

Université Lille II

Légionelle :  
Moyens de prévention

Par Eloïse Descamps  
Thèse de doctorat de pharmacie  
Dirigée par Madame Christel Neut  
Présentée et soutenue publiquement le 16 septembre 2016

Devant un jury composé de :

**Président de thèse** : Madame Christel Neut, bactériologiste et maître de conférences

**Assesseur** : Madame Béatrice Grave, toxicologue et maître de conférences

**Membre extérieur** : Madame Isabelle Geiler-Courtois, Docteur en pharmacie à Haubourdin



## Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille

3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE  
CEDEX

☎ 03.20.96.40.40 - 📠 : 03.20.96.43.64

<http://pharmacie.univ-lille2.fr>



### Université Lille 2 – Droit et Santé

Président :  
Vice- présidents :

Professeur Xavier VANDENDRIESSCHE  
Professeur Alain DUROCHER  
Professeur Régis BORDET  
Professeur Eric KERCKHOVE  
Professeur Eric BOULANGER  
Professeur Frédéric LOBEZ  
Professeur Damien CUNY  
Professeur Benoit DEPREZ  
Professeur Murielle GARCIN  
Monsieur Pierre RAVAUX  
Monsieur Larbi AIT-HENNANI  
Monsieur Antoine HENRY

Directeur Général des Services :

Monsieur Pierre-Marie ROBERT

### Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

Doyen :  
Vice-Doyen, 1<sup>er</sup> assesseur :  
Assesseur en charge de la pédagogie  
Assesseur en charge de la recherche  
Assesseur délégué à la scolarité  
Assesseur délégué en charge des  
relations internationales  
Assesseur délégué en charge de la vie étudiante

Professeur Damien CUNY  
Professeur Bertrand DECAUDIN  
Dr. Annie Standaert  
Pr. Patricia Melnyk  
Dr. Christophe Bochu  
  
Pr. Philippe Chavatte  
M. Thomas Morgenroth

Chef des services administratifs :

Monsieur Cyrille PORTA

### Liste des Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie
Mme	CAPRON	Monique	Immunologie
M.	DECAUDIN	Bertrand	Pharmacie Galénique
M.	DINE	Thierry	Pharmacie Clinique
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie
M.	DUTHILLEUL	Patrick	Hématologie
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie
M.	LUYCKX	Michel	Pharmacie Clinique
M.	ODOU	Pascal	Pharmacie Galénique
M.	DEPREUX	Patrick	Chimie Organique (ICPAL)

### Liste des Professeurs des Universités

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Physique
M.	BERTHELOT	Pascal	Chimie Thérapeutique 1
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie – Pharmacie Clinique
M.	CHAVATTE	Philippe	Chimie Thérapeutique 2
M.	COURTECUISSÉ	Régis	Sciences Végétales et Fongiques
M.	CUNY	Damien	Sciences Végétales et Fongiques
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Physique
M.	DEPREZ	Benoît	Chimie Générale
Mme	DEPREZ	Rebecca	Chimie Générale
M.	DUPONT	Frédéric	Sciences Végétales et Fongiques
M.	DURIEZ	Patrick	Physiologie
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie
Mme	GAYOT	Anne	Pharmacotechnie Industrielle
M.	GOOSSENS	Jean François	Chimie Analytique
Mme	GRAS	Hélène	Chimie Thérapeutique 3
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie Cellulaire
M.	LUC	Gerald	Physiologie
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie Thérapeutique 2
Mme	MUHR – TAILLEUX	Anne	Biochimie
Mme	PAUMELLE-LESTRELIN	Réjane	Biologie Cellulaire
Mme	PERROY – MAILLOLS	Anne Catherine	Droit et économie Pharmaceutique
Mme	ROMOND	Marie Bénédicte	Bactériologie
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie
M.	SERGHÉRAERT	Eric	Droit et économie Pharmaceutique
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie Industrielle
M.	STAELS	Bart	Biologie Cellulaire
M	TARTAR	André	Chimie Organique
M.	VACCHER	Claude	Chimie Analytique
M.	WILLAND	Nicolas	Chimie Organique
M.	MILLET	Régis	Chimie Thérapeutique (ICPAL)

### Liste des Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	BALDUYCK	Malika	Biochimie
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie
Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie
M.	LANNOY	Damien	Pharmacie Galénique
Mme	ODOU	Marie Françoise	Bactériologie
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacie Galénique

### Liste des Maîtres de Conférences

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	AGOURIDAS	Laurence	Chimie Thérapeutique 2
Mme	ALIOUAT	Cécile Marie	Parasitologie (90%)
M.	ANTHERIEU	Sébastien	Toxicologie
Mme	AUMERCIER	Pierrette	Biochimie

Mme	BANTUBUNGI	Kadiombo	Biologie Cellulaire
Mme	BARTHELEMY	Christine	Pharmacie Galénique
Mme	BEHRA	Josette	Bactériologie
M	BELARBI	Karim	Pharmacologie
M.	BERTHET	Jérôme	Physique
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie Industrielle
M.	BOCHU	Christophe	Physique
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie
Mme	CACHERA	Claude	Biochimie
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie
Mme	CARON	Sandrine	Biologie Cellulaire (80%)
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie (80%)
Mme	CHARTON	Julie	Chimie Organique (80%)
M	CHEVALIER	Dany	Toxicologie
M.	COCHELARD	Dominique	Biomathématiques
Mme	DANEL	Cécile	Chimie Analytique
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie (80%)
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques
Mme	DUMONT	Julie	Biologie Cellulaire
M.	FARCE	Amaury	Chimie Thérapeutique 2
Mme	FLIPO	Marion	Chimie Organique
Mme	FOULON	Catherine	Chimie Analytique
M.	GELEZ	Philippe	Biomathématiques
Mme	GENAY	Stéphanie	Pharmacologie Galénique
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie
Mme	Grave	Béatrice	Toxicologie
Mme	GROSS	Barbara	Biochimie
Mme	HAMOUDI	Chérifa Mounira	Pharmacotechnie Industrielle
Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie
M.	KAMBIA	Kpakpaga Nicolas	Pharmacologie
M.	KARROUT	Youness	Pharmacotechnie Industrielle
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie
M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie Thérapeutique 1
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie Analytique
Mme	LEHMANN	Hélène	Droit et Economie Pharmaceutique
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie Analytique
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie
M.	MOREAU	Pierre Arthur	Sciences végétales et fongiques
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie Industrielle
Mme	NEUT	Christel	Bactériologie
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques
M.	PIVA	Frank	Biochimie
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques
Mme	RIVIERE	Céline	Pharmacognosie
Mme	ROGER	Nadine	Immunologie
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie Industrielle

Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie
M.	WILLEMAGNE	Baptiste	Chimie Organique
M.	WELTI	Stéphane	Sciences Végétales et Fongiques
M.	YOUS	Saïd	Chimie Thérapeutique 1
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques
M.	FURMAN	Christophe	Pharmacobiochimie (ICPAL)
Mme	GOOSSENS	Laurence	Chimie Organique (ICPAL)
Mme	LELEU-CHAVAIN	Natascha	ICPAL

### Professeurs Agrégés

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	MAYES	Martine	Anglais
M.	MORGENROTH	Thomas	Droit et Economie Pharmaceutique

### Professeurs Certifiés

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	HUGES	Dominique	Anglais
Mlle	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

### Professeur Associé - mi-temps

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	DHANANI	Alban	Droit et Economie Pharmaceutique

### Maîtres de Conférences ASSOCIES - mi-temps

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	BERTOUX	Elisabeth	Pharmacie Clinique - Biomathématiques
M.	BRICOTEAU	Didier	Biomathématiques
M.	CUCCHI	Malgorzata	Information Médicale
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacie Clinique
M.	GILLOT	François	Droit et économie Pharmaceutique
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacie Clinique
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques

### AHU

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	DEKYNDT	Bérengère	Pharmacie Galénique
M.	PEREZ	Maxime	Pharmacie Galénique

## ***Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille***

3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX  
Tel. : 03.20.96.40.40 - Télécopie : 03.20.96.43.64  
<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

**L'Université n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont propres à leurs auteurs.**

## *Remerciements*

En premier lieu, je tiens à remercier ma directrice de thèse, madame Christel Neut, maître de conférence en bactériologie pour la confiance qu'elle m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral, pour ses multiples conseils et pour toutes les heures qu'elle a consacré à diriger cette recherche. J'aimerais également lui dire à quel point j'ai apprécié sa grande disponibilité et son respect sans faille des délais serrés de relecture des documents que je lui ai adressés. Enfin, j'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de ce travail doctoral.

Je remercie aussi chaleureusement madame Isabelle Geiler-Courtois pour sa gentillesse, sa disponibilité et sa détermination qui m'ont poussé à réussir. Pour l'honneur que tu me fais de siéger parmi les membres du jury, je te présente ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Madame Grave, merci pour vos conseils avisés. Je suis honorée que vous ayez accepté de participer au jury de thèse.

Merci aux pharmacies qui m'ont accueillie lors de mes expériences professionnelles : la pharmacie de l'Eglise à Wavrin, la pharmacie Carette à Wavrin, et la pharmacie Beniac et Labbe à Haubourdin. Un grand merci aux titulaires Madame Delahaye, Monsieur Carette, Madame Beniac et Madame Labbe de m'avoir formé, aidé et conseillé. Mes sincères remerciements aussi aux préparatrices Anne, Valérie, Coralie, Sandrine, Annie et Jennifer pour leurs conseils et leur patience.

Mes remerciements s'adressent également au centre médical Ambroise Paré de Wavrin et à toute l'équipe qui y travaille. Ce travail m'a permis d'avoir une vision du côté médical et un relationnel patient qui m'ont beaucoup aidé dans l'apprentissage du métier de pharmacien. Merci aux médecins, aux infirmières et infirmiers, aux orthophonistes, aux kinésithérapeutes, à la podologue, aux secrétaires titulaires et aux étudiantes d'avoir partagé ces cinq années d'étude avec moi.

Ma reconnaissance va à ceux qui ont plus particulièrement assuré le soutien affectif de ce travail doctoral : ma famille ;  
A mes parents, qui m'ont aidé moralement et financièrement durant tout mon cursus universitaire. Merci pour vos précieux conseils.

A Yohan, qui m'a supporté pendant ces longues heures de travail et qui m'a apporté un soutien sans faille à chaque instant. Merci d'être là.

Je tiens à remercier mes amis qui m'ont soutenu, remonter le moral et changer les idées quand il le fallait. Plus particulièrement Antonella, ma meilleure amie, qui est un pilier de ma réussite. A Kevin qui m'a sauvé pour la mise en page lors de ma rédaction de thèse. Mais également à Julien, Mélanie, Amélie, Johann, Mélissa pour ces vacances qui m'ont permis de décompresser avant la thèse et pendant les études. Adrien, Kevin pour leur gentillesse. Et enfin, à mes amies de fac que je n'oublierai pas.

## Table des matières

GLOSSAIRE .....	12
Introduction .....	13
Première partie : Généralités .....	15
I-Définition .....	16
1. Présentation.....	16
2. Séro groupe .....	16
3. Où la retrouve-t-on? .....	17
4. Génétique .....	18
5. Exploitation des fonctions de la cellule hôte .....	18
6. Plasticité du génome de <i>Legionella</i> .....	20
II-Epidémiologie/historique .....	21
1. Historique.....	21
2. La surveillance de la légionellose en France .....	21
III-Symptômes cliniques .....	24
1. Contamination.....	24
2. Incubation .....	24
3. Clinique.....	24
IV-Mise en évidence.....	25
1. Quand demander un diagnostic bactériologique ? .....	25
2. Nécessité d'un diagnostic de certitude.....	25
3. Les critères de définition des cas.....	25
3.1 Cas confirmé.....	25
3.2 Cas probable .....	26
4. Méthodes de diagnostic des légionelloses.....	26
4.1 Méthodes essentielles (fixées par le ministère de la santé).....	26
4.2 La recherche d'antigènes urinaires .....	26
4.3 La mise en culture de prélèvements .....	27
4.4 Examen direct des prélèvements cliniques.....	29
4.5 Sérodiagnostic.....	30
4.6 Amplification génique.....	31
4.7 Conclusion.....	32
V- Facteurs de risque .....	33
1. Personnes à haut risque .....	33
2. Personnes à risque .....	33
3. Autres facteurs de risque .....	34
VI-Traitements .....	35
1. Généralités.....	35
2. Rationnel du choix des antibiotiques.....	35
2.1 Les macrolides.....	35
2.2 Fluoroquinolones .....	37
2.3 Rifampicine .....	38
2.4 Associations d'antibiotiques.....	38
3. Posologies recommandées dans le traitement des légionelloses.....	39
VII-Signaler la maladie .....	39
1. Déclaration obligatoire .....	39

2.	Une coopération de plusieurs acteurs.....	40
3.	Participation de la France au niveau européen.....	40
4.	Confidentialité .....	41
5.	Accès aux données personnelles .....	42
VIII-	Comparaison à d'autres pays .....	42
1.	Etats-Unis .....	42
2.	Maroc.....	42
3.	Turquie.....	43
4.	Canada .....	43
	Deuxième partie : moyens de prévention face aux légionelles .....	44
	Introduction .....	45
	Chapitre1 : Quelques cas notables .....	47
I-	Point sur une épidémie dans le nord pas de calais .....	47
II-	Epidémie de légionelles à Montpellier .....	50
III-	Légionellose et bateau de croisière.....	50
1.	Généralités.....	50
2.	L'eau à bord : .....	51
2.1	Approvisionnement ou production : .....	51
2.2	Traitement.....	51
2.3	Distribution.....	52
	Chapitre 2 : moyens de production et maîtrise du risque lié aux légionelles .....	53
I.	Différents types de production.....	53
1.	Introduction .....	53
2.	Production instantanée : l'échangeur à plaques .....	53
2.1	Entretien .....	54
2.2	Surveillance .....	54
3.	Production par accumulation : ballon d'accumulation .....	55
3.1	Entretien .....	56
3.2	Surveillance .....	57
4.	Production semi-instantanée.....	57
II-	Maîtrise des légionelles.....	57
1.	Contrôle de la température .....	57
1.1	Durée de vie de <i>Legionella pneumophila</i> en fonction de la température en milieu expérimental.....	57
1.2	Fréquence minimale des analyses de légionelles et de la mesure de la température de l'eau chaude .....	58
1.3	Où réaliser les mesures de température ? .....	60
1.4	A quel moment de la journée mesurer la température ?.....	62
1.5	Comment mesurer la température aux points d'usage ? .....	63
1.6	Quels types de thermomètre utiliser ? .....	64
5.	Le choix des matériaux .....	68
5.1	Propriétés .....	68
5.2	Matériaux utilisés .....	68
5.3	Le cuivre : matériau favori.....	69
6.	Contrôle d'absence des légionelles.....	71
6.1	Normes .....	71
6.2	Dépassement des concentrations maximales.....	71

1.	Constat sur les traitements de nettoyage.....	72
2.	Constat sur les traitements de désinfection .....	73
2.1	Désinfection avec biocide oxydant.....	73
2.2	Désinfection avec biocide non oxydant.....	73
3.	Les méthodes actuelles de décontamination du réseau d'eau chaude sanitaire (agrées par la DGS) .....	74
3.1	Traitements chimiques.....	74
3.2	Traitements physiques.....	77
4.	Le nettoyage .....	81
4.1	Nettoyage Chimique .....	81
4.2	Nettoyage mécanique.....	83
5.	La désinfection.....	84
5.1	Désinfection chimique avec des biocides oxydants .....	85
5.2	Désinfection chimique avec biocides non oxydants.....	85
6.	Traitements complémentaires.....	86
6.1	Les matières en suspension et leur traitement .....	86
6.2	Le tartre et son traitement.....	87
6.3	La corrosion et son traitement .....	88
III-	Installation de refroidissement et tour(s) aéroréfrigérante(s).....	89
IV-	Carnet sanitaire .....	91
V-	Rôle du pharmacien d'officine .....	91
	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
	Conclusion .....	94
	Bibliographie .....	95
	Annexes .....	99
	Index.....	103

## GLOSSAIRE

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché  
ARS : Agence Régionale de Santé  
Cire : Cellule inter-régionale d'épidémiologie  
CLIN: Comité de lutte contre les infections nosocomiales  
CCLIN : Centre de Coordination de la Lutte Contre les Infections Nosocomiales  
CNRL : Centre national de référence des légionelles  
DBNPA : 2,2-dibromo-3-nitrilopropionamide  
DCO : Demande Chimique en Oxygène  
DDASS : Direction départementale des Affaires sanitaires et sociales  
DRIRE : Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement. Dans le cadre de la révision générale des politiques publiques (RGPP), les DRIRE ont été réorganisées entre 2009 et 2010. Leurs missions ont été reprises par les DREAL et les DIRECCTE  
ECS : Eau Chaude Sanitaire  
ELISA: Enzyme linked immuno sorbant assay  
ERP: Etablissement recevant du public  
EWGLI: European working group for Legionella infections  
IFI: Immuno fluorescence indirecte  
InVS : Institut de veille sanitaire  
MES : Matières En Suspension  
MDO : Maladie à Déclaration Obligatoire  
PCR: Polymerase chain reaction  
TAR: Tour aéroréfrigérante  
UFC : unité formant colonie, soit le nombre de bactéries viables cultivables présentes dans un échantillon d'eau.  
VIH: Virus de l'immunodéficience humaine  
VPN: Valeur prédictive négative  
VPP: Valeur prédictive positive

## Introduction

La légionellose est une maladie pouvant être grave et pourtant peu connue du public. Elle est due à une bactérie appelée *Legionella*. Il existe différentes espèces de *Legionella* mais la plus souvent rencontrée en France est *Legionella pneumophila*.

En France, 1348 cas ont été notifiés en 2014. Parmi ces cas, on observe 11% de décès.

L'évolution de la maladie va du simple syndrome pseudo-grippal, pouvant passer inaperçu (appelé Fièvre de Pontiac) à l'infection pulmonaire grave, conduisant à l'hospitalisation. Une prise en charge rapide des patients atteints permet de limiter la gravité de la maladie notamment par la mise en place précoce d'un traitement antibiotique adapté.

Les légionelles se développant dans un milieu hydrique favorable et se dispersant via les gouttelettes d'eau, doivent absolument être maîtrisées. Cette maîtrise se fait via la traçabilité et la régularité des contrôles de températures, de maintenance, de matériaux et la connaissance du réseau d'eau.

Il paraît donc intéressant d'aborder premièrement des généralités sur la légionellose ainsi que quelques données épidémiologiques, puis de voir les symptômes cliniques avec le diagnostic et les facteurs de risque ainsi que les traitements antibiotiques. Dans une seconde partie nous aborderons d'abord des épidémies marquantes de légionellose en France, puis nous verrons les différents types de production d'eau et les

moyens mis en œuvre pour contrôler le développement des légionelles (contrôle de températures, de matériaux et traitement de l'eau). Enfin, nous verrons par quels moyens, au niveau individuel, peut-on limiter le risque de contamination.

# **Première partie : Généralités**

# I–Définition

## 1. Présentation

La légionellose est une infection respiratoire causée par des bactéries hydrotelluriques appelées les légionelles (*Legionella*). L'homme s'infecte en inhalant des aérosols d'eau contaminée.

La légionellose est une maladie à déclaration obligatoire (MDO) qui doit être portée à la connaissance de l'Agence Régionale de Santé (ARS) par les professionnels de santé. Pour chaque déclaration, les délégations territoriales mènent une enquête épidémiologique et environnementale dont le but est d'identifier et de maîtriser les sources potentielles de contamination. L'ARS assure également un rôle de contrôle, de prévention et de conseil auprès des usagers et des établissements. D'une manière générale, l'ARS agit pour la prévention des risques liés aux légionelles.

## 2. Sérotype

Actuellement 58 espèces de *Legionella* sont identifiées, dont la plus fréquemment isolée chez les patients est *Legionella pneumophila* (à 90%). Ces espèces peuvent être divisées en sérotypes; ainsi environ 70 sérotypes de *Legionella* différents sont actuellement connus. Pour l'espèce *L. pneumophila*, 16 sérotypes ont été définis à ce jour. Au sein d'un même sérotype, des sous-types ont été définis selon leurs propriétés immunologiques et génomiques (par exemple, une *Legionella pneumophila* de sérotype 1 peut être de sous-type Pontiac, Philadelphie, etc.). La classification EWGLI (European Working Group for *Legionella* Infections) tend à homogénéiser la classification. (1)

### 3. Où la retrouve-t-on?

Les légionelles se retrouvent dans les milieux hydriques naturels (lacs, rivières) et prolifèrent dans certaines installations anthropiques lorsque les conditions de son développement sont réunies, particulièrement entre 25 et 45°C : (2)

- Les réseaux d'eau sanitaire chaude, les pommeaux de douches, les robinets à aérateurs.
- Les bains à remous ou à jet.
- Les systèmes de climatisation
- Les systèmes d'eau des établissements de santé, établissements d'hébergement pour personnes âgées, hôtels et résidence de tourisme, des campings et aux établissements recevant du public(ERP)
- Les tours aéro-réfrigérantes représentent les installations les plus à risque
- Dans les systèmes à batteries froides, le système d'humidification de l'air présente un risque en particulier s'il existe des eaux de condensation ou de ruissellement.

