aux États-Unis. À la suite d'une réunion de vétérans de l'*American Legion*, à Philadelphie, une maladie mystérieuse frappe 221 des participants, dont 34 décèdent d'une pneumopathie sévère d'étiologie inconnue (1),

qualifiée de « maladie des légionnaires ». L'enquête menée par les autorités sanitaires, qui envisagent alors diverses hypothèses y compris celle d'un acte de bioterrorisme, conduit à la description d'une nouvelle bactérie, appelée *Legionella pneumophila* par référence aux circonstances particulières de son identification.

Les légionelles ont fait, depuis, l'objet de nombreux travaux, qui ont permis d'identifier à ce jour 50 espèces différentes (2), pour l'essentiel bactéries commensales des milieux aquatiques, naturels ou artificiels. L'espèce L. *pneumophila*, à l'origine de la majorité des affections chez l'homme, constitue une préoccupation de santé publique d'actualité, qui impose une approche de prévention structurée. La capacité de cet agent à coloniser certaines installations techniques doit amener les gestionnaires de tels équipements à mettre en œuvre des actions de suivi et de maintenance adaptées, activités de plus en plus étroitement encadrées par la réglementation.

Caractérisation du danger

Les légionelles : bactériologie et écologie

Les légionelles sont des bactéries de la famille des *Legionellaceae*, genre *Legionella*. Il s'agit de bacilles à Gram négatif, de 2 à 20 µm de long sur 0,3 à 0,9 µm de large (3), mobiles, aérobies stricts, ubiquitaires. Parmi les 50 espèces actuellement connues (2), 22 ont été décrites pour leur implication en pathologie humaine, la principale étant *Legionella pneumophila*. Le nombre de sérogroupes de légionelles décrits, à ce jour de 70 (4), ne cesse d'augmenter.

Bactéries communes de l'environnement, les légionelles présentent une adaptation à la vie dans le milieu hydrique naturel, préférentiellement dans des eaux non salées et stagnantes telles que les eaux douces de surface (lacs, étangs) voire les eaux profondes. Les eaux chaudes leur sont particulièrement favorables. En effet, la température optimale de développement de ces bactéries varie de +25 °C à +37 °C, avec une capacité de multiplication jusqu'à +43 °C voire +45 °C (5). La destruction de ces agents est observée à partir de +50 °C mais elle est surtout significative à partir de +60 °C. Le temps de réduction décimale de ces bactéries est de 20 minutes à +55 °C, 6 minutes à +57,5 °C et 2 minutes à +60 °C (5).

Les légionelles sont aussi en mesure de coloniser des environnements artificiels, qui constituent autant de niches écologiques créées par l'homme, en particulier des installations techniques utilisant des eaux chaudes telles que les réseaux de distribution, les piscines, les jacuzzis ou les circuits de refroidissement (6, 7). La capacité de proliférer dans les réseaux de distribution d'eaux est une caractéristique que les légionelles partagent avec diverses autres bactéries, ainsi qu'avec des protozoaires, en particulier des amibes, et avec des algues. Ce phénomène repose sur un accrochage des cellules aux parois des canalisations, avec production d'une matrice polysaccharidique qui protège alors les bactéries contre l'entrée des agents antimicrobiens présents dans l'eau (chlore libre). Il se constitue ainsi des écosystèmes complexes, associant bactéries, algues et protozoaires, avec des phénomènes de symbiose, de coopération, de compétition et de prédation. Lorsque les biofilms prolifèrent, des fragments peuvent se détacher et envahir des portions de réseau situées en aval.

Les facteurs de virulence des souches de légionelles restent l'objet de recherches. La capacité de ces bactéries à résister aux mécanismes de défense de l'organisme, notamment à la phagocytose, la production d'une grande diversité d'enzymes extracellulaires, la sécrétion de toxine inhibant l'activation des polynucléaires neutrophiles et la présence de protéines membranaires impliquées dans des mécanismes d'invasion tissulaire constituent autant d'éléments d'un pouvoir pathogène multifactoriel (8). La température apparaît aussi comme ayant une influence sur l'expression de facteurs de virulence chez les légionelles, comme le démontrent diverses études (9-11). Les domaines de recherche actuels concernent la mise en évidence des gènes impliqués dans l'adaptation des légionelles à l'homme, qui participent à la virulence particulière de certaines souches (12).

Épidémiologie de la légionellose

La légionellose est une maladie à déclaration obligatoire depuis 1987 (13). Le nombre de cas déclarés est resté faible jusqu'au renforcement du dispositif de surveillance épidémiologique, en 1997 (fig. 1). L'amélioration des conditions de déclaration des cas ainsi que la mise au point de méthodes performantes de diagnostic permettent désormais de disposer d'un aperçu plus exhaustif de la situation épidémiologique.

La légionellose en France et dans les armées

En France, 1 540 cas de légionellose ont été enregistrés en 2010 (fig. 1) correspondant à un taux d'incidence de 2,4 cas pour 100 000 habitants (14), soit une augmentation de 28 % par rapport à 2009 (15). L'Institut de veille sanitaire estime par ailleurs que de nombreux cas ne sont pas diagnostiqués du fait d'un tableau clinique peu évocateur et d'une évolution rapide vers la guérison. La létalité est de 12 % (159 décès en 2010). Quoique très médiatisées, les légionelloses nosocomiales ne représentent pas plus de 6 à 7 % des cas de légionellose en France (15), tandis que plus de 90 % des cas sont en fait liés à des expositions en milieu communautaire. La répartition des cas de légionellose au cours de l'année subit des variations saisonnières importantes : la maladie est essentiellement observée en été (fig. 2).

Au sein du ministère de la Défense, la légionellose demeure une maladie rare. De 1992 à 2010, il a été déclaré annuellement entre 0 et 7 cas de légionellose, soit 50 cas au total dont un mortel en 2004. Une étude réalisée sur la période 1992-2005 (16) a conclu que, en tenant compte de l'âge, l'incidence de la légionellose ne diffère pas significativement entre la population française en général et les militaires. Cette maladie n'épargne pas les militaires en opérations extérieures. Ainsi, cinq cas groupés ont été déclarés dans les armées en 2000 à Mostar (Bosnie-Herzégovine), dus à un défaut d'entretien des installations sanitaires et des douches (17).

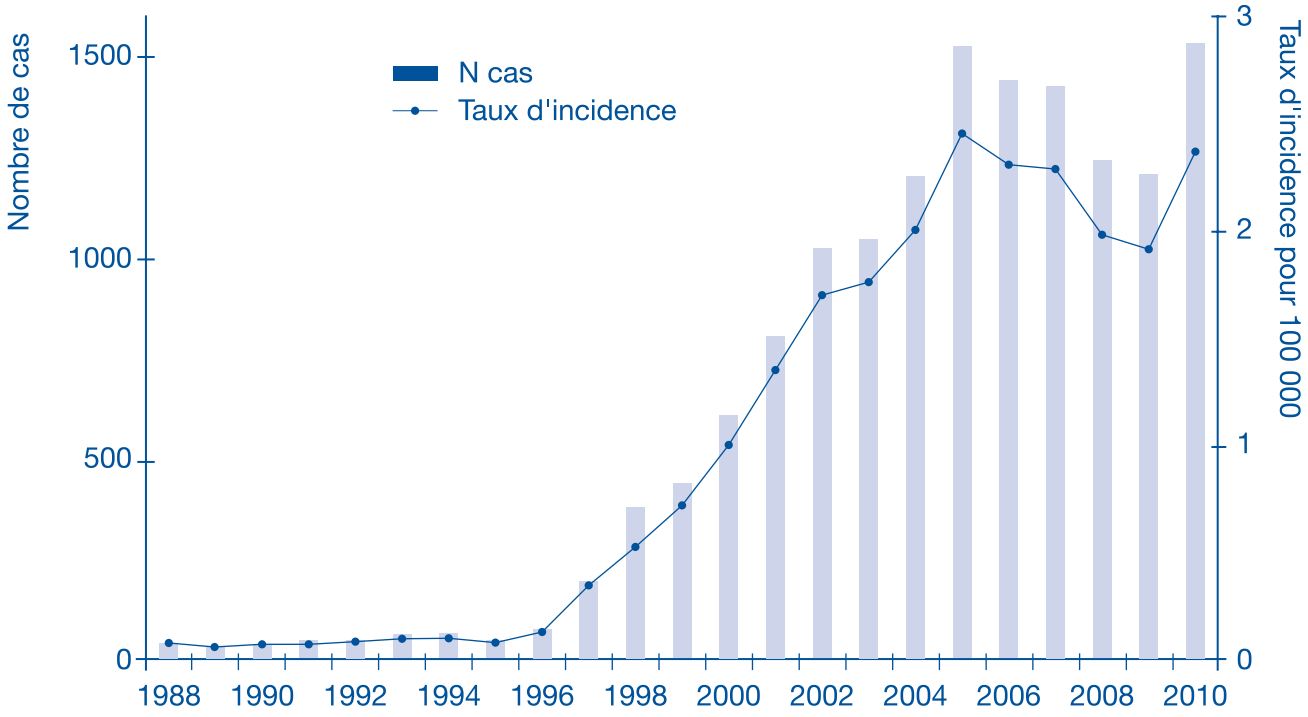


Figure 1. Taux d'incidence de la légionellose en France de 1988 à 2010 (14).

Agents

Legionella pneumophila est l'espèce la plus fréquemment isolée (90 %) chez les patients (18) et principalement *Legionella pneumophila* de sérotype 1, retrouvée dans plus de 80 % des cas d'infection humaine. Les autres sérotypes sont essentiellement isolés chez des patients immunodéprimés. Les cas de légionellose peuvent être associés à trois populations de souches (18). Les souches sporadiques possèdent un pulsotype unique et spécifique et représentent 73 % des souches d'origine clinique isolées en France ; les souches épidémiques présentent un pulsotype spécifique de chaque épidémie et sont responsables de cas de légionellose regroupés dans le temps et l'espace (7 % des souches cliniques) ; enfin la notion de souches endémiques renvoie à des isolats ayant des pulsotypes identiques mais isolés chez des cas sans lien épidémiologique (20 % des souches cliniques). Les souches endémiques caractérisées en France sont dénommées « Paris » (clone de distribution mondiale), « Lorraine », « Louisa », « Mondial » et « Biarritz » (18, 19).

Les autres espèces de légionelles impliquées en pathologie humaine, telles que *L. micdadei* (20), *L. bozemanii* (21) ou *L. dumoffii* (22, 23), ne représentent pas plus de 5 à 10 % des cas et sont essentiellement isolées chez des sujets immunodéprimés (24).

L'espèce *L. longbeachae* tient une place à part (25). Cette espèce est responsable d'une majorité des cas de légionellose en Australie et en Nouvelle-Zélande depuis la fin des années 1980. Récemment, l'incidence générale des infections à *L. longbeachae* a augmenté, probablement liée à une meilleure capacité diagnostique et une surveillance accrue. Dans tous les cas rapportés, la transmission était liée à un contact avec le sol, du compost ou du terreau et non avec une contamination des réseaux d'eau chaude sanitaire. La bactérie n'a en effet jamais été identifiée dans le milieu hydrique.

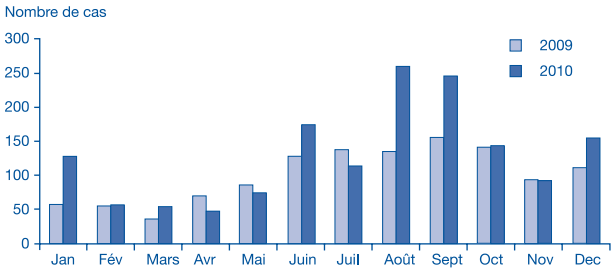


Figure 2. Distribution mensuelle des cas de légionellose en France en 2009 - 2010 (14).

Populations à risque

La légionellose est principalement observée, dans sa forme grave, chez des patients présentant des caractéristiques spécifiques, considérées comme des facteurs favorisants. Deux groupes de patients peuvent ainsi être distingués. Les patients qui présentent le plus haut risque de développer des formes graves de légionellose sont représentés par les sujets neutropéniques, transplantés ou immuno-déprimés sévères (y compris les sujets traités par anti-TNFα). Ils présentent le taux d'attaque le plus important, avec un taux de mortalité très élevé (80 % en l'absence de traitement et 50 à 60 % avec un traitement). Les patients à

risque élevé regroupent les insuffisants respiratoires chroniques, les diabétiques, les sujets alcoolo-tabagiques, les patients traités par corticothérapie et les personnes âgées. Ainsi, en 2010 en France, l'âge médian des personnes atteintes de légionellose était de 62 ans (14). Par ailleurs, la maladie est surtout observée chez les hommes : en 2010 l'Institut de veille sanitaire rapportait un *sex-ratio* homme/femme de 3,2 soit près de 80 % d'hommes parmi les malades (fig. 3).

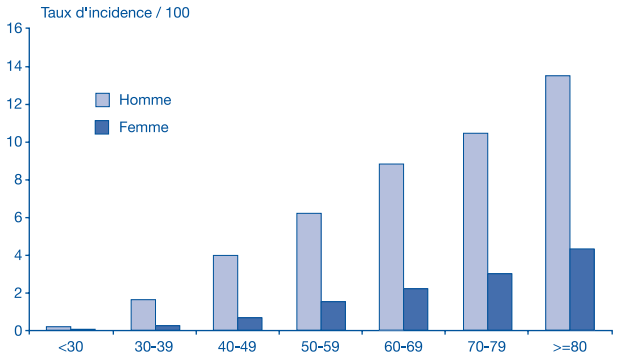


Figure 3. Taux d'incidence de la légionellose en France en 2010, en fonction de l'âge et du sexe (14).

En 2011, parmi les légionelloses déclarées, un facteur de risque a été identifié dans 75 % des cas (15). Pour autant, la légionellose est aussi décrite chez des sujets ne présentant pas de facteurs de risques particuliers. Ainsi, Mc Donough et coll. ont rapporté en 2007 des cas de pneumonie à *Legionella pneumophila* chez de jeunes recrues de l'armée américaine. Les patients, individus jeunes et en bonne santé, ne présentaient aucun des facteurs favorisants habituels. Dans ce cadre particulier, on considère que le risque infectieux peut se trouver globalement majoré en raison du regroupement de nombreuses personnes d'origines variées, du stress et de la fatigue liée aux entraînements intensifs avec parfois un manque de sommeil (26).

Mode de transmission, dose infectante

La légionellose survient exclusivement par inhalation d'un aérosol contaminé par des légionelles, sous réserve que le diamètre des gouttelettes soit inférieur à cinq micromètres et leur permette de pénétrer en profondeur dans l'arbre respiratoire.

La maladie ne fait pas l'objet d'une transmission interhumaine et la contamination par ingestion reste théorique.

D'une manière générale, on considère que l'infection par légionelles ne peut être observée qu'avec des eaux contaminées à raison de plus de 10^3 unités formant colonies (UFC) par litre.

La légionellose : aspects cliniques

Au niveau des alvéoles pulmonaires, les légionelles envahissent les macrophages dans lesquels elles se multiplient avant de provoquer la lyse cellulaire, à l'origine de signes de pneumonie aiguë et d'alvéolite purulente.

Les légionelles sont responsables de trois tableaux cliniques : la pneumopathie à légionelles, les formes extra-pulmonaires et enfin la fièvre de Pontiac.

La pneumopathie à légionelles

La forme de description la plus classique est représentée par une pneumopathie sévère d'évolution souvent défavorable, marquée par un taux de létalité élevé, de 11 % en France. Le tableau clinique de pneumopathie à légionelles est rarement typique et ne présente pas de signes spécifiques permettant de la distinguer cliniquement ou radiologiquement des autres pneumopathies.

Les éléments anamnestiques sont donc majeurs pour évoquer ce diagnostic. L'appartenance du patient à un groupe à risque doit être recherchée, de même qu'une exposition à une source potentiellement contaminante dans les dix jours précédant le début des signes cliniques. Ce dernier commémoratif est identifié dans 36 % des cas (15) : voyage, hospitalisation, fréquentation d'un spa ou de thermes, etc. Le contexte épidémique, avec l'existence de cas groupés de pneumopathie sévère, ou la notion d'alerte locale ou régionale peut également constituer un élément d'orientation. L'absence d'amélioration ou l'aggravation sous traitement par bêta-lactamines doit aussi faire évoquer le diagnostic de légionellose. Cette classe thérapeutique est en effet totalement inactive sur les *Legionella*, qui sont des bactéries intracellulaires.

Après deux à dix jours d'incubation (14 jours dans les cas les plus extrêmes), la maladie débute brutalement par un syndrome pseudo-grippal avec fièvre élevée, asthénie, toux sèche, céphalées, myalgies et parfois bradycardie. Puis un tableau de pneumopathie sévère apparaît, pouvant prendre le masque d'une pneumopathie atypique ou parfois d'une véritable pneumonie franche lobaire aiguë. Des pleurésies ont aussi été décrites.

Deux éléments cliniques peuvent orienter vers une légionellose :

– l'existence de signes extra-pulmonaires à type de signes digestifs (nausées, diarrhées, douleurs abdominales) ou de signes neurologiques (confusion, désorientation, obnubilation, céphalées, atteintes des paires crâniennes, anomalies cérébelleuses, et très rarement convulsions) ;

– la présence de signes de gravité : signes respiratoires à type de polypnée, cyanose, marbrures, sueurs, signes de défaillance cardiovasculaire.

L'aspect radiologique des lésions de légionellose est peu spécifique. On peut objectiver un infiltrat diffus modéré ou des opacités segmentaires ou lobaires systématisées, non rétractiles, parfois bilatérales. Les images de pneumopathies interstitielles sont en fait rarement observées (27). Un épanchement pleural est retrouvé chez 20 à 50 % des patients. Des images de cavitations, conduisant à de véritables abcès

pulmonaires peuvent être observées chez les sujets immunodéprimés (27, 28).

Autres formes cliniques

Des formes extrapulmonaires à type de myocardite, de péricardite, d'endocardite, de colite nécrosante, sinusite, infections de plaies post-opératoires ont été décrites mais restent très rares.

La fièvre de Pontiac est un syndrome pseudogrippal bénin (incubation de 5 à 72 heures), avec fièvre, myalgies et céphalées, d'évolution spontanément favorable en 2 à 5 jours. Elle est le plus souvent non diagnostiquée.

Apports du laboratoire d'analyse pour le diagnostic de légionellose

Le manque de spécificité des signes cliniques rend indispensable le recours au laboratoire pour confirmer l'infection par légionelles.

Signes biologiques non spécifiques

Parmi les principaux signes biologiques aspécifiques décrits chez les patients atteints de légionellose, il est observé un syndrome inflammatoire souvent majeur, avec augmentation de la protéine C réactive (CRP), de la procalcitonine (PCT) et de la ferritine. Ces signes ne sont en rien spécifiques. Une hyperleucocytose est habituelle, constituée majoritairement de polynucléaires neutrophiles, associée parfois à une thrombopénie. Par ailleurs, il est constaté des signes d'atteintes extra-pulmonaires de type cytolyse hépatique, insuffisance rénale (augmentation de la créatininémie, protéinurie, hématurie) ou troubles ioniques (hyponatrémie dans 50 à 70 % des cas, hypophosphorémie).

Si ces signes sont dans l'ensemble peu spécifiques, plusieurs équipes s'efforcent actuellement de mettre en place des scores clinico-biologiques (fièvre, existence de crachats, natrémie, CRP, numération plaquettaire) permettant aux urgentistes d'orienter précocement le diagnostic d'une pneumopathie aiguë communautaire vers une légionellose ou au contraire vers une pneumopathie à pneumocoque (29). Il semble, par exemple, que la PCT soit moins élevée dans les légionelloses que dans les pneumococcies et que le ratio CRP/PCT puisse être un élément d'orientation (30), même si ces données ne sont pas encore validées.

Diagnostic de certitude

Le diagnostic de certitude repose sur des critères diagnostiques définis par le Réseau national de santé publique et le Centre national de référence des légionelles (31).

Devant un patient présentant des signes cliniques et/ou radiologiques évocateurs de pneumopathie à légionelles, le diagnostic est confirmé dans l'un des cas suivants :

– identification de *Legionella* par culture ou par immunofluorescence indirecte ;

– ou présence d'antigènes solubles de *L. pneumophila* sérotype 1 dans les urines ;

– ou augmentation de quatre fois du titre des anticorps anti-*Legionella*, avec un deuxième titre d'anticorps au moins égal à 1/128 pour l'espèce *L. pneumophila*.

Le diagnostic est possible devant la constatation d'une seule sérologie positive. Le titre d'anticorps requis est alors d'au moins 1/256 en immunofluorescence indirecte, quelle que soit l'espèce.

Les performances des techniques de diagnostic biologique sont résumées dans le tableau I (32).

Tableau I. Techniques de diagnostic de laboratoire des légionelloses. Abréviations : LBA : lavage broncho-alvéolaire – Lp1 : *Legionella pneumophila* de sérogroupe 1.

	Délai	Sensibilité (%)	Spécificité (%)	Avantages	Limites
Antigènes urinaires pour Lp 1	15 minutes - 4 heures	74 (80 pour Lp1, 56 pour autres espèces ou autres sérogroupes)	99	Simple, rapide Diagnostic précoce Valeur prédictive négative de 95 % Possible sous antibiothérapie	Peu sensible pour les espèces et sérogroupes autres que Lp1 Coût élevé
Immunofluorescence directe sur prélèvements broncho-pulmonaires	4 heures	25-40	65		Peu sensible Réactions croisées
Culture	3-10 jours	Crachats (62) LBA (90)	100	Détection de toutes les espèces Isolement de la souche typage moléculaire (enquête épidémiologique)	Milieux spéciaux Recherche spécifique à préciser Lent Sensibilité diminuée si prélèvement effectué sous antibiotiques
Sérologie	3-10 semaines	10 - 80	> 95	Détection de toutes les espèces et sérogroupes Diagnostic rétrospectif (enquête)	Lent Peu d'intérêt dans le diagnostic précoce
PCR sur prélèvements broncho-pulmonaires	12 heures	Inférieure à celle de la recherche des antigènes urinaires Supérieure ou égale à celle de la culture	99 - 100	Détection de toutes les espèces et tous les sérogroupes	Coût élevé Souvent non disponible en urgence Souvent réalisée en série

La recherche des antigènes urinaires est actuellement l'examen-clé en routine, disponible dans tout laboratoire (33, 34). En 2011, 95 % des légionelloses déclarées avaient été diagnostiquées grâce à des antigènes solubles positifs (14). Les avantages de cette recherche d'antigène dans les urines sont nombreux : simplicité du prélèvement, facilité, reproductibilité et rapidité de la technique, précocité de l'apparition des antigènes (dès le 2e jour pour 90 % des patients), grande spécificité (99 %). Le dépistage par test de diagnostic rapide n'est pas modifié par l'antibiothérapie ; le résultat reste positif en moyenne deux mois après l'infection. Par contre, cet examen présente des limites. Il ne permet de dépister de façon satisfaisante que *Legionella pneumophila* de sérogroupe 1. Pour cette espèce, la sensibilité est de 80 %, la spécificité de 99 %, la valeur prédictive positive de 86 % et la valeur prédictive négative de 95 %. Pour les autres sérogroupes, la sensibilité est plus faible (56 %). Une méta-analyse récente (35) révèle une sensibilité globale de 74 % (68-81 %) et une spécificité de 99,1 % (98,4-99,7 %).

