



HAL
open science

Surveillance environnementale du risque lié à la légionelle au CHRU de Nancy de 1994 à 2021

Caroline Masurel

► **To cite this version:**

Caroline Masurel. Surveillance environnementale du risque lié à la légionelle au CHRU de Nancy de 1994 à 2021. Médecine humaine et pathologie. 2022. hal-04042668

HAL Id: hal-04042668

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04042668>

Submitted on 23 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

2022

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement

dans le cadre du troisième cycle de médecine spécialisée en Santé Publique

par

Caroline MASUREL

le 26 avril 2022

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU RISQUE LIÉ À LA LÉGIONELLE AU CHRU DE NANCY DE 1994 À 2021

Membres du Jury :

M. le Professeur Francis GUILLEMIN

Président du Jury

M. le Professeur Alain LOZNIIEWSKI

Juge

M. le Docteur Arnaud FLORENTIN

Directeur de Thèse

Mme le Docteur Laurie RENAUDIN

Juge



Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine
Professeur Marc BRAUN

Vice-doyenne
Pr Louise TYVAERT

Assesseurs :

- *Premier cycle* : Dr Nicolas GAMBIER, Dr Thomas SCHWITZER
- *Deuxième cycle* : Pr Antoine KIMMOUN
- *Troisième cycle hors MG* : Pr Marie-Reine LOSSER
- *Troisième cycle MG* : Pr Paolo DI PATRIZIO
- *Vie hospitalo-universitaire* : Pr Stéphane ZUILY
- *Interface avec la Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER
- *Relations Internationales* : Pr Jacques HUBERT
- *Valorisation* : Pr Pascal ESCHWEGE
- *Interface avec les métiers de la santé* : Pr Céline HUSELSTEIN
- *Docimologie* : Dr Jacques JONAS
- *ECOS* : Drs Eva FEIGERLOVA et Patrice GALLET
- *Service sanitaire* : Pr Nelly AGRINIER
- *Lecture critique d'articles* : Drs Jonathan EPSTEIN et Aurélie BANNAY
- *Interface HVL & Réseau Nasce* : Pr Pablo MAUREIRA, Drs Nicla SETTEMBRE et Fabienne LIGIER
- *Etudiant* : Mehdi BELKHITER

Chargés de mission

Orthophonie : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER
PASS : Pr Mathias POUSSEL

=====

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY –
Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL – Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE -
Jean-Louis BOUTROY - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET -
Daniel BURNEL - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Henry COUDANE - Jean-Pierre
CRANCE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Gilbert FAURÉ - Gérard FIEVE - Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET -
Robert FRISCH - Pierre GAUCHER - Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie
GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - Philippe HARTEMANN - Gérard HUBERT -
Claude HURIET – Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - François KOHLER –
Pierre LANDES - Pierre LASCOMBES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU -
Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Bruno LEHEUP - Jean-Pierre MALLIÉ –
Philippe MANGIN - François MARCHAL - Jean-Claude MARCHAL – Yves MARTINET - Pierre MATHIEU -
Thierry MAY - Michel MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN - Pierre NABET - Patrick NETTER –
Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude PERRIN - François PLENAT - Jean-Marie POLU –
Jacques POUREL – Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Jacques ROLAND –
Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT – Jean-Luc SCHMUTZ - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC -
Claude SIMON - Jean-François STOLTZ – Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Paul VERT –
Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET – Jean-Pierre VILLEMOT - Denis ZMIROU –
Faïez ZANNAD

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Etienne ALIOT - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Gilbert FAURE -

Jean-Pierre KAHN - Michèle KESSLER - Alain LE FAOU - Bruno LEHEUP - Thierry MAY - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Jean-Luc SCHMUTZ - Paul VERT - Faiez ZANNAD

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^e Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : *Anatomie*

Professeur Marc BRAUN - Professeure Manuela PEREZ

2^e sous-section : *Histologie, embryologie et cytogénétique*

Professeur Christo CHRISTOV

3^e sous-section : *Anatomie et cytologie pathologiques*

Professeur Guillaume GAUCHOTTE – Professeur Hervé SARTELET

43^e Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{re} sous-section : *Biophysique et médecine nucléaire*

Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER - Professeur Antoine VERGER

2^e sous-section : *Radiologie et imagerie médicale*

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD - Professeure Valérie CROISÉ - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY - Professeur Damien MANDRY - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

44^e Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : *Biochimie et biologie moléculaire*

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur David MEYRE - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER - Professeur Abderrahim OUSSALAH

2^e sous-section : *Physiologie*

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL

3^e sous-section : *Biologie cellulaire*

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

4^e sous-section : *Nutrition*

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

45^e Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : *Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*

Professeur Alain LOZNIIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^e sous-section : *Parasitologie et Mycologie*

Professeure Marie MACHOUART

3^e sous-section : *Maladies infectieuses ; maladies tropicales*

Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

46^e Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : *Épidémiologie, économie de la santé et prévention*

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN

4^e sous-section : *Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*

Professeure Eliane ALBUSSON - Professeur Nicolas JAY

47^e Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : *Hématologie ; transfusion*

Professeur Pierre FEUGIER – Professeur Thomas LECOMPTE

2^e sous-section : *Cancérologie ; radiothérapie*

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT

3^e sous-section : *Immunologie*

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

4^e sous-section : *Génétique*

Professeur Philippe JONVEAUX

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{re} sous-section : Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

2^e sous-section : Médecine intensive-réanimation

Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY - Professeur Antoine KIMMOUN

3^e sous-section : Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

4^e sous-section : Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie

Professeur Nicolas GIRERD - Professeur Patrick ROSSIGNOL

5^e sous-section : Médecine d'urgence

Professeur Tahar CHOUIHED

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{re} sous-section : Neurologie

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Sébastien RICHARD - Professeur Luc TAILLANDIER
Professeure Louise TYVAERT

2^e sous-section : Neurochirurgie

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

3^e sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie

Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN

4^e sous-section : Pédiopsychiatrie ; addictologie

Professeur Bernard KABUTH

5^e sous-section : Médecine physique et de réadaptation

Professeur Jean PAYSANT

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{re} sous-section : Rhumatologie

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

2^e sous-section : Chirurgie orthopédique et traumatologique

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

3^e sous-section : Dermato-vénéréologie

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN

4^e sous-section : Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{re} sous-section : Pneumologie ; addictologie

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

2^e sous-section : Cardiologie

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET – Professeur Olivier HUTTIN
Professeur Batric POPOVIC - Professeur Nicolas SADOUL

3^e sous-section : Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

4^e sous-section : Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{re} sous-section : Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

2^e sous-section : Chirurgie viscérale et digestive

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeure Adeline GERMAIN

3^e sous-section : Néphrologie

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

4^e sous-section : Urologie

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

1^{re} sous-section : Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY
Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

3^e sous-section : Médecine générale

Professeur Jean-Marc BOIVIN - Professeur Paolo DI PATRIZIO

54° Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{re} sous-section : Pédiatrie

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Cyril SCHWEITZER

2° sous-section : Chirurgie infantile

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3° sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4° sous-section : Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{re} sous-section : Oto-rhino-laryngologie

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER - Professeure Cécile RUMEAU

2° sous-section : Ophtalmologie

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Jean-Baptiste CONART

3° sous-section : Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61° Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeure Céline HUSELSTEIN

66° Section : PHYSIOLOGIE

Professeur Nguyen TRAN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53° Section, 3° sous-section : Médecine générale

Professeure associée Sophie SIEGRIST

Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42° Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : Anatomie

Docteur Bruno GRIGNON

44° Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : Biochimie et biologie moléculaire

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN –

Docteure Catherine MALAPLATE - Docteur Marc MERTEN

2° sous-section : Physiologie

Docteure Iulia-Cristina IOAN (stagiaire) - Docteur Jacques JONAS

45° Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2° sous-section : Parasitologie et mycologie

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : Epidémiologie, économie de la santé et prévention

Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Arnaud FLORENTIN - Docteur Jonathan EPSTEIN – Docteur Abdou OMOROU (stagiaire)

2° sous-section Médecine et Santé au Travail

Docteure Isabelle THAON

47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : *Hématologie ; transfusion*

Docteur Julien BROSEUS – Docteure Maud D'AVENI

2^e sous-section : *Cancérologie ; radiothérapie*

Docteure Lina BOLOTINE

3^e sous-section : *Immunologie*

Docteure Alice AARNINK

4^e sous-section : *Génétiq*

Docteure Céline BONNET - Docteure Mathilde RENAUD

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{er} sous-section : *Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire*

Docteur Philippe GUERCI

3^e sous-section : *Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

2^e sous-section : *Neurochirurgie*

Docteur Fabien RECH

3^e sous-section : *Psychiatrie d'adultes ; addictologie*

Docteur Thomas SCHWITZER

4^e sous-section : *Pédopsychiatrie ; addictologie*

Docteur Fabienne ROUYER-LIGIER

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

4^e sous-section : *Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3^e sous-section : *Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire*

Docteur Fabrice VANHUYSE

4^e sous-section : *Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire*

Docteure Nicla SETTEMBRE

52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{er} sous-section : *Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie*

Docteur Anthony LOPEZ

54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{er} sous-section : *Pédiatrie*

Docteure Cécile POCHON – Docteur Amandine DIVARET-CHAUVEAU (stagiaire)

3^e sous-section : *Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale*

Docteur Charline BERTHOLD (stagiaire)

4^e sous-section : *Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale*

Docteure Éva FEIGERLOVA

5^e sous-section : *Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale*

Docteur Mikaël AGOPIANTZ

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{er} sous-section : *Oto-Rhino-Laryngologie*

Docteur Patrice GALLET

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^e Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

7^e Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

19^e Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

63^e Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE, ÉLECTRONIQUE, PHOTONIQUE ET SYSTÈMES

Madame Pauline SOULET LEFEBVRE

64^e Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

65^e Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET – Madame Rümeyza BASCETIN (stagiaire) - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ –
Monsieur Christophe NEMOS – Monsieur Simon TOUPANCE (stagiaire)

69^e Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53^e Section, 3^e sous-section : (*Médecine générale*)

Docteur Cédric BERBE – Docteur Antoine CANTON - Docteur Jean-Charles VAUTHIER

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)

Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)

Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
*Research Institute for Mathematical Sciences
de Kyoto (JAPON)*

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)

Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)

Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)

Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume-Uni)

Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de Wuhan (CHINE)

Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (U.S.A)

Professeur Martin EXNER (2012)
Université de Bonn (ALLEMAGNE)

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Francis Guillemin,

Professeur des universités et praticien hospitalier en santé publique,

Pour sa bienveillance,

Pour avoir accepté de présider de ce jury,

Et pour avoir guidé mes premiers pas en santé publique.

À Monsieur le Professeur Alain Lozniewski,

Professeur des universités et praticien hospitalier en microbiologie,

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury,

Et pour avoir proposé son aide spontanément.

À Monsieur le Docteur Arnaud Florentin,

Maître de conférences des universités et praticien hospitalier en santé publique,

Pour son dynamisme,

Pour m'avoir fait part de son expérience d'hygiéniste et concernant les problématiques de santé environnementale,

Et pour m'avoir confié les données de vingt-sept ans de surveillance.

À Madame le Docteur Laurie Renaudin,

Praticien hospitalier en santé publique,

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury,

Et ainsi renforcer les liens territoriaux entre Metz et Nancy.

À tout le personnel du laboratoire de microbiologie environnementale, étudiants et stagiaires,

Qui ont participé au recueil des informations concernant la surveillance environnementale du risque lié à la légionelle au CHRU de Nancy depuis 1994,

Pour avoir permis à cette thèse de voir le jour.

Au service d'hygiène du CHRU de Nancy,

Pour m'avoir permis, entre deux DSVAs, d'acquérir une nouvelle vision de l'hôpital,

Pour leur sympathie et leur engagement dans la maîtrise du risque infectieux ;

Et à Vanessa, sans qui les rares cas de légionellose probablement nosocomiaux seraient encore au fond des archives du CHRU.

Aux internes de santé publique de Nancy, actuels et à ceux qui, déjà, explorent de nouveaux horizons,

Pour leur ouverture et leur tolérance.

À tous les professionnels qui au cours des stages d'internat successifs, ont contribué à me donner une vision globale de la santé publique, par leurs connaissances, leurs compétences et leur sens de la transmission.

À tous les stagiaires et étudiants rencontrés, pour les moments studieux et récréatifs partagés, notamment au CIC EC, à l'unité d'évaluation, et au réseau périnatal lorrain.

À ma famille,

À mon frère Alexandre,

Pour sa fiabilité et sa droiture,

Pour son altruisme,

Pour avoir toujours été là, quoi qu'il advienne.

À mon frère Nicolas,

Pour son intégrité et son courage,

Pour tous les métiers et activités qui ont fait et feront l'objet d'une expérimentation par ses soins.

À mon neveu Tom,

Et son goût immodéré pour les grands airs de Beethoven ;

Puisses-tu y trouver toute ton existence un réconfort aussi patent que celui de tes deux ans.