Le réseau d'eau froide peut être à l'origine de la contamination :

- Dans les eaux tropicales, la température de l'eau froide sanitaire est voisine de celle de l'eau de mer et peut atteindre 25°C.
- Les fontaines décoratives.

Une concentration suffisante en oxygène dissous, les dépôts de tartre, la corrosion des canalisations et, bien sûr, la présence d'un biofilm favorisent le développement des légionelles.

#### **4. Génétique**

Le génome de *L. pneumophila* consiste en un chromosome circulaire d'environ 3,7 Mb avec une composition de l'ADN en bases G-C de 38 %. Chacune des souches possède également un ou plusieurs plasmides. On note la présence d'environ 3 000 gènes dont 80 % codent pour des protéines possédant des homologues (orthologues) dans d'autres organismes. Certains de ces orthologues ont des fonctions connues (60 % des gènes), ce qui permet de prédire cette même fonction dans *L. pneumophila*. (3)

#### **5. Utilisation par *Legionella* des fonctions de la cellule hôte**

Le génome de *Legionella* reflète la co-évolution de cette bactérie avec des cellules eucaryotes comme les protozoaires dans l'eau et les macrophages pulmonaires lors de l'infection humaine. En effet, 62 gènes codant pour des protéines ayant une similarité avec des protéines eucaryotes ont été identifiés (notamment des motifs d'interactions protéiques). La présence de ces protéines suggère que *Legionella* est capable d'interagir avec son hôte et de moduler les fonctions de la cellule hôte pour les détourner à son avantage (*Figure 1*).

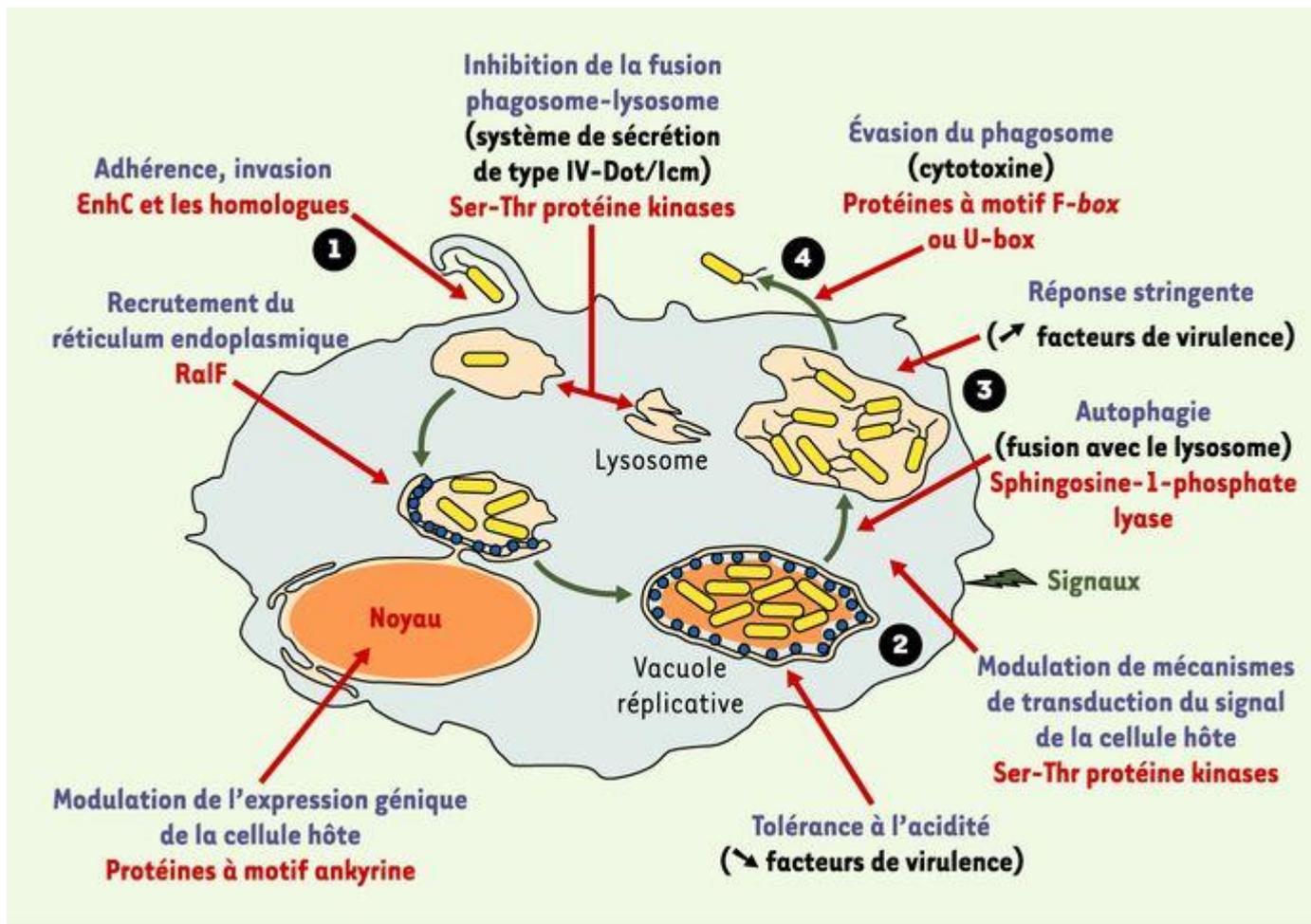


Figure 1. Cycle intracellulaire de *Legionella* dans le macrophage et protéines qui pourraient interférer à des différents stades(3)

L'invasion de la cellule hôte et le trafic intracellulaire sont modulés par les protéines *EnhC* et *LidL* de *Legionella* grâce au motif *Sel1* (motif eucaryote). Domaine *Sel1* également retrouvé dans trois autres protéines qui pourraient intervenir aussi dans des interactions hôte-pathogène.

Pour survivre à l'ingestion par les macrophages, *Legionella* inhibe la fusion phagosome-lysosome et échappe ainsi à la dégradation par le lysosome. Puis elle survit et se réplique, protégée dans une vacuole dérivée du réticulum endoplasmique. La protéine *RalF*, qui contient un motif eucaryote *Sec7*, intervient à ce stade du cycle cellulaire en recrutant le réticulum endoplasmique à la surface de la vacuole. Par ailleurs, trois protéines de *Legionella* sont similaires aux sérine/ thréonine protéine kinases eucaryote. Chez les procaryotes, ces protéines peuvent jouer des

rôles divers tels que l'inhibition de la fusion phagosome-lysosome ou la modulation des défenses de l'hôte.

Un autre exemple de protéines qui pourraient interférer avec des fonctions de l'hôte sont trois protéines à motif *F-box* qui ont été identifiées dans le génome de *Legionella*. Cette famille de protéines est principalement impliquée dans l'ubiquitinylation et la lyse consécutive de protéines promotrices ou inhibitrices du cycle cellulaire par dégradation protéasomique. Donc ces protéines de *Legionella* sont probablement capables d'interagir avec la machinerie d'ubiquitinylation de la cellule hôte. Jusqu'à présent, on n'avait encore identifié qu'une seule protéine à motif *F-box* chez un procaryote (*Agrobacterium tumefaciens*).

Finalement, la présence d'autres gènes codant pour des protéines typiquement eucaryotes : protéines à motifs *U-box*, sphingosine-1-phosphate lyase, sphingosine kinase and apyrase laisse penser que *Legionella* peut moduler directement le cycle cellulaire de l'hôte.

## **6. Plasticité du génome de *Legionella***

Chaque souche de *Legionella pneumophila* possède 9 à 13 % de protéines spécifiques. Elles possèdent, entre autres, un ou plusieurs plasmides spécifiques qui pourraient intervenir dans la virulence et la plasticité de *Legionella*. Des études ont déjà montré une corrélation entre la présence de plasmides et la virulence ainsi qu'une plus grande persistance dans l'environnement des souches possédant des plasmides. Un plasmide portant un système de sécrétion de type IV impliqué dans la virulence, qui peut être présent à la fois sous forme excisée ou intégrée dans le chromosome, a été identifié dans les souches *L. pneumophila* « Paris » et « Philadelphia ». Dans d'autres souches, le même type d'élément instable est associé à la virulence : les souches perdent la virulence lorsque le plasmide est en position excisée.

## **II-Epidémiologie/historique**

### **1. Historique**

La légionellose est une infection pulmonaire ayant été découverte à la suite d'une épidémie de pneumonie affectant plusieurs participants d'un congrès d'anciens combattants de la légion américaine réunis dans un hôtel à Philadelphie en 1976.

### **2. La surveillance de la légionellose en France**

Les résultats de la surveillance de la légionellose sont régulièrement publiés par l'Institut national de veille sanitaire (InVS) et font l'objet chaque année d'un bilan annuel publié dans le Bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH). Par ailleurs, les investigations menées par l'InVS en collaboration avec les ARS et les services de l'Etat à l'occasion de l'apparition de cas groupés sont publiées sous forme de rapports publics.

L'incidence des cas de légionellose en France, a nettement augmenté depuis 1997, année de renforcement de la surveillance de la maladie. Depuis 2004 le nombre de cas chaque année est plus ou moins stable (figure 2). Le plus souvent, les cas de légionellose notifiés correspondent souvent à des voyages et à des personnes hospitalisées en réanimation ou en unité de soins intensifs (tableau 1).

Les résultats de surveillance de la légionellose en 2015 publiés par l'InVS montre un pic du nombre de cas au mois d'août et septembre. La majorité des cas était survenue au second semestre (figure 2).

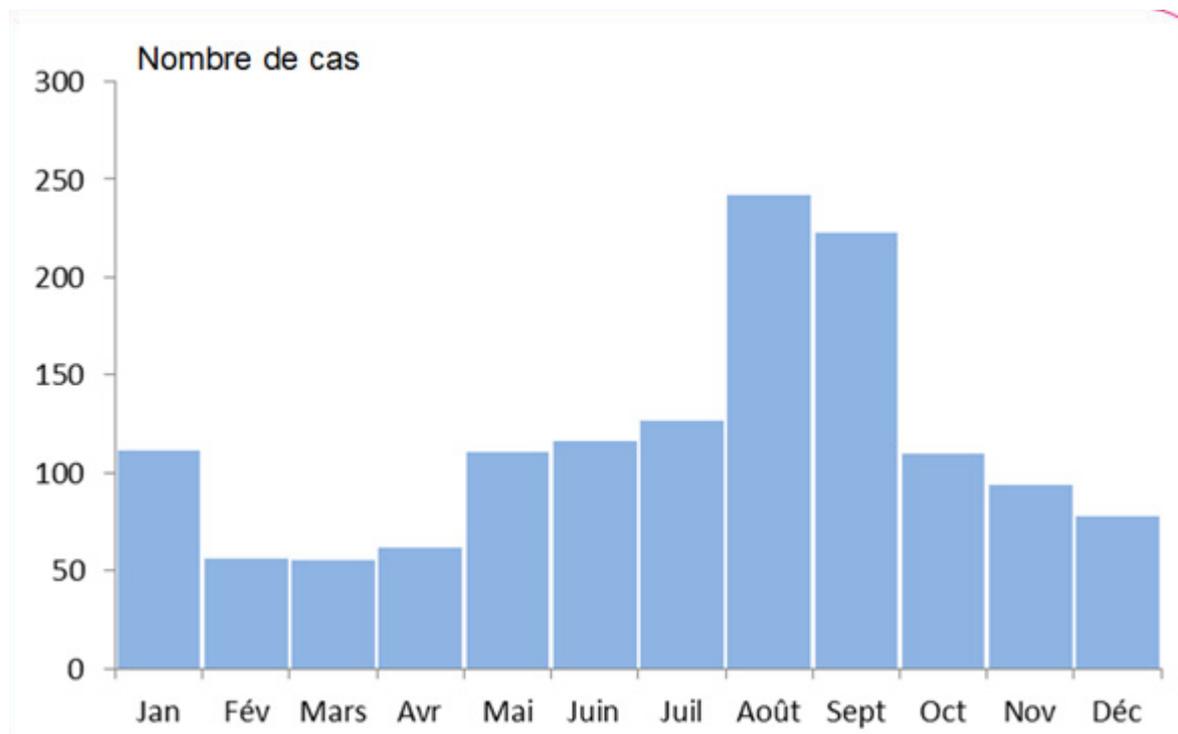


Figure2. Nombre de cas de légionellose selon le mois de début des signes, France, 2015 (InVS) (10)

En France, le taux de décès atteint 11 %.

	France (Période 2009-2013)	
	Effectif	Pourcentage*
Établissements de santé	454	19 %
Maisons de retraite	268	11 %
Stations thermales	34	1 %
Voyages	1234	52 %
dont hôtel-camping	732	31 %
dont résidence temporaire	270	11 %
dont autre type de voyage **	232	10 %
Autres ***	395	17 %
Total des cas ayant au moins une exposition identifiée	2385	100 %

Tableau 1. Expositions à risque parmi les cas de légionellose notifiés en France entre 2009 et 2013 (InVS, (5))

\*Le pourcentage est supérieur à 100 % dans la mesure où plusieurs catégories d'exposition sont possibles pour un même cas.

\*\*Sans précision du type de logement.

\*\*\*Piscines, établissements recevant du public, expositions professionnelles, etc.

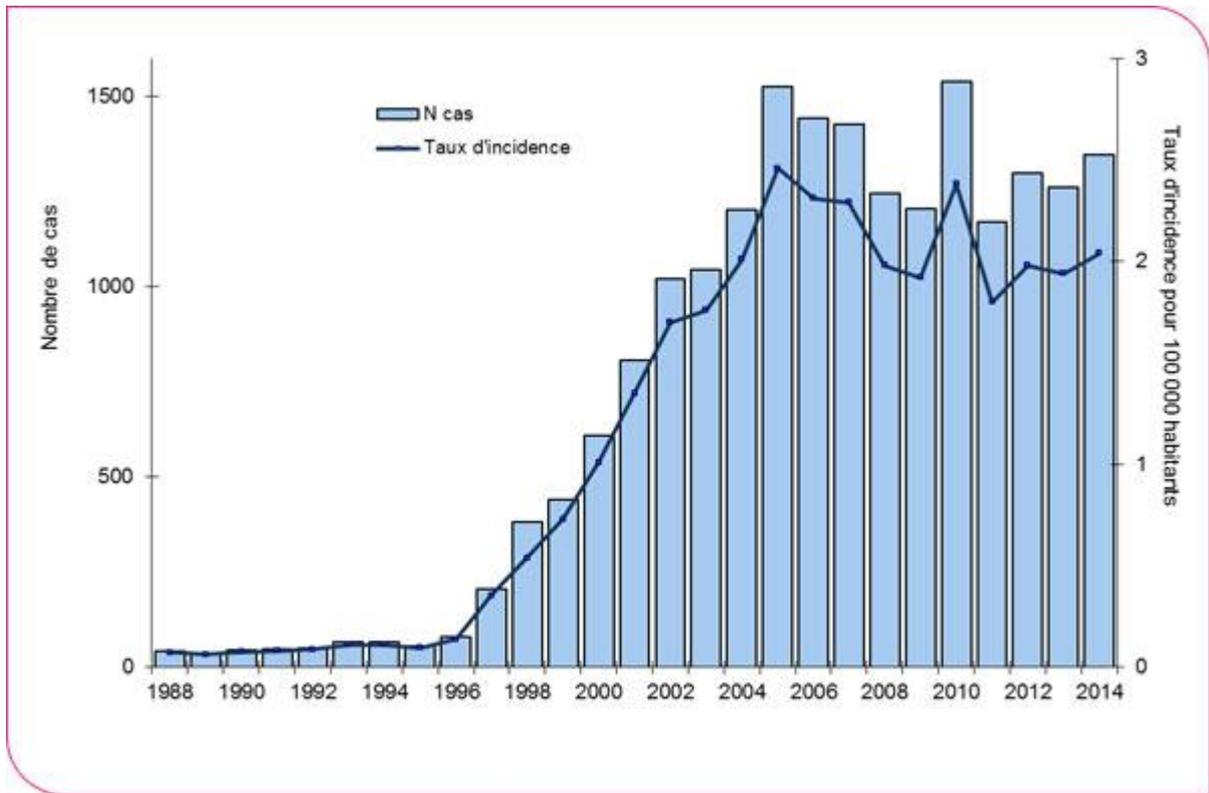


Figure 3. Evolution du nombre de cas et du taux annuel d'incidence pour 100 000 des cas notifiés de légionellose en France, 1988-2014 (10)

Il a été observé une inégalité géographique des cas de légionellose en France avec un gradient d'ouest en est, qui varie un peu selon les années (figure 3). Cette inégalité n'a pas encore été expliquée dans la littérature.

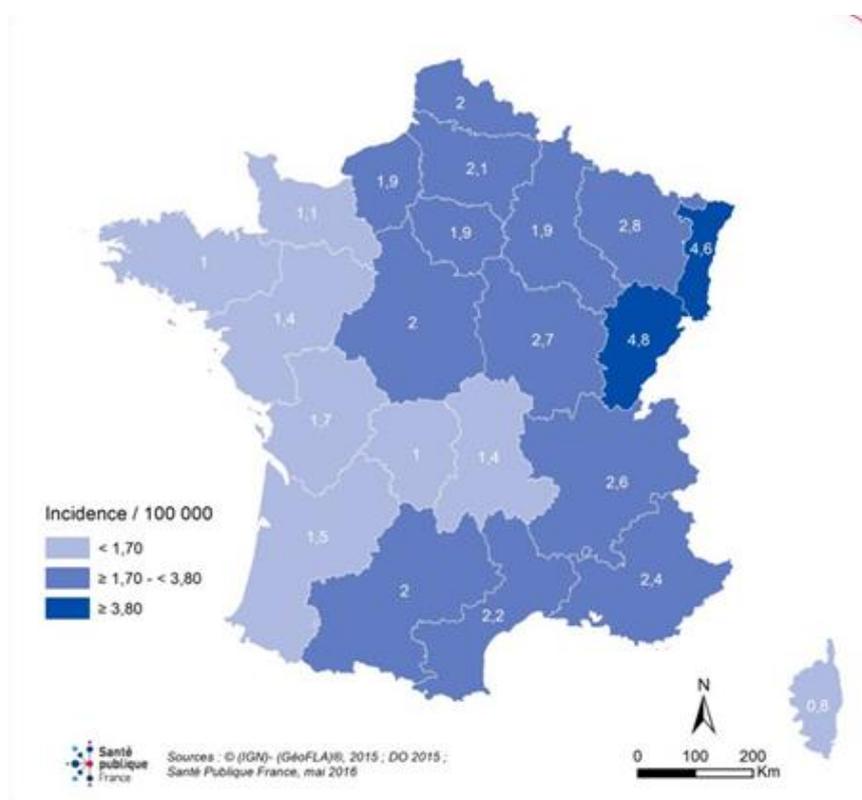


Figure 4. Incidence des cas de légionellose en France en 2015(10)

## **III-Symptômes cliniques (6)**

### **1. Contamination**

La contamination se fait par voie respiratoire, par inhalation d'eau contaminée diffusée en aérosol. Aucune transmission inter humaine n'a été à ce jour démontrée.

### **2. Incubation**

La période d'incubation est généralement de 2 à 10 jours. Cependant, pour un nombre limité de patients des résultats d'investigations d'épidémies suggèrent des durées d'incubation plus longues (2-19 jours) et une durée médiane d'incubation de 6 jours.

### **3. Clinique**

Les conséquences sanitaires des expositions aux légionelles sont variées. Les personnes peuvent contracter :

- des infections non pulmonaires de type grippal (fièvres de Pontiac notamment) dont l'issue est généralement favorable. Cela débute avec un syndrome pseudo-grippal, myalgies, céphalées, parfois des diarrhées, avec anorexie ainsi qu'une toux non productive et mais ne s'accompagne pas d'atteinte pulmonaire et ne met pas en jeu le pronostic vital. La guérison survient spontanément en deux à trois jours.
- des infections pulmonaires graves nécessitant une hospitalisation appelées légionelloses qui sont la conséquence d'une aggravation de l'état cité précédemment.