La disponibilité et la rapidité de la recherche des antigènes urinaires ne doivent pas faire oublier que seule la culture permettra le typage épidémiologique de la souche clinique et sa comparaison aux souches environnementales, étape permettant de clôturer l'enquête autour d'un cas. Ainsi, la culture est indispensable devant toute antigénurie positive. Elle est malheureusement encore souvent négligée (15). Tous les types de prélèvements pulmonaires peuvent être utilisés. Le lavage broncho-alvéolaire est la technique de référence mais la culture à partir des expectorations est une approche satisfaisante si le prélèvement est de bonne qualité (expectorations induites). Les légionelles ne sont pas visibles à la coloration de Gram et ne poussent pas sur les milieux usuels utilisés en routine lors d'une demande d'examen bactériologique des crachats. La recherche de légionelles devra donc être mentionnée clairement sur le bon de prescription, afin que le biologiste mette en œuvre des techniques de culture adaptées.

La sérologie, basée sur l'immunofluorescence indirecte et plus rarement sur l'ELISA, permet seulement un diagnostic rétrospectif. En effet, la séroconversion est tardive, ce qui nécessite de réaliser deux prélèvements à 2-3 semaines d'intervalle. Des réactions croisées avec les mycobactéries, les leptospires, les *Chlamydiae*, les mycoplasmes, *Coxiella burnetii*, les *Campylobacter* et les *Citrobacter* expliquent son manque de spécificité.

Les techniques de *Polymerase Chain Reaction* (PCR) ne font pas encore partie des critères diagnostiques reconnus en France, alors qu'elles sont intégrées aux critères européens. Plusieurs arguments pourraient contribuer à inclure prochainement la PCR dans la définition des cas. Cette méthode très spécifique permet un diagnostic rapide. Sa sensibilité est supérieure à la culture et elle permet de diagnostiquer les légionelloses liées à des *Legionella pneumophila* de sérotype non-1 et à d'autres espèces de légionelles. En effet, deux cibles d'amplification différentes peuvent être utilisées. L'amplification des gènes codant les ARN ribosomaux 5S et 16S au niveau des régions hautement conservées dans le genre *Legionella* permet une PCR spécifique du genre, alors que l'amplification du gène Mip (macrophage infectivity potentiator) permet une PCR spécifique de l'espèce *L. pneumophila*. Ainsi, la PCR sur prélèvement pulmonaire peut être indiquée en cas de forte suspicion clinique si l'antigénurie est négative.

Aspects thérapeutiques

Les légionelles sont des bactéries à développement intracellulaire, de sorte que seuls les antibiotiques capables de pénétrer et de se concentrer dans les cellules infectées sont actifs contre ces agents. Trois options sont habituellement mises en avant pour le traitement de la légionellose : les macrolides, les fluoroquinolones et la rifampicine (36-38). L'antibiothérapie de la légionellose de l'adulte a donné lieu en juillet 2011 à une mise au point de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (39).

Sensibilité des légionelles aux antibiotiques

Macrolides

L'efficacité des macrolides n'a pas été prise en défaut dans le traitement de la légionellose. L'érythromycine a longtemps été le macrolide de référence. Cependant, l'azithromycine est plus active *in vitro* que la clarithromycine, la roxithromycine ou la josamycine, elles-mêmes plus actives que l'érythromycine. L'azithromycine semble bactéricide et possède l'effet post-antibiotique le plus long. Sur les modèles animaux, l'azithromycine semble également être le macrolide le plus actif et aucun échec thérapeutique n'a été décrit chez l'homme.

Fluoroquinolones

Les fluoroquinolones apparaissent plus actives sur *Legionella pneumophila* que les macrolides classiques, que ce soit *in vitro* ou *in vivo* (40). Leur efficacité est par contre comparable à celle de l'azithromycine. Cependant, l'évolution générale des résistances bactériennes aux antibiotiques dans le monde doit nous conduire à un usage raisonné de cette classe thérapeutique. Les fluoroquinolones les plus récentes, comme la lévofloxacine et la moxifloxacine, semblent plus efficaces *in vitro* que l'ofloxacine et la ciprofloxacine. Cependant, la moxifloxacine peut engendrer des effets secondaires sévères (cytolyse hépatique, allongement du QT…) qui positionnent nettement cette molécule en deuxième intention derrière la lévofloxacine.

Rifampicine

La rifampicine est très active sur les légionelles intra et extracellulaires, mais ne doit pas être prescrite en monothérapie en raison du risque de sélection de souches résistantes. Utilisée en association, lors d'atteintes sévères, la rifampicine permet d'obtenir plus rapidement un effet bactéricide.

Schémas thérapeutiques

Les traitements recommandés par l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé en 2011 sont les suivants (39) :

– Cas n° 1 : Légionellose documentée sans signe de gravité, correspondant à un patient pouvant être hospitalisé dans un service d'urgences ou en médecine, voire traité en ambulatoire. Le traitement antibiotique repose sur une monothérapie par macrolides, préférentiellement par azithromycine, pendant cinq jours, à la posologie de 500 mg/j. L'azithromycine reste pour l'instant utilisée hors AMM. Les macrolides classiques (clarithromycine, roxithromycine, érythromycine) peuvent également être prescrits pour 8 à 14 jours. Ainsi, les fluoroquinolones ne devraient pas être proposées en première intention dans ces légionelloses sans signes de gravité, afin d'épargner cette classe antibiotique.

– Cas n° 2 : Légionellose documentée avec des signes de gravité (correspondant à un patient devant être hospitalisé en unité de soins intensifs ou en réanimation) ou chez un patient immunodéprimé. Le traitement peut être conduit selon deux options. La première est la monothérapie. Elle sera, dans ce cas basée sur une fluoroquinolone pendant 21 jours (par ordre de préférence : lévofloxacine, ofloxacine, ciprofloxacine). La seconde possibilité est une bithérapie exploitant deux des trois familles suivantes : macrolides par voie intraveineuse (spiramycine, à préférer à l'érythromycine), fluoroquinolones (par ordre de préférence : lévofloxacine, ofloxacine, ciprofloxacine) et rifampicine. La durée du traitement est de 21 jours.

Le suivi du traitement est effectué à partir des paramètres cliniques. La radiographie pulmonaire n'a pas d'intérêt si le patient évolue correctement, car il existe une aggravation classique des images entre le 2e et le 7e jour. Le dosage de la protéine C réactive permet d'observer la diminution du syndrome inflammatoire. Des publications récentes ont également souligné l'intérêt pronostique du dosage de la procalcitonine (41).

Conduite à tenir face à un cas de légionellose

Comme pour toute maladie soumise à déclaration obligatoire, la gestion d'un cas de légionellose met en jeu deux procédures successives, le signalement et la déclaration, qui s'imposent à tout médecin et qui s'appuient sur des critères préétablis (tab. II) de déclaration des cas. Le signalement, à réaliser sans délai, concerne toute suspicion. En milieu militaire, l'interlocuteur du médecin des armées est le centre d'épidémiologie et de santé publique des armées (CESPA), mais aussi généralement le bureau de médecine d'armée de la Direction régionale du Service de santé des armées (DRSSA) territorialement compétente. Le CESPA informe le médecin inspecteur de santé publique de l'Agence régionale de santé. Il importe par ailleurs de tenir informé le chef d'établissement concerné.

Si tous les moyens sont possibles pour effectuer le signalement du cas, sa notification implique le recours

Tableau II. Critères de déclaration des cas de légionellose (42). Toute personne présentant les signes cliniques et radiologiques et au moins un des signes biologiques cités sera à considérer comme un cas.

	Éléments cliniques et radiologiques	Éléments biologiques
Cas probable	Personne présentant des signes cliniques et radiologiques de pneumonie	Titre unique élevé d'anticorps (anti-légionelles) ≥ 1/256
Cas confirmé	Personne présentant des signes cliniques et radiologiques de pneumonie	Identification de *Legionella* par culture
		Immunofluorescence directe positive dans un prélèvement clinique
		Présence d'antigènes solubles de *Legionella* dans les urines
		Augmentation des titres d'anticorps de 4 fois (soit 2 dilutions) avec un deuxième titre minimum de 1/128 (intervalle minimum de 3 semaines entre les 2 prélèvements ; optimum : 6 semaines)

à une fiche spécifique qui constitue le point de départ du travail d'enquête environnementale. Dans les armées, la fiche spécifique D4 relative à la surveillance épidémiologique dans les armées est aussi à renseigner. Ces documents sont adressés au CESPA. En pratique, le cas est le plus souvent diagnostiqué en milieu hospitalier civil ou militaire, de sorte que la procédure de déclaration est mise en œuvre à ce niveau. L'hôpital des armées avertit le Centre médical des armées concerné (CMA), qui pourra alors alerter le chef d'organisme, le CESPA et la DRSSA. En cas de diagnostic en hôpital civil, le retour d'information se fera via l'Agence régionale de santé. Pour les cas de légionellose nosocomiale, la notification s'effectue par e-SIN.

L'enquête autour d'un ou plusieurs cas de légionellose a pour but d'identifier la source de la contamination. Pour cela, les expositions à risque sont recherchées ainsi que d'éventuels autres cas liés à des circonstances identiques. L'identification de la source de l'infection doit permettre de prendre les mesures environnementales de contrôle appropriées (42) et d'éviter ainsi la survenue d'autres cas. Un guide diffusé par le ministère de la Santé (42, 43) en explicite les modalités. L'interrogatoire méthodique de la personne atteinte doit permettre de retracer les lieux qu'elle a fréquentés durant les quatorze jours qui ont précédé l'apparition des signes cliniques. Une analyse des causes possibles de contamination est alors effectuée dans les différents établissements fréquentés par le malade (lieux de vie et lieux d'exercice professionnel). L'existence de Tour aéro-réfrigérante (TAR) dans l'environnement (contamination possible à plusieurs kilomètres de distance) ou la fréquentation

de lieux à risque seront plus particulièrement recherchées (ex : station thermale, hôtel, camping, bains à remous, bassins à jets, etc.). Pour retenir la notion de cas groupés, il faut au moins deux cas dans un intervalle de temps et d'espace géographique susceptible d'impliquer une source commune de contamination. Le recours à des analyses environnementales pour recherche de légionelles est alors indispensable. L'idéal est de parvenir à mettre en évidence la même souche de légionelles chez les malades et dans leur environnement, ce qui implique de réaliser un typage moléculaire de toutes les souches de légionelles isolées.

Pour être considéré comme étant d'origine nosocomiale, un cas de légionellose doit répondre aux critères suivants (42) :

– cas nosocomial certain : cas hospitalisé dans l'établissement durant la totalité de la période d'incubation (10 jours) ;

– cas nosocomial probable : cas hospitalisé au moins 24 heures dans l'établissement sur la période entre deux et neuf jours avant la date de début des signes.

En cas de légionellose d'origine nosocomiale probable ou certaine, le professionnel de santé hospitalier qui constate le cas en informe un membre de l'Équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière ou du Comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN), selon les procédures en vigueur dans chaque établissement. Si le patient répond effectivement à la définition d'une légionellose nosocomiale probable ou certaine, le responsable du signalement procède au signalement externe auprès de l'Agence régionale de santé (ARS), conformément aux dispositions réglementaires (44).

Ce type d'enquête implique une collaboration étroite entre les différents acteurs de la santé publique, civils et militaires : CESPA, CMA, ARS, mais aussi l'Institut de veille sanitaire, la Cellule interrégionale d'épidémiologie (CIRE) et le Centre national de référence (CNR) des légionelles à Lyon-Bron (45). Il est à noter que l'une des difficultés de l'investigation des épidémies de légionellose tient à l'incubation parfois longue de la maladie. Ce constat a conduit les autorités sanitaires européennes à organiser à partir de 1986 un réseau européen en charge de la surveillance de la légionellose ou *European Working Group for Legionella Infections* (EWGLI) qui intervient de manière déterminante dans le suivi des cas de légionellose chez les voyageurs (46). Depuis avril 2010, ce réseau est placé sous la tutelle de l'*European Centre for Disease Prevention and Control* (ECDC), sous l'appellation de *European Legionnaires' Disease Surveillance Network* (ELDSNet).

L'enquête réalisée face à un ou plusieurs cas de légionellose doit déboucher sur la définition de mesures correctives destinées à éliminer la source de l'infection, dès que celle-ci a été identifiée. La mise en œuvre précoce de ces mesures doit permettre de limiter l'impact de la présence de légionelles sur la santé de la population. Dans la pratique, les mesures préconisées dépendent du type d'installation et des causes ayant favorisé la colonisation de cette installation par des légionelles. Le plus souvent, la fermeture temporaire des installations incriminées est de règle. Cette mesure peut même être décidée à titre de précaution avant que les conclusions de l'enquête ne soient certaines.

Installations à risque

Dans la mesure où la contamination de l'homme par les légionelles s'effectue exclusivement par voie respiratoire, les cas de légionellose sont toujours associés à des circonstances spécifiques où les trois conditions suivantes se trouvent réalisées de manière simultanée :

– la présence de légionelles dans des eaux à un niveau suffisant, supérieur à 10^3 unités formant colonies par litre ;

– la production d'un aérosol à partir de ces eaux, avec des gouttelettes de taille suffisamment faible (5 µm) pour permettre une pénétration de l'arbre respiratoire jusqu'aux alvéoles pulmonaires ;

– l'inhalation par une personne de cet aérosol, en quantité suffisante, en particulier si la personne présente des facteurs de risque.

Des niveaux élevés de contamination des eaux par les *Legionella pneumophila* ne peuvent être observés que dans des conditions optimisées au regard des caractéristiques écologiques de la bactérie. Il s'agit donc essentiellement d'eaux chaudes, à des températures de l'ordre de +25 °C à +45 °C.

Considérant l'ensemble des conditions ainsi identifiées, et principalement la nécessité de la formation d'aérosols par pulvérisation, bouillonnement ou impaction à forte pression sur une surface, deux types essentiels de dispositifs apparaissent comme susceptibles d'être à l'origine de contaminations humaines : il s'agit, d'une part, des installations distribuant des eaux chaudes destinées à des usages sanitaires et, d'autre part, des TAR.

Réseaux d'adduction d'eau

L'implication possible des réseaux de distribution d'eau dans la transmission de la légionellose est connue depuis 1980 (47). Pour ce type d'installations, les robinetteries ne constituent pas des points d'usage à risque dans la mesure où elles ne génèrent que très peu d'aérosolisation des eaux. Ce sont donc les douches qui doivent retenir l'attention des gestionnaires des réseaux.

Température de l'eau

La température de l'eau chaude en production représente un facteur de risque majeur, mais la configuration de l'installation de production et de distribution peut aussi favoriser la colonisation bactérienne, principalement si elle est à l'origine de difficultés pour maintenir la température de l'eau à une valeur suffisante jusqu'au point d'usage. C'est pourquoi les installations collectives de production d'eau chaude sont principalement incriminées, car la distance des points d'usage par rapport au système de chauffage de l'eau est souvent longue. Ainsi, Borella et coll. (48) ont montré que le risque de légionellose dans les immeubles d'habitation est principalement associé à des douches situées à plus de dix mètres du réservoir d'eau chaude.

Le risque est moindre avec les réseaux d'eau froide. Cependant, certaines portions de ces installations

peuvent être le siège, du fait d'un défaut de calorifugeage et d'une proximité de canalisations véhiculant des eaux chaudes, d'un réchauffement localisé des eaux, créant des conditions écologiques spécifiquement favorables aux légionelles. De même, certaines études (49) démontrent la vulnérabilité des réseaux de distribution d'eaux froides dans certaines circonstances particulières. C'est le cas à bord des navires, dès lors que les canalisations transitent par des locaux surchauffés comme les salles des machines. Une étude récente (50) signale ainsi des contaminations importantes des réseaux distribuant des eaux froides, avec parfois plus de 10^4 légionelles par litre d'eau.

Participation des légionelles aux biofilms

Dans un environnement hydrique, les légionelles participent aux biofilms. La formation de ces derniers est influencée par de nombreux facteurs liés à la structure des installations, aux caractéristiques de l'eau et à l'hydrodynamique spécifique (51). Les biofilms constituent des structures complexes au sein desquelles les micro-organismes peuvent se trouver protégés des effets de la température, du manque de nutriments et des biocides (52), en particulier le chlore. Ils sont essentiels à la survie des légionelles dans le milieu hydrique (53, 54). Il s'établit au sein de ces ensembles des interactions complexes entre les micro-organismes (55). Elles peuvent être, selon les cas, positives, avec par exemple synthèse par une espèce bactérienne de métabolites nécessaires à une autre, ou négatives, principalement par compétition pour les nutriments (56, 57). La grande diversité des micro-organismes qui composent les biofilms rend difficile l'évaluation dans le détail des phénomènes qui participent à l'implantation puis au développement des légionelles au sein des réseaux d'adduction d'eau. Une étude (58) réalisée au niveau des pommeaux de douches, sites préférentiels d'implantation de biofilms complexes et abondants, a montré que les *Actinobacteria, Proteobacteria* et *Firmicutes* constituent les taxons prépondérants.

Certains auteurs ont étudié les capacités des bactéries à former des agrégats, postulant que ce phénomène participe à l'accrochage des légionelles dans les biofilms (59-61). D'autres études ont concerné la capacité des légionelles à adhérer à des surfaces en milieu hydrique (59, 62). Il apparaît clairement que la présence de certaines espèces bactériennes comme *Mycobacterium chelonae* dans le biofilm peut favoriser la survie des légionelles. À l'inverse, une compétition entre les légionelles et les *Pseudomonas spp*. a été identifiée (63, 64). Par ailleurs, il est observé au fil du temps une perte de capacité à cultiver, avec les techniques usuelles, les légionelles présentes dans les biofilms alors que la viabilité de ces bactéries n'est pas affectée (59). Il s'agit là d'une limite à la détection des contaminations des réseaux d'adduction d'eau, dont l'impact pratique réel reste à évaluer. Il est donc d'une manière générale difficile de prévoir l'évolution des légionelles dans un environnement aussi complexe qu'un biofilm et la quantité de biofilm présent au niveau d'une installation technique n'est pas directement corrélée au niveau de contamination des installations par des légionelles.

Au sein des biofilms, les légionelles possèdent la particularité de se développer en parasitant des amibes d'eau douce voire d'autres protozoaires ou des helminthes (65). La présence de protozoaires dans les biofilms formés en milieu hydrique est avérée, aussi bien au niveau des milieux naturels que dans les installations de distribution d'eau (62). Une très grande diversité d'espèces a pu ainsi être décrite (62, 66-70). Les interactions entre les protozoaires et les bactéries au sein des biofilms relèvent habituellement de la prédation, en particulier en ce qui concerne les amibes. Cependant, les légionelles sont connues comme résistantes à la lyse enzymatique après phagocytose et ce phénomène favoriserait même leur survie et leur développement dans le milieu hydrique (71-74). Par ailleurs, il est démontré que les interactions des légionelles avec les amibes peuvent favoriser l'expression de facteurs de virulence chez ces bactéries (75, 76). Une étude récente (77) a montré que la relation de parasitisme entre *Legionella pneumophila* et les trophozoïtes d'amibes (*Acanthamoeba castellanii*) implique une température supérieure à +25 °C, aboutissant à une prolifération des légionelles. À l'inverse, si la température est inférieure à +20 °C, les légionelles sont éliminées du cytoplasme des amibes. Ce phénomène participe à expliquer la rareté des contaminations des eaux froides par des légionelles. De nombreux protozoaires du milieu hydrique sont ainsi considérés comme des hôtes pour les légionelles (78), en particulier des amibes des genres *Acanthamoeba* et *Naegleria* (70, 79, 80, 81) et des ciliés du genre *Tetrahymena* (80, 82). Il a aussi été récemment mis en évidence la capacité des légionelles à se développer dans le tractus intestinal de nématodes du milieu hydrique comme *Caenorhabditis elegans* (78, 83).

Caractéristiques physico-chimiques des eaux

En ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques des eaux, si la température apparaît déterminante, le pH représente un autre paramètre d'intérêt. Ainsi, Goutziana et coll. (49) ont démontré un effet favorable sur la croissance des légionelles de valeurs de pH supérieures à 7,8 et confirmé ainsi les résultats de travaux antérieurs (84). Si l'on considère que la réglementation (85) autorise des valeurs de 6,5 à 9 pour le pH des eaux destinées à la consommation humaine, on comprend l'intérêt pour tout gestionnaire de réseau d'adduction d'eau de se fixer un objectif général plus contraignant en matière de pH des eaux, avec une valeur cible aussi proche que possible de 7. Il n'est cependant pas possible actuellement de préciser si le pH a un impact direct sur les légionelles ou s'il intervient uniquement en réduisant l'efficacité de la chloration des eaux.

Matériaux constitutifs des installations

La nature des matériaux utilisés pour la constitution des réseaux et équipements au contact des eaux revêt aussi une grande importance. Il est démontré que tous les matériaux utilisés pour la constitution de réseaux d'adduction d'eau sont l'objet d'une colonisation par des biofilms, lorsque des micro-organismes sont présents

dans l'eau (55). Cependant, des différences majeures existent en fonction des matériaux.