À ma nièce Chloé,

Pour sa détermination déjà évidente à poursuivre ses objectifs sans relâche ;

Puisses-tu conserver cette qualité au fil des ans.

À ma belle-sœur Florence,

Pour veiller sur eux quotidiennement.

À mes parents,

À mon père,

Pour son esprit critique, son indépendance,

Pour son soutien,

Pour ce subtil mélange d'humour et de sérieux.

À ma mère,

Pour sa fantaisie, sa tendresse,

Et pour m'aimer malgré tout.

SERMENT

« Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire. Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément. Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés. J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque ».

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS	14
1. INTRODUCTION.....	15
1.1. Présentation de la bactérie	16
1.1.1. Genre <i>Legionella</i>	16
1.1.2. Espèces, sérogroupes	16
1.1.3. Méthodes de détection	17
1.1.4. Voie de transmission, facteurs de risque de légionellose	17
1.2. Implication en pathologie humaine	18
1.3. Historique de la réglementation française.....	18
1.4. Systèmes de surveillance.....	22
1.4.1. En France	22
1.4.2. International.....	23
1.4.3. Au CHRU de Nancy	23
1.5. Épidémiologie.....	23
1.6. Gestion du risque infectieux.....	25
1.6.1. Établissements de santé.....	25
1.6.2. Risque lié à la légionelle dans les réseaux d'eau chaude sanitaire	26
1.6.3. Modalités de prélèvement et d'analyse.....	28
1.7. Organisation au CHRU de Nancy	30
1.7.1. Acteurs et responsabilités	30
1.7.2. Organisation	30
1.7.3. Gestion des non-conformités.....	32
2. PRÉSENTATION DE L'ARTICLE.....	34
3. ARTICLE	35
Abstract	35

Introduction.....	36
Materials and Methods	37
Results	41
Discussion	60
Acknowledgments	62
4. DISCUSSION	63
4.1. Données descriptives retrouvées dans la littérature	63
4.2. Que mesure-t-on vraiment ?.....	63
4.3. Les prélèvements sont-ils représentatifs du niveau de contamination du réseau d'eau ?	64
4.4. Indicateurs de risque	64
4.5. Évaluation de l'impact sur les patients.....	65
5. CONCLUSION.....	67
6. PERSPECTIVES	68
7. BIBLIOGRAPHIE	69

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AFNOR	association française de normalisation
ANSES	agence nationale de sécurité sanitaire
ATP	adénosine triphosphate
BCYE	<i>buffered charcoal yeast extract</i>
CDC	centre for disease control
CLIN	comité de lutte contre les infections nosocomiales
CNR	centre national de référence
CSHFP	conseil supérieur d'hygiène publique de France
DGS	direction générale de la santé
ECDC	european centre for disease control
ECS	eau chaude sanitaire
ELDSNet	european legionnaires' disease surveillance network
ELISA	enzyme linked immunosorbent assay
EOHH	équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière
ISO	organisation internationale de normalisation
OMS	organisation mondiale de la santé
PCR	polymerase chain reaction
PNSE	plan national santé environnement
SF2H	société française d'hygiène hospitalière
UFC	unité formant colonie
UG	unité génome

1. INTRODUCTION

La légionellose est une pneumopathie mondialement répandue, provoquée par une bactérie, la légionelle, dont l'infection est véhiculée par l'eau chaude aérosolisée. La maîtrise du risque sanitaire lié à la présence de cet agent dans les réseaux d'eau est une exigence prioritaire de santé publique.

La légionelle est une bactérie dont l'identification remonte à l'année 1976.

La survenue de 182 cas de pneumonie (dont 29 eurent une issue fatale), dans une population restreinte aux personnes ayant assisté à un congrès à Philadelphie, fut à l'origine de la découverte de l'agent infectieux. L'enquête épidémiologique menée par le CDC¹ américain, permit de suspecter une source environnementale commune, et par la suite, l'identification de la bactérie à l'origine du tableau clinique : *Legionella* (1).

En France, la première épidémie nosocomiale liée à *Legionella* est identifiée en 1981. L'idée d'une surveillance réglementaire émerge progressivement, et en 1999, le sujet fait l'objet d'une saisine du CSHPF² par la direction générale de la santé.

Dans les années 2000, plusieurs cas groupés d'infections à *Legionella* ont été constatés. L'épidémie de légionellose nosocomiale à l'hôpital Georges-Pompidou (11 cas, 5 décès) en décembre 2000, année de son ouverture au public ; et celle de Lens dans le Nord Pas-de-Calais (86 cas), investiguée par l'agence nationale de santé publique (2) et désignant une tour aérorefrigérante comme source de contamination probable, ont notamment montré l'intérêt d'une enquête environnementale rapide et de mesures de surveillance dédiées.

Depuis la fin des années 1990, la bactérie demeure une préoccupation constante des autorités sanitaires françaises. Enjeu de santé publique, la légionellose est une problématique environnementale accessible à la prévention. Le risque de contamination des populations est en effet maîtrisable sous certaines conditions : la connaissance de la présence de la bactérie *Legionella*, sa quantification dans les installations générant une exposition pour l'homme et la mise en œuvre rapide de mesures correctrices lorsque nécessaire. Sur cette question, de nombreux autres pays ont également choisi la voie réglementaire (3).

Cependant, malgré la réglementation et les contrôles des sources de contamination potentielles, la création et la mise à jour d'un guide méthodologique d'investigation des cas de légionellose (4)(5), le nombre de cas déclarés ne semble pas diminuer. L'objectif fixé par le plan d'action gouvernemental de prévention des légionelloses 2004-2008³, qui visait une diminution de 50% du nombre de cas de la maladie sur la période, n'a pas été atteint.

Il existe une grande diversité d'installations potentiellement sources de contamination, et par ce fait soumises à la réglementation française concernant la surveillance des légionelles. Parmi celles-ci figurent les systèmes de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. En raison de la vulnérabilité du public exposé, ceux des hôpitaux font l'objet d'une attention particulière.

¹ Center for disease control

² Conseil supérieur d'hygiène publique de France

³ Ministère de l'écologie et du développement durable, ministère de la santé et de la protection sociale

Après une brève description de la bactérie *Legionella*, son implication en pathologie humaine sera abordée. Les aspects réglementaires qui lui sont liés en France et leurs évolutions seront développés. Le système de surveillance actuel sera ensuite présenté. Enfin, l'épidémiologie, les bases de la gestion du risque infectieux dans les établissements de santé, plus particulièrement du risque lié à la légionelle dans les réseaux d'ECS⁴, et l'organisation locale mise en place au CHRU de Nancy seront détaillés.

1.1. Présentation de la bactérie

1.1.1. Genre *Legionella*

Legionella est une bactérie hydrotellurique ubiquitaire présente dans les eaux chaudes, naturelles et artificielles. Certaines espèces, comme *L. longbeachae*, peuvent être isolées dans les terreaux pour rempotage.

Les légionelles ont été observées dans l'eau sous des états variables : planctoniques, elles flottent librement, adhérentes ou sessiles, elles participent à la composition du biofilm⁵. Elles peuvent également être intra-amibiennes⁶ (6,7). Ces deux derniers modes de vie favorisent la résistance de la bactérie aux agressions extérieures.

Il a également été mis en évidence que *Legionella* pouvait exister sous une forme viable mais non cultivable (8). Cet état correspond à une activité métabolique faible de la bactérie, qui ne se divise plus. La transformation est favorisée par un stress environnemental (raréfaction des éléments nutritifs, variations de température...). *Legionella* ne croît alors plus sur les milieux de cultures spécifiques habituellement utilisés. Une réversibilité de cet état peut être obtenue par une coculture avec des hôtes amibiens.

Legionella est un bacille Gram négatif, aérobic strict. Sa paroi se distingue de celles des autres bacilles Gram négatif par sa richesse en acides gras ramifiés. Le profil de ces acides gras permet de distinguer les différentes espèces.

1.1.2. Espèces, sérogroupes

Depuis la découverte de la bactérie, une soixantaine d'espèces ont été identifiées, et plus de soixante-dix sérogroupes. La principale espèce pathogène pour l'homme est *L. pneumophila*, dont une quinzaine de sérogroupes sont actuellement connus. Le séro groupe 1 est retrouvé dans plus de 80% des cas de légionellose. Mis à part *L. pneumophila*, une vingtaine d'espèces ont été décrites comme pathogènes pour l'homme. Il existe des discordances entre les souches cliniques et environnementales : si *L. pneumophila* séro groupe 1 prédomine en pathologie humaine (environ 95% des cas), elle représente seulement 30% des souches environnementales isolées en France (9).

⁴ Eau chaude sanitaire

⁵ Amas structurés de cellules bactériennes enrobés d'une matrice polymérique et attachés à une surface

⁶ Aucune amibe n'a jusqu'à présent été retrouvée dans le réseau d'ECS du CHRU de Nancy, celles-ci étant plus fréquentes dans les tours aérorefrigérantes

1.1.3. Méthodes de détection

Plusieurs méthodes d'analyse sont actuellement disponibles pour l'isolement, le dénombrement et l'identification des légionelles. Les techniques de prélèvement font également l'objet d'une normalisation.

Certaines conditions telles que la présence d'une flore interférente, la présence d'hôtes eucaryotes (amibes, protozoaires) ou encore une eau non propre peuvent rendre difficiles les analyses, notamment environnementales.

La mise en culture des bactéries du genre *Legionella* peut être réalisée à partir de prélèvements environnementaux ou cliniques. Chez les patients ayant une légionellose, le lavage broncho-alvéolaire est le type de prélèvement le plus sensible pour mettre en évidence la bactérie par culture. Un milieu spécifique BCYE est utilisé, permettant d'éliminer la flore interférente par divers antibiotiques auxquels *Legionella* est naturellement résistante. La culture de *Legionella* est lente sur milieu sélectif de type BCYE ; les colonies sont obtenues en plusieurs jours (en général entre 3 et 10j). Elle reste cependant la méthode de référence dans la réglementation environnementale pour les installations à risque.

L'amplification génomique (PCR quantitative) permet de détecter toutes les espèces et tous les sérogroupes. Elle peut être réalisée sur des prélèvements environnementaux ou cliniques, et permet de mettre en évidence une faible présence de la bactérie. Développée au début des années 2010 et issue des de l'évolution des techniques de PCR conventionnelles, la PCR multiplex permet notamment le diagnostic rapide d'un panel d'agents infectieux impliqués dans les infections respiratoires basses (dont *L. pneumophila*).

La détection d'antigènes (immunochromatographie) est actuellement la principale méthode diagnostique chez l'homme. Dans un contexte clinique, elle est le plus souvent réalisée sur échantillon d'urine. L'antigène recherché est spécifique de *L. pneumophila* de séro groupe 1.

La sérologie correspond à la recherche d'anticorps anti-*Legionella* circulants chez les patients. Elle est peu pratiquée en France actuellement, mais peut être informative dans un contexte épidémiologique. Plus utilisée avant 1999 (année de commercialisation des tests urinaires), elle est basée sur les méthodes par immunofluorescence indirecte et ELISA⁷.

1.1.4. Voie de transmission, facteurs de risque de légionellose

La principale voie de contamination chez l'homme est l'inhalation de microgouttelettes (de taille inférieure à 5 µm) contaminées par la bactérie. Il n'existe pas de transmission interhumaine directe.

Legionella est une bactérie appartenant au groupe de risque 2 du code du travail (10). Selon l'article R4421-3, le groupe 2 comprend les agents biologiques pouvant provoquer une maladie chez l'homme et constituer un danger pour les travailleurs, dont la propagation dans la collectivité est peu probable et pour lesquels il existe généralement une prophylaxie ou un traitement efficace.

Les facteurs de risque de légionellose fréquemment retrouvés sont le tabac, l'âge, le sexe masculin, le diabète, un cancer ou une hémopathie, ainsi que l'immunodépression.

⁷ Enzyme linked immunosorbent assay

Dans un contexte hospitalier, le risque de pneumopathie nosocomiale à *Legionella* est majoré par des facteurs tels qu'un acte chirurgical récent, une intubation, une ventilation mécanique, l'aspiration, la présence de sondes naso-gastriques et l'utilisation d'un équipement de traitement respiratoire (OMS⁸).

Dans la majorité des cas, la source de la contamination n'est pas retrouvée (11).

1.2. Implication en pathologie humaine

Si des formes légères et bénignes d'infections à *Legionella*, parfois même passant inaperçues, existent, les mesures réglementaires présentées dans la suite de ce document visent à prévenir la forme patente de la légionellose : pneumopathie fébrile grave, le plus souvent systématisée et fréquemment bilatérale. Des manifestations extra-pulmonaires peuvent parfois être observées.

La légionellose est exceptionnelle chez l'enfant (terrain d'immunodépression sévère).

Bien que la durée d'incubation soit le plus souvent comprise entre 2 et 10 jours, la période retenue en France pour le recensement des expositions est de 14 jours avant l'apparition des premiers symptômes.