## **IV-Mise en évidence (7)**

### **1. Quand demander un diagnostic bactériologique ?**

Devant toute pneumonie accompagnée d'un des critères suivants :

- Absence d'amélioration sous traitement par  $\beta$ -lactamine
- Patient présentant un terrain favorisant
- En situation épidémique
- En présence d'une pneumonie nosocomiale (systématique)
- Voyageurs
- Exposition professionnelle à l'eau

### **2. Nécessité d'un diagnostic de certitude**

Le diagnostic de certitude doit être le plus rapide possible car plus le traitement sera instauré rapidement, plus l'évolution de la maladie sera favorable. Un diagnostic précoce et de certitude associés à une surveillance épidémiologique la plus réactive possible permet d'agir au plus vite sur toutes les sources de légionelles responsables de cas groupés ou liés.

Le diagnostic peut être réalisé par :

- Immunofluorescence directe
- Mise en culture de prélèvement clinique
- Recherche d'antigènes urinaires
- Sérologie
- Amplification de gènes spécifiques

### **3. Les critères de définition des cas**

#### **3.1 Cas confirmé**

Signes cliniques et/ou radiologiques de pneumopathie associées à au moins un des critères biologiques suivants:

- 1-isolement de *Legionella spp.* dans un prélèvement clinique
- 2-augmentation du titre d'anticorps (x4) avec un 2ème titre de minimum 1/128
- 3-immunofluorescence directe positive
- 4-présence d'antigènes solubles urinaires

### 3.2 Cas probable

Signes cliniques et / ou radiologiques de pneumopathie associées à un titre unique ou répété d'anticorps supérieur ou égal à 256.

## 4. Méthodes de diagnostic des légionelloses

### 4.1 Méthodes essentielles (fixées par le ministère de la santé)

- Recherche d'antigènes urinaires de *L. pneumophila* séro groupe 1
- Mise en culture de prélèvements pulmonaires

Intérêts :

- Rapidité du diagnostic
- Isoler la souche
- Comparer la souche clinique et les souches environnementales pour identifier la source de contamination

### 4.2 La recherche d'antigènes urinaires

La recherche d'antigènes urinaires est primordiale, car elle permet un dépistage rapide et précoce des cas à *Legionella pneumophila* séro groupe 1. Les antigènes détectés sont des lipopolysaccharides de la membrane externe des légionelles.

Cinétique de l'antigénurie :

- les antigènes apparaissent précocement : dans les 2 à 3 jours suivant l'apparition des signes cliniques chez 88 % des patients,
- l'excrétion est longue et variable suivant les patients : de quelques jours à deux mois en moyenne, et jusqu'à un an chez certains patients. La durée d'excrétion des antigènes peut être un facteur limitant le diagnostic de légionellose lors de pneumonie récidivante.
- l'excrétion n'est pas influencée par l'antibiothérapie.

La méthode de diagnostic est simple et rapide. La détection des antigènes est actuellement réalisée par une méthode immunoenzymatique (ELISA) ou par une technique d'immunochromatographie sur membrane. La durée de la réaction par ELISA est de 4 heures versus 15 minutes par immunochromatographie sur membrane.

Performances des tests :

Spécificité : 99 %

Sensibilité : 80 %. La concentration des urines avant analyse permet d'augmenter la sensibilité sans affecter la spécificité.

Valeur prédictive positive (VPP) : 86%

Valeur prédictive négative (VPN) : 95%

#### 4.3 La mise en culture de prélèvements

Devant toute recherche d'antigène urinaire positive et en présence d'une pneumonie, la légionellose est confirmée mais l'isolement d'une souche par la mise en culture d'un prélèvement clinique reste indispensable pour l'enquête épidémiologique.

Le prélèvement le mieux adapté et donnant le plus fort taux de positivité est le lavage broncho-alvéolaire. Si l'état de santé du patient ne permet pas ce prélèvement, il est possible d'isoler des légionelles à partir d'expectorations ainsi que de tout autre type de prélèvements pulmonaires (aspirations trachéales, biopsies pulmonaires, liquide pleural...). En cas de suspicion de légionellose, tout prélèvement broncho-pulmonaire doit être ensemencé même en l'absence de polynucléaires.

Prélèvements d'où peuvent être isolées les légionelles :

- Lavage broncho-alvéolaire,
- Expectoration,
- Aspiration trachéale,
  
- Aspiration bronchique,
- Biopsie pulmonaire,
- Liquide pleural,
- Sang

Exceptionnellement lors de légionelloses extra pulmonaires : liquide articulaire, liquide péricardique ...

La culture des légionelles est lente (le délai de réponse est de 10 jours) et difficile. Les légionelles nécessitent l'utilisation de milieux spécialisés pour se développer. La demande de recherche de légionelles doit donc être précisée par le clinicien.

Le milieu de base est le milieu BCYE ("Buffered Charcoal Yeast Extract") contenant de la cystéine, du fer et du charbon. Les légionelles sont des bactéries aérobies strictes dont la croissance est favorisée par la présence de CO<sub>2</sub> (2,5%).

Les colonies de légionelles présentent un aspect caractéristique dit en “verre fritté” lorsqu’elles sont observées à la loupe binoculaire (grossissement x 30).

L’identification des colonies est réalisée par immunofluorescence directe ou par agglutination de particules de latex à l’aide d’anticorps spécifiques de la membrane externe des légionelles. La spécificité antigénique de la membrane externe est liée au lipopolysaccharide (LPS), à la protéine majeure “major outer membrane protein” (MOMP) et à d’autres antigènes protéiques. En présence de réactions croisées, des techniques de biologie moléculaire basées sur l’amplification génique (PCR) sont utilisées.

#### 4.4 Examen direct des prélèvements cliniques

Les légionelles sont des bacilles à Gram négatif faiblement colorées. La coloration de Gram réalisée sur un prélèvement pulmonaire ne permet pas d’évoquer le diagnostic.

L’examen direct des prélèvements cliniques est réalisé par immunofluorescence directe (IFD) à l’aide d’anticorps monoclonaux ou polyclonaux qui reconnaissent tous les sérogroupes de *L. pneumophila*.

##### a) Avantages

Cette technique permet un diagnostic rapide (moins de 4 heures)

##### b) Inconvénients

Sensibilité faible : 25 à 40 % avec un seuil de détection de 10<sup>4</sup> UFC/ml

Spécificité faible : 60 à 70 %, liée à des réactions immunologiques croisées avec certaines bactéries comme *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bordetella pertussis*, *Bacteroides fragilis* et *Francisella tularensis*.

## 4.5 Sérodiagnostic

La technique d'immunofluorescence indirecte (IFI) reste la méthode de référence, mais des techniques ELISA sont actuellement proposées. Les anticorps détectés sont en majorité dirigés contre le lipopolysaccharide (LPS) de la membrane externe des légionelles. La chaîne polysaccharidique est le support de l'antigénicité O et est caractéristique de chaque séro groupe de *L. pneumophila*.

Les immunoglobulines totales sont détectées (IgM, IgG et IgA). Des IgM ont été détectées très tardivement chez certains patients; leur détermination ne permet donc pas de préciser l'ancienneté de l'infection.

Seule la mise en évidence d'une augmentation du titre des anticorps (de 4 fois) permet de confirmer le diagnostic de légionellose. Pour un titre élevé précoce, la sensibilité est faible (10 %) avec une VPP extrêmement basse de 15 %.

### a) Cinétique des anticorps

Les anticorps apparaissent le plus souvent une semaine après le début de l'affection, le pic étant atteint trois à quatre semaines plus tard. Il existe néanmoins de grandes variations selon les malades. La séroconversion peut ne jamais être mise en évidence malgré un diagnostic certain de légionellose. La disparition des anticorps est plus variable (2 à 3 mois jusqu'à 12-18 mois).

### b) Avantages

Cette méthode permet le diagnostic de légionelloses dues à des espèces ou des sérogroupes de *Legionella* non diagnostiqués par une recherche d'antigène urinaire ou difficilement isolés par culture.

### c) Les inconvénients

La méthode ne permet qu'un diagnostic tardif voire rétrospectif. Le sérodiagnostic ne permet donc pas un diagnostic rapide pour une prise en charge rapide, mais plutôt un diagnostic rétrospectif pour un intérêt environnemental.

De plus, de nombreuses réactions croisées en IFI ont été décrites : avec les mycobactéries, les leptospires, *Chlamydia*, *Mycoplasma*, *Citrobacter*, *Campylobacter* et *Coxiella burnetii*. Des réactions croisées sont également rencontrées entre les différents sérogroupes et entre les différentes espèces de *Legionella*.

### 4.6 Amplification génique

Les tests basés sur l'amplification génique sont utilisés pour détecter les légionelles dans les prélèvements d'urines, les lavages broncho-alvéolaires et les sérums. Cette méthode de diagnostic ne fait pas partie actuellement des critères de définition des cas de légionelloses. Les études réalisées semblent montrer que les techniques PCR utilisées pour le diagnostic des légionelloses présentent une forte spécificité mais une sensibilité modérée qui sera probablement améliorée par les techniques récentes de PCR en temps réel. Les avantages principaux des techniques d'amplification sont la rapidité de la détection des *Legionella* et la possibilité de détecter les autres espèces de *Legionella* que *L. pneumophila*.

## 4.7 Conclusion

	Délai de réponse	Sensibilité %	Spécificité %	Valeur prédictive positive %	Valeur prédictive négative %
Culture	3 à 10 jours	62	100		
Immunofluorescence directe	< 4 h	25	65		
Antigènes urinaires	< 1h	56-80*	99	86	95
Augmentation du titre des anticorps	3 à 10 semaines	75	95-99		
Titre unique élevé précoce		10	94	15	91
Titre unique élevé tardif		65	94	54	96

Tableau 2. Evaluation des méthodes du diagnostic biologique des légionelloses

\*La sensibilité dépend de la concentration des urines

En résumé, le diagnostic clinique doit être confirmé par une radiographie pulmonaire qui, si elle laisse fortement supposer une légionellose doit être confirmée par isolement de la bactérie dans un prélèvement respiratoire bas ainsi que par la présence d'antigènes soluble dans les urines. Si ces examens sont positifs, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre les autres examens biologiques notamment l'augmentation des titres d'anticorps par quatre entre deux prélèvements successifs avec un minimum de 128, PCR.

Le diagnostic s'appuie sur la sérologie et/ou la mise en évidence des bactéries par culture, après prélèvement de crachats, ou mieux, lavage alvéolaire, ponction pleurale (le rendement est toutefois faible) et plus récemment sur la recherche d'antigènes urinaires, spécifiques de l'espèce *Legionella pneumophila*.

## **V- Facteurs de risque**

Le risque d'être contaminé par les légionelles dépend de l'état de santé de la personne, mais aussi d'autres facteurs de risques comme l'âge, le sexe, les antécédents etc... Le ministère de la Santé a fixé depuis 2005 une définition pour les sujets à haut risque et les sujets à risque de contracter une légionellose :

### **1. Personnes à haut risque (8)**

Sont considérés comme personnes à haut risque, les immunodéprimés sévères et particulièrement les immunodéprimés:

- après transplantation ou greffe d'organe,
- par corticothérapie prolongée (0,5 mg/kg de prednisone pendant 30 jours ou plus, ou équivalent) ou récente et à haute dose (c'est à dire supérieure à 5 mg/kg de prednisone pendant plus de 5 jours).

### **2. Personnes à risque (8)**

Sont considérées comme sujettes à risque, les personnes ayant un système immunitaire fortement diminué du fait:

- d'une pathologie notamment les personnes atteintes d'hémopathie maligne, en particulier la leucémie à tricholeucocytes et les patients présentant une maladie du greffon contre l'hôte (GVH), les cancers, surtout les cancers bronchopulmonaires,
- d'un traitement immunodépresseur.

Dans le cas particulier des patients infectés par le VIH, la légionellose est une pathologie intercurrente possible, mais relativement rare.

### 3. Autres facteurs de risque (8)

D'autres facteurs associés à la maladie ont été retrouvés dans la littérature :

- l'âge supérieur à 50 ans, l'incidence augmentant avec l'âge,
- le sexe masculin,
- les fumeurs,
- le diabète,
- les antécédents d'une intervention chirurgicale récente,
- les pathologies chroniques cardiaques, pulmonaires ou l'insuffisance rénale,
- l'alcoolisme n'est pas toujours retrouvé dans la littérature.

La maladie du légionnaire est rare chez les personnes de moins de 20 ans. De très rares cas de légionellose ont été rapportés en pédiatrie chez les enfants immunodéprimés.

Un certain nombre de cas s'observent chez des sujets n'ayant pas de facteur de risque rapporté.

Tableau 1. Fréquence des facteurs favorisant des cas de légionellose en France, 2014		
Facteurs favorisants*	N	%
Cancer / hémopathie	152	11
Corticothérapie/immunosuppresseurs	118	9
Diabète	231	17
Tabagisme	611	45
Autres	228	17
Au moins un facteur	997	74

Figure 5. Facteurs prédisposant au cas de légionellose (10)

## **VI-Traitements**

### **1. Généralités**

Dans la majorité des cas, sous traitement antibiotique adapté (macrolides ou fluoroquinolones) l'évolution est favorable. Le traitement est d'autant plus efficace qu'il est mis en œuvre rapidement.

Le traitement antibiotique des pneumonies communautaires est le plus souvent probabiliste par rapport aux pathogènes supposés.

Le choix de l'antibiotique repose sur la connaissance de l'activité des antibiotiques sur l'épidémiologie microbienne générale et locale et sur le terrain sous-jacent ; le traitement est généralement ambulatoire.

En cas de légionellose confirmée, le traitement fait appel aux macrolides, les fluoroquinolones ou la rifampicine (uniquement en association pour cette dernière). Si une bêta-lactamine a été initialement prescrite, elle doit être arrêtée, car inefficace sur *Legionella pneumophila*.

### **2. Rationnel du choix des antibiotiques (9)**

#### **2.1 Les macrolides**

Les macrolides sont le traitement de référence historique de la légionellose.

Tout d'abord, voyons l'érythromycine. Cet antibiotique est disponible sous forme orale et intraveineuse, la voie injectable nécessitant de grands volumes de perfusion. Les effets indésirables de l'érythromycine notamment l'intolérance digestive, les interactions médicamenteuses nombreuses, les troubles du rythme cardiaque et les contraintes liées à l'administration injectable ainsi que la veinotoxicité sont à prendre en compte.

Elle est le plus souvent prescrite par voie intraveineuse, au début du traitement ou jusqu'à l'apparition d'une réponse clinique, à une posologie de 2 à 4 g/j selon la gravité de l'état clinique et pour une durée de 2 à 3 semaines. Une amélioration clinique avec diminution de la température est souvent observée rapidement dans les 12 à 48 heures après l'instauration du traitement alors que les infiltrats pulmonaires peuvent continuer à progresser.

D'autres macrolides comme la clarithromycine et surtout l'azithromycine sont de plus en plus utilisés en raison d'une activité *in vitro* similaire mais avec une meilleure pénétration intracellulaire, d'une activité intracellulaire bactéricide et des effets secondaires moindres. De plus, les propriétés pharmacocinétiques de l'azithromycine permettent des traitements plus courts de l'ordre de 5 jours.

La forme injectable de ces nouveaux macrolides n'est, cependant, pas encore disponible en France limitant leur utilisation aux légionelloses peu sévères.

La clarithromycine, la roxithromycine et la josamycine sont plus efficaces *in vitro* vis-à-vis de *Legionella* que l'érythromycine. La roxithromycine et la josamycine ne disposent que de formes pharmaceutiques destinées à la voie orale. En plus d'une forme orale, la clarithromycine dispose d'une présentation pharmaceutique pour l'administration intraveineuse pour laquelle l'AMM de cet antibiotique en France ne comporte pas d'indication en lien avec la légionellose.

La spiramycine a une moindre activité *in vitro* sur *Legionella* que l'érythromycine, mais sans différence d'efficacité clinique observée lors de traitements de légionelloses. La spiramycine a moins d'interactions médicamenteuses que les autres macrolides (entre autre absence d'interaction avec la ciclosporine donnant une utilisation plus facile chez

les transplantés). En plus d'une forme orale, la spiramycine dispose d'une présentation pharmaceutique pour l'administration intraveineuse dont le profil de sécurité d'emploi est à prendre en considération (notamment troubles du rythme cardiaque).

L'azithromycine est la molécule la plus active de la famille des macrolides sur les infections dues à *Legionella* (données *in vitro*, modèles animaux expérimentaux). Sa forme orale n'a pas l'AMM en France dans l'indication thérapeutique « pneumonies » en raison de l'insuffisance du dossier d'AMM vis-à-vis des infections pneumococciques. La formulation intraveineuse de l'azithromycine n'a pas d'AMM en France.

## 2.2 Fluoroquinolones

L'activité *in vitro* et sur des modèles animaux expérimentaux des fluoroquinolones vis-à-vis des *Legionella* est supérieure à celle des macrolides.

Les fluoroquinolones à visée respiratoire (lévofloxacine, moxifloxacine) ont une activité *in vitro* sur *Legionella* supérieure à celle de l'ofloxacine et la ciprofloxacine. Parmi ces fluoroquinolones, la lévofloxacine et l'ofloxacine bénéficient de l'expérience clinique la plus large dans le traitement de légionelloses. Cette expérience clinique est très limitée avec la moxifloxacine.

Toutes ces fluoroquinolones disposent d'une AMM pour les voies intraveineuse et orale, mais leur utilisation doit être limitée car il y a une augmentation des résistances aux quinolones et le profil de sécurité d'emploi de ces antibiotiques est à prendre en considération.

Concernant la moxifloxacine, au vu notamment du risque d'effets indésirables hépatiques parfois graves et du potentiel d'allongement de l'intervalle QT, considérant les restrictions d'indications mentionnées au

niveau de l'AMM (exclusion des formes graves pour la voie orale), la moxifloxacine est réservée au traitement des pneumonies communautaires lorsqu'aucun autre antibiotique ne peut être utilisé.

Du fait de ce profil de risques, ce d'autant que ne pouvant pas être associée aux macrolides administrés par voie intraveineuse, la moxifloxacine est exclue de la stratégie thérapeutique en cas de légionellose documentée.

### 2.3 Rifampicine

La rifampicine n'est pas recommandée en monothérapie et n'est à utiliser qu'en association avec un macrolide ou une fluoroquinolone.

La rifampicine est connue pour avoir une forte activité *in vitro* et *in vivo* contre les légionelles et peut être associée à un macrolide ou à une fluoroquinolone à la dose de 20 à 30 mg/kg/j dans les formes sévères ou chez les immunodéprimés. La rifampicine est donnée dans les 3 à 5 premiers jours de traitement seulement, sauf dans les cas de sévère immunodépression ou de maladie extrapulmonaire sévère.

Son utilisation doit être prudente chez le greffé : la rifampicine diminue l'activité immunosuppressive de la ciclosporine et des corticoïdes, favorisant un rejet.

### 2.4 Associations d'antibiotiques

En raison du nombre de signalements faibles de légionellose, il est difficile de faire une étude comparative concernant les associations d'antibiotiques.

En résumé, les macrolides peuvent être utilisés en monothérapie pour les légionelloses communautaires non sévères. Les fluoroquinolones (notamment la lévofloxacine) et l'azithromycine en association sont

devenues les antibiotiques de choix dans le traitement des légionelloses sévères et celles touchant les immunodéprimés.

### **3. Posologies recommandées dans le traitement des légionelloses**

Azithromycine*	500 mg / 24 h PO
Clarithromycine	500 mg / 12 h PO
Roxithromycine	300 mg / 12 h PO
Erythromycine	1g / 6 h IV 500 mg / 6 h PO
Lévofloxacine*	500 mg / 24 h PO ou IV
Ciprofloxacine	400 mg / 8 h IV 750 mg / 12 h PO
Ofloxacine	400 mg / 12 h PO ou IV
Doxycycline*	100 mg / 12 h PO ou IV
Minocycline*	100 mg / 12 h PO ou IV
Tétracycline	500 mg / 6 h PO ou IV

\* un doublement de la posologie lors de la première administration est recommandé.

## **VII-Signaler la maladie**

### **1. Déclaration obligatoire**

La déclaration obligatoire consiste à recueillir des informations aussi exhaustives que possible concernant tous les cas de certaines maladies dites "maladies à déclaration obligatoire" auprès des biologistes et médecins. Elle met en jeu deux procédures successives : le signalement et la notification.

Les médecins et les biologistes qui suspectent ou diagnostiquent une des maladies à déclaration obligatoire doivent les signaler sans délai et par tout moyen approprié (téléphone, télécopie) au médecin inspecteur de

santé publique de l'Agence régionale de santé (ARS) de leur lieu d'exercice. (article R3113-4 code de la santé publique) (annexe 1)

## **2. Une coopération de plusieurs acteurs**

L'ARS informe l'Institut de veille sanitaire (InVS) des conclusions de son enquête et analyse les données recueillies, si besoin en lien avec l'InVS ou la Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie (CIRE), pour examiner l'éventualité de la survenue de cas groupés.