Les supports les plus favorables à la présence de biofilm (86) sont ceux qui facilitent l'accrochage des bactéries et qui leur apportent une source de nutriments. Les latex naturels ainsi que le caoutchouc ont été abandonnés de longue date car ils constituaient un substrat particulièrement favorable au développement de biofilm (87). L'acier et le cuivre sont les moins facilement et intensément colonisés par les biofilms, le cuivre étant même considéré comme exerçant un effet antimicrobien (48, 86, 88). Au contraire, les matériaux les plus propices sont les polyéthylènes et d'une manière générale les matières plastiques (55). Pour ces composés, la présence fréquente d'anfractuosités à leur surface favorise l'accrochage des bactéries, en les protégeant de l'effet mécanique exercé par le flux d'eau. Sur le long terme cependant, ce bilan doit être nuancé. En effet, les métaux sont sensibles à la corrosion, phénomène qui peut stimuler le développement des biofilms en créant des irrégularités au niveau des surfaces. La corrosion des installations peut aussi favoriser un enrichissement des eaux en éléments métalliques, principalement le fer, le zinc, le nickel et l'aluminium, en relation avec les types d'alliages métalliques les plus couramment utilisés. Les sédiments présents au niveau des fonds de cuves des ballons d'eau chaude sont tout particulièrement riches en métaux. Les légionelles sont connues pour leurs exigences en fer dans les milieux de culture utilisés au laboratoire (89-92) et, au niveau des réseaux de distribution d'eaux, il est démontré un effet favorable sur la croissance de ces bactéries de concentrations de l'ordre de 0,5 à 1 mg/L en fer. L'effet du zinc est plus controversé, mais il semble que ce métal puisse favoriser le développement des légionelles (48, 93). Une toxicité de certains métaux est aussi décrite (93), pour des concentrations très élevées, jamais rencontrées au niveau de réseaux d'adduction d'eau.

Présence de tartre

Les dépôts de tartre, qui créent des irrégularités de surface, semblent devoir être considérés comme favorables, d'une manière générale, à l'accrochage des agents biologiques, donc à la présence de *Legionella*. La stagnation des eaux est aussi un facteur favorisant la croissance des biofilms, au niveau de bras morts structurels ou de points de mise en consommation peu utilisés. En ce qui concerne les légionelles, c'est la stagnation des eaux au niveau des ballons de stockage qui a été largement incriminée (94), principalement dans des installations surdimensionnées ou restées temporairement hors service (95). Au bilan, la légionellose est donc en principe plutôt associée à des équipements en mauvais état, vieillissants (48, 49), même si des installations neuves ont parfois été à l'origine d'épidémies (95, 96).

Chloration des eaux

Un autre élément à considérer est le niveau de chloration des eaux. L'inhibition complète de la colonisation par les légionelles a été décrite dans les réseaux d'eaux chaudes pour des valeurs de la teneur en chlore libre supérieures ou égales à 0,2 mg/L (49). En pratique, en France, la distribution des eaux destinées la consommation humaine prend habituellement en compte une obligation de garantie d'une teneur en chlore actif dans l'eau en tout point du réseau, à raison de 0,1 mg/L, pour réduire le risque lié aux agents biologiques (97). Cependant, la présence de chlore actif, qui participe globalement à limiter les phénomènes microbiens, est mal acceptée par les consommateurs, de sorte que la chloration demeure souvent très inférieure à la valeur cible dans les portions les plus terminales des réseaux d'adduction. Il se crée de ce fait des conditions favorables au développement microbien (98). Par ailleurs, la structure polysaccharidique de la matrice des biofilms assure une relative protection des micro-organismes vis-à-vis de l'effet oxydant du chlore actif présent dans l'eau, de sorte que seules des chlorations à des niveaux très élevés (chocs chlorés) peuvent garantir une destruction des légionelles présentes dans la profondeur du biofilm.

Phénomènes hydrodynamiques

Les processus qui favorisent la déstabilisation des biofilms sont considérés comme pouvant être à l'origine d'une libération ponctuelle d'un grand nombre des bactéries initialement fixées aux parois de canalisations des réseaux d'adduction d'eau, avec pour conséquence une contamination massive mais fugace des eaux. Ce type de phénomène de détachement de biofilm correspond à des perturbations hydrodynamiques importantes, observées en particulier lors de la remise en pression brutale d'un réseau après des travaux ou lors d'exercices de lutte contre les incendies. Il est alors à redouter des pics de contamination des eaux par des légionelles (96, 99).

Tours aéroréfrigérantes

Les TAR, encore appelées tours de refroidissement, sont à l'origine de l'épidémie « historique » de légionellose de 1976. Il s'agit d'échangeurs de chaleur. Ces dispositifs, implantés le plus souvent au sommet des bâtiments, permettent d'évacuer la chaleur vers le milieu extérieur. Ils sont rendus nécessaires dans différents types d'installations industrielles et bâtiments d'habitation afin d'assurer le refroidissement d'équipements techniques, utilisés notamment pour la climatisation. Au sein du ministère de la Défense, trente installations de ce type sont actuellement en fonctionnement, permettant la climatisation d'immeubles de bureaux, de bancs d'essai pour moteurs, d'établissements recevant du public (hôpitaux des armées notamment) et d'installations nécessitant une régulation thermique rigoureuse comme les centres de calcul informatique ou les simulateurs de vol.

Il existe deux grandes familles de TAR, qualifiées de TAR à voie humide ou de TAR à voie sèche (également appelées « *dry coolers* »). Ces dernières ne sont pas impliquées dans la transmission de la légionellose à l'homme. Toutes les TAR à voie humide sont des échangeurs de chaleur air/eau, dans lesquels de l'eau est en contact direct avec l'air ambiant.

L'équipement qui produit de la chaleur du fait de son fonctionnement possède un circuit de refroidissement par circulation d'eau froide. Les échanges thermiques

conduisent à une augmentation de la température de cette eau, qui doit être alors à son tour refroidie pour continuer à assurer son rôle de liquide de refroidissement. C'est la fonction qu'assure la TAR. Même si différentes approches techniques existent, le principe de fonctionnement de la TAR consiste dans tous les cas à pulvériser l'eau chaude en partie haute de la tour. L'eau ruisselle sur un corps d'échange, encore appelé « packing » (fig. 4). De l'air traverse le système de ruissellement, le plus souvent du fait d'une ventilation forcée, puis il est rejeté dans l'atmosphère. Le transfert de chaleur s'effectue partiellement par l'échange de chaleur entre l'air et l'eau (convection), mais surtout par l'évaporation d'une petite quantité de l'eau à refroidir. L'eau refroidie est récupérée en fin de processus et réutilisée dans le circuit de refroidissement.

En sortie de TAR, l'air saturé de vapeur d'eau crée un nuage visible. Bien qu'il existe en haut de chaque TAR un système « pare-gouttelettes », ce nuage encore appelé « panache », peut entraîner avec lui des gouttelettes d'eau. Celles-ci possèdent la même composition que l'eau du circuit et sont donc susceptibles de contenir des légionelles qui peuvent alors être transportées sur des distances de plusieurs kilomètres (fig. 4). Suivant les vitesses d'éjection de l'air, la conception géométrique de la tour et l'efficacité des pare-gouttelettes, les aérosols ainsi produits peuvent être en quantité plus ou moins grande dans l'air rejeté.

Le schéma de fonctionnement des TAR à voie humide admet deux grandes variantes techniques, avec un risque sensiblement différent au regard des légionelles : on parle de TAR à circuit primaire de type ouvert ou de type fermé.

Dans les installations de refroidissement à circuit primaire ouvert, le circuit d'eau en contact avec l'air va de la tour vers un échangeur ou un procédé éloigné de la tour (fig. 5). De ce fait, le volume d'eau en contact avec l'air, et dans lequel la concentration en légionelles doit être maîtrisée, est important du fait de la grande longueur du circuit d'eau : la surface de canalisation où serait susceptible de se former du biofilm est plus grande que dans les installations qui sont du type circuit primaire fermé.

Dans le cas des installations à circuit primaire fermé, le circuit d'eau en contact avec l'air est circonscrit au niveau de la tour. Il existe dans ce cas deux variantes avec selon les cas une tour ouverte refroidissant un échangeur accolé à la tour, ou une tour fermée (fig. 6).

La tour est alors dite ouverte avec échangeur accolé lorsque l'échangeur intermédiaire à plaques est accolé physiquement à la tour équipée d'un corps d'échange. Le fonctionnement de la tour est alors identique à celui d'une tour ouverte simple, mais avec un circuit d'eau « à risque » indépendant et court.

Dans la tour fermée à circuit primaire fermé, le fluide à refroidir circule dans un échangeur tubulaire disposé dans la tour de refroidissement, qui remplace le corps d'échange (packing). Un circuit d'eau secondaire propre à la tour permet de mettre en œuvre le refroidissement évaporatif.

Dans ces deux cas, le volume d'eau du circuit en contact avec l'air est plus faible que dans une tour de type circuit ouvert. Les conditions favorables au développement des légionelles dans le circuit sont minorées par la limitation des surfaces de canalisations où serait susceptible de se former du biofilm, mais le risque de prolifération des légionelles reste présent.

En pratique, les facteurs susceptibles d'influer sur la colonisation des TAR par les légionelles sont comparables à ceux qui participent à l'envahissement des réseaux d'eaux chaudes sanitaires : présence d'amibes, absence de biocides, corrosion métallique, présence de tartre… La seule véritable particularité des TAR est l'absence

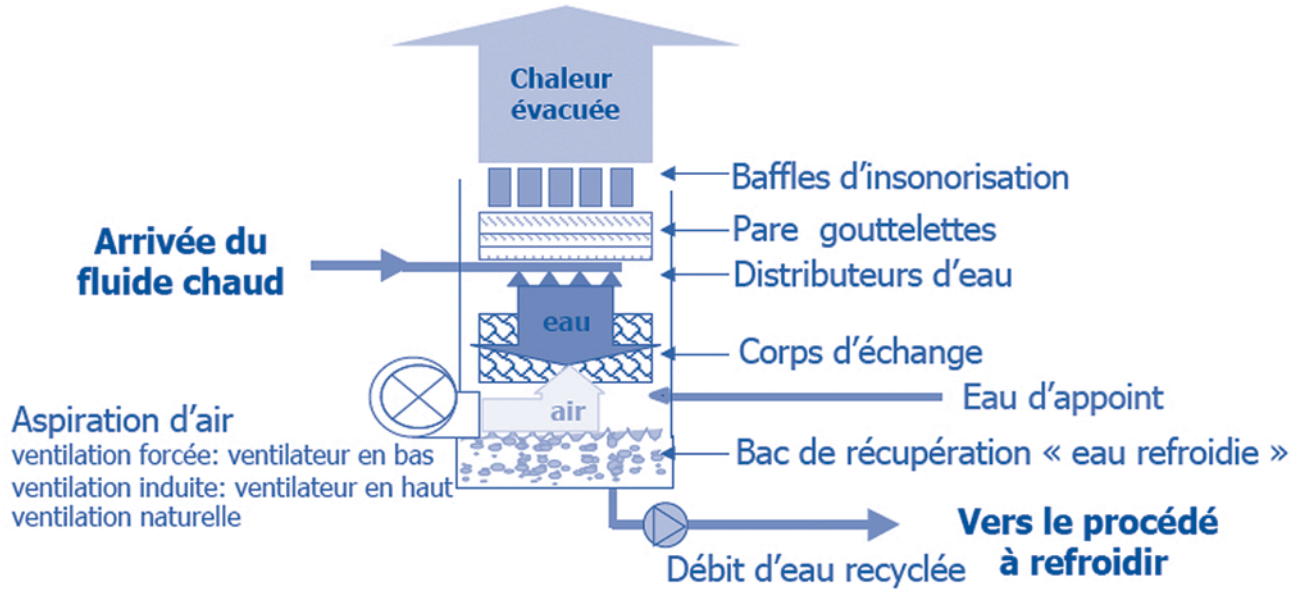


Figure 4. Schéma de fonctionnement d'une tour aéroréfrigérante à voie humide (183).

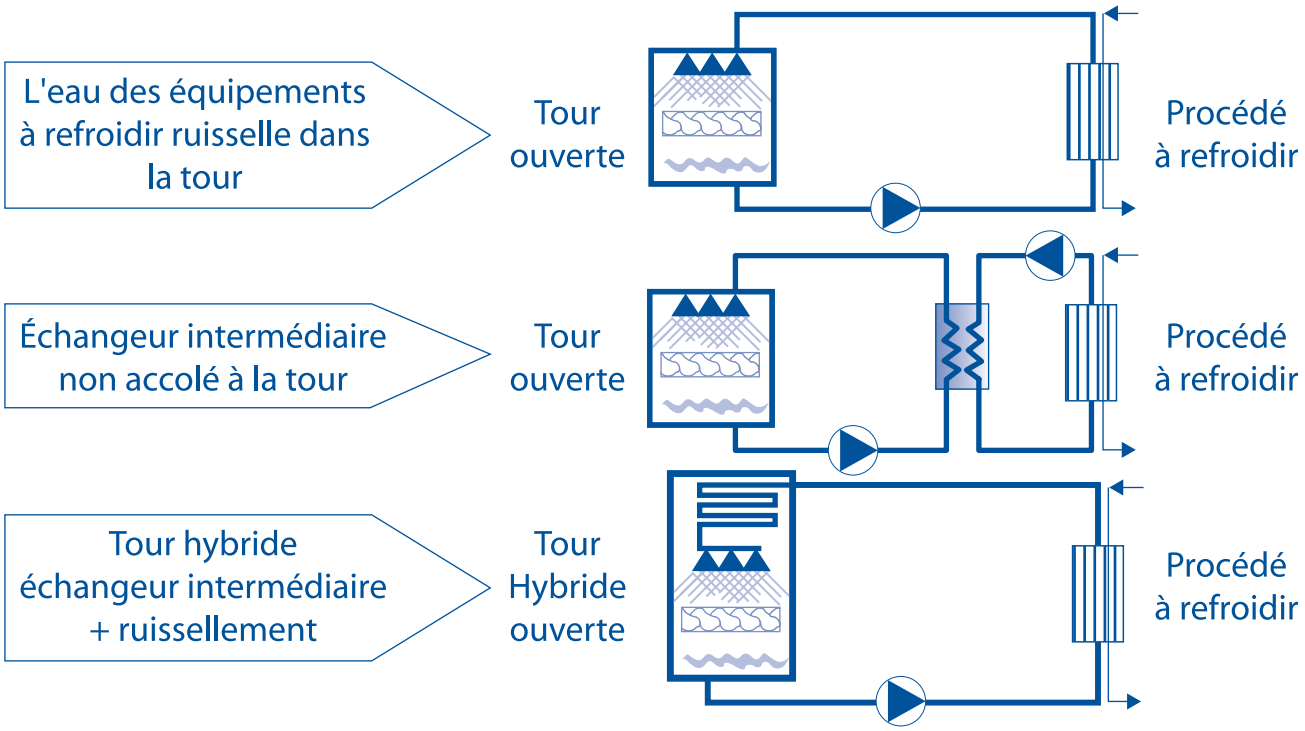


Figure 5. Installations de refroidissement de type circuit ouvert (183).

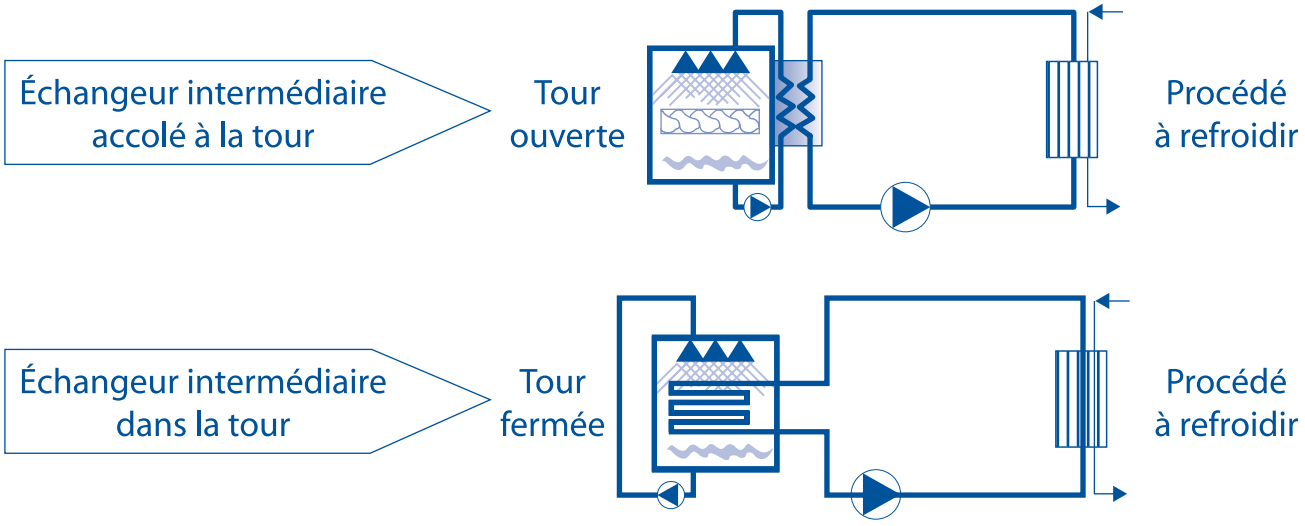


Figure 6. Installations de refroidissement de type circuit fermé (183).

de pilotage de la température de l'eau, paramètre dépendant à la fois des conditions de fonctionnement de l'installation à refroidir et de la température ambiante. De ce fait, des variations saisonnières du niveau de contamination des circuits d'eau par les légionelles sont possibles, en fonction de la température extérieure, comme le montrent certaines études (100).

En l'absence d'injection continue de biocides dans le circuit d'eau, les légionelles démontrent d'une manière générale une exceptionnelle capacité à proliférer (100) dans ce type de circuits. Les niveaux de contamination des eaux sont particulièrement élevés lors de la remise en route de l'installation après un arrêt (101, 102).

Autres sources de contamination pour l'homme

Hormis les tours aéroréfrigérantes et les douches, d'autres types d'installations sont occasionnellement incriminées, en particulier les systèmes de bains à remous (103, 104) et de baignoires à jets (105, 106), de thérapie respiratoire (aérosols médicaux), d'humidification (107) et de brumisation (utilisés en particulier pour des plantes décoratives). Les fontaines décoratives sont aussi à évoquer (108). En ce qui concerne les climatiseurs, le risque diffère sensiblement en fonction du mode de fonctionnement de ces appareils, en principe conçus pour ne pas créer d'aérosols. Enfin, les nettoyeurs à haute pression sont essentiellement dangereux du fait de leur capacité à générer une aérosolisation des biofilms présents sur les surfaces à nettoyer (cas des opérations d'entretien des tours aéroréfrigérantes). Divers équipements industriels spécialisés ont aussi été mis en cause, en particulier des tunnels de lavage (109), des générateurs industriels d'aérosols (110) ou des installations de traitement des eaux usées (111), même si dans ce dernier cas, les circonstances permettant l'aérosolisation des eaux usées à partir des bassins de décantation restent exceptionnelles.

Si les différentes catégories d'installations techniques évoquées ici sont habituellement incriminées lors de l'apparition de foyers de légionellose, les circonstances favorables à une aérosolisation massive de légionelles dans le milieu naturel sont considérées comme rares. Cependant, Sakamoto et coll. (112) ont démontré la possibilité pour les légionelles de coloniser les flaques d'eaux pluviales au bord des routes, avec parfois plus de 10 000 unités formant colonies par litre d'eau en saison chaude. Ces auteurs évoquent le risque de contamination humaine par des légionelles lors de projection d'eau au passage des véhicules. Enfin, des cas de légionellose associés à l'utilisation de terreaux et composts ont été décrits (25, 113-115).

Il importe enfin de noter que les souches de légionelles semblent présenter des différences en termes de sensibilité aux facteurs environnementaux et de capacité à coloniser les niches écologiques (48), ce qui accentue la complexité de la prévention dans ce domaine.

Prévention

Cadre général

La démarche de prévention de la légionellose comprend des mesures spécifiques, encadrées par la réglementation, de conception et d'entretien des installations à risque, principalement les réseaux de distribution d'eaux chaudes sanitaires et les tours aéroréfrigérantes. Le risque est évidemment majoré si les installations précédentes alimentent des populations « fragiles ». C'est la raison pour laquelle une attention particulière doit être accordée aux structures hospitalières et maisons de retraite. La législation impose aussi des mesures de prévention spécifiques aux structures recevant du public, en particulier les hôtels et campings.

Dans les armées, la mise en œuvre de la prévention relève du commandement. Cette règle vaut en particulier pour le cas de la légionellose. Chaque chef d'établissement du ministère de la Défense est ainsi responsable de la prévention du risque lié aux légionelles. Cette responsabilité est pleine et entière, en qualité d'employeur, au regard du Code du travail, d'exploitant, au titre du Code de l'environnement ou de « personne responsable de la production et/ou de la distribution de l'eau » (116), pour ce qui concerne le Code de la santé publique. Elle peut notamment être engagée au titre des articles 1382 et 1383 du Code civil, en raison de faute, d'imprudence, de négligence ou d'inattention dans l'entretien des installations, à l'origine de contamination, notamment en cas de non respect de la réglementation. L'article 121-3 du Code pénal relatif au délit de mise en danger de la vie d'autrui permet aussi d'engager cette responsabilité.

Le chef d'établissement s'appuie sur des responsables techniques qu'il doit désigner au sein de son établissement, principalement un chargé de prévention (117) et un chargé d'environnement (118) qui veillent à la bonne application de la réglementation sous l'autorité du chef d'organisme (119). Pour ce qui concerne les installations de distribution d'eaux chaudes sanitaires, leur pilotage est souvent entre les mains du « pilote de processus eau » désigné au titre de l'instruction du 6 février 2009 (120), option qui a l'intérêt de confier l'ensemble des missions en relation avec les installations de distribution d'eau à un même intervenant. Enfin, au niveau hospitalier, la légionellose fait partie des thèmes de travail du Comité de lutte contre les infections nosocomiales.

La fonction de prévention et de maîtrise des risques est animée au sein de chaque arme et service par un coordonnateur central à la prévention. Celui-ci visite périodiquement les organismes afin de contrôler l'application des règles de prévention et la tenue des registres obligatoires (121). La fréquence de ces contrôles demeure cependant réduite.

Cas des réseaux de distribution d'eaux

Les réseaux de distribution d'eaux chaudes sanitaires constituent les installations à risque les plus nombreuses au sein des emprises de la Défense, avec cependant un risque très différent selon les sites. Le patrimoine immobilier de la Défense est en partie ancien, ce qui crée souvent des conditions favorables à la colonisation par les légionelles. Les données analytiques témoignent de cette situation et de l'importance d'une démarche de prévention : entre 2002 et 2005, 38 % des résultats des analyses d'eau chaude sanitaire dans les unités de l'armée de Terre dépassaient la valeur limite fixée pour les légionelles (122).

La réglementation dans ce domaine a évolué de manière significative en 2010 et la mise en application des dispositions réglementaires nouvelles appelle encore de nombreuses interrogations de la part des acteurs de la prévention au niveau des unités.