Legionella infecte les cellules humaines (macrophages) par un mécanisme semblable à celui qu'elle utilise pour infecter les protozoaires (amibes).

La bactérie étant naturellement résistante aux pénicillines, le traitement de la légionellose repose sur les macrolides, les fluoroquinolones ou la rifampicine (l'acquisition de résistances est à ce jour exceptionnelle).

Le taux de létalité s'est stabilisé à environ 10% depuis le milieu des années 2000 ; mais dans des populations très vulnérables il peut atteindre 30%.

La dose infectante n'est pas connue (OMS).

1.3. Historique de la réglementation française

La surveillance de *Legionella* dans l'environnement a démarré quelques années après sa découverte, et s'est progressivement étoffée en raison des caractéristiques de la maladie associée. Les cas sont en effet évitables en raison d'un contrôle possible des sources de contamination, souvent graves, et relativement rares donc pouvant faire l'objet d'une déclaration précise de la part des professionnels de terrain. La détection rapide des foyers de cas groupés constitue un enjeu de santé publique.

A partir de 1980, certaines souches sont envoyées depuis des laboratoires de biologie médicale vers le CNR⁹ des légionelles pour identification et confirmation diagnostique. Désignés comme laboratoires experts par un arrêté publié le 18 avril 1972, les CNR sont impliqués dans la lutte contre les maladies bactériennes et virales. Parmi les missions du CNR des légionelles figurent d'une part l'expertise biologique, qui comprend le typage moléculaire des souches (cliniques ou environnementales) adressées par d'autres laboratoires, et d'autre part la contribution à la surveillance épidémiologique, par le signalement aux autorités sanitaires des cas groupés, la comparaison des profils

⁸ Organisation mondiale de la santé

⁹ Centre national de référence

chromosomiques des souches (grande diversité génétique), et sa contribution au réseau international de surveillance des légionelloses liées au voyage.

En 1987, la légionellose apparaît sur la liste des maladies à déclaration obligatoire (12). Cette liste fait actuellement l'objet de deux articles du code de la santé publique (D3113-6 et D3113-7) ; elle comprend en majeure partie des maladies infectieuses et demeure par essence évolutive en fonction de la situation sanitaire du pays.

Le 28 mars 1989, une première circulaire paraît, décrivant une méthode pour l'investigation des cas groupés de légionellose et les grands principes de prévention de la maladie.

En avril 1997, un deuxième texte réglementaire encadrant la surveillance et la prévention de la légionellose est publié (13). Celui-ci marque un constat : depuis la mise en place de l'obligation de déclaration des cas de légionellose, une dizaine d'années auparavant, il n'y a pas eu d'amélioration significative de l'exhaustivité des déclarations (en comparaison avec les souches envoyées au CNR). L'estimation du nombre de cas diagnostiqués en France en 1995 est environ dix fois supérieure au nombre annuel de cas déclarés.

Une évaluation des mesures prises jusqu'en 1997 aboutit aux modifications suivantes :

- Une nouvelle définition de cas est établie :
 - **Cas confirmé** : pneumopathie associée à au moins un des résultats suivants :
 - Isolement de *Legionella* spp dans un prélèvement clinique
 - Augmentation du titre d'anticorps (x4) avec un 2^{ème} titre minimum de 128
 - Immunofluorescence directe positive
 - Présence d'antigène soluble urinaire
 - **Cas possible** : pneumopathie associée à un titre d'anticorps élevé (≥ 256)
- Le signalement des cas confirmés est dorénavant fait par le CNR directement à la DDASS¹⁰ du département concerné ;
- Les médecins inspecteurs de santé publique sont chargés de récupérer les données manquantes des fiches de déclaration ;
- Un nouveau guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionellose est publié (à des fins de prévention secondaire).

En décembre 1998, les détails concernant la mise en œuvre des bonnes pratiques de prévention concernant les réseaux et systèmes de traitement de l'eau sont diffusés dans une nouvelle circulaire (14). Également à visée de rappel devant la survenue de plusieurs cas groupés depuis la précédente circulaire de 1997 sur le sujet, ce texte distingue deux situations de risque, selon la vulnérabilité des personnes exposées :

- Les établissements de santé
- Les bâtiments recevant du public et les installations à risque

Concernant les établissements de santé, la circulaire rappelle qu'il relève de la responsabilité de leurs gestionnaires de vérifier et de garantir la qualité de l'eau aux points d'usage ; ce qui implique d'une part, d'assurer la maintenance préventive des réseaux de distribution d'eau, et d'autre part, de mettre

¹⁰ Direction départementale des affaires sanitaires et sociales

en œuvre une surveillance de la contamination des réseaux par la recherche de *Legionella* sur des prélèvements d'eau.

Le texte introduit une notion de **fréquence de prélèvement**. Ceux-ci doivent être réalisés au moins une fois par an au niveau de :

- Tous les réservoirs, ballons d'eau et installations à risque
- Un échantillon de points d'usage

Un **ratio minimal de prélèvements** est ainsi défini :

- Pour les établissements de moins de 500 lits : au minimum 10 points d'usage
- Pour chaque tranche supplémentaire de 100 lits : ajouter au minimum 2 points d'usage à prélever

La norme NF T 90-431 (élaborée en 1993) est exigée pour l'analyse de ces prélèvements environnementaux. Les échantillons sont de préférence confiés au laboratoire de microbiologie interne à l'établissement (ou à proximité) qui réalise habituellement le diagnostic de légionellose chez les patients pris en charge. Enfin, un protocole construit en partenariat avec le CLIN doit préciser les modalités de la surveillance mise en place, et les mesures immédiates de protection des patients exposés en cas de positivité des prélèvements.

Par ailleurs, sont exigées par la circulaire de décembre 1998 :

- La formalisation des procédures d'utilisation de l'eau pour soins standards (il est notamment rappelé que l'eau ou les solutés utilisés pour les aérosols ou pour l'humidification de l'oxygénothérapie doivent être stériles)
- La recherche systématique d'une légionellose lors de la survenue d'une pneumopathie chez un patient hospitalisé, et une enquête approfondie en cas de positivité du diagnostic afin de déterminer une éventuelle origine nosocomiale

Le bilan de la mise en application des circulaires de 1997 et 1998 met en évidence que les établissements de santé sont l'un des principaux lieux de contamination (20% des cas déclarés sont d'origine nosocomiale certaine ou probable) ; et que les systèmes de distribution d'eau chaude sont les principaux pourvoyeurs de cas.

En avril 2002, suite à la publication d'un rapport du CSHPF à la fin de l'année 2001 (15), la notion de seuil quantifié apparaît pour la première fois dans la réglementation française sur la surveillance de la contamination par *Legionella* des réseaux d'ECS. Alors que d'autres pays tels que la Suisse ou le Japon ont déjà statué en faveur de l'intérêt de contrôles réglementaires basés sur les résultats des prélèvements dans les installations à risque, deux seuils distincts sont d'emblée déterminés. Un seuil spécifique (concentration indétectable de *Legionella*) est défini pour les patients à haut risque de développer la maladie (personnes sévèrement immunodéprimées), en particulier :

- Après transplantation ou greffe d'organe
- Sous 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)

Il est par ailleurs recommandé d'équiper les installations sanitaires des secteurs recevant ces patients à haut risque de « points d'usage sécurisés », par exemple par des microfiltres terminaux constitués d'une membrane dont les pores ont un diamètre de 0,2 µm.

La circulaire du 22 avril 2002 (16) souligne également que la température de l'eau est un indicateur indirect de la présence ou de l'absence de légionelles dans les réseaux, et qu'ainsi, sa mesure en divers points représentatifs du réseau et son enregistrement (de préférence en continu) sont essentiels dans la gestion du risque légionelle.

Il est également précisé :

- Qu'un cas de légionellose considéré comme probablement nosocomial doit conduire à mettre en place une **surveillance de clinique de tous les patients susceptibles d'avoir été exposés**.
- Que la survenue de cas groupés de légionellose nosocomiale doit conduire, chez les patients exposés, à **évaluer au cas par cas la nécessité d'une antibioprophylaxie** en fonction de leurs caractéristiques¹¹.

Il est demandé de définir et de rendre disponibles les documents suivants aux acteurs impliqués de l'établissement :

- Protocoles :
 - Entretien et de maintenance du réseau
 - Surveillance des températures, de la concentration en légionelles dans l'eau
 - Mesures préventives destinées aux services accueillant des patients à haut risque (incluant des procédures alternatives aux douches)
 - Consignes d'intervention lors du diagnostic d'un cas de légionellose ou lors de la mise en évidence de concentrations en légionelles élevées dans un réseau d'ECS
- Calendriers :
 - Surveillance de chaque réseau d'ECS
 - Travaux de réfection
- Carnet sanitaire (pour chaque installation à risque) assurant la traçabilité de toutes les opérations réalisées sur le réseau d'ECS, les plans, les relevés de températures et de volumes consommés, et les résultats d'analyses des concentrations en légionelles

Les modalités de prélèvement sont détaillées.

Des recommandations générales sont également faites concernant la stratégie d'échantillonnage et l'interprétation des résultats. Pour un point d'usage représentatif du réseau, il est souhaitable de :

- Choisir des points couramment utilisés
- Réaliser les prélèvements à un moment où le réseau d'eau est exploité dans des conditions dites « normales » (milieu de journée par exemple)
- Réaliser les prélèvements sur le premier litre d'eau obtenu

En novembre 2005, un arrêté (17) relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire paraît. Le texte précise que la température de l'eau doit être

¹¹ Conformément à l'avis du 16 mars 1999 du CSHPF sur la place de l'antibioprophylaxie dans la prévention des légionelloses nosocomiales

supérieure à 50°C en tout point du système de distribution. Néanmoins, aux points de puisage, et ce afin de limiter le risque de brûlures, la température de l'eau est limitée à 50°C dans les pièces destinées à la toilette et 60°C dans les autres pièces.

En février 2010, un nouvel arrêté (18) fait mention des fréquences de contrôle minimales des concentrations en légionelles dans les installations¹².

La norme française T90-431 est exigée pour l'analyse des prélèvements.

L'arrêté prévoit, en cas de non-utilisation du réseau d'ECS d'un établissement pendant plusieurs semaines, la réalisation de prélèvements (après purge) dont les résultats devront être connus avant la réouverture au public.

La circulaire du 21 décembre 2010 (19) précise les modalités d'application de l'arrêté du 1^{er} février 2010.

Elle mentionne notamment des délais indicatifs pour les contrôles post-action(s) corrective(s) :

- Après un délai de 48h pour vérifier l'efficacité d'un traitement de désinfection curatif (choc thermique ou chimique) ;
- Après un délai de 2 à 8 semaines pour vérifier l'efficacité de l'ensemble des mesures mises en place (équilibrage du réseau, suppression des bras morts...).

1.4. Systèmes de surveillance

1.4.1. En France

Chaque cas de légionellose doit conduire le clinicien ou le biologiste à compléter un formulaire cerfa daté, précisant les signes cliniques, la date des premiers symptômes et l'issue pour le patient. La technique de confirmation du diagnostic, l'espèce (et le sérotype en cas de *L. pneumophila*) et les facteurs cliniques favorisants doivent également être mentionnés dans cette déclaration. La fréquentation de lieux à risque d'exposition à des aérosols doit être investiguée, et les dates de séjour retranscrites le cas échéant. La notion de cas groupés en cas d'hospitalisations multiples dans un même hôpital doit être précisée.

En 2021, le formulaire permet la déclaration dans deux cas de figure :

- **Cas confirmé** : pneumopathie associée à un des trois critères suivants :
 - Isolement de *Legionella* spp
 - Augmentation du titre d'anticorps (x4) avec un deuxième titre minimum de 128
 - Présence d'antigène soluble urinaire
- **Cas probable** : pneumopathie associée à un des deux critères suivants :
 - Titre d'anticorps élevé (≥256)
 - PCR positive

La déclaration est rendue anonyme par l'agence régionale de santé concernée, puis transmise à l'antenne régionale de l'agence nationale de santé publique (actuellement Santé publique France).

¹² Détaillées dans l'article

1.4.2. International

Un réseau européen (ELDSNet¹³), coordonné par l'ECDC¹⁴ et impliquant 35 pays, permet la notification des cas de légionellose déclarés en France en cas de suspicion d'une contamination survenue à l'étranger.

Lorsque le pays ne participe pas à ELDSNet, le cas est notifié à l'OMS.