Le Centre national de référence des légionelles (CNR-L) apporte aux ARS et à l'InVS ses compétences microbiologiques lors des enquêtes épidémiologiques pour confirmer le caractère groupé de cas liés épidémiologiquement et/ou de préciser la source de contamination par comparaison des souches d'origine clinique et environnementale. (figure 6)

Le signalement permet au médecin inspecteur de santé publique de mettre en place les mesures de prévention individuelle et collective autour des cas, et le cas échéant, de déclencher des investigations pour identifier l'origine de la contamination et agir pour la réduire.

## **3. Participation de la France au niveau européen**

La France participe également depuis 1992 au réseau de surveillance européen des cas liés au voyage Eldsnet (European Legionnaires Disease Surveillance Network) basé à l'ECDC (European Center for Disease Prevention and Control) à Stockholm. Ce réseau qui regroupe actuellement 36 pays signale aux autorités sanitaires du pays concerné, tout cas de légionellose survenu chez une personne ayant voyagé pendant la période d'incubation en précisant les dates et lieux de séjour afin d'identifier des cas groupés. Les pays européens suivent les procédures décrites dans le guide européen de contrôle et prévention des

cas de légionellose associés au voyage qui a été approuvé par la commission européenne. (8)

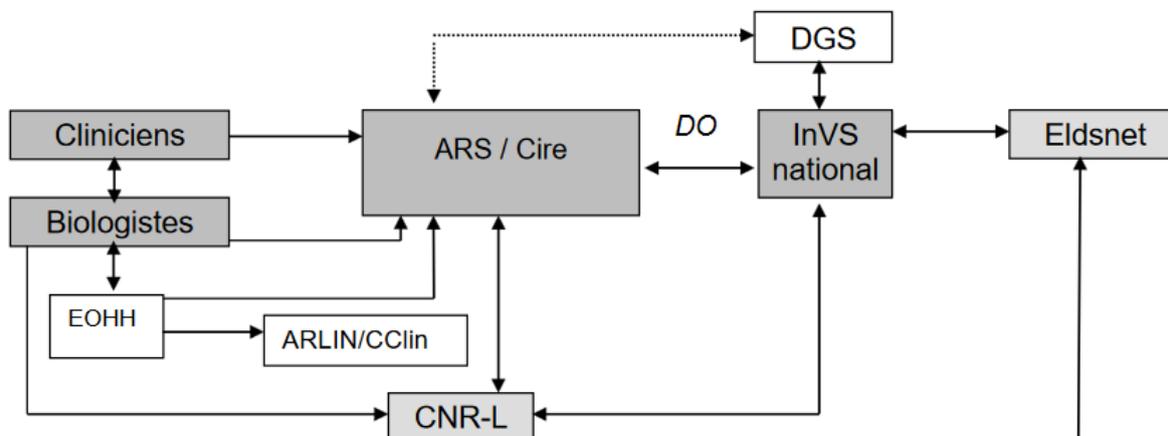


Figure 6. Organisation de la collecte des données des cas de légionellose en France(8)

#### 4. Confidentialité

Les informations sont reportées sur une "fiche de notification" qui ne comporte plus aucun élément du nom de la personne lorsqu'elle est transmise à l'InVS. Chaque personne est identifiée par un code obtenu par codage informatique irréversible de l'initiale du nom, du prénom, de la date de naissance et du sexe de la personne. Au bout de six mois, tout ce qui pourrait permettre de faire un lien entre la personne et ses données individuelles, y compris le nom du déclarant, est supprimé.

Des mesures de protection physiques et informatiques sont en place dans les ARS et à l'InVS pour protéger la confidentialité des données. À titre d'exemple, la transmission des données ne peut se faire que sous pli portant la mention "secret médical" et l'accès aux bases de données est rigoureusement contrôlé.

## **5. Accès aux données personnelles**

Le patient peut avoir accès aux informations le concernant pendant les six mois qui suivent la déclaration. En pratique, il doit demander à son médecin d'adresser sa demande d'accès à l'InVS. Durant ces délais et à sa demande, une rectification des informations le concernant est également possible.

Passés ces délais, il ne sera plus possible d'accéder aux informations concernant le patient contenues dans la base de données, celle-ci étant alors totalement anonyme.

## **VIII-Comparaison à d'autres pays**

### **1. Etats-Unis**

On dénombre actuellement entre 400 et 1 000 cas de maladie des légionnaires chaque année aux États-Unis (on estime à plus de 100 000 le nombre des cas de *fièvre* de Pontiac) et environ 500 en France, selon les données du Centre national de référence.

### **2. Maroc**

Les résultats d'une étude au Maroc ont montré une prévalence globale de *Legionella pneumophila* de 32,5% dans le total des échantillons d'eaux chaudes sanitaires analysés. Cette prévalence est similaire au chiffre de 36,5% rapporté lors d'une enquête réalisée par Leoni et al (2004) menée sur la contamination du système d'eaux chaudes par *Legionella spp* en Italie. (11)

### **3. Turquie**

Une autre étude similaire faite par Erdogan et Arslan (2007) en Turquie, a montré que sur 491 échantillons d'eaux chaudes prélevées à partir de plusieurs hôtels, une prévalence de 17,5% de *Legionella pneumophila* a été détectée. (11)

### **4. Canada**

La prévalence de la maladie du légionnaire au Canada est faible, soit environ 75 cas signalés chaque année. Ce chiffre équivaut à 1,3 à 3,5 cas pour 1 000 000 de personnes (50)

# **Deuxième partie : moyens de prévention face aux légionelles**

## Introduction

La légionellose s'installe dans les installations d'eau chaude sanitaire avec une  $T^\circ$  inférieure ou égale à  $55^\circ\text{C}$ . En dessous de  $19/20^\circ\text{C}$ , la bactérie est présente en faible concentration.

Entre  $25^\circ\text{C} > T^\circ > 45^\circ\text{C}$  elle prolifère dans les eaux stagnantes.

Pour la détruire, à  $50^\circ\text{C}$ , sa croissance est stoppée, mais la bactérie survie ; à  $55^\circ\text{C}$ , le temps de destruction est de plusieurs heures, à  $60^\circ\text{C}$  il est de 32 minutes, à  $66^\circ\text{C}$  de 2 minutes, et à  $70^\circ\text{C}$ , de 1 minute.

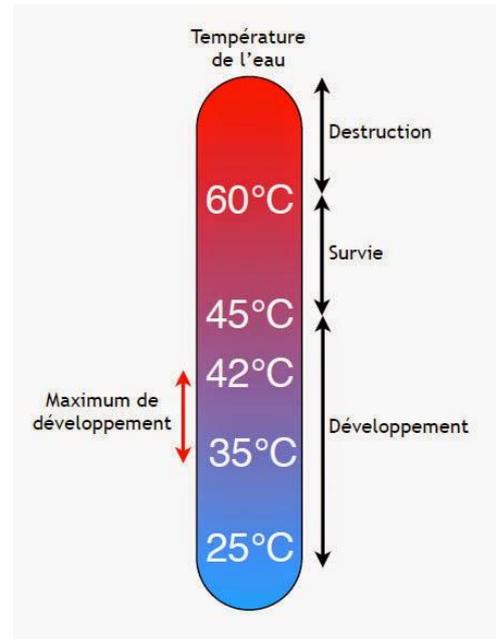


Figure 7.

### *Développement de Legionella en fonction de la température*

Le Code de Santé Publique (art. R1321-55) impose de séparer les réseaux d'eau destinés à la consommation humaine des réseaux d'eau destinés à d'autres usages (chauffage, climatisation...). En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas subir de dégradation pouvant altérer sa qualité. Les matériaux utilisés pour son transport, les traitements physiques et chimiques qu'elle subit doivent être conformes à des dispositions spécifiques (articles R.1321-48 et R.1321-50). Pour cela il est recommandé de maintenir la température d'eau chaude sanitaire en tout point du réseau même sur la boucle de retour à une température supérieure à  $50^\circ\text{C}$ . Cette analyse caractérise la lutte anti-légionellose dite

par chocs thermiques. Comparativement à la 2<sup>ème</sup> méthode de lutte dite par choc chloré, mesure plus curative et au global moins efficace.

Les exploitants de tours aéro-réfrigérantes et de bains à remous ouverts au public (spas) sont soumis à des obligations réglementaires. Les résultats du contrôle sanitaire des bains à remous doivent être affichés à l'attention du public.

De même, les établissements thermaux, les établissements de santé et les maisons de retraite sont concernés par des dispositions particulières. Dans les établissements recevant du public, les responsables sont tenus de surveiller la température de l'eau chaude sanitaire et de réaliser chaque année des analyses de légionelles au niveau des douches (arrêté ministériel du 1<sup>er</sup> février 2010). (12)

Nous aborderons d'abord des notions de gestion de risque avec un rappel de cas récents de légionellose dans le Nord-Pas-de-Calais et la gestion du risque sur les bateaux de croisière. Ensuite nous ferons le point sur les différents types de production de l'eau. Enfin, nous terminerons sur les moyens mis en œuvre pour maîtriser le développement de légionelle (contrôle de température et des matériaux utilisés, contrôle d'absence de légionelle, et traitements de l'eau).

## Chapitre1 : Quelques cas notables

### I- Point sur une épidémie dans le nord pas de calais (9)

Fin de l'année 2003 : importante épidémie de légionellose dans la région de Lens. Le 31 décembre 2003, on déplorait dans cette région 52 cas, dont 6 décès. Les investigations épidémiologiques et environnementales réalisées par les services de l'Etat sous l'autorité du Préfet du Pas de Calais avaient permis d'identifier et d'arrêter une source de contamination: les tours aéro-réfrigérantes (TAR) de l'entreprise Noroxo située sur la commune de Harnes. Malgré les mesures correctives mises en œuvre, une seconde vague de cas est apparue laissant supposer l'existence d'une autre source de contamination.

Le 28 novembre 2003, la Ddass du Pas-de-Calais a été informée de deux cas communautaires de légionellose survenus en 5 jours à Harnes. Dès le déclenchement de cette alerte, la Ddass et la Drire se sont rendues sur les deux principaux sites industriels situés à proximité et équipés de tours aéro-réfrigérantes (*Noroxo* et *Mac Cain*). En conséquence, l'usine *Noroxo* a dû être fermée le 29 novembre 2003 surtout vu les derniers résultats d'analyse communiqués, et les antécédents de l'entreprise en matière de taux de légionelles dans ses circuits. Le 2 décembre, au total, 9 cas de légionelloses ayant débuté en novembre 2003 et résidant à Harnes étaient recensés auprès des médecins généralistes du secteur et auprès du centre hospitalier de Lens.

Selon le rapport de l'InVS, une définition des cas a été établie. Un cas était défini comme « une personne, résidant ou ayant effectué des déplacements dans un rayon de 12 km autour de Harnes dans les 10 jours précédant le début des signes cliniques, ayant présenté, à partir du 1er novembre 2003, une légionellose à *Legionella pneumophila* 1 (Lp1)

caractérisée par une pneumopathie radiologiquement confirmée et répondant aux critères de légionellose confirmée (isolement de *Legionella* dans un prélèvement clinique ou augmentation de quatre fois du titre sérique d'anticorps avec un deuxième titre minimum de 128 ou présence d'antigène soluble urinaire ou immunofluorescence directe positive sur un prélèvement clinique) ou probable (titre unique d'anticorps sériques élevés [ $\geq 256$ ]) tels que définis pour la déclaration obligatoire des maladies à l'autorité sanitaire ». Les cas nosocomiaux certains (hospitalisés pendant la totalité de la période d'incubation de 10 jours) n'ont pas été retenus pour l'enquête. (13)

Selon le BEH de l'institut de veille sanitaire, « 56 % des cas résidaient ou avaient effectué des déplacements à Harnes ou dans les quatre communes limitrophes de Harnes. Aucun lieu de fréquentation commun à tous les cas n'a pu être identifié. Le taux d'attaque global sur la zone des 22 communes de résidence des cas était de 3,9 pour 10 000 habitants. Les taux d'attaque les plus élevés ont été retrouvés dans la commune de Harnes (23 cas ; 16,7/104) et 2 communes avoisinantes : Annay (5 cas ; 10,5/104) et Fouquières-les-Lens (7 cas ; 10,1/104). Avec 23 cas et le taux d'attaque le plus élevé parmi les résidents, la commune de Harnes apparaissait comme l'épicentre de l'épidémie ». (14)

Les recherches de légionelles sur le réseau d'eau chaude sanitaire au domicile des cas se sont révélées positives chez 5 cas (5,8 %). Les souches isolées étaient différentes de la souche épidémique, les concentrations étaient comprises entre 50 et 3 900 000 UFC/L. Au total, 33 entreprises exploitant des TAR ont été identifiées dans les 53 communes de la zone des investigations. Trois d'entre elles ont présenté, pendant la période d'étude, des concentrations en légionelles anormalement élevées ( $>10^4$  UFC/l), dont l'entreprise Noroxo située à Harnes, et deux autres entreprises situées dans des communes

limitrophes de Harnes. Une autre entreprise située à Harnes (Mac Cain) présentait des résultats corrects en matière de concentrations en légionelles mais a fait l'objet d'une mesure de fermeture préfectorale après identification de la souche épidémique

Afin de lutter contre les développements microbiologiques, les conditions de mise en œuvre des traitements préventifs et curatifs ont été définies de façon à garantir leur efficacité :

- le point d'injection du biocide oxydant utilisé en continu a été modifié,
- le lieu de prélèvement des échantillons d'eau pour analyses d'oxydant résiduel sont déplacés en amont de l'injection des produits chimiques,
- le volume du brominateur a été redimensionné,
- la concentration en oxydant résiduel a été augmentée et un analyseur en continu d'oxydant résiduel a été installé,
- un nettoyage permanent de toutes les surfaces en contact avec l'eau a été mis en œuvre (injection d'un biodispersant en continu). Le produit anti-mousse qui affectait l'efficacité du biodispersant a été supprimé.

Cette épidémie de légionellose est la plus importante épidémie communautaire jamais décrite en France, en termes de durée, d'extension géographique et de nombre de cas impliqués. Elle est survenue dans une population partiellement fragilisée par la silicose, ce qui a pu contribuer à l'importance de l'épidémie. (10)

## **II- Epidémie de légionelles à Montpellier (15)**

Sept malades qui avaient en commun d'avoir fréquenté le centre-ville de Montpellier lors de la première quinzaine d'août 2015 ont présenté les premiers symptômes. Un huitième patient, originaire de Montpellier, est décédé récemment au CHU de Nîmes. Les premières investigations ont permis aux chercheurs de circonscrire une potentielle zone de risque, qui va de la gare au Palais des congrès. Les fontaines de la ville ont été coupées plusieurs jours et l'utilisation de brumisateurs a été contrainte par un arrêté préfectoral. Les tours aéroréfrigérantes utilisées par les systèmes de climatisation à grande échelle ont été mises hors de cause.

## **III- Légionellose et bateau de croisière**

### **1. Généralités (6)**

L'OMS a mené une étude bibliographique sur les épidémies survenues sur des navires entre 1977 et 2001 et dont l'agent pathogène a été transmis par l'eau ou l'alimentation du bord. Depuis 1970, plus de cent épidémies ont été décrites sur des navires. 50 événements liés à un contact avec *Legionella* à bord et 200 malades sont par ailleurs recensés par cette étude comme par exemple :

- En 1984, 71 malades sur un paquebot construit en 1948. L'air conditionné était probablement en cause.
- En 1994, 50 malades sur un paquebot au cours de 9 croisières sur une période de trois mois. La bactérie est retrouvée dans le filtre de sable du bain à remous.

L'European working group on Legionella infections a montré que 22% des cas de légionelloses en Europe était en relation avec un voyage survenu dans les 10 jours précédant la déclaration de la maladie. Le Center for

Disease Control évalue à un taux similaire de 23 % les légionelloses en rapport avec un voyage dans une étude portant sur les cas déclarés entre 1985 et 1993 aux Etats-Unis.

## **2. L'eau à bord :**

### 2.1 Approvisionnement ou production

L'eau utilisée à bord d'un bateau provient :

- a) de l'eau du quai
- b) du traitement de l'eau de mer par bouilleur
- c) de l'ultra-filtration par membrane osmotique

### 2.2 Traitements de l'eau

#### a) Bactéricide :

- Chloration à partir de chlore gazeux, d'hypochlorite de sodium ou d'hypochlorite de calcium
- Bioxyde de chlore : meilleur bactéricide, virucide et sporicide que le chlore
- Désinfection aux ultra-violets : même pouvoir bactéricide que le chlore libre mais utilisable en pratique que sur de petits volumes d'eau exempts de matières en suspension
- Ozone

#### b) Chimique :

- Reminéralisation
- Neutralisation

- Traitement de la dureté de l'eau

### 2.3 Distribution

Un navire de type cargo mixte de 150 mètres de long possède 1000 mètres de canalisations d'eau chaude et 800 mètres de tuyauterie d'eau froide. Les études ont montré que les colonies se trouvaient plus fréquemment dans les parties basses des installations car les dépôts de matières et les températures y sont plus favorables à leur développement. Les robinets, les pommeaux de douche, les clapets de non-retour et les absorbeurs de coup de bélier sont des réservoirs privilégiés de la *Legionella*.

## **Chapitre 2 : moyens de production et maîtrise du risque lié aux légionelles**

### **I. Différents types de production (35)**

#### **1. Introduction**

Le choix du préparateur d'eau chaude doit être fait selon les usages de l'eau chaude dans l'établissement et selon les besoins.

Parmi les différents systèmes existants, on distingue 3 grandes familles :

- la production instantanée : l'eau chaude est produite au fur et à mesure des sollicitations des usagers
- la production par accumulation : l'eau chaude est produite dans un réservoir (ballon de stockage), offrant ainsi une réserve d'eau chaude disponible à tout moment en cas de demande
- la production semi-instantanée, combinant les deux systèmes précédents.

#### **2. Production instantanée : l'échangeur à plaques**

L'échangeur à plaques est constitué de deux circuits d'eau indépendants circulant simultanément de part et d'autre de plaques en acier inox, permettant l'échange de chaleur entre les deux fluides. Les différents circuits sont :

- le circuit primaire fonctionnant en boucle fermée : l'eau contenue dans ce circuit est chauffée par une chaudière (gaz, fioul) à une température très élevée. L'eau du circuit primaire peut également être fournie par un réseau urbain de chaleur produit au niveau communal ou intercommunal (chaufferie centrale, incinérateur).
- le circuit secondaire fonctionnant en boucle ouverte (eau chaude délivrée aux points d'usage) : l'eau froide mélangée à l'eau du retour de boucle est

véhiculée dans ce circuit et est chauffée par transfert de chaleur du circuit primaire grâce à une surface d'échange importante constituée de la paroi séparant les deux circuits formés en nids d'abeilles.

Son dimensionnement est directement lié à la puissance thermique de la chaudière du circuit primaire et au débit de l'eau chaude sanitaire souhaitée.

Ce système, quand il est bien dimensionné présente peu de risque de prolifération de légionelles si la température de production est suffisante ( $> 55^{\circ}\text{C}$ ). En effet, l'absence de stockage limite ainsi les phénomènes de stagnation de l'eau propices au développement des bactéries.

## 2.1 Entretien

Si l'eau du circuit d'eau chaude sanitaire est dure (forte concentration en ions calcium et magnésium), il existe un risque d'entartrage de l'échangeur à plaques. Il se forme alors un dépôt de tartre (appelé gaufrette en raison de sa forme) qui va nuire à l'écoulement de l'eau et au transfert de chaleur. Il est donc indispensable de réaliser un traitement par adoucisseur de l'eau froide avant passage dans l'échangeur à plaques.

L'examen des plaques doit être réalisé au moins une fois par an.

## 2.2 Surveillance

Un thermomètre doit être placé sur le départ de l'eau chaude afin de s'assurer que la température de l'eau produite est bien supérieure à  $55^{\circ}\text{C}$ . Toute perforation des parois séparant les 2 circuits doit pouvoir être détectée par l'intermédiaire d'une alarme (visuelle ou sonore). L'alimentation en eau froide de la chaudière du circuit primaire doit être protégée par un disconnecteur (dispositif de protection destiné à empêcher le retour d'une eau polluée dans le réseau de distribution d'eau), ce dernier devant être contrôlé une fois par an. L'eau du circuit

primaire n'est pas potable, elle ne doit donc pas être mise en contact avec l'eau chaude sanitaire.