Cadre réglementaire

Si la directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 (123), relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, constitue le texte fondamental en Europe en matière d'eaux destinées à la consommation humaine, elle n'évoque pas spécifiquement la thématique des légionelles. En France, le Code de la santé publique (116, 124) rappelle des obligations générales du responsable de la production et de la distribution des eaux, sans que le danger *Legionella* ne soit abordé de manière détaillée. On notera en particulier les articles suivants :

Article R. 1321-2 : « Les eaux destinées à la consommation humaine doivent (...) ne pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes (…) » ;

Article R1321-55 : « Les installations de distribution d'eau (…) doivent être conçues, réalisées et entretenues de manière à empêcher l'introduction ou l'accumulation de micro-organismes, de parasites ou de substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes (…) ».

De même, des obligations de surveillance des réseaux et de tenue d'un fichier sanitaire (article R. 1321-23) sont fixées d'une manière très générale par le Code de la santé publique, sans en préciser les aspects spécifiques de la lutte contre les légionelles. Il est enfin à noter que la recherche des légionelles n'apparaît pas dans les canevas analytiques réglementaires définis pour les eaux destinées à la consommation humaine (85).

Le cadre réglementaire applicable à la problématique de la colonisation des réseaux d'eaux chaudes sanitaires par les légionelles est en fait très spécifique, de sorte que ces eaux se démarquent nettement des eaux destinées à la consommation humaine. L'arrêté du 23 juin 1978 (125), relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public, a longtemps constitué le seul texte applicable aux réseaux d'eau chaude. Il fixe essentiellement des exigences techniques en matière de température des eaux, pour tous les types d'installations (bâtiments d'habitation, bureaux ou établissements recevant du public), sans développer d'obligation en matière de surveillance ou de contrôle analytique. Des précisions ont été apportées en 2005 (126) notamment en ce qui concerne la température des eaux distribuées, en relation avec la prévention des brûlures. Cet aspect est développé dans une circulaire du ministère de la Santé (127).

Ce cadre a été récemment complété par l'arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire (128), dont les modalités d'application ont fait l'objet d'une circulaire de la DGS fin 2010 (129). Le champ d'application de l'arrêté du 1er février 2010 (128) a appelé de fréquents malentendus, notamment au sein du ministère de la Défense. En effet, ce texte concerne en particulier les « établissements de santé… les hôtels et résidences de tourisme… et les autres établissements recevant du public qui possèdent des points d'usage à risque ». La principale confusion associée à la mise en œuvre de cet arrêté est une tendance à considérer comme point d'usage à risque toute installation de douche, individuelle ou collective, se trouvant dans un bâtiment affecté à des usages médicaux ou d'hébergement, ou dans tout local classé « établissement recevant du public » (ERP). En réalité, la définition des points d'usage à risque est de la plus haute importance : il s'agit de « tout point d'usage accessible au public et pouvant produire des aérosols d'eau chaude sanitaire ». Il s'agit donc essentiellement de douches, dès lors qu'elles sont mises à la disposition du public. De ce fait, il convient de retenir que le champ d'application de l'arrêté du 1er février 2010 est finalement assez limité dans les armées. Si les hôpitaux du Service de santé, les lycées militaires ou les résidences hôtelières et centres de vacances de l'Institution de gestion sociale des armées (IGeSA) apparaissent, sans équivoque, comme visés par cette réglementation, les centres médicaux ne le sont que s'ils disposent d'une capacité d'hospitalisation, avec accès possible des malades hospitalisés à des douches. De même, le seul fait pour un établissement d'être classé ERP ne suffit pas à le faire entrer dans le champ d'application de cette réglementation. Par exemple, dans le cas d'un cercle-mess qui ne réalise que des prestations de restauration, les douches, lorsqu'elles existent, ne sont évidemment pas accessibles à la clientèle. De ce fait, l'arrêté du 1er février 2010 ne s'applique pas à ces structures. Pour un bâtiment d'hôtellerie ouvert à une clientèle extérieure à l'unité, il existe des points d'usage à risque accessibles au public qui sont explicitement visés par l'arrêté du 1er février 2010, tandis que les douches des bâtiments destinés à l'hébergement des personnels de l'unité ne sont pas concernées. Il convient enfin de ne pas négliger les installations sportives des unités militaires, souvent mises à la disposition des collectivités locales (écoles, associations sportives), avec de ce fait des installations sanitaires accessibles au public (122).

Si, au bilan, de nombreuses installations ne relèvent néanmoins pas de l'arrêté du 1er février 2010, il n'en demeure pas moins que tout chef d'établissement est responsable des conditions d'entretien des équipements mis à la disposition de ses personnels. Il importe alors de se référer, en l'absence de réglementation spécifique, aux préconisations de la note du Service de santé des armées du 4 juin 2002 (130).

Les prescriptions de l'arrêté du 1er février 2010 sont pour l'essentiel applicables depuis le 1er juillet 2010 dans les établissements de santé, tandis qu'un délai a été accordé (janvier 2011 ou janvier 2012) aux autres structures. Elles donnent une base réglementaire aux obligations de surveillance des réseaux de distribution d'eaux chaudes et précisent les modalités des analyses destinées à évaluer le niveau de contamination des eaux par les légionelles.

Approche pratique

Une gestion rationnelle du risque lié aux légionelles doit prendre en compte de façon évidente les caractéristiques fondamentales de la maladie, c'est-à-

dire l'existence de populations à risque pour la légionellose et la nécessité d'une aérosolisation d'eaux riches en légionelles. La démarche doit donc en priorité concerner les établissements hospitaliers, mais les autres structures de la défense ne doivent pas être pour autant négligées, y compris les installations à vocation opérationnelle et les navires de la Marine nationale. En ce qui concerne ce dernier type d'installations, de nombreuses études confirment la réalité du risque (49, 131, 132). Les installations sanitaires de campagne, mises en place sur les différents théâtres où sont déployées les forces françaises, doivent aussi être prises en compte dans le cadre de la mise en place d'une approche de prévention.

La réalisation d'analyses d'eau périodiques constitue trop souvent le fondement de la stratégie mise en œuvre pour assurer la lutte contre les légionelles, avec un effort important consacré au dépistage des installations contaminées et à la désinfection des portions de réseaux reconnues infectées (133, 134). Il serait cependant dangereux de fonder la stratégie de prévention sur de seuls résultats d'analyses des eaux, qui ne permettent pas de disposer d'un aperçu précis de la réalité du risque d'infection. Il importe notamment de considérer que la concentration en légionelles dans les eaux chaudes n'est pas nécessairement constante au cours du temps (135). De ce fait, si la réalisation d'analyses participe à une action d'épidémiosurveillance dont l'utilité n'est pas à contester, il semble cependant préférable de fonder la démarche de prévention sur une analyse des dangers, c'est-à-dire l'évaluation de la situation au plan technique, afin d'identifier et de gérer au mieux les facteurs favorisants liés à chaque type d'installation (136, 137).

Principes

Pour ce qui concerne les eaux chaudes sanitaires, l'approche pratique de prévention se heurte à l'impossibilité de garantir de manière absolue et définitive l'absence de colonisation microbienne des réseaux. Par ailleurs, l'aérosolisation des eaux demeure inévitable lors de la douche. La désinfection des installations, techniquement réalisable, n'apporte qu'une amélioration éphémère de la situation. Il est donc nécessaire de concentrer les efforts de prévention sur la gestion des facteurs qui permettent aux légionelles de coloniser les réseaux afin de limiter le niveau de contamination des eaux (138).

Les éléments clés de la gestion d'un réseau alimentant des douches peuvent être résumés de la façon suivante. Il importe :

– de maîtriser la température de l'eau afin de créer des conditions défavorables aux légionelles ;

– de limiter les phénomènes de corrosion ou de dépôt de tartre, favorables à l'accrochage des biofilms ;

– d'éviter la stagnation de l'eau.

La stratégie globale s'organise alors autour d'une logique de conception des installations, associée à des mesures de gestion technique et d'entretien. La surveillance des paramètres clés permet de garantir le respect des objectifs fixés. De toute évidence, les efforts à fournir seront majorés au niveau des installations de grand format et desservant des populations sensibles, tandis qu'il convient de prendre conscience de la nécessité de ne pas encourager la surprévention : les installations de type familial sont généralement peu favorables aux légionelles pour plusieurs raisons (1). Tout d'abord, l'eau chaude sanitaire est produite en petit volume, ce qui limite sa stagnation ; de plus, les températures de production sont le plus souvent proches de + 60 °C ; enfin, les réseaux de distribution sont courts et peu complexes, ce qui limite les risques de refroidissement et de stagnation de l'eau.

De nombreux documents de synthèse ont été publiés, qui développent les principes à respecter en matière de prévention de la légionellose, en fonction des types d'établissements et facilitent la mise en place d'une stratégie cohérente de prévention. Certains présentent un intérêt particulier pour le ministère de la Défense, en particulier le guide destiné aux établissements de tourisme, qui répond aux préoccupations de l'IGeSA (5) et celui, plus général, consacré à l'eau dans les établissements de santé (139). Le Centre scientifique et technique du bâtiment propose aussi des guides techniques de grand intérêt pour la gestion d'un réseau d'adduction d'eau (140, 141). Tout en prenant en compte les spécificités de chaque type d'établissement, en termes de population desservie et de conditions de fonctionnement, ces différents guides renvoient tous aux mêmes principes d'action.

Dimensionnement et configuration des installations

La conception des installations de production est souvent à l'origine d'une stagnation de l'eau, stockée chaude en attente de sa distribution. Or, l'eau chaude n'étant pas consommée en continu pour les activités domestiques (pic le matin et le soir, faible consommation en journée), elle séjourne alors de façon prolongée dans les ballons. Une solution technique consiste à recourir aux systèmes de production instantanée, avec une eau chauffée à la demande sans stockage intermédiaire, mais ces dispositifs sont moins « confortables » pour les utilisateurs car la température de l'eau distribuée est moins facile à ajuster. Envisageables à l'échelon d'une famille, de tels systèmes s'avèrent peu compatibles avec des bâtiments d'hébergement pour des populations importantes, en raison des pics de consommation d'eau chaude qui impliqueraient un surdimensionnement des appareils. En conséquence, les installations de production d'eau chaude les plus répandues sont celles qui assurent un stockage d'eau chaude. Dans ce cas, il importe de veiller à disposer de volumes d'eau chaude adaptés aux besoins aux heures de grande consommation. Une production quantitativement insuffisante expose certains utilisateurs à ne pas disposer d'eau chaude, mais un surdimensionnement des ballons de stockage est un facteur de stagnation de l'eau chaude, ce qui est à éviter. Un autre aspect en relation avec le risque de stagnation des eaux est l'éloignement du point d'usage à risque par rapport à l'installation de production ou de stockage de l'eau chaude. En effet, plus la longueur des canalisations de distribution est importante et plus le risque de refroidissement de l'eau en cours de transit est majoré. De plus, entre deux utilisations le volume

d'eau qui stagne dans les canalisations est augmenté. De ce fait, il est à conseiller de positionner les installations de production le plus près possible des points d'usage à risque, dans la mesure du possible. D'un point de vue technique, une option consiste à installer des ballons de stockage d'eau chaude de petites dimensions au plus près des différentes installations de douche, par exemple des ballons individuels dans les chambres des malades « à risque » en milieu hospitalier. Une autre solution technique consiste à créer des bouclages de réseau, de sorte que le volume d'eau qui stagne soit limité au plus strict minimum (fig. 7).

Maintien de la température de l'eau

La conception des installations doit permettre de garantir l'aptitude du système à maintenir l'eau à une température défavorable au développement des légionelles. Comme cela a été évoqué plus haut, la viabilité de ces bactéries est réduite à partir de +50 °C, tandis que la plage de température comprise entre +25 °C et +45 °C est particulièrement à risque. L'idéal serait de distribuer une eau à une température supérieure ou égale à +60 °C de façon à exercer un effet létal significatif sur les légionelles des biofilms. Mais ceci se heurte au risque de brûlure des utilisateurs (tab. III), qui devient significatif dès +50 °C. Ce risque est associé non seulement à l'utilisation d'eau trop chaude, mais aussi éventuellement à un simple contact avec des canalisations d'adduction apparentes. Dans certains pays d'Europe, il est ainsi imposé de ne jamais excéder +45 °C pour les réseaux qui desservent des bâtiments scolaires (11). On notera aussi que des températures d'eau trop élevées peuvent être à l'origine d'un vieillissement prématuré des installations, en particulier au niveau des joints. Il importe donc de trouver un compromis entre deux impératifs contradictoires. L'objectif n'est pas nécessairement d'assurer la destruction des légionelles mais au minimum d'en empêcher le développement. Une étude récente, réalisée en conditions réelles (11) met en évidence la possibilité une colonisation des réseaux par des légionelles tant que la température de l'eau demeure inférieure à +60 °C. Cependant, la fréquence de détection des légionelles diminue de manière

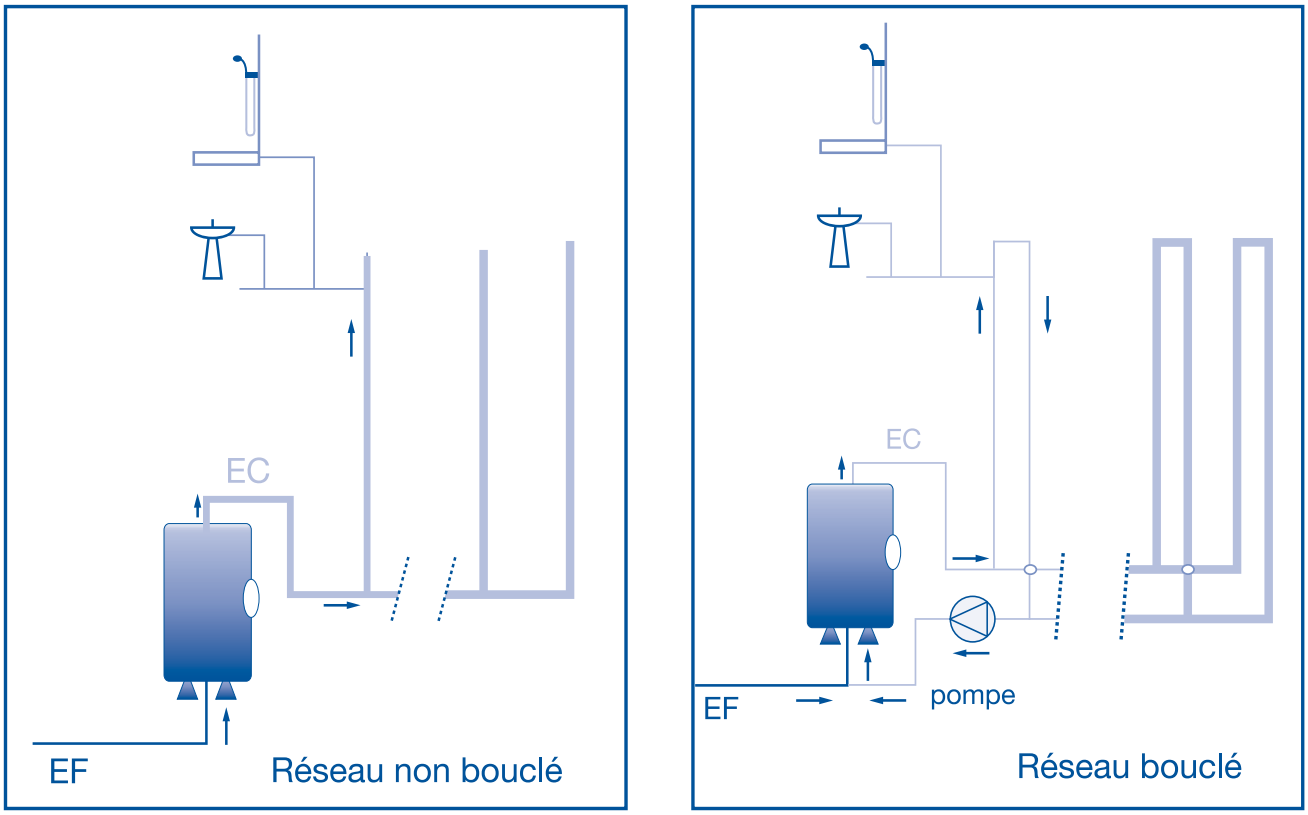


Figure 7. Principe du bouclage des réseaux (5). Dans le cas d'un réseau bouclé, l'eau chaude circule en continu à faible débit dans une ou plusieurs « boucles » qui la ramènent au système de production. Elle est alors réchauffée et remise en circulation. Les points d'usage sont branchés sur les boucles ainsi créées, de telle sorte que les phénomènes de stagnation dans les parties non bouclées ne puissent concerner que de très faibles volumes d'eau.

Tableau III. Temps d'exposition nécessaire pour observer une destruction des légionelles, à différentes températures et risque de brûlure profonde de la peau associé (1, 139).

Température de l'eau	Temps nécessaire pour observer une réduction décimale d'une population de légionelles	Temps d'exposition pour observer une brûlure profonde de la peau
+ 70 °C	10 à 15 secondes	1 seconde
+ 60 °C	2 minutes	7 secondes
+ 50 °C	Plusieurs heures	8 minutes

drastique à partir de +50 °C et le niveau moyen de contamination des eaux est réduit d'un facteur 5 lorsque le seuil des +50 °C est franchi. On voit donc que, dans la recherche d'un compromis entre différentes contraintes en relation avec la sécurité des utilisateurs et la pérennité des installations, des températures de l'ordre de +50 °C apparaissent suffisantes.

La réglementation française (126, 127) a fixé des règles de base en matière de gestion de la température des réseaux. Au niveau de la production ou des ballons de stockage, l'eau doit être portée au minimum à +55 °C, de manière à garantir l'absence de développement des légionelles. La sortie du ballon est alors considérée comme point de mise en distribution. Une variante consiste à créer des cycles de chauffage de l'eau stockée, de façon à porter la température à au moins +60 °C une fois par jour. Une telle approche doit permettre de détruire les légionelles qui se seraient développées dans le ballon d'eau chaude. L'effet ne sera significatif que si la température létale pour les légionelles est appliquée de manière suffisamment prolongée, soit (126) soixante minutes à +60 °C, quatre minutes à +65 °C, ou deux minutes si la température est portée à plus de +70 °C. Cet ensemble d'obligations en matière de température de l'eau ne s'applique qu'aux installations d'une capacité supérieure ou égale à 400 litres.

Au stade de la distribution, la valeur de température à rechercher est ensuite de +50 °C en tout point. Seules les portions les plus terminales échappent à cette règle (126), dès lors qu'elles sont d'un volume réduit (inférieur à 3 litres). La conception du réseau au regard de telles contraintes de gestion de la température est cruciale, en particulier la distance des points d'usage par rapport au point de mise en distribution ainsi que la qualité du calorifugeage des canalisations. Seul un mitigeage de l'eau au plus près de l'utilisateur est acceptable, ce qui est généralement le cas avec la généralisation de systèmes de mitigeage thermostatique positionnés en parties terminales du réseau. Il est par ailleurs important, notamment en milieu hospitalier, de prévoir une adaptation de la température de l'eau distribuée (127, 142) en fonction du degré d'autonomie des utilisateurs ou de leur vulnérabilité vis-à-vis du risque de brûlure (personnes ayant perdu la sensibilité du toucher, par exemple).

Exceptionnellement, la température de l'eau distribuée peut être portée à +60 °C dans les locaux ne servant pas à la toilette et à +90 °C dans les cuisines et buanderies, sous réserve d'un affichage informatif avertissant l'utilisateur du risque encouru (125).

La situation est particulièrement difficile à gérer au niveau de certaines installations collectives (douches des piscines, des salles de sport, etc.) pour lesquelles le mitigeage de l'eau est réalisé très en amont des points d'usage (143). L'utilisateur n'a alors pas accès au réglage de la température de l'eau (robinetterie à bouton poussoir). Une telle configuration est favorable à la colonisation par des légionelles de la portion de réseau située en aval du point de mitigeage, où circule une eau tiède.

Si la température des eaux chaudes sanitaires est une préoccupation majeure, il convient aussi, notamment à bord des navires, d'apprécier la température de distribution des eaux froides, et d'envisager si nécessaire un calorifugeage des canalisations (49).

Matériaux et équipements

Dès la conception d'une installation de production et de distribution d'eau chaude, la question des interactions entre l'eau et les matériaux doit être prise en compte. Les phénomènes de corrosion peuvent être limités en ayant recours à des équipements en cuivre (1). Le polyéthylène réticulé est aussi un matériau reconnu pour son inertie chimique et son emploi se généralise progressivement en raison de son coût moindre que celui du cuivre. L'installation d'un adoucisseur n'est opportune que dans la mesure où les eaux sont entartrantes ; elle peut se révéler particulièrement néfaste dans tous les autres cas. Des traitements filmogènes peuvent s'avérer utiles lorsque les eaux sont corrosives. Pour apprécier de manière simple et efficace l'existence éventuelle de phénomènes de dégradation des canalisations, il est à recommander la mise en place de manchettes témoins. Il s'agit de portions courtes de canalisations, placées en dérivation du réseau de distribution des eaux chaudes sanitaires, et qui peuvent être démontées facilement afin de visualiser la présence de dépôts de tartre ou les phénomènes de corrosion.

Les ballons d'eau chaude « horizontaux » semblent devoir être privilégiés par rapport aux ballons « verticaux ». Ces derniers seraient plus facilement colonisés en raison de la présence d'une zone importante dont le chauffage est difficilement assuré (1).

Il est enfin essentiel de donner la préférence à des équipements conçus pour pouvoir subir facilement des opérations d'entretien hygiénique, en particulier des ballons d'eau chaude disposant d'une purge de fond et, d'une manière générale, suffisamment résistants pour subir si nécessaire un choc thermique ou une désinfection par chloration. La présence de thermomètres est aussi à exiger au niveau des équipements de production et de stockage des eaux chaudes sanitaires. L'idéal est la mise en place de sondes reliées à un système informatique d'enregistrement des données ; une option plus économique consiste en un thermomètre à lecture directe.

En matière de conception, il est enfin à retenir que l'alimentation en eau des systèmes de production d'eau chaude doit être équipée d'un disconnecteur évitant les retours d'eaux chaudes sanitaires dans le réseau d'eau froide. Ce disconnecteur est assujetti à un contrôle annuel. Les mitigeurs thermostatiques sont aussi à équiper de clapets évitant les communications entre les réseaux eau chaude/eau froide.

En ce qui concerne les points d'usage de l'eau, il est recommandé de recourir à des flexibles de douche plutôt qu'à des pommeaux fixes, afin de limiter la formation des aérosols (144). Pour la même raison, les douchettes à jet lent sont préférables et les mousseurs sont déconseillés.