1.4.3. Au CHRU de Nancy

Un prélèvement clinique positif à *Legionella* génère une alerte informatisée à destination du service d'hygiène, qui permet d'initier l'investigation du cas. Selon les éléments disponibles dans le dossier patient, une acquisition à l'hôpital de la bactérie peut, dans la plupart de situations, être exclue et aucune suite ne sera donnée par le service d'hygiène. C'est souvent le cas lorsque le patient est admis à l'hôpital pour une symptomatologie de pneumopathie fébrile. En revanche, lorsque les premiers symptômes surviennent bien après le début de l'hospitalisation, et que la période d'incubation d'une dizaine de jours est compatible avec une contamination en cours de séjour, les investigations sont approfondies : un typage moléculaire des souches retrouvées chez le patient, et une deuxième enquête, environnementale cette fois, débute. Le(s) point(s) d'usage du réseau incriminé(s) font l'objet d'une demande de prélèvement au laboratoire de biologie environnementale ; le relevé des températures et l'historique local des concentrations en légionelles dans le système de production, de distribution et au niveau des points d'usage sont consultés. En cas positivité des prélèvements à *Legionella*, les souches sont envoyées au CNR de référence pour typage moléculaire et comparaison avec la souche clinique.

1.5. Épidémiologie

En France, selon l'agence nationale de santé publique, le nombre de cas notifiés de légionellose est d'environ 1500 cas par an depuis l'année 2005. On note une tendance à l'augmentation depuis 2011 ; néanmoins, l'année 2020 montre une diminution dans laquelle la pandémie de Covid-19 et les mesures de gestion du risque infectieux qui y ont été associées ont probablement joué un rôle.

¹³ European legionnaires' disease surveillance network

¹⁴ European center for disease control

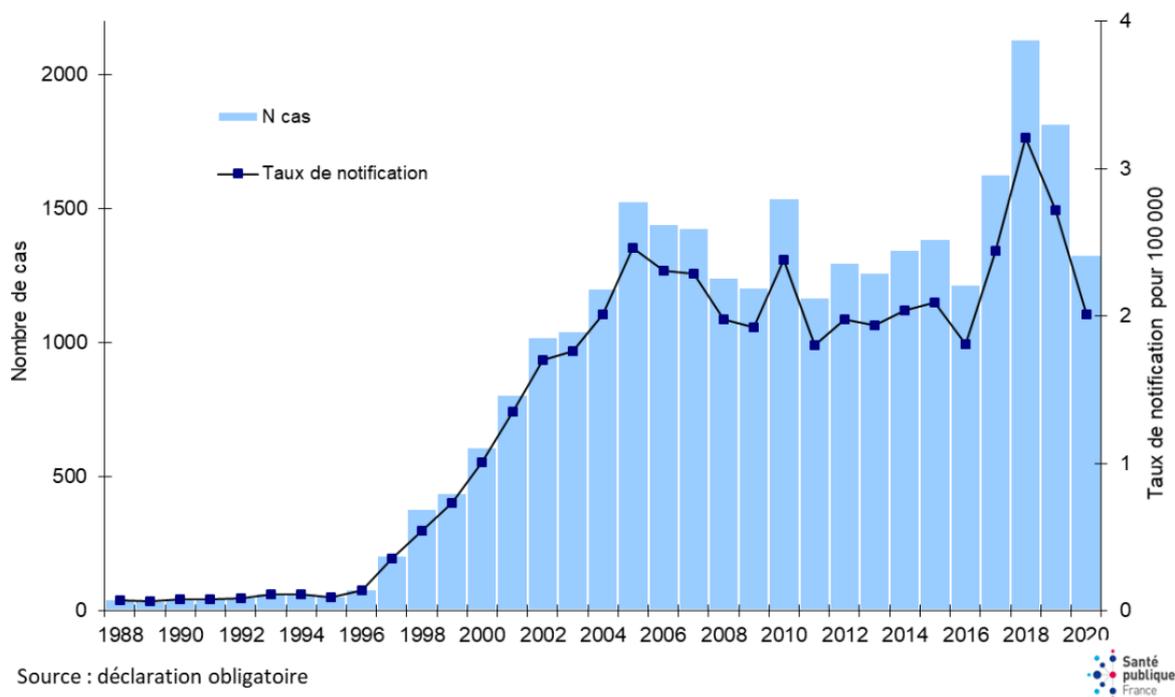


Figure 1 : Evolution du nombre et du taux d'incidence annuels des cas notifiés de légionellose en France, 1988-2019 - Source : Santé publique France

Le taux d'attaque¹⁵ de la légionellose est faible : dans les épidémies, il est de 0,1 à 0,5% (15).

On constate une saisonnalité avec une période estivale étendue (de juin à octobre) au cours de laquelle le nombre de cas de légionellose notifiés est plus élevé. Par ailleurs, il existe en France un gradient géographique est-ouest avec un taux de déclaration standardisé plus important dans l'est.

L'investigation de cette répartition inégale des cas sur le territoire national, ainsi que la détermination de l'influence des facteurs météorologiques, sont incluses dans les objectifs du quatrième plan national santé-environnement 2021-2025 (PNSE 4 – axe 2 – action 12).

Chaque année en France, dans le cadre de l'investigation des cas de légionellose déclarés, une exposition à risque est identifiée chez environ un tiers des patients. Une centaine de cas par an sont considérés comme secondaires à l'exposition à une source de contamination hospitalière. Si cet effectif de cas nosocomiaux varie relativement peu depuis 1998 selon les données de l'agence nationale de santé publique, la part des établissements de santé dans les expositions à risque était environ trois fois supérieure entre 1996 et 2000 à celle observée depuis 2002¹⁶.

La légionellose représente une faible part des pneumopathies communautaires¹⁷ de l'adulte ; entre 0,5 et 5% selon les études. Néanmoins, en raison de sa plus grande part dans les pneumopathies acquises à l'hôpital, et du risque encouru par les patients hospitalisés en cas de source

¹⁵ Nombre de malades/nombre de personnes exposées

¹⁶Données de surveillance de la légionellose de 1988 à 2020 : expositions à risque parmi les cas de légionellose notifiés en France 1996 – 2020, Santé publique France

¹⁷ Acquises hors d'un établissement de santé

environnementale active localement, toute pneumopathie survenant en cours d'hospitalisation doit conduire à éliminer une légionellose.

1.6. Gestion du risque infectieux

1.6.1. Établissements de santé

Dans un cadre hospitalier, la gestion des risques microbiologiques s'appuie sur deux instances (20) :

- Un comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN)¹⁸, ou à défaut, la commission médicale d'établissement ;
- Une équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière (EOHH).

Cette organisation à deux niveaux (le premier de pilotage et à caractère consultatif, et le deuxième chargé de la mise en œuvre) doit permettre la définition, l'application et l'évaluation du programme annuel de lutte contre les infections nosocomiales adopté par l'établissement. Dans le cadre de la mise en œuvre de ce programme, des correspondants en hygiène sont désignés dans chaque service pour relayer les messages de prévention et signaler les événements qui le nécessiteraient.

À ces professionnels de santé relais dans les services s'ajoutent les effectifs propres de l'EOHH. La composition initiale des EOHH, déterminée en 2000 lors de leur création, définit pour objectif un ratio d'un ETP infirmier pour 400 lits, et 1 ETP médical pour 800 lits.

Le développement des EOHH a depuis été favorisé par différentes mesures du ministère de la santé ces dernières années. En mars 2021, une saisine¹⁹ de la SF2H²⁰ par la DGS²¹ a demandé une redéfinition du rôle et des missions des EOHH/EMH²², et des préconisations concernant les ETP nécessaires. Un état des lieux des ETP existants sur l'ensemble du territoire national, avec des données d'impact et des indicateurs, est également attendu pour juin 2022.

La maîtrise du risque infectieux est basée sur la probabilité de survenue chez un hôte d'une maladie infectieuse compte-tenu de l'exposition et du terrain. L'exposition au risque microbiologique étant intrinsèquement liée à l'activité de soins, l'objectif est d'être en mesure d'identifier les sources de contamination potentielles et de réduire ce risque.

Cela suppose d'avoir une connaissance de l'existence du risque, une quantification aussi précise que possible et une définition du « risque tolérable » pour la santé humaine.

La démarche préventive repose sur l'identification de la source de contamination et des voies de transmission, afin d'adapter les équipements de protection individuelle, le traitement de la source lorsque cela est possible, et, en cas de recommandations scientifiques démontrant un bénéfice, un traitement post-exposition ou prophylactique.

¹⁸ La création des CLIN date de la parution du décret n°88-657 du 6 mai 1988, dont la circulaire n°263 du 13 octobre 1988 a précisé les modalités d'application

¹⁹ N° D. 21-007596

²⁰ Société française d'hygiène hospitalière

²¹ Direction générale de la santé

²² Équipes mobiles d'hygiène

Si l'exposition à un risque microbiologique à l'hôpital relève du type et de la qualité de la prise en charge, l'analyse de ce risque doit pouvoir être réalisée par l'individu exposé. Elle ne s'inscrit pas strictement dans un raisonnement médical diagnostique et devrait pouvoir être menée par tout professionnel dont l'activité rend cette exposition inévitable. L'absence de mesures de prévention ou des mesures inadaptées, une sous-estimation du risque ou une non connaissance des voies de transmission sont des facteurs à prendre en compte.

Certains risques microbiologiques sont liés à la proximité entre deux individus ou à la contamination croisée via du matériel réutilisable. D'autres ont une source environnementale : selon les normes en vigueur (qui varient en fonction du caractère invasif ou non de la prise en charge du patient, et de sa vulnérabilité aux agents infectieux), l'environnement peut être plus ou moins porteur de risque.

1.6.2. Risque lié à la légionelle dans les réseaux d'eau chaude sanitaire

1.6.2.1. Evaluation du risque

L'analyse du risque lié à la légionelle nécessite une évaluation des trois composantes suivantes :

- La source : y a-t-il une augmentation de la concentration en légionelles dans l'eau ?
- Le vecteur : y a-t-il une production d'aérosols ?
- La cible : des personnes sont-elles exposées ?

La quantité minimale de légionelles dans l'eau qui serait susceptible de provoquer une infection chez l'homme n'est pas établie.

Néanmoins, le rapport du CSHPF publié en 2001 (15) justifie la fixation de seuils de concentration en légionelles dans l'eau par la nécessité d'encourager la démarche de prévention. Il souligne que la définition d'une valeur de référence – qui ne correspond cependant pas à un seuil sanitaire – permet d'établir un point de départ pour l'action et constitue une aide à la gestion du risque.

La concentration en *Legionella* de 10^3 UFC/l correspond à une valeur au-delà de laquelle de nombreuses épidémies sont décrites.

Finalement, le rapport propose ainsi trois niveaux d'intervention pour les réseaux d'ECS :

- Un niveau cible inférieur à 10^3 UFC de *L. pneumophila* par litre d'eau
- Un niveau d'alerte supérieur ou égal à 10^3 UFC de *L. pneumophila* par litre d'eau
- Un niveau d'action supérieur ou égal à 10^4 UFC de *L. pneumophila* par litre d'eau

La nécessité d'adapter le niveau cible selon le type de population exposée est évoquée.

L'année suivant la parution du rapport du CSHPF, le seuil de 10^3 UFC/l a été retenu par la réglementation française comme niveau d'action, et un niveau cible spécifique (indétectabilité de *L. pneumophila*) a été précisé pour les populations à haut risque.

Un moyen d'évaluation du risque lié à la légionelle dans les réseaux d'ECS réside dans la construction et la mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage annuel de tous les réseaux.

L'étude des sources de contamination des patients atteints de légionellose a conduit à définir la notion d'installation à risque. Elle recouvre l'ensemble des installations susceptibles d'exposer des personnes

à des aérosols d'eau contaminée. Dans les établissements de santé, ce sont les réseaux d'ECS desservant douches ou douchettes, les tours aérorefrigérantes, les bains à remous ou à jet, les humidificateurs ou encore les bacs à condensats utilisés dans les systèmes de chauffage et de climatisation.

1.6.2.2. Facteurs favorisant la prolifération des légionelles

Les conditions suivantes favorisent la prolifération des légionelles dans les réseaux d'eau chaude :

- Stagnation de l'eau (ballons, réservoirs, bras morts, points d'usage non utilisés...)
- Température comprise entre 25° et 43°C (absence d'éléments de disconnexion adaptés, retour d'eau froide dans le réseau d'eau chaude, cordons chauffants défectueux, absence d'équilibrage hydraulique du réseau...)
- Matériaux constitutifs du réseau :
 - Nature (polybutylène, polypropylène, polyéthylène réticulé, polychlorure-vinyle surchloré sont des matériaux favorables à la prolifération du biofilm – au contraire du cuivre qui a une action bactéricide de contact)
 - État : entartrage et corrosion (liés à la vétusté des installations, à certains équipements tels que les mousseurs, les pommeaux de douche...)
- Qualité de l'eau :
 - Résidus métalliques comme le fer et le zinc
 - Résidus de certains matériaux tels que le caoutchouc, le chlorure de polyvinyle ou le silicone
 - Autres micro-organismes des milieux aquatiques tels que les cyanobactéries ou les amibes libres

1.6.2.3. Moyens de maîtrise

Le guide technique de l'eau dans les établissements de santé (21), publié en 2005 par le ministère de la santé, constitue un référentiel pour la qualité microbiologique de l'eau. Il définit les différentes typologies d'eau, et liste les critères de qualité des eaux destinées à la consommation humaine ; donne les grands principes de la démarche qualité, passe en revue les différents traitements complémentaires de l'eau possibles, décrit les installations de distribution, leur maintenance et leurs modes de défaillances.