### **3. Production par accumulation : ballon d'accumulation**

Il s'agit d'un système permettant de chauffer l'eau contenue dans un ballon de capacité généralement supérieure à 1000 litres. L'eau peut être chauffée par l'intermédiaire d'une résistance électrique. Cependant, en usage collectif, l'eau est le plus souvent chauffée par l'intermédiaire d'un réseau primaire où circule une eau à très haute température produite par une chaudière à gaz ou au fioul ou issue d'un réseau urbain de chauffage. Le transfert de chaleur se réalise par l'intermédiaire d'un serpentin du circuit primaire, plongé dans le ballon de stockage. L'eau du ballon n'est pas en contact direct avec le fluide du circuit primaire, l'échange de chaleur se faisant à travers les parois du serpentin.

L'alimentation en eau froide du ballon est réalisée en bas de ballon. L'eau est chauffée par contact avec le serpentin du réseau primaire. Par phénomène physique, l'eau chaude produite migre vers le sommet du ballon. Il existe donc un gradient de température entre la base et le sommet du ballon. Pour alimenter le réseau d'eau chaude, l'eau est pompée en partie haute du ballon.

La base du ballon, en raison de sa température moins élevée que son sommet peut devenir un lieu privilégiée de croissance des légionelles. Pour éviter ce phénomène, il est recommandé de réaliser un bouclage en installant une pompe de recirculation sur une petite boucle entre l'entrée et la sortie du ballon. Cette opération permet ainsi d'homogénéiser la température à l'intérieur du ballon de stockage.

Le volume du ballon de stockage doit permettre de couvrir les besoins journaliers. Son dimensionnement doit donc être bien réfléchi. En effet :

- un volume insuffisant risque de ne pas permettre de couvrir les besoins journaliers, la température de l'eau peut diminuer en cas de forte sollicitation et en fin de journée.
- un volume trop important entraînera un temps de stockage plus long, favorisant la stagnation de l'eau et la prolifération de légionelles.

### 3.1 Entretien

Afin d'assurer la maintenance du ballon de stockage, celui-ci doit être équipé d'un trou d'homme (trappe de visite) d'un diamètre de 50 cm au minimum. Cette trappe permet une intervention aisée, notamment lors des nettoyages annuels des surfaces intérieures du ballon.

Lorsque l'eau est dure ( $TH > 15^\circ F$ ), des dépôts de tartre peuvent se former sur les parois du ballon. Plus la température de l'eau est élevée, plus ce phénomène est accentué. Un traitement par adoucisseur permet de réduire la formation des dépôts.

Un robinet de purge doit être installé au point bas du ballon afin de pratiquer des vidanges partielles hebdomadaires. En effet, les dépôts de tartre remis en suspension et les particules de corrosion du réseau vont se déposer en fond de ballon et former à moyen terme une boue favorisant le développement bactérien. La pratique d'une purge hebdomadaire permet d'évacuer l'ensemble des résidus. L'évacuation des eaux de vidange doit se faire vers le réseau d'eaux usées. Cependant le ballon ne doit pas être relié directement au réseau d'eaux usées.

L'évacuation doit se faire par l'intermédiaire d'une rupture de charge en surverse avant le raccordement au réseau d'eaux usées.

Le ballon de stockage doit également être équipé d'un purgeur d'air en partie haute du ballon, afin d'éliminer les gaz à l'origine des coups de bélier et des phénomènes de corrosion ( $CO_2$ ).

## 3.2 Surveillance

Les dispositifs de protection de l'alimentation en eau froide doivent être vérifiés annuellement, notamment les clapets anti-retour (type EA) installé au plus proche de l'entrée du ballon ou du mélange avec le retour de boucle.

L'installation d'un thermomètre en départ d'eau chaude permet de vérifier que la température de l'eau est supérieure à 55°C.

## 4. Production semi-instantanée

Il s'agit d'un système de production combinant un échangeur à plaques et un ballon de capacité réduite (inférieur à 1000 litres en général) installé afin de pallier les crêtes de consommation (on utilise le terme de ballon tampon).

Le dimensionnement du ballon doit être choisi en fonction des besoins (temps de séjour théorique de l'eau compris entre 4 et 8 heures).

En raison du faible stockage d'eau, le risque de stagnation est faible. Si la température dans le ballon est bien homogène et maintenue à plus de 55°C (circulation continue de l'eau par une pompe de re-circulation), le risque de développement des légionelles est limité.

Toutes les mesures d'entretien et de surveillance des échangeurs à plaques et des ballons d'accumulation sont à suivre pour les productions semi-instantanées.

## II. Maîtrise des légionelles

### 1. Contrôle de la température

#### 1.1 Durée de vie de *Legionella pneumophila* en fonction de la température en milieu expérimental

entre 5 et 24°C	1 an
35°C	2 mois
entre 45 et 50°C	quelques heures
55°C	quelques minutes
60°C	quelques secondes

## 1.2 Fréquence minimale des analyses de légionelles et de la mesure de la température de l'eau chaude (18)

### 2.2.1 Dans les établissements de santé

Au niveau de la sortie de la production d'eau chaude (annexe 2)

- Mesure de la température de l'eau 1 fois par jour ou en continu.

Au niveau du fond de ballon de production et de stockage d'eau chaude sanitaire

- Analyses de légionelles 1 fois par an.
- Analyse réalisée dans le dernier ballon, si les ballons sont installés en série;
- Analyse réalisée dans l'un des ballons, s'ils sont installés en parallèle.

Au niveau des points d'usage à risque les plus représentatifs du réseau et des points d'usage les plus éloignés de la production d'eau chaude sanitaire. (annexe 3)

- Analyse des légionelles 1 fois par an.
- Mesure de la température de l'eau 1 fois par semaine ou en continu.

Au niveau des points d'usage représentatifs situés dans des services accueillant des patients identifiés par le CLIN comme particulièrement vulnérables au risque de légionellose

- Analyse des légionelles 1 fois par an.

- Mesure de la température de l'eau 1 fois par semaine ou en continu.

#### Au niveau du retour de boucle

- Analyse des légionelles 1 fois par an
- Mesure de la température de l'eau 1 fois par jour au niveau de chaque boucle ou en continu

#### 2.2.2 Dans les établissements sociaux et médico-sociaux, les établissements pénitentiaires, les hôtels et résidences de tourisme, les campings et autres établissements recevant du public

##### a) Au niveau de la sortie de la production d'eau chaude

- Mesure de la température de l'eau 1 fois par mois.

##### b) Au niveau du fond de ballon de production et de stockage d'eau chaude sanitaire

- Analyses de légionelles 1 fois par an.
- Analyse réalisée dans le dernier ballon, si les ballons sont installés en série.
- Analyse réalisée dans l'un des ballons, s'ils sont installés en parallèle.

##### c) Au niveau des points d'usage à risque les plus représentatifs du réseau et des points d'usage les plus éloignés de la production d'eau chaude sanitaire.

- Analyse des légionelles 1 fois par an
- Mesure de la température de l'eau 1 fois mois.

d) Au niveau des points d'usage représentatifs situés dans des services accueillant des patients identifiés par le CLIN comme particulièrement vulnérables au risque de légionellose

- Analyse des légionelles 1 fois par an
- Mesure de la température de l'eau 1 fois par mois.

e) Au niveau du retour de boucle

- Analyse des légionelles 1 fois par an
- Mesure de la température de l'eau 1 fois par mois au niveau de chaque boucle ou en continu (1)

Pour concilier les objectifs de température fixée pour le réseau de distribution et les points d'usage, il est nécessaire d'installer un système bloquant la température (robinet thermostatique, mitigeur entre la colonne d'alimentation et la canalisation terminale, robinet mitigeur à butée) dans les pièces réservées à la toilette.

### 1.3 Où réaliser les mesures de température ? (19) (20)

#### 1.3.1 Départ de distribution

La mesure de la température se fait au niveau de la mise en distribution de l'ECS, c'est-à-dire en aval immédiat du préparateur d'ECS ou, s'il est couplé à un ballon de stockage, après celui-ci.

Si un mitigeur est installé en départ de production (ce type d'équipement est déconseillé, il est nécessaire d'installer :

- un thermomètre en amont du mitigeur pour vérifier la température de l'eau chaude produite (vérification du bon fonctionnement du préparateur d'eau chaude)
- et un thermomètre en aval du mitigeur (vérification du respect de la consigne de température prévue au niveau du mitigeur).

### 1.3.2 Retour de boucle

Lorsque le réseau de distribution est composé de plusieurs boucles, l'arrêté du 1er février 2010 prévoit que la mesure de la température doit être réalisée au niveau de chaque retour de boucle, ce qui permet de vérifier qu'une boucle n'est pas plus défavorisée qu'une autre.

Lorsque l'accès aux retours de chaque boucle n'est pas aisé un thermomètre doit au moins être installé sur le collecteur général du retour de boucle, en amont des pompes de circulation.

### 1.3.3 Sur le réseau de distribution

La température doit être relevée au niveau des points d'usage représentatifs de la configuration du réseau : au moins un point d'usage doit être choisi pour chacune des boucles du réseau. Il s'agit en général d'un point d'usage de la colonne d'alimentation la plus éloignée de la production ECS.

Il est important de posséder un plan du réseau de distribution de l'eau chaude sanitaire afin d'identifier les différentes boucles du réseau et définir le plan de surveillance de la température de l'eau chaude sanitaire.

Lorsque l'établissement est construit sur plusieurs niveaux, les mesures de température sont généralement réalisées sur les points d'usage du dernier niveau.

Lorsque cela est possible, il est recommandé de privilégier l'installation de thermomètres sur les canalisations des colonnes retour des points d'usage les plus éloignées. Ainsi, il est possible de s'affranchir des difficultés de mesure liées à la présence de robinets thermostatiques sans bague de déverrouillage et ne délivrant que de l'eau mitigée (en général limitée à 38°C).

## Circulation de l'eau dans un réseau ECS bouclé

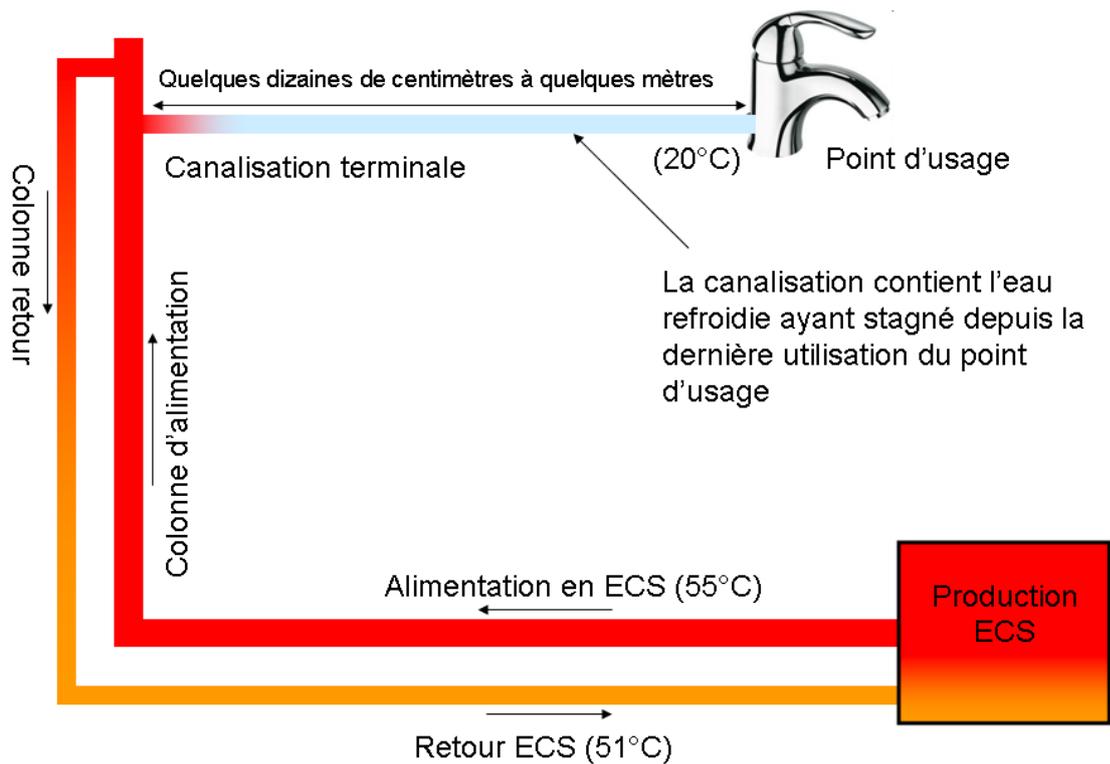


Figure 8. Mesure de la température de l'ECS à un point d'usage

### 1.4 A quel moment de la journée mesurer la température ? (19)

Il est préférable de mesurer la température en dehors des périodes de forte sollicitation du réseau d'ECS pour obtenir des informations correspondant au fonctionnement normal du réseau.

Dans un établissement d'hébergement, les sollicitations les plus importantes du réseau d'ECS auront lieu le matin avant 10h et le soir.

Si les cuisines de l'établissement utilisent l'eau chaude issue de la même production d'eau chaude, il convient d'éviter également de mesurer la température lors de leurs périodes d'activité.

En règle générale, un relevé en milieu d'après-midi (vers 15h) permet d'obtenir les températures les plus représentatives du fonctionnement normal du réseau ECS.

#### 1.5 Comment mesurer la température aux points d'usage ? (19)

Certains systèmes ne peuvent pas être déverrouillés. Il n'est donc pas possible de mesurer la température de l'eau chaude au point d'usage. Il est alors nécessaire de trouver un point d'usage non équipé ou, mieux, d'installer un thermomètre sur la colonne « retour ».

Il est recommandé de suivre les étapes suivantes :

- 1) Ouvrir le robinet à un débit moyen (correspondant à un usage normal) en position eau chaude seule
- 2) Mettre la sonde du thermomètre sous le jet d'eau
- 3) Relever la température au bout de 30 secondes d'écoulement
- 4) Si la température après 30 secondes n'atteint pas 50°C, poursuivre la mesure de la température jusqu'à obtention d'une température égale à 50°C et relever le délai pour y parvenir
- 5) Mesurer la température jusqu'à sa stabilisation en relevant la température de stabilisation et le délai pour l'obtenir.

La température relevée après 30 secondes d'écoulement correspond à la température de l'eau chaude en circulation dans la colonne d'alimentation bouclée (ce délai est généralement nettement suffisant pour éliminer l'eau ayant stagnée dans la canalisation terminale qui raccorde le point d'usage à la colonne).

## 1.6 Quels types de thermomètre utiliser ? (19)

### 1.6.1 Les thermomètres de contact à aiguille

On trouve souvent ce type de thermomètre dans les anciennes productions d'eau chaude sanitaire. Ils sont fixés par un collier autour des canalisations afin que la sonde de mesure soit en contact avec la surface de la canalisation mais le contact n'est pas toujours parfait (en raison de la forme cylindrique de la canalisation et/ou le



relâchement du collier créant un jeu entre la canalisation et le thermomètre) conduisant parfois à des écarts importants entre la température relevée et la température de l'eau chaude en circulation.

Il s'agit en outre la plupart du temps de thermomètre à aiguille (ou bilame) manquant de précision et les rendant fragiles (le bilame peut se casser, l'aiguille restant positionnée sur une température). Il est donc conseillé d'abandonner ce type de thermomètre.

### 1.6.2 Les thermomètres plongeurs à mercure ou alcool

Ces thermomètres pourvus d'un doigt de gant (ou puits thermométrique) sont à privilégier. Le doigt de gant est installé sur la canalisation afin de plonger la sonde du thermomètre au coeur de la canalisation, permettant ainsi une mesure directe et précise de la température de l'eau en circulation.

Attention toutefois de vérifier régulièrement que le thermomètre est correctement installé et que la sonde ne s'est pas cassée à l'intérieur du doigt de gant.



### 1.6.3 Les thermomètres à infrarouge

Ils permettent de mesurer la température sans contact direct avec la surface.

Ces thermomètres doivent être utilisés avec prudence car leur usage sur les surfaces métalliques (acier galvanisé ou cuivre) n'est possible que si les sections de canalisations faisant l'objet de la mesure de température sont recouvertes d'une couche de peinture noire mate.



La température relevée est celle mesurée en surface de la canalisation et peut donc être inférieure de plusieurs degrés à celle de l'eau en circulation dans la canalisation.

### 1.6.4 Les enregistreurs automatiques de température

Ces enregistreurs automatiques sont reliés à une ou plusieurs sondes de mesure installées autour des canalisations à l'aide d'une bande velcro, permettant ainsi d'obtenir facilement les évolutions de température sur de longues périodes en différents emplacements (départ de distribution, retour de boucle, pied de colonne...).



Les données sont, selon les modèles, soit extraites à fréquence régulière en branchant l'enregistreur sur un ordinateur, soit transmises en continu vers un ordinateur (par wi-fi ou par connexion filaire). Les données sont ensuite traitées à l'aide d'un logiciel d'exploitation des données.

Attention toutefois, les températures relevées en surface de canalisation peuvent être de 3 à 5°C inférieures à la température de l'eau en circulation.

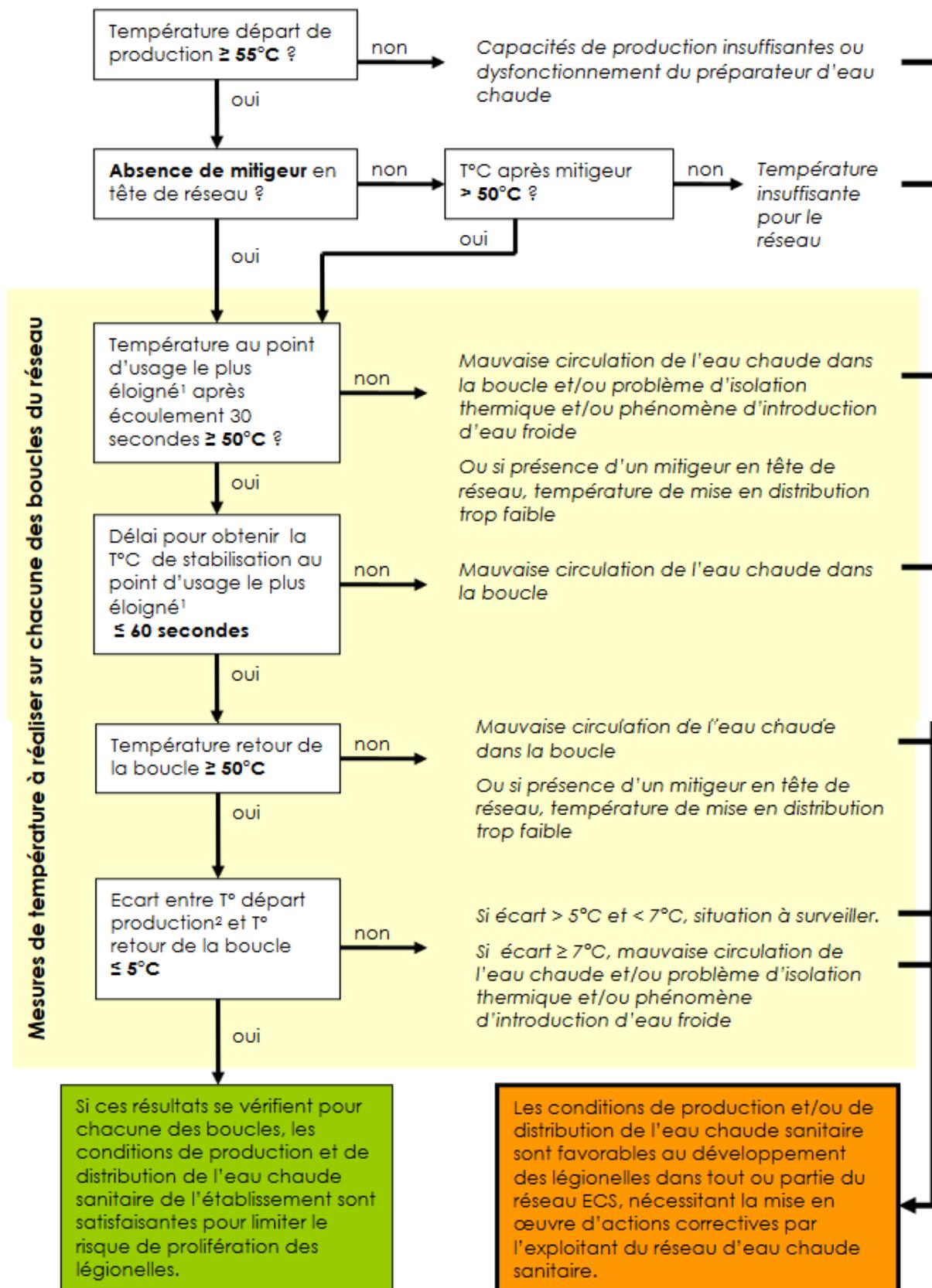
#### 1.6.5 Thermomètres alimentaires à sonde

Ces thermomètres sont bien adaptés pour mesurer la température au niveau des points d'usage en faisant couler l'eau sur la sonde de mesure.