Entretien et utilisation des installations

La gestion des installations passe par des opérations régulières visant à en garantir un fonctionnement optimal. La pertinence de ces opérations implique une bonne connaissance de la configuration des installations, dont le descriptif (plan du réseau) doit figurer dans le fichier sanitaire détenu par le pilote de processus eau. À partir des données descriptives, les zones à risque vis-à-vis du danger *Legionella* sont à identifier : bras morts et autres zones où l'eau stagne, zones où la température de l'eau est susceptible de descendre en dessous de +50 °C, installations particulièrement vétustes…

Les opérations courantes d'entretien comportent des actions périodiques de détartrage des matériels, autant que nécessaire, ainsi qu'un démontage, un nettoyage et une désinfection des accessoires placés en partie terminale des réseaux (flexibles et pommeaux de douche) et qui constituent des sites privilégiés pour la colonisation bactérienne. Il est habituellement recommandé de procéder à ces opérations au moins une fois par an (130, 144). Le nettoyage et le détartrage des ballons sont aussi conseillés ; à l'issue, une désinfection est utile. À cette occasion, une inspection visuelle doit permettre de dresser un bilan de l'évolution des installations et de décider de l'opportunité de traitements complémentaires des eaux (adoucisseurs, traitements filmogènes…). Enfin, les éléments en mauvais état sont à remplacer.

En ce qui concerne l'utilisation des installations, la préoccupation principale doit être de limiter la stagnation des eaux. Une étude du taux d'occupation des bâtiments et d'utilisation des douches peut permettre d'identifier les installations peu ou pas utilisées. Il est en particulier utile de chercher à disposer de relevés de la consommation d'eau pour chaque portion du réseau de distribution. Les douches sous-utilisées de manière chronique seront à condamner chaque fois que cela sera possible. Dans le cas contraire, la réalisation de purges systématiques peut constituer une solution, mais il s'agit d'une mesure très contraignante.

Au sein des unités militaires, il est particulièrement fréquent de constater que certains locaux d'hébergement ne sont occupés que de manière intermittente, au gré des missions opérationnelles des personnels. Pour de telles installations qui ne sont pas utilisées de manière permanente, la réalisation de purges, préalables à leur remise en service, est une mesure indispensable, qui dépasse le simple cadre de la prévention des légionelloses. Elle est d'ailleurs imposée par l'arrêté du 1er février 2010 (128), pour les installations concernées par ce texte, dès lors qu'elles « *ne sont pas utilisées pendant plusieurs semaines* ». Dans ce cas particulier, l'efficacité des opérations d'entretien doit être validée par la réalisation d'analyses. Une autre option consiste à réaliser une désinfection des installations avant leur remise en service, mais cette approche peut s'avérer à la longue néfaste pour l'intégrité des équipements, notamment les joints.

Autres options techniques

Si les mesures évoquées jusqu'ici apparaissent suffisantes dans le cas général pour éviter des contaminations massives des eaux, certaines options techniques complémentaires d'intérêt peuvent apporter des garanties supplémentaires notamment en contexte hospitalier.

Considérant l'impact du chlore sur le développement des biofilms, il apparaît essentiel de veiller à maintenir un résiduel de chlore actif en tous points du réseau de distribution. Cet aspect peut appeler des rechlorations en réseau au niveau d'installations de grandes dimensions, notamment pour les sites militaires alimentés depuis le réseau public d'adduction d'eau. Les navires ne font pas exception à cette règle et, en fonction de la configuration du réseau à bord, il peut même être souhaitable de se fixer pour objectif de maintenir une concentration en chlore actif supérieure à 0,2 mg/L en tout point du réseau. Ce type d'exigence constitue une règle généralement reconnue qui permet de faire face aux difficultés rencontrées en matière notamment de température des eaux froides à bord. Les documents de référence de la marine marchande des États-Unis (145) recommandent même de maintenir une concentration en chlore libre de 2 mg/L au niveau des réservoirs, ce qui peut paraître excessif en cas de consommation de l'eau pour la boisson.

Si l'acide hypochloreux est l'agent désinfectant le plus courant en Europe, l'emploi de la monochloramine pour la désinfection des eaux dans les réseaux de distribution est un procédé largement utilisé aux États-Unis (146). Son efficacité vis-à-vis des légionelles est démontrée à la fois par des études épidémiologiques et par des expérimentations spécifiques (147-150). Il semble que cette action particulièrement significative soit liée à la bonne stabilité de la monochloramine dans les eaux chaudes, là où l'acide hypochloreux subit une dénaturation rapide. Par ailleurs, la monochloramine semble posséder une bonne capacité à pénétrer les biofilms, ce qui majore son effet désinfectant (147, 151, 152). Cependant, dans le cas des États-Unis, le niveau de chlore total dans les eaux distribuées atteint des valeurs de l'ordre de 2 mg/L (147), ce qui est intolérable d'un point de vue organoleptique pour un consommateur européen. Le recours à la monochloramine ne peut donc constituer une option technique satisfaisante que dans la mesure où le désinfectant est injecté dans les seuls réseaux d'eaux chaudes sanitaires. Il s'agit alors d'une mesure préventive d'intérêt pour les réseaux à haut risque, en milieu hospitalier notamment ou dans des bâtiments d'hébergement ne disposant pas d'un

réseau bouclé. Par ailleurs, la monochloramine prend un intérêt particulier dans le cas des eaux alcalines, pour lesquelles la chloration classique s'avère inefficace.

La mise en place de dispositifs assurant une filtration de l'eau au niveau des parties terminales des réseaux est souvent recommandée, principalement en milieu hospitalier (142, 153-156). Sous réserve de disposer de membranes dont le seuil de coupure est inférieur au micromètre, il est en effet possible d'assurer ainsi une élimination des bactéries présentes dans l'eau et de garantir de ce fait l'absence de légionelles. Cette solution s'avère coûteuse à l'échelle d'installations de taille importante (153). De plus, le risque lié à ces dispositifs est celui d'une contamination par voie rétrograde qui permet la colonisation par des bactéries de la membrane ou de la céramique utilisée pour filtrer l'eau. Ce type de contamination est dû vraisemblablement aux projections d'eau lors de l'utilisation des installations, mais aussi à un défaut d'entretien des robinetteries et accessoires. Un entretien régulier de ces équipements est donc indispensable (153, 157). Pour limiter le développement de biofilms, des membranes recouvertes de composés à effet antibactérien, notamment des films d'argent, ont été proposées (153). Leurs performances actuelles sont discutables.

Surveillance

La surveillance est une activité visant à disposer en temps réel d'indicateurs des conditions de fonctionnement du processus technologique concerné. Dans le cas des eaux chaudes sanitaires, le paramètre technologique clé est la température, qui conditionne la survie des légionelles. La surveillance de ce paramètre s'impose donc comme l'élément essentiel de toute stratégie de pilotage d'un équipement de production et de distribution d'eaux chaudes sanitaires. Elle est rendue obligatoire uniquement pour les installations visées par l'arrêté du 1er février 2010 (128), mais s'impose, en réalité, à tout gestionnaire de réseau, comme le fondement de toute action cohérente. L'arrêté du 1er février 2010 peut alors servir de canevas en toutes circonstances. Au plan pratique, il importe de choisir les points du réseau où seront réalisées les mesures de température, de manière à disposer d'une information utile à la gestion du dispositif. La réglementation identifie trois types de points (tab. IV) :

– la sortie de production ;
– les points d'usage à risque ;
– les éventuels retours de boucles de circulation d'eau.

En ce qui concerne les points d'usage à risque, la stratégie d'échantillonnage doit tenir compte de la configuration des installations. La réglementation recommande, dans le cas général, de choisir les points les plus représentatifs du réseau ou, à défaut, les points d'usage les plus éloignés de la production d'eau chaude sanitaire. En milieu hospitalier, il importe en supplément de surveiller des points représentatifs situés dans des services accueillant des patients identifiés comme particulièrement vulnérables au risque de légionellose (128).

La fréquence minimale de l'activité de surveillance de la température est fixée par le même arrêté (tab. IV) qui précise que « les mesures de température sont réalisées après deux à trois minutes d'écoulement ». Cette indication n'a de sens que pour les points d'usage.

Tableau IV. Fréquences minimales à respecter pour la réalisation de mesures de température des eaux chaudes sanitaires (128).

Points de surveillance	Établissements de santé	Autres établissements
Sortie de la/des production(s) d'eau chaude sanitaire (mise en distribution).	1 fois par jour (ou en continu).	1 fois par mois.
Point(s) d'usage à risque le(s) plus représentatif(s) du réseau et point(s) d'usage le(s) plus éloigné(s) de la production d'eau chaude sanitaire.	1 fois par semaine (ou en continu).	1 fois par mois.
Points d'usage représentatifs situés dans des services accueillant des patients identifiés par le comité de lutte contre les infections nosocomiales (ou toute organisation chargée des mêmes attributions) comme particulièrement vulnérables au risque de légionellose.	1 fois par semaine (ou en continu).	/
Retour de boucle (retour général), le cas échéant.	1 fois par jour (ou en continu) au niveau de chaque boucle.	1 fois par mois au niveau de chaque boucle.

Au niveau des points d'usage, il peut être utile de mesurer le temps nécessaire (et par là même le volume d'eau) avant l'obtention de la température de consigne. Cette donnée renseigne sur l'importance de la stagnation dans la partie terminale du réseau et permet ainsi d'identifier les portions de réseau dont le fonctionnement n'est pas optimisé. Les fréquences indiquées par la réglementation ne constituent qu'un minimum et il importe tout particulièrement de prévoir un renforcement du suivi de la température en cas d'incident ou de dysfonctionnement sur le réseau d'eau chaude sanitaire, de nature à favoriser la prolifération des légionelles.

La surveillance fait l'objet d'un enregistrement des données recueillies, dans le fichier sanitaire établi au titre du Code de la santé publique. Il s'agit d'assurer la traçabilité des opérations.

Un aspect essentiel de la mise en œuvre de la surveillance est le respect d'une logique d'actions correctives en cas de constat de dysfonctionnement du système. Le but recherché est de s'assurer que les températures cibles fixées par la réglementation sont respectées et, dans le cas contraire, d'entreprendre des

actions destinées à ramener la situation à la normale. Tout incident doit appeler des investigations permettant d'identifier sa cause et de proposer un plan d'action spécifique : modification de la température dans les dispositifs de chauffage, modification de la configuration du réseau, condamnation de certains points d'usage… Sans cette logique, la surveillance perd tout son intérêt et devient donc parfaitement inutile.

Si le suivi attentif de la température des eaux constitue l'élément clé de la surveillance en matière de légionellose, la concentration en chlore actif dans les eaux ne doit pas pour autant échapper à la même démarche, même si son intérêt pratique relève de la lutte contre l'ensemble des dangers biologiques.

Suivi analytique de la contamination des réseaux par les légionelles

Il est techniquement impossible de mesurer la quantité de légionelles présentes effectivement dans les aérosols formés lors de la douche, de sorte que la seule solution en matière de suivi analytique consiste à dénombrer les légionelles dans l'eau du réseau. Il est admis en France qu'un seuil de 103 *Legionella pneumophila* par litre est la valeur usuelle à ne pas dépasser, qui a été reprise par la réglementation : « les dénombrements en *Legionella pneumophila* doivent être inférieurs à 1 000 unités formant colonie (UFC) par litre au niveau de tous les points d'usage à risque » (128). Certains pays ont fixé des valeurs de référence plus basses, par exemple le Japon avec une limite à 102 unités formant colonies pas litre d'eau au niveau des douches (158). Pour les populations à risque, la valeur de référence est en général plus basse. Ainsi, dans les établissements de santé, la réglementation française (128, 142) prévoit que « les dénombrements en *Legionella pneumophila* doivent être inférieurs au seuil de détection au niveau de tous les points d'usage à risque accessibles à des patients identifiés (…) comme particulièrement vulnérables au risque de légionellose ». Considérant que l'espèce *Legionella pneumophila* est à l'origine de l'essentiel des cas chez l'homme, il semble pertinent de concentrer les recherches sur cette espèce plutôt que de réaliser des dénombrements de *Legionella spp*., dont les résultats seraient difficilement interprétables au regard de préoccupations de santé publique.

La relation entre la présence de légionelles en grande quantité dans l'eau et l'existence de cas chez les utilisateurs des douches n'est cependant en rien systématique. Par ailleurs, les résultats observés lors d'analyses d'échantillons d'eau peuvent fluctuer de façon significative en fonction du moment où le prélèvement a été effectué. Les dénombrements de légionelles dans l'eau doivent donc être utilisés comme des indicateurs du niveau de risque.

Les analyses de suivi de la contamination des réseaux de distribution d'eaux chaudes sanitaires sont réglementairement obligatoires que dans le cas des installations visées par l'arrêté du 1er février 2010 (128) ; leur mise en œuvre est vivement recommandée dans les autres types d'établissements (130). Pour chaque type d'installation, une fréquence d'analyse est prescrite (tab. V) avec cependant une certaine liberté d'action laissée au chef d'établissement pour ce qui concerne le nombre de points surveillés. En effet, le choix des points de surveillance doit tenir compte du nombre de points d'usage à risque, mais aussi de la configuration des installations et de l'historique associé à chaque site. Il importe d'éviter une approche trop systématique, souvent inutilement coûteuse, et de faire en sorte que les analyses soient des outils d'une démarche de progrès. La seule approche cohérente dans ce domaine consiste dans un premier temps à évaluer le fonctionnement (température) et la configuration des installations. Si les installations sont douteuses, les analyses peuvent apporter des données utiles à l'analyse des dangers. Dans le cas d'installations manifestement défectueuses, la réalisation d'analyses peut au mieux servir à déterminer la fréquence optimale de réalisation de traitements curatifs (chocs thermiques ou chlorés)

Tableau V. Plan d'échantillonnage à appliquer pour le contrôle bactériologique des installations distribuant des eaux chaudes sanitaires (128).

Points de surveillance	Établissements de santé	Autres établissements
Sortie de la/des production(s) d'eau chaude sanitaire (mise en distribution).	/	/
Fond de ballon(s) de production et de stockage d'eau chaude sanitaire, le cas échéant.	1 fois par an. – dans le dernier ballon si les ballons sont installés en série ; – dans l'un d'entre eux si les ballons sont installés en parallèle.	1 fois par an. – dans le dernier ballon si les ballons sont installés en série. – dans l'un d'entre eux si les ballons sont installés en parallèle.
Point(s) d'usage à risque le(s) plus représentatif(s) du réseau et point(s) d'usage le(s) plus éloigné(s) de la production d'eau chaude sanitaire.	1 fois par an.	1 fois par an.
Points d'usage représentatifs situés dans des services accueillant des patients identifiés par le comité de lutte contre les infections nosocomiales (ou toute organisation chargée des mêmes attributions) comme particulièrement vulnérables au risque de légionellose.	1 fois par an.	/
Retour de boucle (retour général), le cas échéant.	1 fois par an.	1 fois par an.

mais l'important est d'apporter une solution définitive au problème par une approche technique adaptée (condamnation des points d'usage, modification des équipements).

Les analyses sont à réaliser selon les modalités de la norme NF T 90-431/A1 (159), qui fixe aussi les règles à respecter pour la réalisation des prélèvements. L'arrêté du 1er février 2010 (128) précise que « *les prélèvements d'eau sont réalisés après deux à trois minutes d'écoulement* ». Cette précision est particulièrement importante en pratique. En effet, les concentrations en légionelles dans les eaux peuvent varier de façon très significative en fonction des conditions dans lesquelles le prélèvement a été effectué. Le matin, avant toute utilisation des eaux chaudes, les résultats obtenus correspondent à la stagnation de la nuit, surtout si le prélèvement concerne les premiers jets d'eau. Certains auteurs (160) recommandent l'analyse « premier jet », considérant qu'elle témoigne de l'exposition réelle des utilisateurs. En pratique, si une telle méthodologie peut être utile dans un cadre d'enquête épidémiologique (meilleure probabilité de recueillir les légionelles présentes dans le réseau), il demeure difficile d'interpréter, en termes de pilotage d'une installation, les données obtenues sans purge préalable du réseau.

Le laboratoire doit être accrédité pour le paramètre légionelles par le Comité français d'accréditation ou tout autre organisme d'accréditation équivalent européen (128).

Il est à noter que l'absence de détection de légionelles ne signifie pas que ces bactéries n'étaient pas présentes dans l'échantillon. En effet, on considère que plus de 99 % des légionelles sont viables mais non cultivables, surtout dans des échantillons d'eau froide (1).

D'autres paramètres analytiques peuvent présenter un intérêt dans une démarche d'expertise des réseaux. La teneur en carbone organique total (COT) peut faire l'objet d'un suivi comparatif (niveau au compteur/niveau aux points d'usage). D'une manière générale, la valeur de ce paramètre devrait être aussi faible que possible car elle reflète la quantité de nutriments disponibles pour les bactéries du biofilm. Une diminution peut être le signe d'un développement bactérien ; une augmentation indique des pollutions survenant sur le réseau. La turbidité des eaux doit aussi rester faible. Une concentration en chlore libre élevée participe à la limitation du développement des biofilms. Enfin, le suivi des produits de corrosion (métaux essentiellement) peut apporter des informations utiles pour une détection précoce de dysfonctionnements (144).

Procédés de traitement des réseaux contaminés

Lorsque les seuils fixés en matière de contamination par légionelles ne sont pas respectés, le responsable des installations est tenu de mettre en œuvre des mesures correctives en vue de restaurer la qualité de l'eau. Il est aussi possible d'envisager une utilisation préventive des procédés évoqués ici, en traitant le réseau de façon périodique sans attendre de disposer d'indices de contamination massive de l'eau. Cette approche « préventive » est préférentiellement de type discontinu, en injectant, par exemple une fois par mois, une solution désinfectante. Le protocole peut alors être déterminé en fonction de la rapidité de la recontamination de l'installation (à apprécier au cas par cas). Différents procédés sont susceptibles d'être utilisés, les conditions générales étant de s'assurer, d'une part, que les produits chimiques utilisés sont effectivement autorisés pour ce type d'usage et, d'autre part, que les matériaux constitutifs du réseau sont compatibles avec le procédé retenu.

Le nettoyage peut être chimique (emploi de mélanges d'acide chlorhydrique ou sulfamique avec un inhibiteur de corrosion de type acide phosphorique). Il s'agit alors de dissoudre les différents dépôts de carbonate de calcium et d'hydroxydes de fer. Ces produits ont une action très rapide (quelques heures au maximum) et doivent être utilisés à froid. Des procédés de nettoyage à l'eau seule ou par injection d'air et d'eau sont aussi proposés, pour limiter les dégradations des matériaux dues aux produits chimiques. Des vitesses élevées sont alors nécessaires pour décrocher les dépôts. La désinfection, qui suit les opérations de nettoyage, peut être réalisée par procédé thermique (ou « choc thermique »), en faisant circuler de l'eau à +70 °C pendant trente minutes dans la totalité du réseau. Une vidange est ensuite nécessaire. Il s'agit là d'une approche particulièrement contraignante, dès lors qu'il importe de prévenir tout risque de brûlure accidentelle en condamnant des portions de réseau jusqu'à ce qu'une purge complète soit achevée. De plus, il s'agit là d'une option coûteuse en énergie et susceptible de provoquer des dégradations importantes des matériels au contact de l'eau (161) : ce procédé est à éviter en particulier si les matériels sont constitués de matières plastiques et surtout d'acier galvanisé. Enfin, toutes les installations ne sont pas conçues pour assurer une montée en température suffisante.

La désinfection chimique peut être conduite selon différents protocoles, comme l'indique le tableau VI. Classiquement, le recours à des dérivés chlorés (« choc chloré ») est proposé en première intention. Il importe cependant de prendre en compte la faible activité de ce type de produits en conditions de pH alcalin. De plus, les phénomènes de corrosion sont majorés, de sorte que la répétition des chocs chlorés peut aboutir à une dégradation importante des installations.

Le recours au dioxyde de chlore semble une voie d'avenir, avec pour avantages notables une plus grande tolérance vis-à-vis du pH et un moindre effet de corrosion. La mise en place de dispositifs de désinfection par UV (par exemple sur les boucles de circulation d'eau) peut être une autre option innovante, sans effet sur la corrosion mais dépourvue cependant d'effet rémanent. Les produits à base de peroxyde d'hydrogène et de sels d'argent sont aussi largement utilisés actuellement (162). Enfin, des travaux de recherche récents (163-166) ont permis de démontrer l'intérêt d'un apport d'un mélange cuivre-argent sous forme ionisée pour contrôler le développement de biofilm en milieu hydrique, sans

Tableau VI. Principaux procédés de désinfection utilisables pour la lutte contre les légionelles (1).

Produit	Protocole préconisé pour un traitement curatif
Composés chlorés produisant des hypochlorites hypochlorite de sodium, chlore moléculaire, hypochlorite de calcium)	100 mg/l de chlore libre pendant 1 heure ou 50 mg/l de chlore libre pendant 12 heures ou 15 mg/l de chlore libre pendant 24 heures
Dichloroisocyanurates	100 mg/l en équivalent chlore libre pendant 1 heure ou 50 mg/l en équivalent chlore libre pendant 12 heures ou 15 mg/l en équivalent chlore libre pendant 24 heures
Péroxyde d'hydrogène mélangé avec argent	100 à 1 000 mg/l de péroxyde d'hydrogène pour un temps de contact fonction de la concentration en désinfectant et pouvant aller jusqu'à 12 heures
Acide péracétique en mélange avec H_2O_2	1 000 ppm en équivalent H_2O_2 pendant 2 heures
Soude	pH supérieur à 12 pendant au moins une heure
Choc thermique	+ 70 °C pendant au moins 30 minutes

que l'efficacité de cette méthode sur les légionelles ne soit spécifiquement démontrée.

Il convient, à l'issue de la désinfection, d'étudier l'opportunité de réaliser un traitement protecteur, à base par exemple de polyphosphates alcalins, d'orthophosphates ou de silicates (sodium, calcium) pour enrayer le phénomène de corrosion des installations.

Dans tous les cas, il importe d'insister sur le fait que les procédés évoqués ici n'ont qu'un effet temporaire, et qu'il est illusoire de fonder la lutte contre les légionelles sur la réalisation épisodique d'actions de désinfection. Seule la gestion des facteurs favorisant la prolifération des légionelles est à même d'apporter une sécurité durable. Enfin, tout traitement chimique doit être suivi d'un rinçage soigneux afin de restaurer une qualité d'eau conforme à la réglementation.