En cas de dépassement des seuils de concentration en légionelles dans un réseau, des traitements ponctuels peuvent être utilisés. Les actions correctives suivantes peuvent être mises en œuvre²³ :

- **Choc thermique** : l'eau circule à 70°C pendant au moins 30 minutes dans l'ensemble du réseau (y compris les points de puisages) ;
- **Choc par produit désinfectant** :
 - **Chlore** : injection d'une dose massive (15 à 100 mg/l) pendant 1 à 24 heure(s) dans le réseau ;
 - **Mélange d'acide peracétique (255,9 mg/g) et de peroxyde d'hydrogène (48 mg/g)** dilué dans l'eau à 1% pendant 1 heure.

²³ Traitements actuellement utilisables au CHRU de Nancy en cas de non-conformité des prélèvements

Les inconvénients de ces actions correctives curatives sont un effet non garanti sur le long terme, le déséquilibre potentiel de la flore microbienne qu'elles peuvent générer, et la dégradation des installations. Les chocs thermique et chloré nécessitent par ailleurs un arrêt de l'utilisation des points d'usages du réseau concerné en raison des risques de brûlures et d'intoxication. Cette condition peut rendre leur mise en œuvre difficile à l'échelle d'un bâtiment d'établissement de santé. Le chlore est à l'origine de la formation de sous-produits organochlorés, qui présentent des risques d'intoxication aiguë en cas d'ingestion ponctuelle d'une dose importante, et sont classés comme perturbateurs endocriniens (exposition chronique modérée).

Le rôle protecteur du biofilm vis-à-vis des bactéries qui le composent peut diminuer l'effet des hautes températures et des produits désinfectants sur les légionelles.

En outre, tous les matériaux susceptibles de composer des réseaux d'ECS ne sont pas compatibles avec les produits de désinfection utilisés dans ce cadre.

De manière plus marginale, et non recommandée, il est possible de recourir à un traitement désinfectant chloré préventif en continu ; ce qui nécessite de veiller à ce que les molécules utilisées et leurs concentrations soient autorisées par la réglementation dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Ces traitements chimiques ou par choc thermique ne doivent être réalisés qu'en deuxième intention, secondairement aux interventions techniques de rééquilibrage du réseau en vue d'obtenir des températures et débits satisfaisants. Ils ne peuvent corriger des anomalies structurelles des réseaux favorisant la prolifération des légionelles qui doivent être corrigées par d'autres moyens (travaux sur le réseau).

Au CHRU de Nancy, la traçabilité informatisée des actions correctives est assurée par les services techniques (atelier plomberie) depuis 2010.

1.6.3. Modalités de prélèvement et d'analyse

Les prélèvements et la mesure des concentrations en légionelles dans l'eau fait l'objet de normes élaborées par l'AFNOR²⁴ et l'ISO²⁵. Les eaux chaudes sanitaires sont considérées comme des eaux propres, et soumises aux normes de prélèvement et d'analyse correspondantes.

²⁴ Agence française de normalisation

²⁵ Organisation internationale de normalisation

Tableau I. Normes de prélèvement et d'analyse de *Legionella* dans l'eau

Norme	Domaine d'application	Année d'élaboration
NF EN ISO 19458	Réalisation, transport et conservation des prélèvements	2006
NF T 90-431	Analyse des prélèvements par culture (norme française obligatoire)	1993
NF T 90-471	Analyse des prélèvements par PCR quantitative (non utilisée dans le cadre de la surveillance réglementaire)	2010
ISO 11731	Analyse des prélèvements par culture (norme internationale)	1998
ISO/TS 12869	Analyse des prélèvements par PCR quantitative (norme internationale)	2019 ²⁶

Les modalités pratiques de la norme NF EN ISO 19458 sont détaillées dans le fascicule de documentation FD T 90-522 de l'AFNOR, mis à jour date de février 2022 (22).

Plusieurs versions successives de la norme française T 90-431 ont été publiées :

- Version de novembre 1993
- Version de septembre 2003 : le seuil de détection est à 50 UFC/l, le seuil de quantification est à 250 UFC/l
- Version de novembre 2014 : les seuils de détection et de quantification sont à 10 UFC/l pour les eaux propres ; l'ensemencement direct des milieux de culture après concentration par filtration sur membrane est désormais autorisé (23)
- Version d'août 2017 (version en vigueur) (24)

La NF T 90-431, depuis sa révision de 2014, autorise l'ensemencement direct comme la concentration d'échantillons de 10 ou 100 ml d'eau. L'incubation se fait à 36°C pendant 8 à 11 jours, avec une première lecture au 3^{ème} ou 4^{ème} jour. Les colonies présentent un aspect de verre fritté à la loupe binoculaire. Les colonies d'aspect typiquement évocateur de *Legionella* sont ensuite repiquées sur géloses BCYE α sans L-cystéine et avec L-cystéine, puis mises en incubation pour lecture à partir de 48h. On considère comme *Legionella* spp toutes les colonies présentant un aspect caractéristique et ne pouvant être cultivées que sur milieu BCYE α avec L-cystéine.

L'identification de l'espèce pneumophila est possible par immunofluorescence ou en agglutination au latex en présence d'anticorps anti-*L. pneumophila*

La PCR quantitative peut également permettre de confirmer les colonies présomptives de *Legionella* spp et de *L. pneumophila*.

La culture présente néanmoins deux inconvénients majeurs :

- Le rendu tardif des résultats définitifs (délai minimum de 8 jours) ; ce qui rend difficile la gestion du risque en cas de prise de mesures restrictives qui ne peuvent alors être levées dans ce délai ;

²⁶ Remplace la norme ISO/TS 12869 parue en 2012

- La restriction de l'analyse à un sous-ensemble de légionelles présentes dans l'eau, répondant aux critères : libres, viables et cultivables.

En 2011, l'ANSES²⁷ a produit un rapport sur saisine de la DGS concernant les méthodes de détection et de dénombrement de *Legionella* dans l'eau. La demande visait notamment à préciser la pertinence de la mise en œuvre des méthodes de biologie moléculaire dans le cadre des contrôles réglementaires. En effet, les unités utilisées en culture pour le dénombrement (UFC/l) ne sont pas les mêmes que celles utilisées en PCR quantitative (UG/l). Le rapport, qui évoque par ailleurs les multiples pistes d'amélioration des techniques de biologie moléculaire dans la mesure des concentrations en légionelles, n'a pas été suivi d'une mise à jour de la réglementation nationale concernant la surveillance des réseaux d'ECS. Il préconisait la mise en œuvre d'essais à grande échelle pour permettre d'affiner les critères d'interprétation des résultats en PCR quantitative (25).

A ce jour, la réglementation n'a pas été modifiée et la méthode de détection et de quantification exigée pour les réseaux d'ECS demeure la culture.

1.7. Organisation au CHRU de Nancy

1.7.1. Acteurs et responsabilités

Les services techniques sont responsables des actions de maintenance préventive et curative.

Le laboratoire de microbiologie environnementale est en charge de la réalisation des prélèvements et de leur traitement ; il émet une alerte lorsqu'un risque est détecté pour les patients.

L'EOHH est quant à elle responsable de la définition du plan de surveillance, du suivi des non-conformités, et de la gestion des risques encourus par les patients.

Les utilisateurs des points d'usage sont responsables de la bonne utilisation de l'équipement telle qu'elle est prévue (par exemple, la réalisation de purges).

1.7.2. Organisation

Une réunion de la « cellule eau » du CHRU a lieu une fois par mois. L'EOHH, le laboratoire de microbiologie environnementale et les services techniques y sont représentés.

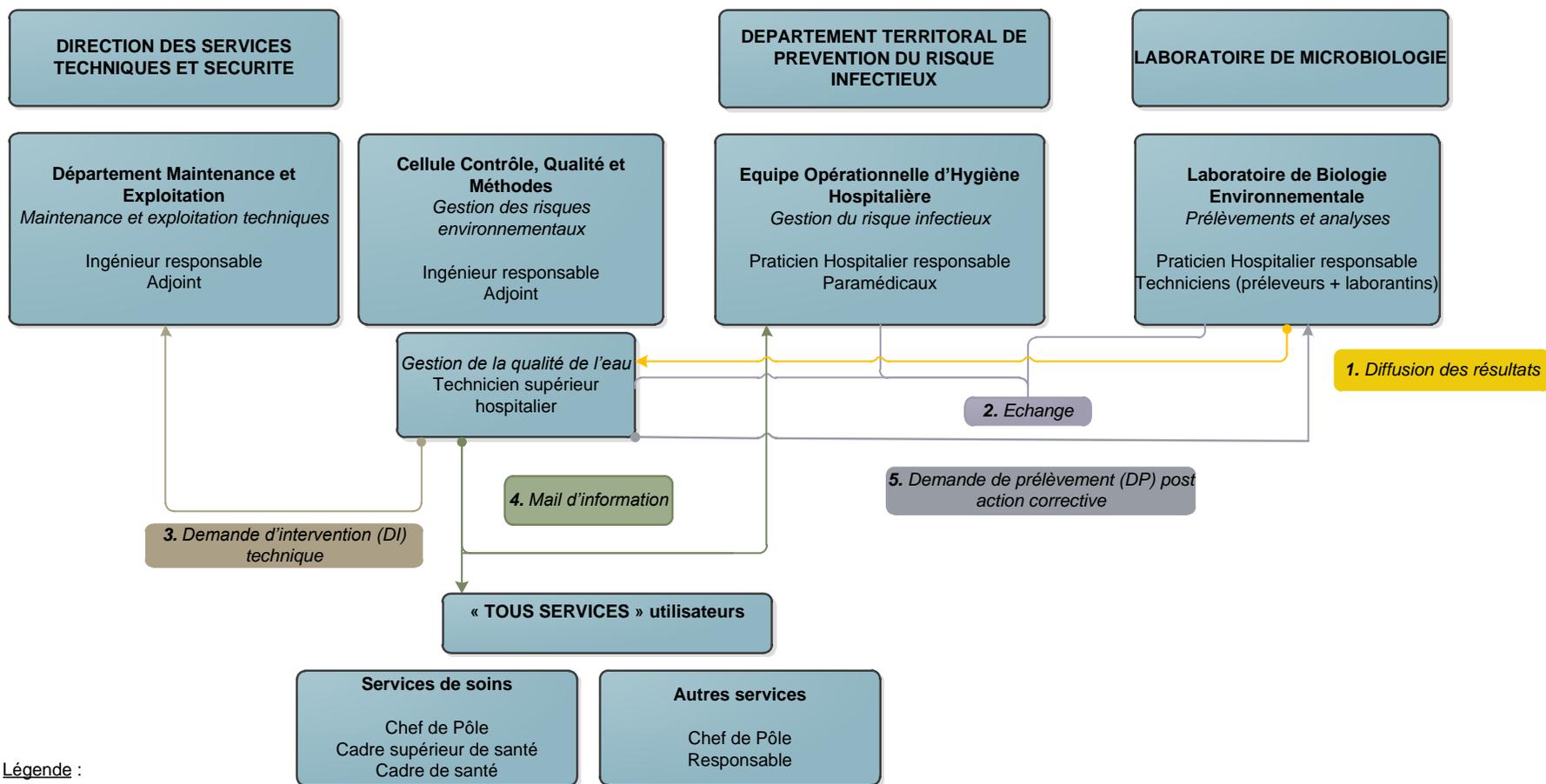
Le référentiel eau du CHRU de Nancy précise les fréquences de prélèvements à suivre selon la typologie d'eau. Pour l'eau chaude sanitaire, la fréquence minimale de prélèvement est d'une fois par an :

- Au niveau des départs et retours de boucles (au niveau des sous-stations) ;
- Au niveau des points d'usage : point représentatif et/ou éloigné du réseau d'eau

Ces prélèvements sont réalisés selon des procédures internes prenant en compte les normes et la réglementation.

Le rapport d'analyse du prélèvement est transmis par le laboratoire de microbiologie environnementale à l'EOHH et génère une alerte en cas de non-conformité des échantillons d'eau.

²⁷ Agence nationale de sécurité sanitaire



Légende :

- 1 : Diffusion des rapports d'analyse par le LBE à la cellule Contrôle, qualité et méthodes et l'EOH.
- 2 : Échange entre le DE, le Département Maintenance et Exploitation, l'EOH et le LBE sur le (ou les) résultat(s) bactériologique(s) et/ou physicochimique(s).
- 3 : Selon le résultat et, notamment en cas de non-conformité, la cellule contrôle qualité et méthodes établit une DI à l'atelier plomberie.
- 4 : En cas de non-conformité, la cellule contrôle qualité et méthodes envoie un mail d'information au(x) responsable(s) du service : mise en place de consignes.
- 5 : Une fois la DI réalisée, la Cellule contrôle qualité et méthodes fait une DP au LBE pour recontrôle.