Ces thermomètres sont déconseillés pour mesurer la température au niveau des installations de production d'eau chaude où les robinets (voire les vannes à quart de tout) sont souvent difficiles d'accès et où l'eau est la plus chaude, pouvant conduire à des risques de brûlure pour le manipulateur.



## Logigramme pour l'interprétation des relevés de température



<sup>1</sup> valable uniquement pour les points d'usage non équipés d'un limiteur de température

<sup>2</sup> T° après mitigeur si présence d'un mitigeur en tête de réseau

Figure 9. Logigramme pour l'interprétation des relevés de température(17)

Produire une eau suffisamment chaude ne suffit pas pour se prémunir contre les légionelles.

En effet, si le réseau de distribution est mal connu, des phénomènes de stagnation et de corrosion peuvent se produire et faciliter le développement des légionelles.

Ainsi, les types de matériaux constituant les canalisations, le tracé du réseau et le bouclage du réseau sont les paramètres indispensables à maîtriser pour éviter la prolifération des légionelles.

## **5. Le choix des matériaux**

### 5.1 Propriétés

Les matériaux utilisés pour les canalisations d'eau chaude ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau, ni la rendre impropre à la consommation. Il convient donc de vérifier avant toute installation que les matériaux sont conformes à des dispositions spécifiques fixées réglementairement et disposent de preuves de leur conformité sanitaire pour la consommation humaine. (21) (22)

### 5.2 Matériaux utilisés

Les matériaux pouvant être utilisés sont soit métalliques (acier galvanisé, cuivre, acier inoxydable) soit organiques.

Certains matériaux sont interdits et d'autres sont à exclure en raison de leur comportement sous l'effet de la chaleur :

- acier noir
- plomb
- certains matériaux organiques (polyéthylène (PE), polyéthylène basse et haute densité polychlorure de vinyle).(23)

### 5.3 Le cuivre : matériau favori

Une étude comparative des différents matériaux de canalisations utilisés pour les installations sanitaires des établissements de santé valorise les propriétés du cuivre, au niveau technique, financier et des risques sanitaires et environnementaux. Si, au départ, le coût d'investissement est supérieur pour le cuivre, il est compensé par des économies de maintenance, de traitement et de prévention des risques de légionelles.

En effet, selon le bureau d'étude, le surcoût éventuel "apparaît plus pertinent au regard des avantages que ce matériau est susceptible d'apporter". L'utilisation du cuivre permet d'engendrer des postes d'économie par, entre autres, la quantité réduite de produits de désinfection, des travaux de maintenance facilités, des rinçages et des analyses bactériologiques moins fréquents. De même, le cuivre est un "atout en matière de gestion des risques". D'un point de vue sanitaire, il est "le meilleur allié en matière de lutte contre la prolifération des légionelles" mais aussi d'autres bactéries, indique le bureau d'étude. Et d'un point de vue environnemental, ce matériau présente un "bilan environnemental très favorable". Il est durable, recyclable, n'émet aucun Composé organique volatile (COV) et ne présente aucun risque en cas d'incendie car il est ininflammable, incombustible et non propagateur de fumée. (40)

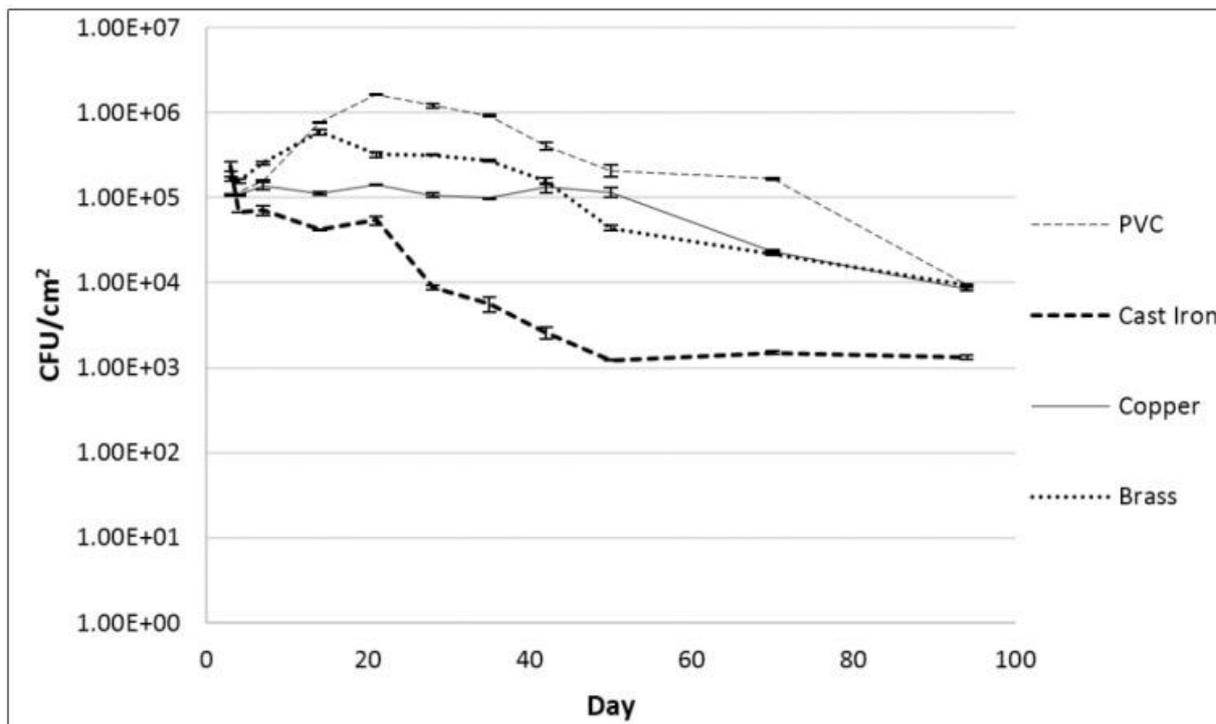


Figure 10. Développement de *Legionella pneumophila* dans des biofilms selon le matériau de la canalisation utilisé

Cast Iron=fonte  
Copper=cuivre  
Brass=laiton

Pour tous les matériaux de tuyaux, des biofilm *Legionella* ( $10^5$  à  $2,7 \times 10^5$  CFU /  $\text{cm}^2$ ) ont été observé trois jours après l'inoculation. Après les trois premiers jours, les concentrations dans les biofilms formés sur la fonte diminué avant de se stabiliser à  $1,2 \times 10^3$  UFC /  $\text{cm}^2$  pour la durée de l'étude, résultant en une réduction de 2 log. Les concentrations sur le cuivre sont restées stables à près de  $10^5$  CFU /  $\text{cm}^2$  jusqu'au jour 50, puis a diminué jusqu'au jour 90. Les concentrations sur laiton sont multipliées par sept à un maximum de  $7,6 \times 10^5$  UFC /  $\text{cm}^2$  à jour 14, et a ensuite régulièrement diminué jusqu'au jour 90. Les concentrations sur polychlorure de vinyle (PVC) ont suivi une tendance similaire à celle sur le laiton, augmentant à  $1,6 \times 10^5$  UFC /  $\text{cm}^2$  par jour 21 avant de décroître. Les concentrations finales sur le cuivre, le laiton et le PVC étaient similaires au jour 90, chacune à près de  $10^4$  CFU /  $\text{cm}^2$ , environ. (24). La fonte, sur le graphique, semble être le matériau où le développement de

légionelles est moindre mais vu le prix et le poids de ce matériau, c'est le cuivre qui est davantage utilisé.

## **6. Contrôle d'absence des légionelles**

### 6.1 Normes

Les dénombrements en *Legionella pneumophila* doivent être inférieurs à 1 000 unités formant colonie par litre au niveau de tous les points d'usage à risque. Dans les établissements de santé, 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 par le comité de lutte contre les infections nosocomiales ou toute organisation chargée des mêmes attributions comme particulièrement vulnérables au risque de légionellose. Lorsque ces seuils ne sont pas respectés, le responsable des installations prend sans délai les mesures correctives nécessaires au rétablissement de la qualité de l'eau et à la protection des usagers.

### 6.2 Dépassement des concentrations maximales

Depuis le 1er mai 2005, tout exploitant d'une installation de refroidissement est tenu de réaliser une analyse mensuelle ou bimestrielle de concentrations en légionelles. Tout dépassement d'une concentration de 100 000 UFC/L fait l'objet d'une information en urgence à l'inspection des installations classées et impose un arrêt immédiat de l'installation pour nettoyage et désinfection. Dans les 15 jours qui suivent la remise en service de l'installation, l'exploitant doit transmettre à l'inspection un rapport d'incident accompagné notamment de la remise à jour de l'analyse de risques.

En 2005, près de 400 dépassements de la concentration de 100 000 UFC/L ont été portés à la connaissance de l'inspection. Sur la base d'une

partie des analyses transmises, il a été décidé de réaliser un retour d'expériences dont les objectifs étaient :

- de mettre en évidence les facteurs de risques les plus souvent associés à des dépassements de 100 000 UFC/L en légionelles dans les installations de refroidissement ;
- d'apprécier l'efficacité des stratégies de traitement mises en œuvre sur les installations concernées.

L'examen permettant de réaliser ce retour d'expériences a porté sur 58 analyses de risques.

Parmi celles-ci, seules 28 analyses de risques étaient rédigées de façon assez précise pour être exploitées. Il faut noter que 15 de ces analyses correspondaient à des installations du secteur industriel et 13 à des installations du secteur tertiaire.

### **III- Traitements de l'eau**

#### **1. Constat sur les traitements de nettoyage (24)**

Nettoyage des surfaces	Secteur tertiaire	Secteur industriel	Total soit en %
Inexistant (pas d'utilisation de produit type biodispersant)	13/13	9/15	22/28 soit 79%
Non permanent (injection en chocs hebdomadaires ou mensuels)	-	5/15	5/28 soit 18%
Permanent (injection en continu)	-	1/15	1/28 soit 3%

## 2. Constat sur les traitements de désinfection

Désinfection préventive	Installations concernées
Avec du biocide oxydant	32% (9/28)
Avec du biocide oxydant et du biocide non oxydant	21% (6/28)
Avec du biocide non oxydant	47% (13/28)

### 2.1 Désinfection avec biocide oxydant

32% des installations font l'objet d'une désinfection préventive par un biocide oxydant. Sur la moitié d'entre elles, la concentration résiduelle en oxydant n'est pas mesurée, ce qui ne permet pas à l'exploitant de s'assurer l'efficacité de la désinfection.

En outre, deux de ces installations sont alimentées en eau d'appoint non potable (une eau de rivière et une eau de forage), ce qui constitue un facteur de risque dans la mesure où la teneur en éléments oxydables consommateurs de biocide varie dans l'eau de rivière, et annihile très probablement le pouvoir désinfectant du biocide pendant certaines périodes. Ce facteur de risque est majoré, dans ces deux cas, par l'absence de traitement de nettoyage.

### 2.2 Désinfection avec biocide non oxydant

Désinfection avec du biocide non oxydant	Installations concernées
Injection en choc préventif	100% (19/19)
Alternance de 2 biocides non oxydants	7% (2/19)
Injection en continu	11% (3/19)
Injection en choc curatif	0% (0/19)

68% des installations soit 19 sur 28 utilisent du biocide non oxydant. Pour 100% d'entre elles, les désinfections sont préventives alors qu'il est recommandé de limiter l'utilisation de ce type de biocides aux

désinfections curatives. L'injection du biocide par choc est basée sur une fréquence calendaire : 1 fois/2 mois, 1 fois/mois, 1fois/semaine, 3fois/semaine, 1 fois/48h, 4 fois/jour...

### **3. Les méthodes actuelles de décontamination du réseau d'eau chaude sanitaire (agrées par la DGS) (25)**

#### 3.1 Traitements chimiques

##### a) Choc chloré

Injection ponctuelle dans le circuit d'eau chaude d'une dose importante de chlore

##### b) Traitement continu au chlore

Injection d'une faible dose de chlore (1mg/L) en continu (préventif). Méthode déconseillée dans la circulaire N°2002/243 destinée aux établissements de santé, faisant suite à la circulaire 98/771 sur la prévention de la légionellose.

##### c) Peroxyde d'hydrogène

Traitement curatif ou préventif : injection dans le circuit d'eau chaude d'une solution à base de peroxyde d'hydrogène et d'ions d'argent. Large spectre d'activité, selon les normes AFNOR : virucide, bactéricide, fongicide, sporicide, algicide.

d) Avantages et inconvénients de ces méthodes chimiques

	Avantages	Inconvénients
Choc chloré	Résultat à court terme mais non définitif	<p>Détérioration des canalisations (attaque par le chlore)</p> <p>Pas d'utilisation de chlore avec de l'inox, de l'acier galvanisé et mal supporté par le nickel</p> <p>Concentration nécessaire très élevée (50mg/L) pour éliminer les <i>Legionella pneumophila</i> (produit toxique pour l'homme et l'environnement)</p> <p>Immobilisation de l'établissement pendant l'intervention.</p> <p>Vidange et rinçage du réseau nécessaire car taux de concentration supérieur au seuil toléré par la législation.</p>
Traitement continu au chlore	<p>Résistance des légionelles à la faible concentration en chlore et accoutumance (avis du conseil supérieur d'hygiène de France), concentration nécessaire 50mg/L pour que le chlore soit efficace.</p> <p>Pas de destruction du bio film (lieu de prolifération des bactéries).</p>	<p>Détérioration des canalisations sur le long terme.</p> <p>Désagrément de l'odeur pour les clients.</p>

<p>Peroxyde d'hydrogène</p>	<p>Destruction du bio film (lieu de prolifération des bactéries).</p> <p>Dégradation de la solution chimique, après action, en EAU et OXYGENE naissant, et par conséquent aucune nocivité pour l'homme, l'environnement et les canalisations même anciennes, y compris sur du long terme.</p> <p>Ne contient pas d'ammonium quaternaire, de chlore, de formol ou d'aldéhyde.</p> <p>Effet sur le tartre et le calcaire (re-solubilise et décroche les oxydas).</p> <p>Effet de rémanence (sécurité accrue)</p> <p>Sans odeur</p> <p>Pas de risque d'accoutumance des bactéries car non utilisé en traitement continu.</p> <p>Pas de vidange nécessaire, ni de coupure d'eau.</p>	<p>Méthodologie stricte à respecter.</p>
-----------------------------	--	--

## 3.2 Traitements physiques

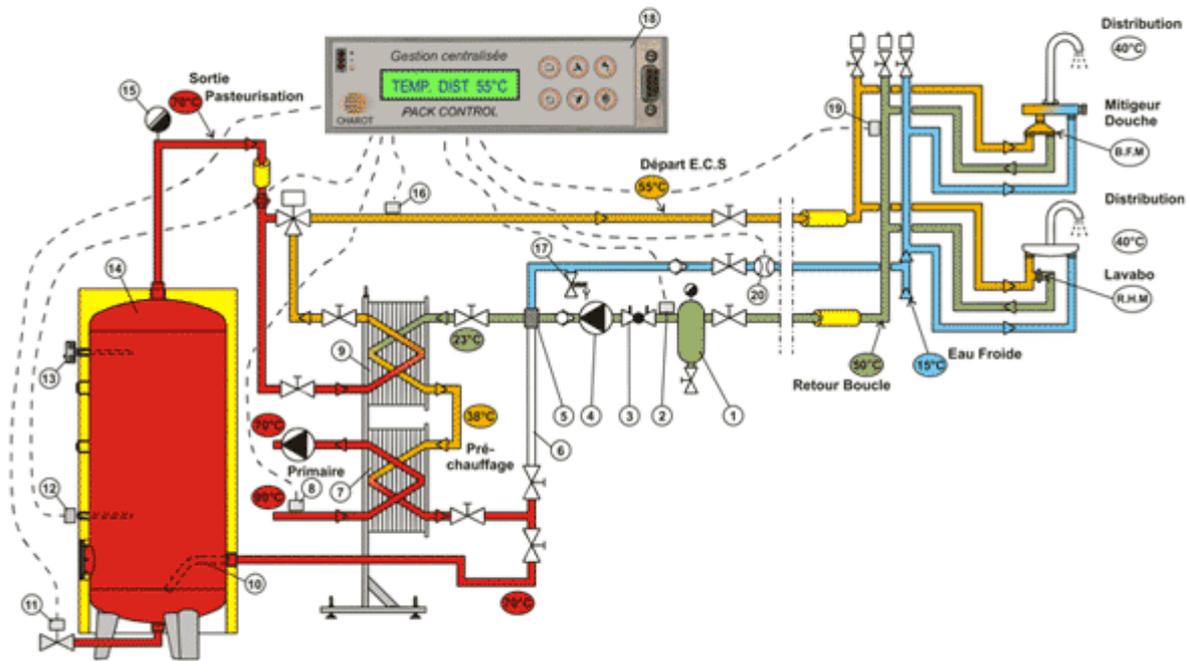
### a) Choc thermique

Elévation de la température du réseau d'eau chaude jusqu'à +70°C pendant 30 minutes jusqu'aux points de puisage (traitement curatif ponctuel).

### b) Destruction en continu

Dans le cas d'établissements sensibles comme les hôpitaux, les maisons de retraite, les hôtels, ..., il est recommandé de ne pas prendre de risque avec la légionellose et d'opter pour un système automatique luttant contre la légionellose « en continu ». Outre la sécurité renforcée, cela diminue les frais d'entretien et offre une prévention de qualité.

Ces systèmes se présentent sous forme de sous-station en kit assurant la production d'ECS et la pasteurisation en continue. La température de l'ECS est portée à plus de 70°C pendant plusieurs minutes. Les bactéries présentes dans le fluide sont soumises à une Pasteurisation en Continu assurant leur destruction permanente. Avant d'être délivrée dans le réseau, l'eau transite par l'unité de transfert qui abaisse automatiquement à la température souhaitée (55°C).



*Principe de la pasteurisation en continu*

Le ballon et sa boucle est maintenue en permanence à 70° assurant une pasteurisation en continu. Après vanne 3V, l'ECS circule à 55° et reste en boucle à 50°. Localement lavabos et douches possède des adaptateurs spéciaux « RHM/BFM » assurant la boucle au plus près des utilisations (pas de bras mort). L'ensemble est piloté par un PACK CONTROL gérant les températures et chocs thermiques.

Les solutions sous-stations ECS spécialement équipées pour lutter « en continu » contre la légionellose sont :

**Pastormaster** : système de production d'ECS et de pasteurisation en continu



**Pastorgaz** : pour les productions d'ECS au gaz

**Backmaster**



c) Avantages et inconvénients de ces méthodes physiques

	Avantages	Inconvénients
Choc thermique	Réalisable par le personnel de l'établissement.	Maintien d'une température de l'eau supérieure ou égale à 70°C très difficile à obtenir dans les chambres les plus éloignées de la production d'eau chaude, et ce, surtout

		<p>dans les grands établissements.</p> <p>Si chocs à répétition, peut favoriser la formation de dépôts calcaires sur les canalisations facilitant la formation de bio film, lieu de prolifération de la légionelle</p> <p>Dégradation des canalisations (notamment les raccords en matière plastique et l'acier galvanisé à une température supérieure à 60°C) car elles ne sont pas conçues pour subir des élévations de température répétées.</p> <p>Pas de destruction du bio film (lieu de prolifération des bactéries).</p> <p>Pas de caractère rémanent.</p> <p>Immobilisation de l'établissement pendant l'intervention (risque de brûlure des clients par exemple).</p>
<p>Destruction en continu</p>	<p>Destruction permanente et définitive des bactéries</p> <p>Traitement global de la production d'eau chaude et du réseau</p> <p>Aucun additif chimique</p> <p>Pour installations neuves ou anciennes</p>	

Système breveté - Toute énergie (primaire - gaz – élec.)
--

## 4. Le nettoyage

Il existe deux types de nettoyage. D'une part, le nettoyage mécanique sur les parois accessibles ou rendues accessibles lorsque l'installation ou une partie de l'installation est vidangée (par exemple au niveau de la tour, de bacs ou de certains échangeurs) et d'autre part le nettoyage chimique sur l'ensemble des parois de l'installation en contact avec l'eau par l'utilisation adaptée de produits chimiques ayant des propriétés tensioactives, comme les biodétergents ou biodispersants.