Traçabilité

Toutes les données relatives à la lutte contre la contamination des réseaux par des légionelles doivent faire l'objet d'un archivage au sein du fichier sanitaire de l'installation prévu par le Code de la santé publique (parfois appelé « carnet sanitaire » dans certains guides spécifiques). Il importe en particulier de disposer de plans des réseaux à jour, d'un descriptif des actions de maintenance et de surveillance, des données issues de la surveillance (relevés de température), de la preuve de la réalisation effective des mesures de maintenance prédéfinies, des données analytiques, du descriptif des actions menées en cas de constat d'une contamination du réseau.

Contrôle

La réalisation d'opérations de contrôle de la bonne application des dispositions réglementaires applicables en matière de légionellose est confiée, en secteur civil, aux Agences régionales de santé. Cette activité concerne fondamentalement les établissements visés par l'arrêté du 1er février 2010 (128) et tout particulièrement (129) les établissements de santé et les établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées et les établissements dont la fréquentation a été reliée à la survenue de cas de légionellose. En ce qui concerne le ministère de la Défense, les intervenants en charge de missions de contrôle peuvent être selon les cas le Contrôle général des armées et les Services vétérinaires des armées.

Le Contrôle général des armées (CGA), inspection du travail dans les armées (CGA/ITA), dispose de prérogatives de contrôle de l'application des dispositions du Code du travail. Il intervient à ce titre dans la vérification des conditions de travail offertes aux personnels de la Défense (167), en particulier au regard de la prévention de la légionellose. Le Service de santé des armées, et plus précisément les Services vétérinaires des armées territorialement compétents, sont pour leur part en charge de missions de contrôle dans le domaine de la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine (120, 168), donc en particulier des eaux chaudes sanitaires. Ils se substituent ainsi aux Agences régionales de santé, pour les sites de la Défense. Même si cette répartition des responsabilités peut sembler redondante, il s'agit là d'un schéma assez classique. Au niveau d'un établissement recevant du public, le CGA s'assure de la protection de la santé des personnels employés dans l'établissement, là où le contrôle vétérinaire concerne de manière plus générale toutes les personnes fréquentant le site. Un arrêté ministériel en cours de publication doit venir prochainement expliciter cette approche de l'organisation du contrôle (169).

Cas des tours aéroréfrigérantes

Bases réglementaires

La réglementation française a pris en compte de manière très contraignante les problèmes de santé publique que peuvent générer les tours aéroréfrigérantes, en tant que sources de dispersion d'agents microbiens dans l'air. Le décret 2004-1331 du 1er décembre 2004 (170) a introduit une modification de la nomenclature des installations classées, avec la création d'une rubrique spécifique relative aux équipements de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Il s'agit de la rubrique 2921. De ce fait, les TAR mais également tout autre équipement de refroidissement associant un système de pulvérisation d'eau, de type « *Dry* adiabatique » et « *Dry* arrosé hybride », sont des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) au sens de l'article L.511-1 du

Code de l'environnement (171). La réglementation établit une distinction entre les tours à circuit ouvert et les tours à circuit fermé. Les tours à circuit ouvert de puissance supérieure ou égale à 2 000 kW par site seront soumises à autorisation préfectorale (172). Les autres seront soumises à déclaration (173). Dans tous les cas, des prescriptions techniques sont définies, qui visent à limiter le risque d'aérosolisation de légionelles.

Le principe retenu par le législateur français d'un recensement obligatoire des TAR par l'intermédiaire des procédures administratives de déclaration ou d'autorisation constitue un élément fondamental de la prévention, qui permet aux services de l'État d'exercer leur pouvoir de contrôle des installations et facilite les enquêtes lorsque des cas groupés de légionellose sont constatés. Il est à noter que nos voisins européens n'ont pas tous une approche aussi rigoureuse. La déclaration des tours aéroréfrigérantes n'est obligatoire que dans neuf pays de l'Union européenne (174) et relève plus souvent d'une démarche volontaire des exploitants (175). Le recensement des TAR constitue pourtant un outil essentiel dans la conduite des enquêtes lorsque des cas groupés de légionellose surviennent.

Application au ministère de la Défense

Le Code de l'environnement est, d'une manière générale, applicable en métropole et dans les départements d'outre-mer. Le ministère de la Défense ne fait pas exception à cette règle, même si des modalités spécifiques de gestion des procédures administratives ont été définies. Pour ce qui concerne les installations classées pour la protection de l'environnement implantées sur des sites de la Défense, l'article L.517-1 du Code de l'environnement (171) confie au ministre de la Défense les pouvoirs qui sont normalement attribués aux préfets au niveau des départements. Ce sont des considérations tenant à la protection du secret de la défense nationale dans les enceintes militaires qui ont conduit à charger des agents du ministère de la Défense de fonctions normalement exercées par des fonctionnaires relevant de l'administration territoriale. L'article R.517-1 du Code de l'environnement (176) fixe la liste des installations concernées. Les articles R.517-2 à R.517-5 définissent les particularités du ministère de la Défense dans ce domaine et l'article R.517-6 crée une inspection propre au ministère de la Défense, l'inspection des installations classées de la Défense du contrôle général des armées (CGA/IIC).

Pour l'application des dispositions du Code de l'environnement, une réglementation spécifique du ministère de la Défense définit les processus administratifs de décision en matière d'autorisation ainsi que l'organisation des contrôles visant les ICPE. L'arrêté du 15 mai 2000 (177) traite des modalités d'exercice des polices administratives des installations classées, au sein des organismes relevant du ministre de la Défense. La répartition des compétences en matière de police administrative a été modifiée par l'arrêté du 31 mai 2010 (178), portant organisation de la direction de la mémoire, du patrimoine et des archives, au sein de laquelle la sous-direction de l'immobilier et de l'environnement est désormais chargée d'établir les actes réglementaires et récépissés liés aux installations classées. L'autre particularité du ministère est liée à l'existence des installations nucléaires de base secrètes, pour lesquelles la police administrative des ICPE est exercée par le délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense (DSND). L'arrêté du 24 mars 2003 (179) définit le partage des compétences entre le DSND et le CGA/IIC.

Le Code de l'environnement et les textes qui en découlent identifient le responsable juridique de toute ICPE sous l'appellation d'exploitant, en charge de la mise en œuvre de la réglementation. Il est justiciable des sanctions pénales prévues par le Code de l'environnement en cas de non respect des prescriptions réglementaires. Traditionnellement, pour ce qui concerne le ministère de la Défense, l'exploitant était le chef de l'établissement, de la formation ou du service mettant en œuvre une installation classée, s'appuyant sur un chargé d'environnement formé dans ce domaine. Cette approche est en cours de remise en cause depuis la création des bases de Défense. Désormais, pour toutes les installations classées considérées comme relevant du soutien commun, catégorie à laquelle les TAR appartiennent en principe, la fonction d'exploitant a vocation à revenir au chef du Groupement de soutien de la base de Défense (GSBDD) d'implantation (180).

Les conditions d'application de la réglementation par l'exploitant sont, au sein du ministère de la Défense contrôlées par l'inspection des installations classées du contrôle général des armées (CGA/IIC). Cependant, il s'agit là d'un contrôle à caractère administratif. La réglementation confie en effet le contrôle technique spécifique des TAR à des organismes spécialisés, bénéficiant d'un agrément du ministre chargé de l'environnement dans le domaine de la prévention des légionelles (181). Le préalable à cet agrément est l'obtention d'une accréditation selon la norme NF EN ISO/CEI 17020 (182) par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou par tout autre organisme d'accréditation équivalent européen. Ces contrôles sont réalisés, dans le cas général, dans le mois qui suit la mise en service de la TAR puis au minimum tous les deux ans. À l'issue de chaque contrôle, l'organisme établit un rapport adressé à l'exploitant de l'installation contrôlée. Ce rapport mentionne les non-conformités constatées et les points sur lesquels des mesures correctives ou préventives peuvent être mises en œuvre.

Principes de la prévention

Appliquée au cas des TAR, la stratégie de prévention se heurte à la difficulté d'empêcher la contamination des réseaux d'eau par les légionelles, du fait de l'absence de maîtrise de la température ; il demeure néanmoins possible de limiter ce phénomène. Par ailleurs, l'émission des aérosols peut être réduite.

Les actions à mener sont précisées dans différents documents à caractère réglementaire. Sur la base des prescriptions du décret du 1er décembre 2004 (170), les deux arrêtés ministériels du 13 décembre 2004 (172, 173) développent les mesures de prévention et de surveillance du risque légionelles spécifiques des

installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Le ministère de l'Écologie et du Développement durable propose par ailleurs des documents à vocation pratique destinés aux responsables de la mise en œuvre des TAR (183-185).

Implantation et conception des installations

La mise en place d'une obligation réglementaire d'autorisation des installations de grande capacité, préalable indispensable à leur mise en service, constitue un élément essentiel pour limiter l'exposition des personnes au panache issu des TAR. En effet, la réglementation définit des règles d'implantation de ces équipements. Il s'agit en particulier d'éviter que les rejets d'air potentiellement chargés d'aérosols ne soient effectués ni au droit d'une prise d'air, ni au droit d'ouvrants. Ils ne doivent pas pouvoir être siphonnés dans les conduits de ventilation d'immeubles avoisinants (172). L'agencement des TAR doit aussi faciliter les opérations de maintenance, notamment l'accès aux parties internes.

Pour réduire l'émission des aérosols, les TAR doivent être équipées d'un dispositif de limitation des entraînements vésiculaires. Le taux d'entraînement vésiculaire attesté par le fournisseur doit être inférieur à 0,01 % du débit d'eau.

À l'image des réseaux de distribution des eaux chaudes sanitaires, les TAR doivent être conçues de manière à limiter la formation de biofilms. Les circuits où circulent les eaux ne doivent pas comprendre de bras morts et les matériaux utilisés ne doivent, autant que possible, pas être sensibles à la corrosion. Des dispositifs permettant la vidange du circuit d'eau doivent être prévus. Enfin, l'ensemble de l'installation doit être facile à nettoyer et à désinfecter, ce qui suppose l'absence de recoins inaccessibles pour les opérations d'entretien hygiénique.

Mise en œuvre des TAR

En ce qui concerne la mise en œuvre des TAR, la réglementation impose la conception et l'application d'un plan d'entretien préventif, impliquant des opérations de nettoyage et de désinfection de l'installation. L'objectif est de maintenir en permanence la concentration en légionelles dans l'eau du circuit à un niveau inférieur à 1 000 UFC par litre d'eau et de limiter d'une manière générale la colonisation bactérienne des surfaces en contact avec l'eau. Contrairement au cas des réseaux de distribution d'eaux chaudes sanitaires, il est impossible d'intervenir sur la température des eaux. De ce fait, la solution consiste à réaliser un traitement chimique ou autre, continu ou discontinu, pour désinfecter régulièrement les circuits de distribution d'eau mais aussi toutes les surfaces de l'installation en contact avec l'eau du circuit où pourrait se développer un biofilm. Le traitement biocide doit être particulièrement drastique. L'injection du biocide seul n'est souvent pas suffisante (100) et des agents dispersants sont généralement associés pour assurer un décrochage des biofilms. Par ailleurs, un traitement en continu est préférable car des injections ponctuelles de biocide ne conduisent qu'à une réduction passagère de la contamination : la prolifération des légionelles reprend dès l'arrêt du traitement (186, 187).

La conception de ce plan d'action doit reposer sur une analyse méthodique des risques de développement de légionelles. Différentes méthodologies peuvent être mises en place, comme la méthode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) ou encore la méthode HAZOP pour *HAZard OPerability*, plus particulièrement adaptée à l'examen des circuits thermo-hydrauliques. Il importe alors de considérer non seulement les conditions de fonctionnement normales, mais aussi les situations plus exceptionnelles, afin que l'analyse des risques soit la plus exhaustive possible. Cette analyse méthodique des risques aura aussi pour but d'identifier les éléments de la surveillance de la TAR.

Un arrêt complet de l'installation pour réaliser une purge et un nettoyage complets, avec en particulier un nettoyage mécanique, est imposé par la réglementation selon une fréquence au minimum annuelle (172). Si l'arrêt annuel est impossible, l'exploitant doit proposer au service en charge du contrôle, en l'occurrence l'inspection des installations classées du Contrôle général des armées, des mesures compensatoires. En dehors de ces protocoles annuels, il importe de veiller à réaliser de la même manière une purge et un cycle de nettoyage et désinfection après tout arrêt de l'installation, le risque de dispersion de grandes quantités de légionelles étant majeur lors des phases de remise en service des TAR (101, 102).

La protection des personnels intervenant à proximité ou sur les TAR pour des opérations de maintenance, d'entretien ou de nettoyage s'appuie sur leur information, qui doit être tracée, sur des mesures d'organisation du travail (arrêt du fonctionnement de la tour) et sur le port obligatoire d'équipements de protection individuelle. En particulier, l'utilisation des nettoyeurs à haute pression génère des aérosols et expose donc les opérateurs au risque d'inhalation de légionelles détachées des surfaces par le jet d'eau.

Surveillance

En complément de la réalisation des opérations planifiées d'entretien de la TAR, l'exploitant doit mettre en place des indicateurs, essentiellement physico-chimiques et microbiologiques, qui doivent lui permettre de monitorer l'installation technique dans la perspective de pouvoir identifier les éventuelles dérives et dysfonctionnement et mettre en œuvre en conséquence des actions correctrices.

La définition des paramètres et des modalités de cette surveillance découle de la connaissance des installations et des options retenues pour leur entretien technique et hygiénique. Elle constitue l'aboutissement final de l'analyse des risques. Afin de faciliter la tâche des exploitants, le ministère de l'Écologie et du Développement durable encourage la consultation d'un document d'aide (188)

conçu spécifiquement à cet usage par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS). L'INERIS met en avant l'importance d'une prise en compte au cas par cas des conditions de fonctionnement de l'installation suivie, en particulier pour le choix des indicateurs analytiques et de leurs valeurs cibles. Il propose trois types d'indicateurs, visuels, de fonctionnement de l'installation et analytiques, même si ces derniers sont les seuls que la réglementation évoque de manière explicite. Comme pour toute activité de surveillance, les indicateurs retenus doivent être mesurables facilement et apporter une information aisément interprétable et utilisable en pratique.

Les indicateurs visuels sont en pratique d'une grande importance et ne doivent jamais être négligés. Il s'agit d'observer l'environnement de l'installation et l'installation elle-même (propreté des surfaces, état physique).

Les indicateurs de fonctionnement sont essentiellement destinés à garantir que le fonctionnement de la TAR est optimisé, avec un risque limité d'entartrage, de corrosion, d'absence ou d'excès de produits de traitement… Par exemple, un suivi des performances de la tour en terme d'efficacité de refroidissement de l'eau (différentiel de température entre l'entrée et la sortie) apporte une indication sur un éventuel encrassement au niveau du corps d'échange.

Pour ce qui est des paramètres physico-chimiques, ils doivent être facilement mesurables avec des équipements de terrain. Il s'agit en particulier de suivre la concentration en biocide oxydant dans le circuit d'eau ou des paramètres de corrosion comme la turbidité ou la concentration en fer dans l'eau.

Les deux indicateurs biologiques proposés sont la flore « totale » et les légionelles. Leur suivi relève du laboratoire d'analyses et n'entre pas véritablement dans le cadre de la surveillance au sens strict.

D'une manière générale, il importe d'insister sur la nécessité d'une approche globale de pilotage de l'installation et de mise en œuvre des bonnes pratiques d'hygiène, sous la responsabilité de l'exploitant. Le plus souvent, au sein du ministère de la Défense, l'ensemble des opérations de maintenance est confié à un sous-traitant spécialisé. Cette approche ne décharge pas le chef d'établissement de sa responsabilité juridique et il importe que le chargé de prévention de l'établissement exerce pleinement la supervision des prestations de l'entreprise sous-traitante, le suivi des données issues de la surveillance et du contrôle analytique et la mise en œuvre des actions correctives rendues nécessaires. La formation des chargés de prévention dans ce domaine est assurée au sein du ministère par le Centre de formation de la Défense à Bourges.

6.3.7 Suivi analytique

Le suivi analytique des installations proposé par l'INERIS concerne la flore « totale » et les légionelles. En pratique cependant, si le dénombrement des légionelles est incontournable, car il figure parmi les obligations réglementaires, l'intérêt de dénombrer la flore totale dans une eau dont la concentration en biocide est en principe maîtrisée est plus discutable. Par ailleurs, il est démontré (100) que le niveau de la flore bactérienne dans l'eau n'est pas corrélé aux valeurs des dénombrements de *Legionella pneumophila*. La flore totale apparaît donc comme un indicateur peu fiable au regard du risque de dispersion de légionelles dans l'air.

Pour ce qui concerne les légionelles, les arrêtés du 13 décembre 2004 (172, 173) définissent de manière explicite les modalités du contrôle de la concentration en *Legionella spp.* et la périodicité des prélèvements.

Les prélèvements doivent être effectués selon les modalités fixées par la norme NF T90-431. L'opérateur en charge du prélèvement doit être formé à cet effet. Les prélèvements concernent les eaux du circuit de refroidissement, hors influence de l'eau d'appoint. Le point de prélèvement est déterminé par l'exploitant et ne change pas au cours du temps, de façon à pouvoir comparer les résultats des analyses successives. Le conditionnement des échantillons implique d'utiliser un neutralisant de l'agent biocide utilisé dans le circuit d'eau.

La fréquence des prélèvements et analyses est au minimum mensuelle pendant la période de fonctionnement de l'installation pour les TAR soumises à autorisation, et bimestriels pour les TAR soumises à déclaration. En plus du dénombrement des légionelles, le laboratoire procède à une mesure du pH, de la conductivité et de la turbidité de l'eau au lieu du prélèvement. Il est à noter que certains pays d'Europe imposent des analyses hebdomadaires (174).

Pour les deux types de TAR, lorsque les résultats des analyses sont inférieurs à 1 000 unités formant colonies par litre d'eau pendant une période d'au moins 12 mois consécutifs, la fréquence des prélèvements et analyses pourra être trimestrielle.

Les laboratoires chargés des analyses doivent être accrédités selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le Comité français d'accréditation (COFRAC).

Il est à noter que l'inspection des installations classées du CGA peut demander à tout moment la réalisation de prélèvements et analyses supplémentaires, si la situation le justifie.

Conduite à tenir en cas de contamination avérée

Lorsque les résultats des analyses réalisées en application de la réglementation mettent en évidence une concentration en *Legionella spp.* supérieure ou égale à 1 000 UFC par litre d'eau et inférieure à 100 000 UFC par litre d'eau, l'exploitant est tenu de prendre des dispositions pour nettoyer et désinfecter l'installation, de façon à s'assurer d'un retour à un niveau de contamination inférieur à 1 000 UFC par litre d'eau. La vérification de l'efficacité du nettoyage et de la désinfection est réalisée par un prélèvement dans les deux semaines consécutives à l'action corrective. Le traitement et la vérification de son efficacité sont renouvelés tant que la concentration mesurée en *Legionella spp.* reste supérieure ou égale à 1 000 UFC par litre d'eau.

À partir de trois mesures consécutives indiquant des concentrations supérieures à 1 000 UFC par litre d'eau, l'exploitant devra procéder à l'actualisation de l'analyse méthodique des risques de développement des légionelles dans l'installation, en prenant notamment en compte la conception de l'installation, sa conduite, son entretien et son suivi.

Si le résultat de l'analyse selon la norme NF T90-431 rend impossible la quantification de *Legionella spp.* en raison de la présence d'une flore interférente, l'exploitant prend des dispositions pour nettoyer et désinfecter l'installation.

Dans le cas où les contrôles périodiques mettent en évidence une concentration en *Legionella spp.* supérieure ou égale à 100 000 UFC par litre d'eau, l'exploitant arrête dans les meilleurs délais l'installation de refroidissement, selon une procédure qu'il aura préalablement définie, et réalise la vidange, le nettoyage et la désinfection de l'installation de refroidissement. Dès réception des résultats selon la norme NF T90-431, l'exploitant en informe immédiatement le CGA/IIC par télécopie. Avant la remise en service de l'installation, il procède à une analyse méthodique des risques de développement des légionelles dans l'installation, ou à l'actualisation de l'analyse existante. Le plan d'actions correctives, ainsi que la méthodologie mise en œuvre pour analyser cet incident sont enregistrés. L'exploitant met en place les mesures d'amélioration prévues. Quarante huit heures après cette remise en service, l'exploitant réalise un prélèvement pour analyse des légionelles. Dès réception des résultats de ce prélèvement, un rapport global sur l'incident est transmis au CGA/IIC. L'analyse des risques est jointe au rapport d'incident. Le rapport précise l'ensemble des mesures de vidange, nettoyage et désinfection mises en oeuvre, ainsi que les actions correctives définies et leur calendrier de mise en œuvre. Un plan de contrôle analytique renforcé est ensuite appliqué durant les trois mois qui suivent l'incident.

Traçabilité

La gestion sanitaire et technique des TAR donne lieu à la mise en place par l'exploitant d'un carnet de suivi, destiné à reporter l'historique des évènements et modalités d'entretien technique. Il constitue une base de données exploitable pour une meilleure gestion, mais aussi un élément de preuve de la bonne prise en compte des exigences réglementaires. Les données devant figurer dans ce carnet sont le descriptif des installations, tenu à jour, les éléments de l'analyse des risques, les données recueillies dans le cadre de la surveillance, les résultats des analyses et le détail des actions correctives mises en œuvre le cas échéant.

L'exploitant tient le rapport à la disposition de l'inspection des installations classées.

Conclusion

Sans constituer réellement une préoccupation sanitaire de premier plan, la légionellose apparaît comme une maladie dont l'incidence est en augmentation en France. Ce constat explique en grande partie le renforcement récent des exigences réglementaires applicables en vue d'assurer une meilleure prévention de cette maladie. Le ministère de la Défense est largement concerné par cette démarche préventive, au niveau des tours aéro-réfrigérantes comme des nombreuses installations de distribution d'eaux chaudes sanitaires. L'essentiel réside dans une conception adaptée des circuits véhiculant des eaux chaudes, limitant la stagnation et la corrosion, ainsi que dans un pilotage de la température des eaux afin d'atteindre des valeurs toujours supérieures à +50 °C. Des analyses d'eau peuvent utilement participer à la vérification de l'efficacité des mesures en place.

La réorganisation récente des armées pose la question de la responsabilité, à terme, des chefs d'établissement en ce qui concerne la mise en œuvre des actions de prévention, en particulier dans la mesure où les moyens d'action sont de plus en plus largement transférés aux chefs des Groupements de soutien des bases de Défense. Si la question semble désormais tranchée pour ce qui concerne les tours aéroréfrigérantes, il demeure des interrogations dans le cas des eaux chaudes sanitaires, auxquelles il importe d'apporter des réponses rapides.