Figure 2 : Organigramme : rôles et missions des différents acteurs institutionnels (extrait du référentiel eau du CHRU de Nancy)

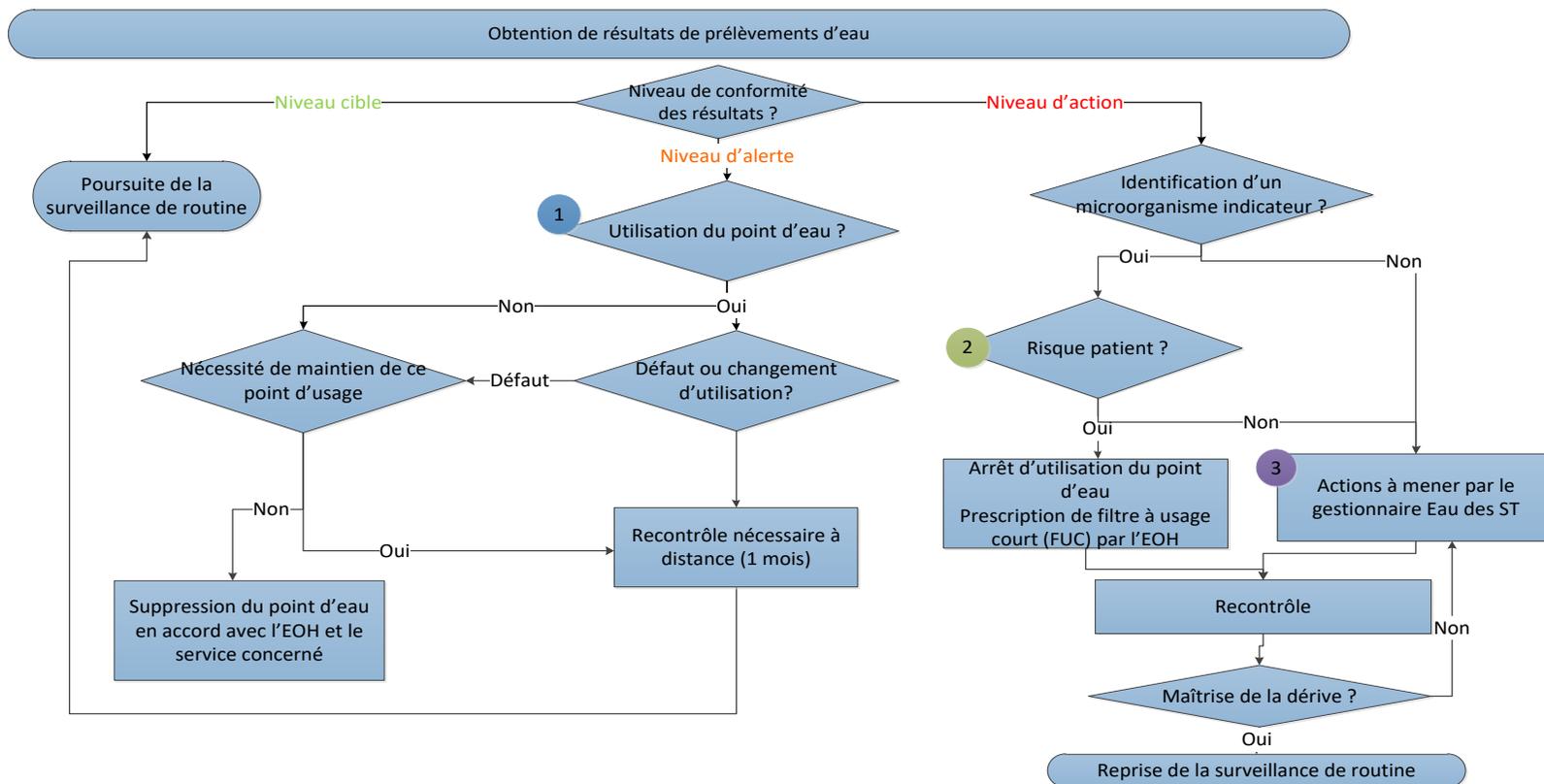
1.7.3. Gestion des non-conformités

Le référentiel eau du CHRU de Nancy présente la conduite à tenir en cas de non-conformité d'un prélèvement d'eau, sous la forme d'un logigramme. Des fiches techniques pour qualité d'eau ou par type de point d'eau déclinent les spécificités de ces derniers.

Legionella est considérée comme un micro-organisme indicateur de la qualité de l'eau chaude distribuée, à l'origine d'un risque pour le patient. Il n'y a pas de niveau « alerte » pour cet agent infectieux ; le dépassement des seuils autorisés conduit directement au niveau « action ». Les premières mesures prises sont l'arrêt de l'utilisation du point d'eau et/ou la prescription de microfiltres à usage court par le gestionnaire eau des services techniques en concertation avec le service d'hygiène hospitalière. L'EOHH est systématiquement informée des non-conformités pour diligenter une enquête chez le(s) patient(s) si nécessaire. Enfin, une évaluation du risque potentiel pour les autres points d'eau à risque du bâtiment est réalisée immédiatement afin de limiter l'exposition.

En cas de nouveau contrôle montrant une persistance de la non-conformité, une réunion pluridisciplinaire est organisée pour évoquer les pistes de correction et les modalités de fonctionnement dégradé le cas échéant.

En cas de retour à la normale (conformité des prélèvements de recontrôle), la surveillance de routine est poursuivie.



- 1 Investigation et/ou évaluation réalisée par les services techniques en collaboration avec les services de soins
- 2 Investigation et/ou évaluation réalisée par l'EOH en collaboration avec les services de soins
- 3 Actions en fonction de la localisation du point d'eau : purge, désinfection (thermique si légionnelles, chimique)
Recherche de la contamination et analyse de risque
Actions complémentaires : surveillance température,...

Figure 3 : Logigramme : conduite générale à tenir pour la gestion des résultats de prélèvement d'eau (extrait du référentiel eau du CHRU de Nancy)

2. PRÉSENTATION DE L'ARTICLE

L'article présenté dans les pages qui suivent est une vue globale de la surveillance de risque lié à la légionelle au CHRU de Nancy entre décembre 1994 et mars 2021. Il reprend les résultats des prélèvements environnementaux réalisés à cette fin sur la période, par site et par bâtiment. Compte-tenu de l'étendue géographique du CHRU de Nancy et de l'évolution de la réglementation, la surveillance a progressivement comporté la réalisation et l'analyse de plusieurs centaines de prélèvements par an.

Cet article décrit également – avec les données disponibles – les cas de légionellose ayant fait l'objet d'une investigation par le service d'hygiène et pour lesquels une origine nosocomiale a été jugée probable.

La période d'étude étant relativement longue, il est à noter qu'outre les changements qui ont eu lieu sur le plan réglementaire, l'évolution des techniques a permis d'explorer de façon de plus en plus précise avec des seuils de détection et de quantification de plus en plus faibles les concentrations en légionelles. Cela introduit une marge d'incertitude variable dans l'évaluation du risque, qui est à prendre en compte dans cette analyse rétrospective.

La surveillance au CHRU de Nancy a commencé bien avant qu'une obligation réglementaire à l'échelle nationale ne soit mise en place, eu égard à l'attention portée localement à l'époque au réseau d'eau chaude sanitaire de l'hôpital comme source potentielle de contamination par *Legionella*. Certaines informations (notamment des actions correctives en cas de dépassement des seuils), dont la traçabilité n'était alors pas effectuée, ne sont pas disponibles n'ont donc pas pu être présentées dans cet article.

3. ARTICLE

Environmental monitoring of *Legionella* risk at Nancy University Hospital Centre from 1994 to 2021

Abstract

Introduction: Since 2002, French health facilities have obligation to manage nosocomial infection risk due to *Legionella* bacteria. In each hospital hot water system, the contamination must be assessed and a follow-up of *Legionella pneumophila* concentration implemented. The purpose of this observational study was to describe the results of environmental samples from sanitary hot water systems of the university hospital of Nancy, as part of *Legionella* regulatory monitoring.

Methods: Samples collected all along the water systems of buildings composing Nancy University Hospital Centre are analyzed in situ since 1994, to assess regularly the contamination of sanitary hot water and monitor *Legionella* concentration in case of corrective action carried out. Probable or possible nosocomial legionellosis cases were reviewed.

Results: A total of 6821 samples were analyzed. Global noncompliance rates, based on the April 2002 French regulation (with differentiated thresholds depending on the sample point characterization), was 13.6 per 100 samples processed (n = 928). *L. pneumophila* was identified in 2010 samples. Its serogroup was identified in 1003 samples: 27.7% (n= 557) were serogroup 1, 4.6% (n = 92) were concomitant presence of serogroup 1 and serogroup 2-14, and 17,6% (n = 354) were serogroup 2-14. Differences in terms of distribution were observed : there was a clear predominance of serogroup 2-14 in Central Hospital, whereas in children's hospital, it was almost exclusively serogroup 1.

Conclusion: A global decrease of the sanitary hot water systems contamination along with the regulatory changes is observed, despite the persistence of infrequent non conformities in a few buildings. Some probable nosocomial cases of legionellosis can be compared with exceeded thresholds on locally sampled representative points ; some others seem to be related to a terminal contamination of the point-of-use, due to occasional use.

KEYWORDS

Legionella risk monitoring – sanitary hot water system – French regulation

Introduction

Legionellosis is a worldwide spread and preventable pulmonary infectious disease, mainly acquired from hot water in showers. This infection is a public health priority. Among the European Legionnaires' Disease Surveillance Network, France has one of the highest numbers of legionellosis reported cases (1389 cases in 2015) and age-standardized rates per 100,000 population between 2011 and 2015 (2.07 cases per 100,000 inhabitants in 2015); not far from Italy, Germany and Spain. For this period, in European Union, 4.9% of legionellosis were hospital-acquired infections. Among culture-confirmed cases of legionellosis, the frequency of isolation of the different species was in descending order *L. pneumophila* serogroup 1 (83%), *L. pneumophila* serogroup 2-14 (7%), *L. longbeachae* (1.0%) and *L. micdadei* (0.3%) (26). This observation should, however, be tempered by the fact that the most common diagnostic method is the urinary antigen, which only detects *L. pneumophila* serogroup 1. This clinical statement is endorsed by environmental *Legionella* contamination. *Legionella* species found in a large sample of warm water systems from Germany were *L. pneumophila*, with substantial variations from 57.5% to 91.2% (27).

To prevent legionellosis, France has implemented regulations including quality limits for *L. pneumophila*. Regulatory thresholds appeared in 2002, a few months after the publication in November 2001 of the French High Council for Public Hygiene, « *Legionella* risk management » (15), which discussed thresholds issue. Regulations were updated in 2010.

Nancy University Hospital has been carrying out environmental monitoring of sanitary hot waters since 1994. Water monitoring is coordinated by infection prevention and control team. A monthly meeting is organized with the technical services, the infection prevention and control team and the environmental control laboratory. During the meeting, non-conformity is discussed and a course of action is planned if necessary. A monitoring plan is defined annually.

The aim of our study is to describe the results of *Legionella* risk monitoring at Nancy University Hospital Centre from 1994 to 2021.

Materials and Methods

Data collection

Study site

Nancy University Hospital Centre consists of several sites, some of which have been demolished or were assigned to other functions on the study period. Each site consists of several buildings, in some instances heterogeneous from a conceptual standpoint. Based on the technical services charter, twelve sites were identified in the database gathering results of water samples for *Legionella* analysis.

Among numerous buildings spread across those sites, large-sized (and representative from the standpoint of average annual amount of water samples collected) structures were favored for review. Those selected buildings amounted to fifteen (table 1).

Water points of use are identified by a unique number whose construction is specified below (see paragraph 1.4.).

Sampling

Sampling plan

In Nancy University Hospital Centre, sampling plan is annually devised by the hospital hygiene department, upstream of the measurement campaign. There are on average two sampling periods per year for one building. Sampling points, which vary from one year to another, are selected on several criteria; the furthest point of the water system considered is sampled, and several other points classified as representative points of the water system.

In addition to those planned samples, one-off samples can be requested, often by technical services, as the temperatures in the water system do not reach expected thresholds that reduces proliferation of *Legionella*. The number of samples collected is highly dependent on the building size and the study period. In particular, in 2012, the sampling plan has been updated with increased number of samples processed.

Focusing on the sampling plan, the French regulation (see annex 1 of the decree of 1 February 2010) concerning sanitary hot water in hospitals requires minimal sampling frequencies at certain characteristic points to monitor *Legionella* concentration in each water system.

For all of the following points, *Legionella* concentration analysis is required once a year:

- Bottoms of hot water tanks for production and storage (in the furthest tank in case of series tanks, and in one of them in case of tanks connected in parallel);
- Most representative high-risk points of use and most distant points of use from hot water production;
- Representative points of use located in departments which admit patients identified by the Infection Control Committee (or any organization in charge of the same mission) as particularly vulnerable to the risk of legionellosis;
- Returns of the circulation (general returns).