Le nettoyage peut être réalisé sur une installation en service ou à l'arrêt. Tous les autres dépôts présents dans l'installation, incrustants minéraux (tartre) ou non incrustants (boues, Matières En Suspension), sont favorables à la formation du biofilm et peuvent donc rendre plus difficiles les opérations de nettoyage. Les traitements de l'eau devant être utilisés sont dictés par le ministère de l'écologie et du développement durable (24). Voyons en détails les différents procédés.

### 4.1 Nettoyage Chimique

Le nettoyage chimique met en œuvre des produits de type biodispersant ou biodétergent. Ce sont des tensioactifs qui provoquent la rupture des liaisons entre les dépôts biologiques et les supports. De ce fait, ils facilitent l'élimination des dépôts par l'eau en circulation et permettent, par la suite, de lutter contre leur reformation. La molécule de biodétergent ou biodispersant est dotée d'une partie qui est miscible à l'eau et d'une autre partie qui est miscible aux éléments constituant du biofilm. Les molécules du produit peuvent donc s'insérer à l'interface eau-biofilm et détacher

progressivement des parties de biofilm de la surface durant la phase de nettoyage, et éviter l'adhésion des micro-organismes durant la phase de lutte contre la reformation du biofilm. Le mode d'action de ces deux produits diffère, mais conduit à un résultat final similaire.

Il existe quatre types de composés, classés selon la nature de la partie de la molécule miscible à l'eau. On distingue :

a) Les produits anioniques

Chargés négativement. Ils sont les plus courants, principalement utilisés dans les lessives et produits de nettoyage. Les principaux sont des alkylsulfates, alkylsulfonates, alkylarylsulfates, sulfonates, des phénolates, des dithiophosphates, des sulfosuccinates, des sels de phosphate, monoéthanolamine, des sels de phosphate, et des polymères polymétacryliques ou acryliques.

b) Les produits cationiques

Chargés positivement. Ils sont principalement utilisés dans les milieux industriels et hospitaliers, en raison de leur propriété désinfectante, qui cependant ne dispense pas d'un traitement de désinfection. On trouvera des amines alkyl-polyéthylène et des amines alicycliques (ammonium quaternaires).

c) Les produits ampholytes

S'ionisant négativement (anions) ou positivement (cations), selon les conditions du milieu.

d) Les produits non ioniques

La molécule ne comporte aucune charge nette.

Les principaux sont des polymères d'oxyde d'éthylène et les alkyls glucosides. Les produits non ioniques semblent être les meilleurs détergents notamment ceux de la famille des alkyl glucosides qui ont plusieurs avantages:

- matières premières peu coûteuses et renouvelables
- biodégradabilité complète en aérobiose et en anaérobiose
- molécules présentant une assez faible toxicité et sans caractère irritant
- large gamme de structures disponibles

#### 4.2 Nettoyage mécanique

Le nettoyage mécanique concerne toutes les surfaces accessibles (tour, échangeurs...) : il peut être réalisé sur une installation à l'arrêt ou sur une partie de l'installation à l'arrêt (la tour étant isolée électriquement et hydrauliquement par exemple), notamment lorsque l'installation ne peut faire l'objet d'un arrêt annuel pour nettoyage pour des raisons techniques ou économiques. L'utilisation des jets haute ou moyenne pression doit prendre en compte la production d'aérosols susceptibles de contenir des légionelles. Plusieurs possibilités permettent de limiter l'envol des aérosols, le choix pouvant être réalisé sur des critères de faisabilité liés à la localisation de l'installation. Le bâchage de l'installation par exemple permet d'éviter la dispersion de gouttes mais peut être difficile à réaliser sur des toits pour des raisons de prise au vent. Des dispositifs de nettoyage mécanique par éponges en caoutchouc ou par brosses peuvent être préférés aux jets moyenne et haute pression. Pour les parties non accessibles qui nécessitent un nettoyage mécanique, il est possible de faire circuler l'eau à contre-courant en régime très turbulent (vitesse et soufflage d'air ...).

Les produits tensioactifs de type biodispersants/biodétergents peuvent être utilisés pour mouiller les surfaces avant un nettoyage mécanique.

## 5. La désinfection

La désinfection permet de diminuer le nombre de micro-organismes présents, par des procédés chimiques (produits biocides par exemple) ou des procédés physiques. L'efficacité de la désinfection dépend :

-de la propreté de l'installation et notamment l'état des surfaces du circuit

Les bactéries dans le biofilm ne sont pas affectées par l'injection

ponctuelle d'un désinfectant même si elle est simultanée à l'injection d'un produit de nettoyage type biodispersant ou biodétergent.

-de la qualité de l'eau (teneur en MES, teneur en matière organique, pH...)

Les MES dans l'eau peuvent protéger les bactéries de l'action du désinfectant et empêcher celui-ci d'agir. Les matières organiques «consomment » le biocide oxydant.

-du produit/procédé bactéricide utilisé et de ses conditions de mise en œuvre

-des micro-organismes présents

Les micro-organismes n'ont pas la même sensibilité en présence des désinfectants. Les légionelles «à l'état libre» y sont plutôt sensibles, alors que les légionelles enfermées dans les amibes sont protégées. Par ailleurs, certains genres d'amibe sont résistants aux biocides. Ainsi, l'utilisation répétée de biocides non oxydants en choc peut conduire à un risque plus fort par sélection d'un genre amibien hébergeant des légionelles et résistant aux désinfections.

-du temps de contact entre le micro-organisme et le produit chimique

L'activité désinfectante est fonction :

-de la concentration du biocide dans le circuit, qui dépend de la quantité de produit injectée et de la vitesse de dégradation de la molécule

-du temps de contact entre les molécules et les micro-organismes

## 5.1 Désinfection chimique avec des biocides oxydants

Les biocides oxydants (exemples: Chlore, Brome, Bromochlorodimethylhydantoine (BCDMH)) altèrent le mécanisme de la respiration des bactéries, en oxydant des composés essentiels à l'intérieur des micro-organismes, après diffusion à travers les membranes cellulaires. Ce type de désinfection peut être utilisé en traitement préventif ou curatif. Seule la dose résiduelle de biocide oxydant change. Elle est beaucoup plus élevée lors d'un traitement curatif en choc. Le choix du biocide oxydant doit être réalisé en fonction des paramètres suivants :

-pH de l'eau du circuit : par exemple le chlore est efficace pour un  $\text{pH} < 8$ , le brome sera utilisé lorsque le pH est supérieur, l'efficacité du dioxyde de chlore est indépendante du pH.

-contraintes liées à la prévention des risques accidentels associés au stockage du produit sur site : par exemple le dioxyde de chlore est un gaz explosif que l'on doit produire sur place.

-coût et la facilité de mise en œuvre en exploitation : par exemple, le brome est proposé sous différentes formulations. Le choix de la formulation peut être réalisé suivant les contraintes d'exploitation ou de coût.

## 5.2 Désinfection chimique avec biocides non oxydants

Les biocides non oxydants sont des molécules organiques de synthèse (exemples : DiBromoNitriloPropionAmide (DBNPA), Isothiazolones, Glutaraldéhyde, ammonium quaternaire, etrakishhydroxymethylphosphonium sulfate (THPS)).

Selon le type de biocides non oxydants, différents mécanismes à l'intérieur de la bactérie sont affectés, ce qui conduit à une suppression du pouvoir de reproduction de la bactérie, ou à sa mort. Les mécanismes d'action des agents biocides non oxydants ne sont pas encore clairement identifiés. Ils

varient d'un composé à l'autre. Ils peuvent détruire les structures cellulaires mais aussi interférer avec le matériel génétique.

L'action du produit nécessite un temps plus ou moins long. Ils sont utilisés essentiellement pour la désinfection curative, dès lors que la concentration en légionelle est supérieure à 1000 UFC/L ou lorsqu'un facteur de risque est identifié.

Les critères de choix des biocides non oxydants sont essentiellement basés sur :

- L'efficacité du désinfectant vis-à-vis des légionelles : l'évaluation de l'efficacité du désinfectant sur site n'est possible que si les conditions de mise en œuvre sont rigoureuses.

- L'impact du produit sur les rejets de déconcentration : par exemple les valeurs limites de rejets sont différentes dans le réseau d'assainissement ou dans le milieu.

- L'impact possible du produit sur certains paramètres liés au process : par exemple, l'injection de DBNPA augmente considérablement la teneur en DCO de l'eau ; or, ce paramètre peut être un indicateur de suivi pour détecter une fuite au niveau des échangeurs de certains procédés industriels.

## **6. Traitements complémentaires**

Afin d'assurer l'efficacité du traitement chimique de l'eau et de limiter le volume de produits chimiques mis en œuvre, le traitement préventif doit également prendre en compte la lutte contre les matières en suspension (MES), le tartre et la corrosion.

### **6.1 Les matières en suspension et leur traitement**

La filtration dérivée d'une partie de l'eau du circuit permet d'éliminer en permanence une partie des matières en suspension dans l'eau. Par

ailleurs, si l'eau d'appoint est une eau non potable, il est recommandé de mettre en place une série de filtres au niveau de l'arrivée d'eau d'appoint. En pratique, un à trois filtres peuvent être installés, du tamis le plus grossier au tamis plus fin. Dans tous les cas, le dimensionnement des filtres tient compte du volume et débit d'eau à traiter, mais aussi du « seuil de coupure » souhaité (finesse du tamis), lequel est évalué à partir d'une analyse des matières en suspension dans l'eau (taille des particules et vitesse de sédimentation).

## 6.2 Le tartre et son traitement

Le tartre constitue un support qui permet un accrochage et un développement du biofilm. Il est dû à la précipitation des sels, formant des dépôts minéraux sur les surfaces. Dans les circuits de refroidissement, l'entartrage est causé par l'augmentation de la concentration en sels (due au facteur de concentration du circuit), et l'élévation de température. Les espèces minérales impliquées sont principalement des composés du calcium (précipitation du carbonate de calcium), du magnésium, de la silice, et du soufre.

La formation de tartre dans un circuit dépend :

- des conditions hydrauliques (en cas de courants de circulation d'eau trop faibles),
- de la minéralisation de l'eau (le Titre Hydrotimétrique ou « TH » qui représente la teneur en calcium et magnésium, et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC), qui représente la teneur en ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , et  $\text{HCO}_3^-$ ),
- de la température (la formation de tartre augmente lorsque la température s'élève),
- du pH.

Les moyens de lutte contre le tartre sont de deux ordres:

-Prévention physique: par réduction ou élimination des sels de l'eau par un adoucisseur ou par décarbonatation à la chaux ou sur résine.

-Prévention chimique : par adjonction d'acide (ou «vaccination acide») ou par adjonction de composés chimiques inhibiteurs de la formation du tartre de type complexant ou chélatant et produits dispersants. On retiendra principalement que l'adoucissement et l'adjonction d'acide entraînent une baisse du pH de l'eau du circuit, ce qui a des implications à deux niveaux: les eaux adoucies, décarbonatées, ou traitées à l'acide ont un pH inférieur aux eaux non adoucies, et sont donc plus corrosives : un traitement ultérieur rigoureux contre la corrosion est alors requis, le choix des biocides est conditionné par cette baisse du pH, car certains, comme le chlore, ou encore certains biocides non-oxydants comme le DBNPA, peuvent voir leur efficacité réduite dans des eaux trop basiques.

### 6.3 La corrosion et son traitement

La corrosion est un phénomène d'oxydation du matériau métallique constituant les parois des éléments du circuit de refroidissement. Les phénomènes de corrosion sont multiples et complexes, car ils dépendent d'un grand nombre de facteurs (matériau, pH, température, composition de l'eau...). De façon analogue au tartre, la corrosion, engendrant une rugosité des parois, favorise l'adhésion de micro-organismes au support et la formation d'un biofilm. De plus, la corrosion libère des ions métalliques ( $Fe^{2+}$  et  $Fe^{3+}$ ) qui sont ensuite utilisés par les micro-organismes, dont la légionelle, pour leur croissance. On a presque toujours recours à un traitement par des inhibiteurs de corrosion.

### **III- Installation de refroidissement et tours aéroréfrigérantes**

Une installation de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air est le plus généralement composée d'une ou plusieurs tours aéroréfrigérantes associées à un circuit de refroidissement, que ce dernier soit utilisé pour le refroidissement d'un procédé industriel ou d'une installation de réfrigération/compression du secteur tertiaire (bureaux, hôpitaux, centres commerciaux, etc.). (27)

La réglementation française considère comme faisant partie de l'installation de refroidissement, l'ensemble des éléments suivants : tour(s) de refroidissement et ses parties internes, échangeur(s), l'ensemble composant le circuit d'eau en contact avec l'air (bac(s), canalisation(s), pompe(s)...), ainsi que le circuit d'eau d'appoint (jusqu'au dispositif de protection contre la pollution par retour dans le cas d'un appoint par le réseau public) et le circuit de purge. (28)

Dans une installation de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air, les principaux constituants sont :

- Les appareils au travers desquels les calories sont transférées d'un procédé à refroidir à l'eau (condenseurs, échangeur, réfrigérant de fluide, compresseurs, moteurs...).
- La ou les tours de refroidissement qui permettent l'élimination des calories transférées à l'eau par contact direct avec l'air. Il existe différents types de tours de refroidissement classées selon le mode de circulation de l'air ou de circulation de l'eau.
- Les canalisations qui amènent l'eau chaude de l'appareil transférant les calories vers la tour de refroidissement et les canalisations qui renvoient l'eau refroidie du bac de la tour vers le procédé à refroidir, l'ensemble constituant le circuit de refroidissement.

-Les équipements divers dans lesquels circule l'eau : les pompes, la filtration dérivée et ses canalisations, le matériel de secours....

Le volume d'eau dans le circuit de refroidissement est constant mais l'eau se renouvelle en raison :

-de l'évaporation d'eau au niveau de la tour, ce qui a pour effet de concentrer les sels minéraux dans le circuit. La quantité d'eau évaporée varie en fonction de la température extérieure, de l'hygrométrie de l'air, de la température d'entrée de l'eau et de la conception de la tour.

-des purges de déconcentration volontaires pratiquées pour éviter que la concentration des éléments minéraux dans l'eau ne s'accroisse au-delà de leur limite de solubilité provoquant des dépôts dans le circuit. Afin de réduire les consommations en eau, la concentration maximale tolérable en éléments minéraux est maintenue dans le circuit. Le facteur de concentration dans le circuit dépend donc de la qualité de l'eau d'appoint et des caractéristiques du circuit. L'efficacité des traitements de l'eau dans l'installation est notamment subordonnée à une purge de déconcentration bien réglée.

-des entraînements directs de l'eau du circuit au niveau de la tour de refroidissement, malgré la présence de pare gouttelette destiné à limiter ces entraînements dits vésiculaires ou « primage ». La quantité d'eau entraînée est négligeable au regard des autres sources de pertes, mais il s'agit d'eau de la même qualité que celle du circuit, dispersée dans l'environnement sous forme d'aérosol potentiellement contaminé par des légionelles.

La quantité d'eau perdue dans le circuit est compensée par un apport d'eau d'appoint.

## **IV- Carnet sanitaire**

Le carnet sanitaire constitue le référentiel de la sécurité sanitaire des réseaux d'eau. (29)

Ce document doit être mis en place par toute personne publique ou privée responsable de la distribution d'eau(4) et pour chaque installation (article R 1321-23 du code de la santé publique). Il a pour objectifs de centraliser l'ensemble des informations sur l'installation et d'assurer la traçabilité de son exploitation. Il permet ainsi le suivi :

- Des opérations d'entretien et de maintenance ;
- Des paramètres de surveillance de la qualité de l'eau et des réseaux (température...).
- Mettre en évidence, au travers d'un diagnostic technique, d'éventuels points de dysfonctionnement et d'y remédier rapidement, limitant ainsi le risque lié aux légionelles. Le diagnostic technique et l'entretien régulier des réseaux d'eau doivent être réalisés par un technicien qualifié (compétence interne à la collectivité ou prestataire extérieur). (4)

## **V- Rôle du pharmacien d'officine**

Il pourrait être intéressant, au comptoir d'officine, de mettre à disposition des patients des flyers d'information concernant les légionelles (exemple en annexe 4). Le pharmacien devrait être acteur au niveau de la prévention primaire notamment en rappelant au patient quelques mesures techniques :

- Maintenir les installations en bon état.
- Températures à respecter dans les installations de distribution d'eau chaude sanitaire, afin de limiter le risque de développement des légionelles, et de limiter le risque de brûlures:

- Si une douche n'a pas servi pendant plusieurs jours : faire couler l'eau avant de l'utiliser
- Changer les pommes de douche, au moins une fois par an.

Rappeler aux patients qu'il est possible de lutter contre les légionelles à l'échelle individuelle en :

- faisant couler l'eau froide et l'eau chaude :
  - au moins 1 fois par semaine au niveau des points d'eau qui sont peu utilisés (évier, lavabos, douche, etc.),
  - après chaque période d'absence prolongée, pour tous les points d'eau avant de les réutiliser (notamment la douche) ;
- surveillant la température de l'eau chaude au domicile : elle doit être très chaude mais pas « bouillante » (au moins 50°C et au plus 60°C au niveau de l'évier de la cuisine) ;
- procédant régulièrement au détartrage et à la désinfection des embouts de robinetterie (brise-jets, pommeaux de douches, etc.);
- utilisant de l'eau stérile pour les appareils biomédicaux (nettoyage et remplissage des appareils d'oxygénothérapie ou de lutte contre l'apnée du sommeil). (5)

Le rôle du pharmacien consiste également à inciter les patients à risque et présentant une pneumopathie ne guérissant pas, à aller consulter leur médecin traitant. De la même manière, si des cas groupés de pneumopathie se présentent à l'officine, il serait d'autant plus recommandé d'orienter les patients vers le généraliste.

Il serait judicieux également de faire des réunions d'information auprès des professionnels de santé avec mise à disposition de flyers également afin d'augmenter les chances de diagnostic de la maladie.

Il serait judicieux également de faire des réunions d'information auprès des professionnels de santé avec mise à disposition de flyers également afin d'augmenter les chances de diagnostic de la maladie.

## Conclusion

La maladie du légionnaire fait partie, depuis 1987, des maladies à déclaration obligatoire.

Depuis, l'InVS a recueilli les signalements de cas par le biais d'un système de surveillance impliquant un grand nombre d'acteurs (médecins, biologistes, ARS, CNRL, ...).

On constate une augmentation importante du nombre de cas depuis 1997, coïncidant avec le renforcement du système de surveillance de la pathologie. A ceci s'ajoute une amélioration des méthodes de diagnostic qui permettent aujourd'hui une prise en charge plus rapide du patient notamment avec l'administration d'antibiotique adapté le plus rapidement possible. Cela explique probablement en partie la baisse du taux de létalité observée depuis 2000.

Notons que les tours aéroréfrigérantes sont, parmi les installations à risque, les plus souvent responsables d'épidémies et ce malgré les efforts de prévention entrepris ces dernières années. Devant les difficultés à traiter les réseaux contaminés par *Legionella*, la prévention reste encore aujourd'hui la clé d'une limitation du risque *Legionella* pour la population. Elle se fait par la connaissance du réseau d'eau, la réglementation qui doit être appliquée, les contrôles sanitaires ainsi que les maintenances qui doivent régulièrement être faites.