Principales abréviations utilisées

ARS : Agence régionale de santé.
CESPA : Centre d'épidémiologie et de santé publique des armées.
CGA : Contrôle général des armées.
CGA/ITA : Inspection du travail dans les armées du contrôle général des armées.
CGA/IIC : Inspection des installations classées du contrôle général des armées.
CLIN : Comité de lutte contre les infections nosocomiales.
CMA : Centre médical des armées.
COFRAC : Comité français d'accréditation.
DRSSA : Direction régionale du Service de santé des armées.
DSND : Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense.
GSBDD : Groupement de soutien de base de Défense.
ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement.
INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques.
TAR : Tour aéroréfrigérante.
UFC : Unité formant colonie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Gestion du risque lié aux légionelles. Guide du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, novembre 2001.
2. Jarraud S, Reyrolle M, Meugnier H, Forey F, Etienne J. Légionellose. www.orpha.net/data/patho/Pro/fr/Legionellose-FRfrPro815v01.pdf, 25/11/2011.
3. Ulloa MT. *Legionella pneumophila*. Rev Chil Infect 2008; 25: 208.
4. Frere J. Légionelles et légionellose. Bulletin de l'Association française des techniques hydrothermales 2009;20:11-6.
5. Établissements de tourisme – Éléments pour la gestion du risque de prolifération de légionelles dans les réseaux d'eau. Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative Éditeur; 2008: 32 p.
6. Carratala J, Garcia-Vidal C. An update on Legionella. Curr Opin Infect Dis 2010; 23: 152-7.
7. Hilbi H, Jarraud S, Hartland E, Buchrieser C. Update on Legionnaires' disease: pathogenesis, epidemiology, detection and control. Mol Microbiol 2010; 76: 1-11.
8. Dowling J, Saha A, Glew R. Virulence factors of the family *Legionellaceae*. Microbiol Reviews 1992;56:32-60.
9. Edelstein P, Beer K, DeBoynton E. Influence of growth temperature on virulence of *Legionella pneumophila*. Infect Immun 1987; 55: 2701-5.
10. Mauchline S, Brian J, Fitzgeorge R, Dennis J, Keevil W. Growth temperature reversibly modulates the virulence of *Legionella pneumophila*. Infect Immun 1994; 62: 2995-7.
11. Hruba L. The colonization of hot water systems by *Legionella*. Ann Agric Environ Med 2009; 16: 115-9.
12. Cazalet C, Rusniok C, Brüggemann H, Zidane N, Magnier A, Ma L, et al. Evidence in the *Legionella pneumophila* genome for exploitation of host cell functions and high genome plasticity. Nature Genetics 2004; 36: 1165-73
13. Décret N° 87-1012 du 11 décembre 1987 modifiant le décret N° 86-770 du 10 juillet 1986 fixant la liste des maladies dont la déclaration est obligatoire en application de l'article L.11 du Code de la santé publique. Journal officiel de la République française du 18 décembre 1987.
14. Légionellose, dossier thématique de l'Institut de veille sanitaire. www.invs.sante.fr/surveillance/legionellose, 20/11/2011.
15. Campèse C, Jarraud S, Maine C, Che D. La légionellose en France : augmentation du nombre de cas en 2010. Bull Epidemiol Hebd 2011; 29-30: 325-7.
16. Berger F, Massit B, Deparis X, Verret C, Haus-Cheymol R, Mayet A, et al. Légionellose dans les armées : résultats de la surveillance épidémiologique en 1992 – 2005. Rapport technique : 24 p.
17. Merens A, Garrabe E, Cavallo J-D. Actualités sur la légionellose. Médecine et Armées 2003; 31: 421-8.
18. Glossaire des souches endémiques *Legionella pneumophila* sérogroupe 1 analysées au CNR des légionelles. http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/hcl2004/CNR_legionelles, 11/11/2011.
19. Campèse C, Jarraud S, Bitar D, Maine C, Che D. Les légionelloses survenues en France en 2004. Bull Epidemiol Hebd 2005; 26: 129-32.
20. Girard L, Gregson D. Community-acquired lung abscess caused by *Legionella micdadei* in a myeloma patient receiving thalidomide treatment. J Clin Microbiol 2007; 45: 3135-7.
21. Widmer A, Hohl P, Dirnhofer S, Bassetti S, Marsch S, Frei R. *Legionella bozemanii*, an elusive agent of fatal cavitary pneumonia. Infection 2007; 35: 180-1.
22. Joly J, Dery P, Gauvreau L, Cote L, Trepanier C. Legionnaires' disease caused by *Legionella dumoffii* in distilled water. Can Med Assoc J 1986; 135: 1274-7.
23. Edelstein P, Pryor E. A New Biotype of *Legionella dumoffii*. J Clin Microbiol 1985; 21: 641-2.
24. Muder R, Yu V. Infection due to *Legionella* species other than L. *pneumophila*. Emerg Infect 2002; 35: 990-8.
25. Whiley H, Bentham R. *Legionella longbeachae* and Legionellosis. Emerg Infect Dis 2011; 17: 579-83.
26. McDonough E, Metzgar D, Hansen C, Myers C, Russell K. A cluster of *Legionella-associated pneumonia* cases in a population of military recruits. J Clin Microbiol 2007; 45: 2075-7.
27. Godet C, Frat JP, Le Moal G, Roblot F, Michalakis G, Cabon E, et al. Legionnaire's pneumonia: is there really an interstitial disease ? Eur J Radiol 2007; 67: 150-3.
28. Yu H, Higa F, Koide M, Haranaga S, Yara S, Tateyama M, et al. Lung abscess caused by *Legionella species*: implication of the immune status of hosts. Intern Med 2009; 48: 1997-2002.
29. Fiumefreddo R, Zaborsky R, Haeuptle J, Christ-Crain M, Trampuz A, Steffen I, et al. Clinical predictors for *Legionella* in patients presenting with community-acquired pneumonia to the emergency department. BMC Pulm Med 2009; 9: 4.
30. Bellmann-Weiler R, Ausserwinkler M, Kurz K, Theurl I, Weiss G. Clinical potential of C-reactive protein and procalcitonin serum concentrations to guide differential diagnosis and clinical management of pneumococcal and *Legionella pneumonia*. J Clin Microbiol 2010; 48: 1915-7.
31. Tronel H, Hartemann P. Overview of diagnostic and detection methods for legionellosis and *Legionella spp*. Lett Appl Microbiol 2009; 48: 653-6.
32. Murdoch D. Diagnosis of *Legionella* infection. Clin Infect Dis 2003; 36: 64-9.
33. Benson R, Tang P, Fields B. Evaluation of the Binax and Biotest urinary antigen kits for detection of Legionnaires'disease due to multiple serogroups and species of *Legionella*. J Clin Microbiol 2000; 38: 2763-5.
34. Kazandjian D, Chiew R, Gilbert G. Rapid diagnosis of *Legionella pneumophila* Serogroup 1 infection with the Binax Enzyme Immunoassay Urinary Test Antigen. J Clin Microbiol 1997; 35: 954-6.
35. Shimada T, Noguchi Y, Jackson J, Miyashita J, Hayashino Y, Kamiya T, et al. Systematic review and metaanalysis: urinary antigen tests for Legionellosis. Chest 2009; 136: 1576-85.
36. Pedro-Botet M, Yu V. Treatment strategies for *Legionella* infection. Expert Opin Pharmacother 2009; 10: 1109-21.
37. Garcia-Vidal C, Carratalà J. Current clinical management of Legionnaires' disease. Expert Rev Anti Infect Ther 2006; 4: 995-1004.
38. Pedro-Botet L, Yu V. *Legionella* : macrolides or quinolones ? Clin Microbiol Infect 2006; 12, Suppl 3: 25-30.
39. Agence Française de sécurité sanitaire des produits de santé. Traitement antibiotique de la légionellose chez l'adulte – Mise au point du 13/07/2011. http://www.afssaps.fr/. 12/11/2011.
40. Mykietiuk A, Carratalà J, Fernández-Sabé N, Dorca J, Verdaguer R, Manresa F, et al. Clinical outcomes for hospitalized patients with *Legionella pneumonia* in the antigenuria era: the influence of levofloxacin therapy. Clin Infect Dis 2005; 40: 794-9.
41. Haeuptle J, Zaborsky R, Fiumefreddo R, Trampuz A, Steffen I, Frei R, et al. Prognostic value of procalcitonin in *Legionella pneumonia*. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 2009; 28: 55-60.
42. Guide d'investigation et d'aide à la gestion du risque lié aux légionelles. Ministère de la Santé et des Solidarités Éditeur, 2005, 67 pages.
43. Circulaire N°DGS/SD5C/SD7A/DESUS/2005/323 du 11 juillet 2005 relative à la diffusion du guide d'investigation et d'aide à la gestion d'un ou plusieurs cas de légionellose.
44. Circulaire DHOS\E2 - DGS\SD5C N° 21 du 22 janvier 2004 relative au signalement des infections nosocomiales et à l'information des patients dans les établissements de santé.
45. Circulaire DGS/DPPR/DGSNR/DRT N° 206/213 du 15 mai 2006 relative aux modalités d'organisation des services de l'État en cas de survenue de cas groupés de légionellose.
46. Joseph C, Yadav R, Ricketts K. Travel-associated Legionnaires disease in Europe in 2007. Euro Surveill 2009; 14: 191-6.
47. Winn W. Legionnaire's disease : historical perspective. Clin Microbiol Rev 1988; 1: 60-81.
48. Borella P, Montagna M, Romano-Spica V, Stampi S, Stancanelli G, Triassi M, et al. *Legionella* infection risk from domestic hot water. Emerg Infect Diseases 2004; 10: 457-64.
49. Goutziana G, Mouchtouri V, Karanika V, Kavagias A, Stathakis N, Gourgoulianis K, et al. *Legionella species* colonization of water distribution systems, pools and air conditioning systems in cruise ships and ferries. BMC Public Health 2008; 8: 390-7.

50. Arvand M, Jungkind K, Hack A. Contamination of the cold water distribution system of health care facilities by *Legionella pneumophila* : do we know the true dimension ? Euro Surveill 2011; 16: 19844-9.
51. Zacheus O, Martikainen P. Effect of heat flushing on the concentrations of *Legionella pneumophila* and other heterotrophic microbes in hot water systems of apartment buildings. Can J Microbiol 1996; 42: 811-8.
52. Camper A, Burr M, Ellis B, Butterfield P, Abernathy C. Development and structure of drinking water biofilms and techniques for their study. J Appl Microbiol 1999; 85: 1S-12S.
53. Murga R, Forster T, Brown E, Pruckler J, Fields B et Donlan R. Role of biofilms in the survival of *Legionella pneumophila* in a model potable-water system. Microbiology 2001; 147: 3121-6.
54. Zacheus O, Lehtola M, Korhonen L, Martikainen P. Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution networks. Water Res 2001; 35: 1757-65.
55. Rogers J, Dowsett A, Dennis P, Lee J, Keevil C. Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth of *Legionella pneumophila* in potable water systems. Appl Environ Microbiol 1994; 60: 1842-51.
56. Christensen B, Haagensen J, Heydorn A, Molin S. Metabolic commensalism and competition in a two-species microbial consortium. App Environ Microbiol 2002; 68: 2495-502.
57. Watnick P, Kolter R. Biofilm, city of microbes. J Bacteriol 2000; 182: 2675-9.
58. Feazel L, Baumgartner L, Peterson K, Frank D, Harris J, Pace N. Opportunistic pathogens enriched in showerhead biofilms. PNAS 2009; 106: 16393-16399.
59. Gião M, Azevedo N, Wilks S, Vieira M, Keevil C. Interaction of *Legionella pneumophila* and *Helicobacter pylori* with bacterial species isolated from drinking water biofilms. BMC Microbiology 2011; 11: 57-66.
60. Buswell C, Herlihy Y, Marsh P, Keevil C, Leach S. Coaggregation amongst aquatic biofilm bacteria. J App Microbiol 1997; 83: 477-84.
61. Rickard A, Leach S, Hall L, Buswell C, High N, Handley P. Phylogenetic relationships and coaggregation ability of freshwater biofilm bacteria. App Environ Microbiol 2002; 68: 3644-50.
62. Valster R, Wullings B, Bakker G, Smidt H, Van der Kooij D. Free-living protozoa in two unchlorinated drinking water supplies, identified by phylogenic analysis of 18S rRNA gene sequences. Appl Environ Microbiol 2009; 75: 4736-46.
63. Ribas F, Perramon J, Terradillos A, Frias J, Lucena F. The *Pseudomonas* group as an indicator of potential regrowth in water distribution systems. J Appl Microbiol 2000; 88: 704-10.
64. Leoni E, Legnani P, Bucci-Sabattini M, Righi F. Prevalence of *Legionella spp.* in swimming pool environment. Water Res 2001; 35: 3749-53.
65. Philippe C, Blech MF, Hartemann P. Intra-amoebal development of *Legionella pneumophila* and the potential role of amoebae in the transmission of Legionnaires' disease. Med Mal Infect 2006; 36: 196-200.
66. Newsome A, Baker R, Miller R, Arnold R. Interactions between *Naegleria fowleri* and *Legionella pneumophila*. Infect Immun 1985; 50: 449-52.
67. Shadrach W, Rydzewski K, Laube U, Holland G, Ozel M, Kiderlen A, et al. *Balamuthia mandrillaris*, free-living amoeba and opportunistic agent of encephalitis, is a potential host for *Legionella pneumophila* bacteria. Appl Environ Microbiol 2005; 71: 2244-9.
68. Thomas V, Herrera-Rimann K, Blanc D, Greub G. Biodiversity of amoebae and amoeba-resisting bacteria in a hospital water network. Appl Environ Microbiol 2006; 72: 2428-38.
69. Thomas V, Loret J, Jousset M, Greub G. Biodiversity of amoebae and amoebae-resisting bacteria in a drinking water treatment plant. Environ Microbiol 2008; 10: 2728-45.
70. Kuiper M, Wullings B, Akkermans A, Beumer R, Van der Kooij D. Intracellular proliferation of *Legionella pneumophila* in *Hartmannella vermiformis* in aquatic biofilms grown on plasticized polyvinyl chloride. Appl Environ Microbiol 2004; 70: 6826-33.
71. Greub G, La Scola B, Raoult D. Amoebae-resisting bacteria isolated from human nasal swabs by amoebal coculture. Emerg Infect Diseases 2004; 10: 470-7.
72. Rowbotham T. Preliminary report on the pathogenicity of *Legionella pneumophila* for freshwater and soil amoebae. J Clin Pathol 1980; 33: 1179-83.
73. Ohno A, Kato N, Yamada K, Yamaguchi K. Factors influencing survival of *Legionella pneumophila* serotype 1 in hot spring water and tap water. Appl Environ Microbiol 2003; 69: 2540-7.
74. Steinert M, Emody L, Amann R et Hacker J. Resuscitation of viable but nonculturable *Legionella pneumophila* JR 32 by *Acantamoeba castellenii*. Appl Environ Microbiol 1997; 63: 2047-53.
75. Rowbotham T. Current views on the relationships between amoebae, legionellae and man. Isr J Med Sci 1986; 22: 678-89.
76. Cirillo J, Falkow S, Tompkins L. Growth of *Legionella pneumophila* in *Acanthamoeba castellanii* enhances invasion. Infect Immun 1994; 62: 3254-61.
77. Ohno A, Kato N, Sakamoto R, Kimura S, Yamaguchi K. Temperature-dependent parasitic relationship between *Legionella pneumophila* and a free-living amoeba (*Acanthamoeba castellanii*). Appl Environ Microbiol 2008; 74: 4585-8.
78. Hilbi H, Jarraud S, Hartland E, Buchrieser C. Update on Legionnaires' disease: pathogenesis, epidemiology, detection and control. Mol Microbiol 2010; 76: 1-11.
79. Valster R, Wullings B, Van der Kooij D. Detection of protozoan hosts for *Legionella pneumophila* in engineered water systems by using a biofilm batch test. Appl Environ Microbiol 2010; 76: 7144-53.
80. Fields B, Sanden G, Barbaree J, Morrill W, Wadowsky R, White E, et al. Intracellular multiplication of *Legionella pneumophila* in amoebae isolated from hospital hot water tanks. Curr Microbiol 1989; 18: 131-7.
81. Wadowsky R, Butler L, Cook M, Verma S, Paul M, Fields B, et al. Growth-supporting activity for *Legionella pneumophila* in tap water cultures and implication of hartmannellid amoebae as growth factors. Appl Environ Microbiol 1988; 54: 2677-82.
82. Kikuhara H, Ogawa M, Miyamoto H, Nikaido Y, Yoshida S. Intracellular multiplication of *Legionella pneumophila* in *Tetrahymena thermophila*. J UOEH 1994; 16: 263-75.
83. Brassinga A, Kinchen J, Cupp M, Day S, Hoffman P, Sifri C. *Caenorhabditis* is a metazoan host for *Legionella*. Cell Microbiol 2010; 12: 343-61.
84. Mouchtouri V, Velonakis E, Tsakalof A, Kapoula C, Goutziana G, Vatopoulos A, et al. Risk factors for contamination of hotel water distribution systems by *Legionella species*. Appl Environ Microbiol 2007; 73: 1489-92.
85. Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, 1321-7 et R.1321-28 du Code de la santé publique. Journal officiel de la République française du 6 février 2007.
86. Colbourne J, Ashworth J. Rubber, water and *Legionella*. Lancet 1986; 328: 583.
87. Niedeveld C et Meenhorst P. Effect of rubbers and their constituents on proliferation of *Legionella pneumophila* in naturally contaminated hot water. Lancet 1986; 328: 180-4.
88. West A, Araujo R, Dennis J, Lee J, Keevil C. Chemostat models of *Legionella pneumophila*. In Airborne deteriogens and pathogens; proceedings of the spring meeting of the biodeterioration society, B. Flannigan Editeur, 1989, 107-16.
89. Feeley J, Gorman C, Weaver R, Mackel D, Smith H. Primary isolation media for Legionnaires' disease bacterium. J Clin Microbiol 1978; 8: 320-325.
90. Reeves M, Pine L, Hutner S, George J, Harrell W. Metal requirements of *Legionella pneumophila*. J Clin Microbiol 1981; 13: 688-95.
91. Tesh M, Miller R. Growth of *Legionella pneumophila* in defined media: requirement for magnesium and potassium. Can J Microbiol 1982; 28: 1055-8.
92. Wadowsky M, Yee R. Glycine-containing selective medium for isolation of *Legionellaceae* from environmental specimens. Appl Environ Microbiol 1981; 42: 768-72.
93. States S, Conley L, Ceraso M, Stephenson T, Wolford R, Wadowsky R, McNamara A, et al. Effects of metals on *Legionella pneumophila* growth in drinking water plumbing systems. Appl Environ Microbiol 1985; 50: 1149-54.
94. Ciesielski C, Blaser M, Wang W. Role of stagnation and obstruction of water flow in isolation of *Legionella pneumophila* from hospital plumbing. Appl Environ Microbiol 1984; 48: 984-7.