The sampling period begins in December 1994 (the start of *Legionella* monitoring in the hospital water system), and ends in March 2021 for this study.

Sampling conditions and analytical techniques for environmental samples

All samples are processed with sterile vials, containing sodium thiosulfate to neutralize residual chlorine effect. The sampling process follows NF EN ISO 19458.

Samples realized at departs of circulation systems are processed after purging thirty seconds.

The AFNOR NF T 90-431 standard, developed in 1993 (several successive versions of the document have been published; the last one in August 2017), is currently mandatory for the analysis. The process involves filtering one liter of water, then in vitro culture.

Latex tests are used to classify *L. pneumophila* in three categories, depending on the serogroup (serogroup 1, 2-14, or presence of both).

Apart from cooling towers samples (which were not analyzed in this study – and because of particular analysis methodology), all the samples were analyzed in the environmental control laboratory, in Nancy University Hospital Centre.

The concentration of *Legionella* spp was measured from December 1994 to July 2004, and then from may 2010 to the end of the study, in March 2021. Between July 2004 and may 2010, only *L. pneumophila* concentration was measured (with two exceptions).

The serogroup has been determined on the positive samples for *L. pneumophila* since June 2000. The serogroups were spread in three categories (1, 2-14 or both).

Data sources

Records in the database and information system

The biological results are recorded since 2011 in a local database created by the hospital hygiene department (Microsoft Access®). Information about the samples collected from 1994 to 2011 in paper form has been added subsequently.

Nosocomial cases

Investigations conducted by the hospital hygiene department were reported in exchanged letters between the hygiene department head and hospital upper management, technical services, biology laboratory and prefecture. Consulting archives of the department allowed the retrieval of information about nosocomial cases of legionellosis.

Overview of the variables in the database

The database created for the recording of the samples results contains the following variables:

General data:

- Analysis number (unique identifier of the sample)

- Quality of the sample (examples of categories: general water intake, bottom of the hot water tank, hot water, mixed water, representative point of use, at risk point of use, hot chlorinated water...)
- Date of sample collection

Location data:

- Site (table 1)
- Building (table 1)
- Service
- Local (examples of categories: room 308, individual box n°2, collective bathroom...)
- Point (examples of categories: shower, sink, downstream of the plate heat exchanger, downstream of the hot water storage tank...)
- Floor
- Sector
- The identification code of the sampling point: a sequence of numbers and letters has been defined in the 2000s to identify each accessible point of the water system (example: D35.02A007a). The first letter corresponds to the site, the following two numbers to the building. A total of 923 different points of the water systems have been recorded in the data base.

Measurements:

- *L. pneumophila* concentration (in CFU/l)
- *Legionella* spp concentration (in CFU/l)
- Water system temperature (in °C)
- Temperature after 2 to 3 minutes of water flowing (in °C)
- Temperature (in °C)
- Temperature of the first spray (in °C)
- Free chlorine (in mg/l)
- Total chlorine (in mg/l)

Identification of the serogroup if *L. pneumophila* is detected.

Free-form text for further details if necessary:

- Comment (there were 646 samples with comments written by the person in charge of the sampling, for example hard water, unused point, vacant room, system control, colored water, relation with another sample, mixer tap limited to 38°C, reopening of the service...)
- Technical comment (for example unquantifiable *L. pneumophila*, undetected *Legionella*, *L. pneumophila* serogroup 1...)

Data cleansing and creation of variables

Six analysis numbers were initially identified as duplicates. Focusing on those samples, the service differed and the analysis numbers have been corrected without deleting any record.

Values of variables which were assumed to be numerical have been transformed if necessary, in order to be summarized by indicators subsequently. Concentrations of *L. pneumophila* and *Legionella* spp

were not recorded in the same way depending on the evolution of analytical techniques of microbiology:

- Values superior to a threshold have been replaced by the value of the threshold (for example >1000 has been replaced by 1000);
- Values lower than a threshold, i.e., undetectable by the current analytical technique, have been replaced by zero (values beginning with the character « < » have been replaced by « 0 »);
- Values « non-detectable » or « ND » have been replaced by zero.

Some missing values of concentrations have been retrieved in the technical comment and added.

All missing values of *Legionella pneumophila* have been replaced by « 0 » when there was a null value of *Legionella* spp.

The three variables « temperature of the water system », « temperature after 2 to 3 minutes » and « temperature » have been merged.

Some missing serogroups have been retrieved in the technical comment and added to the corresponding variable.

The following variables were created to analyze the results of the monitoring samples:

- **Compliance to the French regulation of April 2002**

The conformity was ascertained in two cases: for classic points of use if *L. pneumophila* concentration was lower than 1000 CFU/l; for high-risk points of use: if *L. pneumophila* concentration was undetectable or null. Apart from those cases, the samples were considered as nonconform.

- **Compliance to locally determined thresholds (before national regulation)**

The conformity was ascertained in two cases: for classic points of use: when *L. pneumophila* concentration was lower than 10,000 CFU/l; for high-risk points of use: when *L. pneumophila* concentration was undetectable or null. Apart from those cases, the samples were considered as nonconform.

- **Characterization of the sampling point**

The multiple categories of the variable « quality of the sample » were gathered in five categories: classic point of use, high-risk point of use, depart of the circulation system, return of the circulation system, and cold water.

- **Sampling schedule**

The sample is qualified as « planned sample » if included in the surveillance; and « one-off sample » if secondary to a request (mostly coming from the technical services).

Data analysis

All the tables and figures have been produced with R-3.6.1 and RStudio (version 1.2.5019).

Results

Exclusion criteria

Sixteen samples had no *Legionella* analysis result (unrealized, uninterpretable or canceled upon receipt).

Five samples were realized at a patient's home or in another university hospital, outside France.

Forty-five samples realized on cooling towers (originally two at Nancy University Hospital Centre, on two different sites) were excluded from the review because these facilities do not need to meet French regulation on sanitary hot water (industrial water not intended for human consumption).

Four sites were excluded (n = 68 samples), due to lack of contact with patients (unit of food production, Marcel Brot tower), very small number of samples collected in the study period (mental health centre), or low exposure duration (odontology).

For one sample, analysis was processed outside the environmental control laboratory.

Twelve samples did not allow to identify the location of the point accurately in the water system, or to characterize the point.

Only some buildings from all those which were identified in the database of water samples have been selected for detailed review.

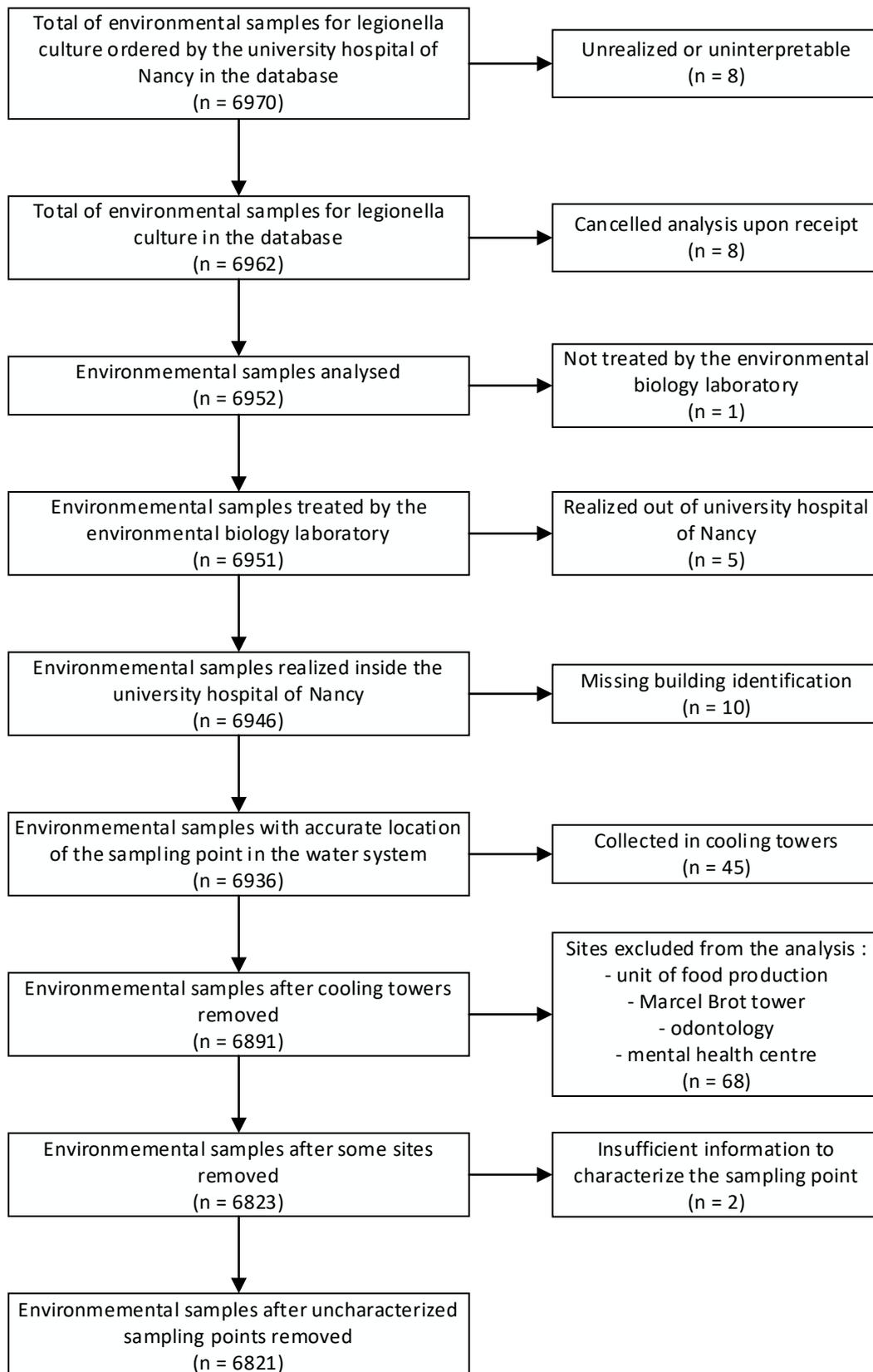


Figure 1 : Flowchart

Descriptive analysis

General view – University Hospital of Nancy

Table I. Characteristics of Nancy University Hospital Centre : sites, buildings and hot water systems

Site, building	End date of construction
Brabois Hospitals	
Adults hospital	1973
Children's hospital	1982
Louis Mathieu Institute	2010
Drouet tower	1960's
Inter-regional secured hospital unit	2004
Central Hospital	
Neurology building	1997-99
Chalnot pavilion	1990
Bonsecours building	-
Collinet de la Salle pavilion	1883
Roger de Videlonge pavilion	1883
Alfred Krug pavilion	Interwar period
Grosdidier pavilion	-
Surgical centre Émile Gallé	
Building A	2010
Building B	2010
Building C	2010
Saint Julien Hospital	1900
Regional Maternity	1928
Maringer Villemin Fournier Hospitals	Interwar period
Jeanne d'Arc Hospital	1970
Saint-Stanislas Centre	1820

Sites and buildings

In the very large majority of cases (90.4%), points of use sampled since the beginning of the surveillance were classic points of use (with authorized threshold of 1000 to 10,000 CFU/l depending on the period).

Returns of the circulation were more sampled than departs of the circulation (3.2% versus 1.3%).

There was no sample collected on the depart or the return of the circulation system in the regional maternity, nor in the surgical centre Émile Gallé.

A few cold water samples were processed (n=9).

Among all the water samples of the Chalnot pavilion, a substantial number was coming from high-risk point of use (almost one third of samples – the only studied building with this kind of distribution).

The average temperature was superior to 50°C for all sites except for the regional maternity (48.5°C).

Louis Mathieu Institute had the lowest mean temperature (45.1°C) measured on the water samples processed for *Legionella* risk surveillance of all the buildings studied. It was followed by Roger de Videlonge pavilion (47.2°C).

Over the total study period, the information about the scheduling of the sample was filled out in 20.7% of the cases. The variable « sampling schedule » has been added to the database at the start of 2012. Specifically, over the 2012-2021 period, the information was filled out in 32.5% of cases (17.8% of planned samples and 14.7% of one-off samples).

Global mean concentration of *Legionella* spp was 4330 CFU/l, with one quarter of missing values. Global mean concentration of *L. pneumophila* was 5880 CFU/l, with 0.5% of missing values.

The average percentage of noncompliance to the French regulation of April 2002 was 13.6%. The proportion of nonconform water samples in the database is around or superior to 20% for the following buildings: Saint Julien Hospital (22.9%), children's hospital (21.7%) and surgical centre Émile Gallé (19.9%).