## Bibliographie

(1)<https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2009sa0330Ra.pdf> (consulté le 23/10/15)

(2)[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipdgmt/pdf/sauvage\\_duport\\_cle56a954.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipdgmt/pdf/sauvage_duport_cle56a954.pdf) (consulté le 23/10/15)

(3)Cazalet C et Buchrieser C (2005) Qu'apprend-on du génome de *Legionella pneumophilla* ? Médecine et Sciences 21(5) : 455-457.  
<http://www.erudit.org/revue/MS/2005/v21/n5/010946ar.html> (consulté le 6/01/16)

(4)  
[http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/02\\_votre\\_sante/01\\_Votre\\_environnement/01\\_eau/03\\_legionelles/plaquette\\_legionelles\\_etab\\_tourisme\\_Aquitaine.pdf](http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/02_votre_sante/01_Votre_environnement/01_eau/03_legionelles/plaquette_legionelles_etab_tourisme_Aquitaine.pdf) (consulté le 12/02/16)

(5)<http://www.santepaysdelaloire.com/chiffres-et-donnees-de-sante/la-sante-observee/legionellose> (consulté le 6/08/16)

(6)<https://www.orpha.net/data/patho/Pro/fr/Legionellose-FRfrPro815.pdf> (consulté le 10/06/16)

(7)<http://www.microbes-edu.org/etudiant/legionella/legion.html> (consulté le 10/12/15)

(8)<http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid2005-2.pdf> (consulté le 10/12/15)

(9)[http://ansm.sante.fr/var/ansm\\_site/storage/original/application/5e0a0a6ce0725ba42387dc31a14551eb.pdf](http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/5e0a0a6ce0725ba42387dc31a14551eb.pdf) (consulté le 22/02/16)

(10)<http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-declaration-obligatoire/Legionellose/Comment-signaler-et-notifier-cette-maladie> (consulté le 20/07/16)

(11)[http://www.researchgate.net/profile/Nozha\\_Cohen/publication/38107074\\_Enquete\\_Epidmiologique\\_sur\\_la\\_Lgionellose\\_et\\_Prvalence\\_de\\_Legionella\\_pneumophila\\_dans\\_Les\\_Eaux\\_Chaudes\\_Sanitaires\\_au\\_Maroc/links/0912f50eef260ef74e000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Nozha_Cohen/publication/38107074_Enquete_Epidmiologique_sur_la_Lgionellose_et_Prvalence_de_Legionella_pneumophila_dans_Les_Eaux_Chaudes_Sanitaires_au_Maroc/links/0912f50eef260ef74e000000.pdf) (consulté le 20/07/16)

(12)<http://blog.elyotherm.fr/2015/03/production-distribution-ecs-les-regles.html> (consulté le 10/12/15)

(13)[http://www.cclinouest.com/PDF/ARLIN/2006-01\\_Brest/RRESO\\_190106\\_DesinfLegion.pdf](http://www.cclinouest.com/PDF/ARLIN/2006-01_Brest/RRESO_190106_DesinfLegion.pdf) (consulté le 22/02/16)

(14)<http://www.invs.sante.fr/publications/2004/legionellose1305/> (consulté le 6/10/15)

(15) <http://sante.lefigaro.fr/actualite/2015/09/11/24106-alerte-legionellose-montpellier> (consulté le 10/06/16)

(16)[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipdgmt/pdf/sauvage\\_duport\\_cle56a954.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipdgmt/pdf/sauvage_duport_cle56a954.pdf) (consulté le 10/06/16)

(17) [http://ars.midipyrenees.sante.fr/fileadmin/MIDI-PYRENEES/0\\_INTERNET\\_ARS\\_MIP/VOTRE\\_SANTE/Votre\\_environnement/legionelle\\_surveillance\\_val\\_oise.pdf](http://ars.midipyrenees.sante.fr/fileadmin/MIDI-PYRENEES/0_INTERNET_ARS_MIP/VOTRE_SANTE/Votre_environnement/legionelle_surveillance_val_oise.pdf) (consulté le 02/07/16)

(18) <http://www.atousante.com/risques-professionnels/risques-infectieux/legionelle/installations-eau-chaude/> (consulté le 3/07/16)

(19)[http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/02\\_votre\\_sante/01\\_Votre\\_environnement/01\\_eau/03\\_legionelles/legionelle\\_surveillance\\_val\\_oise.pdf](http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/02_votre_sante/01_Votre_environnement/01_eau/03_legionelles/legionelle_surveillance_val_oise.pdf) (consulté le 3/07/16)

(20)[http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/02\\_votre\\_sante/01\\_Votre\\_environnement/01\\_eau/03\\_legionelles/arrete\\_legionelles\\_01\\_02\\_2010.pdf](http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/02_votre_sante/01_Votre_environnement/01_eau/03_legionelles/arrete_legionelles_01_02_2010.pdf) (consulté le 3/03/16)

(21)<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000749834&categorieLien=id> (consulté le 10/06/16)

(22)<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idArticle=LEGIARTI000006909455&idSectionTA=LEGISCTA000006198945&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20160817> (consulté le 25/08/16)

(23) <http://www.cclinouest.org/IMG/pdf/Conception%20des%20installations.pdf> (consulté le 13/05/16)

(24)<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4493474/figure/pathogens-04-00269-f001/> (consulté le 13/05/16)

(25) [https://www.nord-pas-de-calais-picardie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/picardie\\_Guide\\_traitement\\_Vfinale\\_cle5e6546.pdf](https://www.nord-pas-de-calais-picardie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/picardie_Guide_traitement_Vfinale_cle5e6546.pdf) (consulté le 30/07/16)

- (26)<http://www.dyese.com/methodes.htm> (consulté le 30/07/16)
- (27)[http://conseils.xpair.com/consulter\\_parole\\_expert/eau\\_chaude\\_destruction\\_legionelles.htm](http://conseils.xpair.com/consulter_parole_expert/eau_chaude_destruction_legionelles.htm) (consulté le 13/06/16)
- (28)<http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/f9.pdf> (consulté le 20/06/16)
- (29)[http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/docannexe/file/3224/549\\_cabanes.pdf](http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/docannexe/file/3224/549_cabanes.pdf) (consulté le 20/06/16)
- (30)[http://www.ars.nordpasdecalsais.sante.fr/fileadmin/NORD-PAS-DE-CALAIS/Qualite\\_Eau/carnet\\_sanitaire/ARS-CARNET\\_SANITAIRE-EAU\\_A\\_REMPLIR.pdf](http://www.ars.nordpasdecalsais.sante.fr/fileadmin/NORD-PAS-DE-CALAIS/Qualite_Eau/carnet_sanitaire/ARS-CARNET_SANITAIRE-EAU_A_REMPLIR.pdf) (consulté le 30/07/16)
- (31)<http://www.atousante.com/risques-professionnels/risques-infectieux/legionelle/legionelle-prevention-risque/#lien2> (consulté le 02/04/16)
- (32)[http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/00\\_actualites/2012/legionellose\\_2012/info\\_legionellose\\_2011.pdf](http://www.ars.aquitaine.sante.fr/fileadmin/AQUITAINE/telecharger/00_actualites/2012/legionellose_2012/info_legionellose_2011.pdf) (consulté le 02/04/16)
- (33)<http://www.pasteur.fr/fr/institut-pasteur/presse/fiches-info/legionellose> (consulté le 20/05/16)
- (34)<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs285/fr/> (consulté le 02/06/16)
- (35) Legionella Pneumophila: Pathogenesis and Immunity publié par Paul Hoffman, Herman Friedman, Mauro Bendinell. Springer Science & Business Media, 24 oct. 2007 ; p1-5
- (36) [http://greeqs.free.fr/siteeqs/outils/classeur/guides/Legionnelle\\_2007-2.pdf](http://greeqs.free.fr/siteeqs/outils/classeur/guides/Legionnelle_2007-2.pdf) (consulté le 11/05/16)
- (37)<http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Invs/Beh/2004/36-37/36-37.pdf#page=7> (consulté le 03/07/16)
- (38)<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1624069303000434> (consulté le 25/07/16)
- (39)[http://www.cclinparisnord.org/REGION/NPC/EHPAD100511/03\\_Risque\\_Legionelles.pdf](http://www.cclinparisnord.org/REGION/NPC/EHPAD100511/03_Risque_Legionelles.pdf) (consulté le 20/07/16)

(40)[http://www.ars.paca.sante.fr/fileadmin/PACA/Site\\_Ars\\_Paca/Sante\\_public/Sante\\_environnement/Legionelle/guide\\_technique\\_arrete\\_1er\\_fevrier\\_2010.DOC\\_ars\\_paca.pdf](http://www.ars.paca.sante.fr/fileadmin/PACA/Site_Ars_Paca/Sante_public/Sante_environnement/Legionelle/guide_technique_arrete_1er_fevrier_2010.DOC_ars_paca.pdf) (consulté le 20/07/16)

(41)[http://tube-cuivre.fr/sites/default/files/publication\\_files/legionelles.pdf](http://tube-cuivre.fr/sites/default/files/publication_files/legionelles.pdf) (consulté le 20/07/16)

(42)[http://nosobase.chu-lyon.fr/recommandations/afssaps/2011\\_Legionellose\\_AFSSAPS.pdf](http://nosobase.chu-lyon.fr/recommandations/afssaps/2011_Legionellose_AFSSAPS.pdf) (consulté le 20/07/16)

(43)[http://www.infectiologie.com/UserFiles/File/medias/\\_documents/legionelle-SPILF-aout2004.pdf](http://www.infectiologie.com/UserFiles/File/medias/_documents/legionelle-SPILF-aout2004.pdf) (consulté le 01/08/16)

(44)[http://reamed.ujf-grenoble.fr/seminaires/archives/2009/juin09/4jeudi/Daumas\\_Legionelloses\\_graves\\_Reanimation.ppt](http://reamed.ujf-grenoble.fr/seminaires/archives/2009/juin09/4jeudi/Daumas_Legionelloses_graves_Reanimation.ppt) (consulté le 01/08/16)

(45)<http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid2005-2.pdf> (consulté le 01/08/16)

(46)[http://www.inrs.fr/eficatt/eficatt.nsf/\(allDocParRef\)/FCLEGIONELLOSE?OpenDocument](http://www.inrs.fr/eficatt/eficatt.nsf/(allDocParRef)/FCLEGIONELLOSE?OpenDocument) (consulté le 02/08/16)

(47)<http://www.sante.public.lu/fr/espace-professionnel/recommandations/direction-sante/infections-legionelles/2010-prevenir-legionellose.pdf> (consulté le 02/08/16)

(48)<http://www.cdc.gov/legionella/about> (consulté le 02/08/16)

(49)[http://opac.invs.sante.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=490](http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=490) (consulté le 02/08/16)

(50)[http://www.cclin-sudouest.com/wp-content/uploads/2016/02/JRHH\\_24\\_03\\_2016\\_Prevention\\_unites\\_soins.pdf](http://www.cclin-sudouest.com/wp-content/uploads/2016/02/JRHH_24_03_2016_Prevention_unites_soins.pdf) (consulté le 05/08/16)

# Annexes

## Annexe 1

République française

<b>Médecin ou biologiste déclarant (tampon)</b> Nom : _____ Hôpital/service : _____ Adresse : _____ Téléphone : _____ Télécopie : _____ Signature : _____	<b>Si notification par un biologiste</b> Nom du clinicien : _____ Hôpital/service : _____ Adresse : _____ Téléphone : _____ Télécopie : _____	Maladie à déclaration obligatoire <b>Légionellose</b> N° 12202*02
---	--	--

Important : cette maladie justifie une intervention urgente locale, nationale ou internationale. Vous devez la signaler par tout moyen approprié (téléphone, télécopie...) au médecin de l'ARS avant même confirmation par le CNR ou envoi de cette fiche.

Initiale du nom :  Prénom : ..... Sexe :  M  F Date de naissance : |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

Code d'anonymat : |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_| (A établir par l'ARS) Date de la notification : |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

Code d'anonymat : |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_| (A établir par l'ARS) Date de la notification : |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

Sexe :  M  F Année de naissance : |\_|\_|\_|\_|\_| Code postal du domicile du patient : |\_|\_|\_|\_|\_|

<b>Signes cliniques :</b> Date des 1 <sup>er</sup> signes cliniques :  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _  Date d'hospitalisation :  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _  Signes cliniques évocateurs de pneumopathie : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Pneumopathie confirmée radiologiquement : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Evolution : <input type="checkbox"/> guérison <input type="checkbox"/> encore malade <input type="checkbox"/> décès Si décès, date :  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">Légionellose</th> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">                     Critères de notification : <u>pneumopathie</u> associée à au moins un des résultats suivants :                      Cas confirmé :                      1. isolement de <i>Legionella</i> spp.                      2. augmentation du titre d'anticorps (x4) avec un 2<sup>e</sup> titre minimum de 128                      3. présence d'antigène soluble urinaire                      Cas probable :                      4. titre d'anticorps élevé (≥256)                      5. PCR positive                 </td> </tr> </table>	Légionellose	Critères de notification : <u>pneumopathie</u> associée à au moins un des résultats suivants : Cas confirmé : 1. isolement de <i>Legionella</i> spp. 2. augmentation du titre d'anticorps (x4) avec un 2 <sup>e</sup> titre minimum de 128 3. présence d'antigène soluble urinaire Cas probable : 4. titre d'anticorps élevé (≥256) 5. PCR positive
Légionellose			
Critères de notification : <u>pneumopathie</u> associée à au moins un des résultats suivants : Cas confirmé : 1. isolement de <i>Legionella</i> spp. 2. augmentation du titre d'anticorps (x4) avec un 2 <sup>e</sup> titre minimum de 128 3. présence d'antigène soluble urinaire Cas probable : 4. titre d'anticorps élevé (≥256) 5. PCR positive			

<b>Confirmation du diagnostic :</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Pos</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Nég</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Non effectué</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">En cours</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>Culture</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Antigène soluble urinaire</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PCR</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>		Pos	Nég	Non effectué	En cours		Culture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Antigène soluble urinaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		PCR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><b>Sérologie</b></td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1<sup>er</sup> prélèvement</td> <td style="text-align: center;">2<sup>e</sup> prélèvement</td> </tr> <tr> <td>Date :</td> <td style="text-align: center;"> _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ </td> <td style="text-align: center;"> _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ </td> </tr> <tr> <td>Titre 1 :</td> <td style="text-align: center;">.....</td> <td style="text-align: center;">Titre 2 : .....</td> </tr> </table>		<b>Sérologie</b>			1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>e</sup> prélèvement	Date :	_ _ _ _ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _ _ _ _	Titre 1 :	.....	Titre 2 : .....
	Pos	Nég	Non effectué	En cours																																	
Culture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
Antigène soluble urinaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
PCR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
	<b>Sérologie</b>																																				
	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>e</sup> prélèvement																																			
Date :	_ _ _ _ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _ _ _ _																																			
Titre 1 :	.....	Titre 2 : .....																																			

Espèce/sérogroupe :  *L. pneumophila* sérogroupe 1  autre espèce, préciser : .....  
 *L. pneumophila* autre sérogroupe, préciser : .....  en cours

Facteurs favorisants :  hémopathie ou cancer  corticothérapie  autres immunosuppresseurs  
 tabagisme  diabète  autres, préciser : .....

Exposition à risque (dans les 10 jours précédant les premiers signes de légionellose) : indiquer précisément les lieux d'exposition, types d'hébergements (ville, pays) et adresse (si nécessaire, détails sur une feuille jointe)

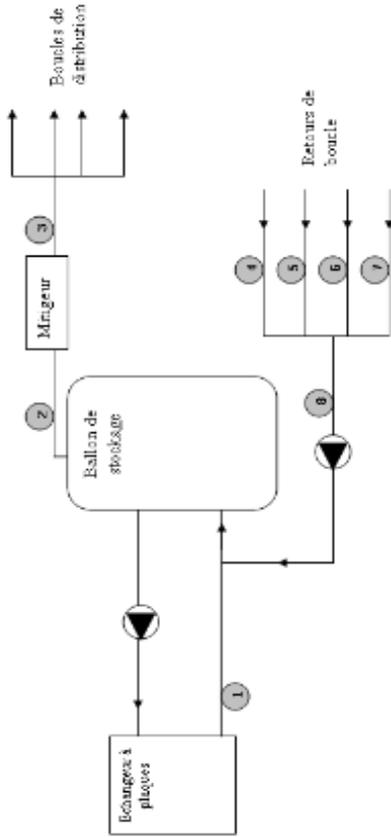
	Oui	Non		<b>Période</b>				
Hôpital	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	du  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	au  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	Etablissement :	.....		
Maison de retraite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	du  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	au  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	Service :	.....		
					Ville :	.....		
					Préciser :	.....		
Station thermale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	du  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	au  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	.....			
Hôtel, camping, voyage...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	du  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	au  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	.....			
Piscine, jacuzzi...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	du  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	au  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	.....			
Autre exposition (loisirs, professionnelle...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	du  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	au  _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	.....			

Notion de cas groupés (cas liés aux mêmes lieux d'exposition) :  
 oui  non Si oui, préciser : .....

<b>Médecin ou biologiste déclarant (tampon)</b> Nom : _____ Hôpital/service : _____ Adresse : _____ Téléphone : _____ Télécopie : _____ Signature : _____	<b>Si notification par un biologiste</b> Nom du clinicien : _____ Hôpital/service : _____ Adresse : _____ Téléphone : _____ Télécopie : _____	<b>ARS (signature et tampon)</b> _____ _____ _____
---	--	---

Maladie à déclaration obligatoire (Art L 3113-1, R 3113-1, R 3113-2, R 3113-5, D 3113-7 du Code de la santé publique)  
 Information individuelle des personnes - Droit d'accès et de rectification pendant 6 mois par le médecin déclarant (loi du 6 janvier 1978) - Centralisation des informations à l'Institut de veille sanitaire

**Exemple de fiche de relevé de température des installations de production ECS et des retours de boucle**



Date du relevé	Heure du relevé	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Nom de l'agent
		T°C Aval immédiat du préparateur ECS	T°C Aval immédiat du ballon de stockage	T°C Aval immédiat du mitigeur de tête de réseau	T°C Retour de la boucle A	T°C Retour de la boucle B	T°C Retour de la boucle C	T°C Retour de la boucle D	T°C Retour général	



## LEGIONELLOSE ou MALADIE DES LEGIONNAIRES

*En cause : Legionella  
pneumophila*

*Maladie découverte lors d'une  
conférence  
de légionnaires à Philadelphie  
en 1976*

*Où la trouve-t-on ?*

*Dans l'eau : canalisation,  
eaux stagnantes,  
climatiseur,  
tours aéro-réfrigérantes*

*Personnes à risques*

- fumeurs
- personnes âgées
- sujets immunodéprimés

*Contamination par  
inhalation de gouttellettes*

*Symptômes :*

- similaires à une grippe
- malaise
- douleurs abdominales
- infection pulmonaire
- décès dans 15% des cas

*Comment réagir ?*

- aller consulter son  
médecin traitant  
(qui fera une déclaration  
de signalement)
- traitement antibiotique

*Comment lutter contre cette bactérie ?*

*Au domicile, il y a peu de risque de contamination car l'eau est souvent utilisée.  
Néanmoins, il est recommandé de détartre souvent robinet et pommeau de douche.  
Ailleurs, des contrôles de températures de l'eau ainsi que des traitements d'eau sont  
pratiqués régulièrement pour maîtriser le développement des léaionelles.*

## Index

**Aérobic** : se dit des microbes qui ont besoin pour vivre de la présence d'oxygène libre. De façon plus générale, se dit de tout phénomène ou métabolisme tributaire de l'oxygène (Pasteur). (Delamare, J., 2000)

**Anaérobic** : se dit des microbes qui ne peuvent vivre au contact de l'air ou de réactions chimiques qui se feront à l'abri de l'air (fermentations) (Pasteur). (Delamare, J., 2000)

**Point d'usage à risque** : C'est un point d'usage accessible au public, qui peut produire des aérosols d'eau chaude sanitaire susceptible d'être contaminé par les légionelles : douches, douchettes, bains à remous ou à jets.

**Réseaux d'eau chaude sanitaire** : Réseaux qui comprennent l'ensemble des installations collectives de production, stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire. Ces réseaux sont alimentés par un ou plusieurs systèmes de production d'eau chaude sanitaire centralisés.

**Analyses de légionelles** : Recherche et dénombrement de *Legionella* et *Legionella pneumophila* selon les modalités de la norme NF T90-431.

**Responsable des installations** : le responsable juridique du fonctionnement des réseaux d'eau chaude sanitaire et de leur impact sur la santé et la sécurité des usagers. Le responsable des installations peut être le propriétaire des installations, le directeur de l'établissement recevant du public, ou un exploitant si cette responsabilité lui a été contractuellement déléguée.

**Souche (bactérienne)** : population d'organisme qui descend d'un organisme unique ou d'un isolat d'une culture pure. (Prescott et al. 1999)

**Nom : DESCAMPS**  
**Prénom : Eloïse**

**Titre de la thèse : Legionelle : moyens de prévention**

**Mots-clés : Legionelle, legionellose, diagnostic, antibiotique, biofilm, température, matériaux, réglementation**

---

**Résumé :**

Depuis vingt ans, *Legionella pneumophila* a été identifiée dans plusieurs séries comme étant l'un des principaux agents infectieux impliqués dans la survenue de pneumonies graves, tant communautaires que nosocomiales. C'est une maladie assez peu connue du grand public pourtant environ 11% des cas sont mortels. Il est donc primordial de connaître les méthodes et les moyens qui doivent être mis en œuvre afin de gérer la prolifération de cette bactérie hydro-tellurique.

Ce contrôle est réalisé dans les tours aéro-réfrigérantes qui sont les principales mises en cause dans les épidémies, mais aussi les hôpitaux, maisons de retraite, bâtiments de tourisme, bateau de croisière...

Une prise en charge du patient le plus tôt possible permet une évolution favorable de la maladie.

C'est la synergie de toutes ces mesures qui permettent de limiter les cas de légionelle et de diminuer le nombre de décès.

---

**Membres du jury :**

**Président : NEUT Christel, maître de conférences à la faculté de Pharmacie de Lille**

**Assesseur(s) : GRAVE Béatrice, maître de conférences à la faculté de Pharmacie de Lille**

**Membre(s) extérieur(s) : GEILER-COURTOIS Isabelle, Docteur en pharmacie à Haubourdin**