95. Krøjgaard L, Krogfelt K, Albrechtsen H, Uldum S. Cluster of Legionnaires' disease in a newly built block of flats, Denmark, December 2008-January 2009. Euro Surveill 2011; 16: 1-7.
96. Shands K, Ho J, Meyer R. Potable water as a source of Legionnaires' disease. JAMA 1985; 253: 1412-6.
97. Circulaire DGS n° 524/DE N° 19-03 du 7 novembre 2003 relative aux mesures à mettre en œuvre en matière de protection des systèmes d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, y compris les eaux conditionnées, dans le cadre de l'application du plan Vigipirate.
98. Straus W, Plouffe J, File T. Risk factors for domestic acquisition of Legionnaires' disease. Arch Intern Med 1996; 156: 1685-92.
99. Mermel L, Josephson S, Giorgio C, Dempsey J, Parenteau S. Association of Legionnaires' disease with construction: contamination of potable water? Infect Control Hosp Epidemiol 1995; 16: 76-81.
100. Wery N, Bru-Adan V, Minervini C, Delgenes J, Garrelly L, Godon J. Dynamics of *Legionella spp.* and bacterial populations during the proliferation of L. *pneumophila* in a cooling tower facility. Appl Envir Microbiol 2008; 74: 3030-7.
101. Atlas R. *Legionella*: from environmental habitats to disease pathology, detection and control. Environ Microbiol 1999; 1: 283-93.
102. Bentham R, Broadbent C. Field trial of biocides for control of *Legionella* in cooling towers. Curr Microbiol 1995; 30: 167-72.
103. Lettinga K, Verbon A, Weverling G, Schellekens J, Den Boer J, Yzerman E, et al. Legionnaires' disease at a Dutch flower show: prognostic factors and impact of therapy. Emerg Infect Diseases 2002; 8: 1448-54.
104. Kura F, Amemura-Maekawa J, Yagita K. Outbreak of legionnaires' disease on a cruise ship linked to spa-bath filter stones contaminated with *Legionella pneumophila* serogroup 5. Epidemiol Infect 2006; 134: 385-91.
105. Jernigan D, Hofmann J, Cetron M. Outbreak of Legionnaires' disease among cruise ship passengers exposed to a contaminated whirlpool spa. Lancet 1996; 347: 494-9.
106. Legionnaires' disease associated with a whirlpool spa display, Virginia, September-October, 1996. Morb Mortal Weekly Rep 1997; 46: 83-6.
107. Mahoney F, Hoge C, Farley T. Community wide outbreak of Legionnaires' disease associated with a grocery store mist machine. J Infect Dis 1992; 165: 736-9.
108. Hlady W, Mullen R, Mintz C. Outbreak of Legionnaires' disease linked to a decorative fountain by molecular epidemiology. Am J Epidemiol 1993; 138: 555-62.
109. Coetzee N, Liu W, Astbury N, Williams P, Robinson S, Afza M, et al. Legionnaires' disease cluster linked to a metal product aqueous pre-treatment process, Staffordshire, England, May 2008. Euro Surveill 2009; 14: 19348-51.
110. Borgen K, Aaberge I, Werner-Johansen Ø, Gjøsund K, Størsrud B, Haugsten S, et al. A cluster of Legionnaires' disease linked to an industrial plant in southeast Norway, June-July 2008. Euro Surveill 2008; 13: 18985-6.
111. Kusnetsov J, Neuvonen L, Korpio T, Uldum S, Mentula S, Putus T, et al. Two Legionnaires'disease cases associated with industrial waste water treatment plants: a case report. BMC Infectious Diseases 2010; 10: 343-9.
112. Sakamoto R, Ohno A, Nakahara T, Satomura K, Iwanaga S, Kouyama Y, et al. *Legionella pneumophila* in rainwater on roads. Emerg Infect Diseases 2009; 15: 1295-7.
113. De Jong B, Zucs P. *Legionella*, springtime and potting soils. Euro Surveill 2010; 15: 19497-8.
114. Pravinkumar S, Edwards G, Lindsay D, Redmond S, Stirling J, House R. A cluster of Legionnaires' disease caused by *Legionella longbeachae* linked to potting compost in Scotland, 2008-2009. Euro Surveill 2010; 15: 19496-9.
115. Casati S, Giora-Martinoni A, Gaia V. Commercial potting soils as an alternative infections source of *Legionella pneumophila* and other *Legionella* species in Switerland. Clin Microbiol Infect 2009; 15: 571-5.
116. Code de la santé publique, partie législative, livre III, titre II : « Sécurité sanitaire des eaux et des aliments », Chapitre 1 « Eaux potables ».
117. Instruction N° 312259/DEF/SGA/DRH-MD/SRHC/RSSF/5 du 24 décembre 2010 relative aux attributions et aux modalités de désignation du chargé de prévention des risques professionnels en matière de santé et de sécurité au travail dans les organismes relevant du ministère de la Défense
118. Instruction N° 21659/DEF/SGA/DPMA/SDIE/ENV sur le rôle et la place des chargés d'environnement dans les organismes relevant du ministère de la Défense.
119. Note N° 4394/DEF/DCSSA/OSP/ORG du 14 décembre 2010 relative à la sécurité au travail, protection contre l'incendie et protection de l'environnement au sein des centres médicaux des armées.
120. Instruction N° 20195/DEF/SGA/DMPA/SDP/ENV du 6 février 2009 relative à l'organisation et aux modalités de la gestion de la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine prélevées ou utilisées par le ministère de la Défense.
121. Instruction N° 300977/DEF/DFR/PER/5 du 15 mai 1991 concernant les attributions des coordonnateurs centraux à la prévention.
122. Muzellec Y, Brisou P, Martinaud C, Berger F, Gaillard T. Légionelles et médecin d'unité. Médecine et Armées 2007; 35: 147-54.
123. Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Journal officiel de l'Union européenne du 5 décembre 1998.
124. Code de la santé publique, partie réglementaire, livre III, titre II « Sécurité sanitaire des eaux et des aliments », chapitre 1, section 1 « Eaux destinées à la consommation humaine ».
125. Arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public. Journal officiel de la République française du 21 juillet 1978.
126. Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public. Journal officiel de la République française du 15 décembre 2005.
127. Circulaire interministérielle N° DGS/SD7A/DSC/DGUHC/DGE/DPPR/126 du 3 avril 2007 relative à la mise en œuvre de l'arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public.
128. Arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire. Journal officiel de la République française du 9 février 2010.
129. Circulaire N° DGS/EA4/2010/448 du 21 décembre 2010 relative aux missions des Agences régionales de santé dans la mise en œuvre de l'arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire.
130. Note N° 2174/DEF/DCSSA/AST/TEC du 4 juin 2002 relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose.
131. Beyrer K, Dreesman J, Lee J, Joseph C, Harrison T. Legionnaires' disease outbreak associated with a cruise liner, August 200 : epidemiological and microbiological findings. Epidemiol Infect 2007; 135: 802-10.
132. Kobayashi A, Yamamoto Y, Chou S. Severe *Legionella pneumophila* pneumonia associated with the public bath on a cruise ship in Japan. J Anesth 2004; 18: 129-31.
133. Neil K, Berkelman R. Increasing incidence of Legionellosis in the United States, 1990-2005: changing epidemiologic trends. Clinical Infectious Diseases 2008; 47: 591-9.
134. State of New York Department of Health. Attachment 3: New York State Department of Health prevention and control of legionnaires' disease environmental guidance and engineering measures. http: // www.health.state.ny.us/professionals/diseases/reporting/communicable/infection/docs/2005-07-14_legionellosis_memo.pdf, 11/11/2011.
135. Trerotoli P, Montagna M, Borella P, Romano Spica V, Stacanelli G, Triassi M, et al. The discharge form: advantages and limits legionellosis cases individuation. Ann Ig 2003; 15: 817-824.
136. Napoli C, Fasano F, Iatta R, Barbutti G, Cunal T, Montagna M. *Legionella spp.* and legionellosis in southeastern Italy: disease epidemiology and environmental surveillance in community and health care facilities. BMC Public Health 2010; 10: 660-9.

137. Hadjichristodoulou C, Goutziana G, Mouchtouri V, Kapoula C, Konstantinidis A, Velonakis E, et al. Evaluation of standardized scored inspections for legionnaires' disease prevention, during the Athens 2004 Olympics. Epidemiol Infect 2006; 134: 1074-81.
138. Bornert G. Gestion du risque lié aux légionelles dans les réseaux de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine. Approche pratique. Guide technique, août 2010.
139. L'eau dans les établissements de santé – Guide technique. Ministère des Solidarités, de la Santé et de la Famille Éditeur, 2005: 120p.
140. Réseaux d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie I : guide technique de conception et de mise en œuvre. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment Éditeur, 2004: 100p.
141. Réseaux d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie II : guide technique de maintenance. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment Éditeur, 2004: 144p.
142. Circulaire DGS/SD7A/SD5C-DHOS/E4 N°2002/243 du 22 avril 2004 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de santé.
143. Pañella H, Calzada N, Beneyto V, Valero N, Gracia J, Rodríguez P. Legionelosis en un establecimiento considerado de bajo riesgo de proliferación. Gac Sanit 2010; 24: 498-500.
144. L'eau dans les établissements de santé. Guide technique. Ministère de la Santé et des Solidarités Éditeur, 2005: 115p.
145. Vessel sanitation program operations manual. Centres for Disease Control and Prevention - US Department of Health and Human Services, 2005.
146. Seidel C, McGuire M, Summers R, Via S. Have utilities switched to chloramines? Journal of the American Water Works Association 2005; 97: 87-97.
147. Flannery B, Gelling L, Vugia D, Weintraub J, Salerno J, Conroy M, et al. Reducing *Legionella* colonization of water systems with monochloramine. Emerging Infectious Diseases 2006; 12: 588-96.
148. Kool J, Bergmire-Sweat D, Butler J, Brown E, Peabody D, Massi D. Hospital characteristics associated with colonization of water systems by *Legionella* and risk of nosocomial legionnaire's disease: a cohort study of 15 hospitals. Infect Control Hosp Epidemiol 1999; 20: 798-805.
149. Kool J, Carpenter J, Fields B. Effect of monochloramine disinfection of municipal drinking water on risk of nosocomial legionnaire's disease. Lancet 1999; 353: 272-7.
150. Heffelfinger J, Kool J, Fridkin S, Fraser V, Hageman J, Carpenter J. Risk of hospital-acquired legionnaire's disease in cities using monochloramine versus other water disinfectants. Infect Control Hosp Epidemiol 2003; 24: 569-74.
151. Donlan R, Forster T, Murga R, Brown E, Lucas C, Carpenter J. *Legionella pneumophila* associated with the protozoan *Hartmanella vermiformis* in a model multi-species biofilm has reduced susceptibility to disinfectants. Biofouling 2005; 21: 1-7.
152. Cunliffe D. Inactivation of *Legionella pneumophila* by monochloramine. J Appl Bacteriol 1990; 68: 453-9.
153. Vonberg R, Sohr D, Bruderek J, Gastmeier P. Impact of a silver layer on the membrane of tap water filters on the microbiological quality of filtered water. BMC Infectious Diseases 2008; 8: 133-137.
154. Ortolano G, McAlister M, Angelbeck J, Schaffer J, Russell R, Maynard E, et al. Hospital water point-of-use filtration: a complementary strategy to reduce the risk of nosocomial infection. Am J Infect Control 2005; 33: S1-19.
155. Exner M, Kramer A, Lajoie L, Gebel J, Engelhart S, Hartemann P. : Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities. Am J Infect Control 2005; 33: S26-40.
156. Salvatorelli G, Medici S, Finzi G, De Lorenzi S, Quarti C. Effectiveness of installing an antibacterial filter at water taps to prevent *Legionella* infections. J Hosp Infect 2005; 61: 270-1.
157. Sheffer P, Stout J, Wagener M, Muder R. Efficacy of new point-of-use water filter for preventing exposure to *Legionella* and waterborne bacteria. Am J Infect Control 2005; 33: S20-25.
158. Kuroki T, Ishihara T, Ito K, Kura F. Bathwater-associated cases of legionellosis in Japan, with a special focus on *Legionella* concentrations in water. Jpn J Infect Dis 2009; 62: 201-5.
159. Recherche et dénombrement de *Legionella spp.* et de *Legionella pneumophila* ; méthode par ensemencement direct et après concentration par filtration sur membrane ou centrifugation. Norme NF T 90-431/A1, avril 2006.
160. Légionellose. Guide technique. Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Haute-Normandie Éditeur, 2002; 36p.
161. Chen Y, Liu T, Lee S, Tsai H, Wann S, Kao C, et al. Abbreviated duration of superheat-and-flush and disinfection of taps for *Legionella* disinfection : lessons learned from failure. Am J Infect Control 2005; 33: 606-10.
162. Note de service N° DGS/EA4/2009/167 du 19 juin 2009 relative à la désinfection des réseaux d'eau chaude sanitaire par injection de produits à base de peroxyde d'hydrogène et de sels d'argent.
163. Shih H, Lin Y. Efficacy of copper-silver ionization in controlling biofilm – and plankton-associated waterborne pathogens. Appl Envir Microbiol 2010; 76: 2032-5.
164. Rohr U, Senger M, Selenka F, Turley R, Wilhelm M. Four years of experience with silver-copper ionization for control of *Legionella* in a German university hospital hot water plumbing system. Clin Infect Dis 1999; 29: 1507-11.
165. Lin Y, Vidic R, Stout J, Yu V. Negative effect of high pH on biocidal efficacy of copper and silver ions in controlling *Legionella pneumophila*. Appl Environ Microbiol 2002; 68: 2711-5.
166. Stout J, Yu V. Experiences of the first 16 hospitals using copper-silver ionization for *Legionella* control: implications for the evaluation of other disinfection modalities. Infect Control Hosp Epidemiol 2003; 24: 563–8.
167. Arrêté du 9 octobre 2000 relatif à l'exercice des attributions confiées au contrôle général des armées en matière d'inspection du travail. Bulletin officiel des armées, Édition chronologique: 4630-2.
168. Arrêté du 6 juin 2005 fixant les modalités d'application aux installations, aux services et organismes dépendant de l'autorité ou placés sous la tutelle du ministre de la Défense des dispositions du titre II du livre III de la partie réglementaire du Code de la santé publique relatives aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles. Journal officiel de la République française du 5 juillet 2005.
169. Projet d'arrêté relatif à la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine sur les sites relevant de l'autorité ou placés sous la tutelle du ministère de la Défense, pris en application de l'article R 1321- 63 du Code de la santé publique.
170. Décret N° 2004-1331 du 1er décembre 2004 modifiant la nomenclature des installations classées. Journal officiel de la République française du 7 décembre 2004.
171. Code de l'environnement. Partie législative, livre V – prévention des pollutions, des risques et des nuisances, titre Ier – installations classées pour la protection de l'environnement.
172. Arrêté du 13 décembre 2004 relatif aux installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air soumises à autorisation au titre de la rubrique n° 2921. Journal officiel de la République française du 31 décembre 2004.
173. Arrêté du 13 décembre 2004 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique N° 2921 Installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Journal officiel de la République française du 31 décembre 2004.
174. Ricketts K, Joseph C, Lee J, Wewalka G. Survey on legislation regarding wet cooling systems in European countries. Euro Surveill 2008; 13: 18982-6.
175. Sonder G, van den Hoek J, Bovée L, Aanhane F, Worp J, Du Ry van Beest Holle M, et al. Changes in prevention and outbreak management of legionnaires' disease in the Netherlands between two large outbreaks in 1999 and 2006. Euro Surveill 2008; 13: 1-6.
176. Code de l'environnement. Partie réglementaire, livre V – prévention des pollutions, des risques et des nuisances, titre Ier – installations classées pour la protection de l'environnement.
177. Arrêté du 15 mai 2000 fixant les modalités d'exercice des polices administratives de l'eau et des installations classées pour la protection de l'environnement au sein des organismes relevant du ministère de la Défense. Journal officiel de la République française du 7 juin 2000.
178. Arrêté du 31 mai 2010 portant organisation de la Direction de la mémoire, du patrimoine et des archives. Journal officiel de la République française du 9 juin 2010.

179. Arrêté du 24 mars 2003 relatif aux modalités particulières d'exercice des polices administratives de l'eau et des installations classées pour la protection de l'environnement pour les installations concernant les activités nucléaires relevant du ministère de la Défense. Journal officiel de la République française du 30 avril 2003.
180. Note N° 22277/DEF/SGA/DMPA/ENV du 21 décembre 2010 relative à la manœuvre de changement d'exploitant des installations classées (ICPE – IOTA) au profit des GSBdD.
181. Arrêté du 20 décembre 2010 portant agrément des organismes pour le contrôle des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Journal officiel de la République française du 5 janvier 2010.
182. Critères généraux pour le fonctionnement des différents types d'organismes procédant à l'inspection. Norme NF EN ISO/CEI 17020, 2005: 24p.
183. Guide de formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Module 1/Légionelles et installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Ministère de l'Écologie et du Développement durable Éditeur, 2005: 84p.
184. Guide de formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Module 2/Maîtrise de la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Ministère de l'Écologie et du Développement durable Éditeur, 2005: 129p.
185. Guide de formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Module 3/Analyse des risques de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Ministère de l'Écologie et du Développement durable Éditeur, 2005: 82p.
186. Thomas V, Bouchez T, Nicolas V, Robert S, Loret J, Levi Y. Amoebae in domestic water systems: resistance to disinfection treatments and implication in *Legionella* persistence. J Appl Microbiol 2004; 97: 950-63.
187. Kilvington S, Price J. Survival of *Legionella pneumophila* within cysts of *Acanthamoeba polyphaga* following chlorine exposure. J Appl Bacteriol 1990; 68: 519-25.
188. Aide pour l'élaboration d'un plan de surveillance des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (rubrique N° 2921) pour le risque de prolifération des légionelles. Rapport d'étude n° DRC - 06 - 76471 - ERSA N° 100, juin 2006: 67p.

INFORMATION



Dans le cadre de sa mission de veille prospective, le bureau « études et pilotage » de la Direction centrale du Service de santé des armées édite mensuellement depuis plusieurs années sa note de veille prospective dont les éléments sont diffusés à tous les établissements du Service. Ces notes de veille reprennent les principales évolutions du monde de la santé et de défense de nature à avoir des impacts sur la politique générale du Service de santé des armées. Analysées par le bureau « études et pilotage », certaines de ces évolutions peuvent faire l'objet d'orientations stratégiques.

Constatant que ces données de veille dépassent souvent le domaine prospectif stratégique et couvrent également la veille informative, réglementaire, « concurrentielle », le bureau « études et pilotage » a souhaité diffuser plus largement ces masses d'informations. À cet effet, il a développé un BLOG permettant d'atteindre l'ensemble des acteurs du Service. Par ailleurs, l'avantage d'un BLOG permet de recueillir les commentaires des internautes sur certains billets afin d'enrichir le débat d'idées. Ce BLOG n'ayant pas de réel caractère institutionnel, chacun doit se sentir libre de contribuer à alimenter cet espace de réflexion environnementale.

Enregistrant début juin près de 5 000 connexions, plus de 120 abonnés aux flux RSS et près de 30 abonnés à la newsletter, ce BLOG est le vôtre. N'hésitez pas à vous y rendre (http://veilleprosp.wordpress.com) et faire vos propositions d'évolution.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS 2012

GÉNÉRALITÉS

Le manuscrit proposé pour parution dans « Médecine et Armées », relate un travail original et spécifique à la médecine dans les armées (pratique médico-militaire, fait médical, chirurgical, pharmaceutique, vétérinaire, historique, médico-administratif, épidémiologique…).

PRÉSENTATION DU MANUSCRIT

• Le manuscrit est fourni :
– soit sur support numérique adressé par voie postale ;
– soit adressé par E-mail (Internet, Intranet, Lotus).
• Le manuscrit est rédigé :
– en langue française (sauf exception après accord de la rédaction) ;
– maximum 32 000 caractères ;
– en double interlignage en Times new roman corps 12 ;
– marge gauche ;
– paginé.
• La première page :
– le titre précis et concis sans abréviation, en lettres ;
– le nom du ou/et des auteurs (six maximum), précédé des initiales du prénom (avec un point et un trait d'union pour les prénoms composés) ;
– du grade, du titre et de l'adresse affectation de tous les auteurs et co-auteurs ;
– le nom, l'adresse ; les coordonnées téléphoniques et E-mail du destinataire des correspondances et épreuves à corriger.
• La deuxième page :
– le titre en français ;
– le titre en anglais ;
– le résumé en français (15 lignes maximum sans abréviation, ni référence) ;
– quatre à cinq mots-clés, classés par ordre alphabétique et séparés d'un point ;
– le résumé en anglais, précédé du titre et des mots-clés répertoriés.
• Le texte débute à la troisième page :
– est concis, précis et les évènements passés sont décrits au passé composé ;
– les abréviations sont en nombre limité et exclus du titre et des résumés et sont explicites lors du premier emploi ; le terme entier est précédé de l'abréviation et mise entre parenthèses sans point de séparation lors de la première apparition dans le texte ;
– les renvois en bas de page ne sont pas acceptés ;
– la terminologie est respectée (symbole, unité, nombre écrit en chiffres SAUF inférieur à dix-sept, ou lorsqu'il commence une phrase ou lors d'énumérations fréquentes dans le texte, médicaments) ;
– la présentation est au carré (texte justifié), sans gras ni mot souligné et selon le plan suivant :

CHAPITRE.
Section.
Paragraphe.
Sous paragraphe.
– alinéa ;
- sous-alinéa,
• puce.

Illustrations.
– sont en nombre limité avec leur légende ;
– numérotées en chiffres arabes (pour les graphiques et photographies) ;
– sont appelés précisément dans le texte, placées ente parenthèses par ordre d'apparition ;
– les photos fournies respectent l'anonymat des patients et sous format JPEG avec l'accord du propriétaire et/ou le copyright.

Tableaux.
– sont en nombre limité avec leur légende ;
– numérotés en chiffres romain ;
– sont appelés précisément dans le texte, placés entre parenthèses par ordre d'apparition ;
– doivent se suffirent à eux même sans que l'on doive se référer au texte.

Les médicaments.
– apparaissent sous leur nom commun (DCI), la première lettre étant une minuscule ;
– sous leur nom de spécialité, la première lettre est alors en majuscule, suivie d'un ®.

Les remerciements et les déclarations de conflits d'intérêt.
– sont placés en fin de texte
– l'absence de conflit d'intérêt doit être mentionnée sous la forme : « les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article ».

Références bibliographiques.
– elles sont numérotées en chiffre arabe placés entre parenthèses (dans le texte, les tableaux et les figures) dans l'ordre d'apparition ;
– les chiffres sont séparés par une virgule, mais au-delà de deux chiffres successifs seuls les deux extrêmes sont présentés et séparés par un trait d'union.

Corps des références bibliographiques selon la convention de Vancouver.
Elles figurent en fin d'article. Strictement limitées aux travaux mentionnés dans le texte et comportent :

- à propos d'un article extrait de revue :
• noms des auteurs (six maximum) en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales des prénoms sans point suivi de la mention « et al » si plus de six ;
• titre intégral dans la langue de publication (caractères latins) et d'un point ;
• titre de la revue (intégrale ou abrégé),
• année de parution, éventuellement série,
• numéro des premières et dernière pages, abrégée au plus petit chiffre explicite séparés par un trait d'union et point final, sans espace ;
Exemple : 1. Lvovschi V, Aubrun F, Bonnet P, Bouchara A, Bendahou M, Humbert B, et al. Intravenous morphine titration to treat severe pain in the ED. Am J Emerg Med 2008;26:676-82.

- à propos d'un livre :
• noms des auteurs (six maximum) en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales des prénoms sans point suivi de la mention « et al » si plus de six,
• titre intégral dans la langue de publication (caractères latins) et d'un point,
• ville de l'éditeur puis deux points,
• éditeur suivi d'un point virgule,
• année de parution ;

– à propos d'un chapitre extrait d'un livre :
• noms des auteurs (six maximum) en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales des prénoms sans point suivi de la mention « et al » si plus de six,
• titre du chapitre et point,
• puis « in : » suivi du ou des noms et initiales des prénoms du ou des coordinateurs suivis de « ed » ou « eds » et d'un point,
• titre du livre et point,
• ville : maison d'édition et point-virgule,
• année d'édition et point,
• numéros de la première page et de la dernière abrégée au plus petit chiffre explicite séparés par un trait d'union et point final, sans espace ;

– à propos d'une thèse :
• noms de l'auteur en minuscules accentuées (première lettre en capitale accentuée) suivis des initiales,
• titre de la thèse,
• ville suivie de deux points et de l'université puis d'un point virgule,
•année de la thèse et nombre de pages et point final.

– à propos de documents électroniques :
• noms de l'auteur si possible,
• titre du document,
• lien internet,
• date de consultation.

Comité de lecture.
Les articles sont soumis anonymement pour approbation à la lecture de deux lecteurs membres du comité ou de deux lecteurs choisis pour leur compétence en la matière. Le comité de lecture se réserve le droit de demander un complément de bibliographie. Les textes, publiés ou non, ne sont pas retournés à l'auteur.

Correction des épreuves.
L'auteur recevra avant publication, les épreuves sous format PDF soit par mail, soit imprimées de l'article pour approbation finale. Le retour dans les huit jours est impératif soit par mail ou papier. Passé ce délai, le texte sera publié tel quel sous la responsabilité de son auteur.

Obligations légales.
Les manuscrits originaux ne doivent avoir fait l'objet d'aucune publication antérieure, ni être en cours de publication dans une autre revue. Les opinions, exprimées dans les articles ou reproduites dans les analyses, n'engagent que leurs auteurs, notamment pour les médicaments. Les règles concernant l'exercice du droit d'expression dans les armées doivent être observées, particulièrement lorsqu'il s'agit d'informations nominatives ou protégées. En outre, le respect des dispositions de la loi du 11 mars 1957 modifiée, relative à la propriété littéraire et artistique, s'impose.

Toute correspondance doit être adressée à : M. le rédacteur en chef, secrétariat « Médecine et Armées »
1, place Alphonse Laveran, 75230 Paris Cedex 05 – Tél. : 01 40 51 47 44 – Fax : 01 40 51 51 76 – Email : medarmees@hiavdg.org