Table II. Description of the samples by site – Overall

	Brabois Hospitals (N=3732)	Central Hospital (N=1434)	Saint Julien Hospital (N=594)	Regional Maternity (N=460)	Surgical centre Émile Gallé (N=256)	Maringer Villemain Fournier Hospitals (N=126)	Jeanne d'Arc Hospital (N=111)	Saint-Stanislas Centre (N=108)	Overall (N=6821)
Characterization of the sampling point									
Classic point of use	3383 (90.6%)	1231 (85.8%)	577 (97.1%)	426 (92.6%)	256 (100%)	102 (81.0%)	98 (88.3%)	91 (84.3%)	6164 (90.4%)
High-risk point of use	187 (5.0%)	120 (8.4%)	0 (0%)	34 (7.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	341 (5.0%)
Return of the circulation system	106 (2.8%)	59 (4.1%)	14 (2.4%)	0 (0%)	0 (0%)	16 (12.7%)	9 (8.1%)	11 (10.2%)	215 (3.2%)
Depart of the circulation system	52 (1.4%)	21 (1.5%)	2 (0.3%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (6.3%)	4 (3.6%)	5 (4.6%)	92 (1.3%)
Cold water	4 (0.1%)	3 (0.2%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0.9%)	9 (0.1%)
Temperature (°C)									
Mean (SD)	50.3 (9.65)	51.0 (9.02)	52.0 (8.28)	48.7 (10.2)	52.6 (7.29)	53.4 (6.06)	NA (NA)	52.7 (10.7)	50.7 (9.35)
Median [Min, Max]	54.0 [5.00, 73.9]	53.5 [11.4, 75.0]	54.2 [14.0, 65.0]	50.2 [12.6, 65.0]	54.6 [27.6, 68.6]	53.0 [37.0, 63.0]	NA [NA, NA]	57.0 [16.0, 66.0]	53.9 [5.00, 75.0]
Missing	1633 (43.8%)	456 (31.8%)	135 (22.7%)	32 (7.0%)	9 (3.5%)	97 (77.0%)	111 (100%)	45 (41.7%)	2518 (36.9%)
Sampling schedule									
Planned sample	357 (9.6%)	195 (13.6%)	49 (8.2%)	117 (25.4%)	29 (11.3%)	8 (6.3%)	0 (0%)	17 (15.7%)	772 (11.3%)
One-off sample	331 (8.9%)	116 (8.1%)	101 (17.0%)	33 (7.2%)	57 (22.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	638 (9.4%)
Missing	3044 (81.6%)	1123 (78.3%)	444 (74.7%)	310 (67.4%)	170 (66.4%)	118 (93.7%)	111 (100%)	91 (84.3%)	5411 (79.3%)
Legionella spp (CFU/l)									
Mean (SD)	6280 (63900)	1350 (14000)	5210 (31700)	1430 (10100)	2630 (21600)	8.89 (37.5)	1040 (3860)	5.47 (46.2)	4330 (48000)
Median [Min, Max]	0 [0, 1260000]	0 [0, 380000]	10.0 [0, 540000]	0 [0, 160000]	30.0 [0, 340000]	0 [0, 250]	0 [0, 15500]	0 [0, 400]	0 [0, 1260000]
Missing	1075 (28.8%)	333 (23.2%)	92 (15.5%)	0 (0%)	0 (0%)	79 (62.7%)	95 (85.6%)	33 (30.6%)	1707 (25.0%)
Legionella pneumophila (CFU/l)									
Mean (SD)	7090 (88900)	5790 (130000)	4430 (28600)	1410 (10100)	2620 (21600)	7470 (64300)	4650 (32200)	0 (0)	5880 (89700)
Median [Min, Max]	0 [0, 4100000]	0 [0, 4700000]	0 [0, 540000]	0 [0, 160000]	20.0 [0, 340000]	0 [0, 695000]	0 [0, 335000]	0 [0, 0]	0 [0, 4700000]
Missing	21 (0.6%)	3 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (4.8%)	2 (1.8%)	1 (0.9%)	33 (0.5%)
Compliance to the French regulation of April 2002									
Conformity	3193 (85.6%)	1303 (90.9%)	458 (77.1%)	397 (86.3%)	205 (80.1%)	109 (86.5%)	88 (79.3%)	107 (99.1%)	5860 (85.9%)
Nonconformity	518 (13.9%)	128 (8.9%)	136 (22.9%)	63 (13.7%)	51 (19.9%)	11 (8.7%)	21 (18.9%)	0 (0%)	928 (13.6%)
Missing	21 (0.6%)	3 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (4.8%)	2 (1.8%)	1 (0.9%)	33 (0.5%)
Compliance to locally determined thresholds (before national regulation)									
Conformity	3504 (93.9%)	1377 (96.0%)	561 (94.4%)	422 (91.7%)	247 (96.5%)	117 (92.9%)	100 (90.1%)	107 (99.1%)	6435 (94.3%)
Nonconformity	207 (5.5%)	54 (3.8%)	33 (5.6%)	38 (8.3%)	9 (3.5%)	3 (2.4%)	9 (8.1%)	0 (0%)	353 (5.2%)
Missing	21 (0.6%)	3 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (4.8%)	2 (1.8%)	1 (0.9%)	33 (0.5%)

Table III. Description of the samples by building – Brabois Hospitals

	Brabois Hospitals				
	Adults hospital (N=1474)	Children's hospital (N=1289)	Louis Mathieu Institute (N=561)	Drouet tower (N=203)	Inter-regional secured hospital unit (N=68)
Characterization of the sampling point					
Classic point of use	1297 (88.0%)	1174 (91.1%)	535 (95.4%)	177 (87.2%)	66 (97.1%)
High-risk point of use	81 (5.5%)	55 (4.3%)	26 (4.6%)	25 (12.3%)	0 (0%)
Return of the circulation system	66 (4.5%)	37 (2.9%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1.5%)
Depart of the circulation system	29 (2.0%)	20 (1.6%)	0 (0%)	1 (0.5%)	1 (1.5%)
Cold water	1 (0.1%)	3 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Temperature (°C)					
Mean (SD)	52.0 (11.0)	52.0 (8.59)	45.1 (8.63)	NA (NA)	51.8 (7.80)
Median [Min, Max]	56.8 [5.00, 73.9]	55.0 [7.30, 63.3]	43.5 [20.0, 62.7]	NA [NA, NA]	55.3 [37.0, 60.9]
Missing	951 (64.5%)	426 (33.0%)	25 (4.5%)	203 (100%)	16 (23.5%)
Sampling schedule					
Planned sample	114 (7.7%)	41 (3.2%)	152 (27.1%)	0 (0%)	16 (23.5%)
One-off sample	58 (3.9%)	246 (19.1%)	19 (3.4%)	0 (0%)	4 (5.9%)
Missing	1302 (88.3%)	1002 (77.7%)	390 (69.5%)	203 (100%)	48 (70.6%)
Legionella spp (CFU/l)					
Mean (SD)	13300 (102000)	3340 (20200)	53.2 (573)	31600 (155000)	856 (2520)
Median [Min, Max]	0 [0, 1210000]	0 [0, 430000]	0 [0, 10000]	0 [0, 1260000]	0 [0, 15000]
Missing	641 (43.5%)	270 (20.9%)	4 (0.7%)	135 (66.5%)	13 (19.1%)
Legionella pneumophila (CFU/l)					
Mean (SD)	12500 (134000)	3290 (19500)	49.0 (567)	18600 (106000)	596 (2180)
Median [Min, Max]	0 [0, 4100000]	0 [0, 430000]	0 [0, 10000]	0 [0, 1260000]	0 [0, 15000]
Missing	1 (0.1%)	11 (0.9%)	0 (0%)	7 (3.4%)	1 (1.5%)
Compliance to the French regulation of April 2002					
Conformity	1284 (87.1%)	998 (77.4%)	556 (99.1%)	160 (78.8%)	61 (89.7%)
Nonconformity	189 (12.8%)	280 (21.7%)	5 (0.9%)	36 (17.7%)	6 (8.8%)
Missing	1 (0.1%)	11 (0.9%)	0 (0%)	7 (3.4%)	1 (1.5%)
Free chlorine					
Mean (SD)	NA (NA)	0.0946 (0.0995)	NA (NA)	NA (NA)	NA (NA)
Median [Min, Max]	NA [NA, NA]	0.0650 [0, 0.660]	NA [NA, NA]	NA [NA, NA]	NA [NA, NA]
Missing	1474 (100%)	1045 (81.1%)	561 (100%)	203 (100%)	68 (100%)
Total chlorine					
Mean (SD)	NA (NA)	0.119 (0.0966)	NA (NA)	NA (NA)	NA (NA)
Median [Min, Max]	NA [NA, NA]	0.100 [0, 0.690]	NA [NA, NA]	NA [NA, NA]	NA [NA, NA]
Missing	1474 (100%)	1052 (81.6%)	561 (100%)	203 (100%)	68 (100%)

Table IV. Description of the samples by building – Central Hospital

	Central Hospital						
	Neurology building (N=402)	Chalnot pavilion (N=184)	Bonsecours building (N=166)	Collinet de la Salle pavilion (N=123)	Roger de Videlange pavilion (N=121)	Alfred Krug pavilion (N=86)	Grosdidier pavilion (N=81)
Characterization of the sampling point							
Classic point of use	330 (82.1%)	116 (63.0%)	156 (94.0%)	112 (91.1%)	111 (91.7%)	79 (91.9%)	73 (90.1%)
High-risk point of use	57 (14.2%)	55 (29.9%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (2.5%)	0 (0%)	1 (1.2%)
Return of the circulation system	6 (1.5%)	7 (3.8%)	10 (6.0%)	5 (4.1%)	7 (5.8%)	7 (8.1%)	7 (8.6%)
Depart of the circulation system	7 (1.7%)	6 (3.3%)	0 (0%)	6 (4.9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cold water	2 (0.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Temperature (°C)							
Mean (SD)	51.0 (8.07)	50.0 (10.3)	50.5 (9.11)	55.0 (9.33)	47.2 (8.90)	49.5 (9.79)	52.1 (10.0)
Median [Min, Max]	53.0 [16.0, 74.0]	54.2 [11.4, 64.2]	52.2 [13.0, 75.0]	57.0 [15.0, 72.6]	49.7 [17.1, 62.0]	54.0 [20.0, 63.1]	56.3 [12.6, 62.0]
Missing	145 (36.1%)	92 (50.0%)	37 (22.3%)	70 (56.9%)	29 (24.0%)	24 (27.9%)	10 (12.3%)
Sampling schedule							
Planned sample	31 (7.7%)	22 (12.0%)	18 (10.8%)	17 (13.8%)	17 (14.0%)	14 (16.3%)	18 (22.2%)
One-off sample	55 (13.7%)	8 (4.3%)	25 (15.1%)	1 (0.8%)	9 (7.4%)	4 (4.7%)	2 (2.5%)
Missing	316 (78.6%)	154 (83.7%)	123 (74.1%)	105 (85.4%)	95 (78.5%)	68 (79.1%)	61 (75.3%)
Legionella spp (CFU/l)							
Mean (SD)	2260 (22400)	346 (1220)	1080 (3950)	47.5 (141)	95.5 (538)	1210 (4740)	27.4 (200)
Median [Min, Max]	0 [0, 380000]	0 [0, 9100]	0 [0, 27000]	0 [0, 650]	0 [0, 5000]	0 [0, 35000]	0 [0, 1700]
Missing	105 (26.1%)	64 (34.8%)	23 (13.9%)	50 (40.7%)	24 (19.8%)	18 (20.9%)	8 (9.9%)
Legionella pneumophila (CFU/l)							
Mean (SD)	18600 (244000)	362 (1510)	1090 (3840)	98.5 (368)	178 (1110)	795 (4090)	3.46 (23.7)
Median [Min, Max]	0 [0, 4700000]	0 [0, 15000]	0 [0, 27000]	0 [0, 3350]	0 [0, 11100]	0 [0, 35000]	0 [0, 210]
Missing	2 (0.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Compliance to the French regulation of April 2002							
Conformity	348 (86.6%)	163 (88.6%)	146 (88.0%)	120 (97.6%)	118 (97.5%)	80 (93.0%)	81 (100%)
Nonconformity	52 (12.9%)	21 (11.4%)	20 (12.0%)	3 (2.4%)	3 (2.5%)	6 (7.0%)	0 (0%)
Missing	2 (0.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Table V. Description of the samples by building – Surgical centre Émile Gallé

	Surgical centre Émile Gallé		
	Building A (N=187)	Building B (N=49)	Building C (N=20)
Characterization of the sampling point			
Classic point of use	187 (100%)	49 (100%)	20 (100%)
Temperature (°C)			
Mean (SD)	52.7 (6.95)	51.5 (7.41)	54.9 (9.53)
Median [Min, Max]	54.5 [30.1, 68.6]	53.0 [36.0, 64.9]	59.1 [27.6, 64.4]
Missing	9 (4.8%)	0 (0%)	0 (0%)
Sampling schedule			
Planned sample	17 (9.1%)	9 (18.4%)	3 (15.0%)
One-off sample	47 (25.1%)	6 (12.2%)	4 (20.0%)
Missing	123 (65.8%)	34 (69.4%)	13 (65.0%)
Legionella spp (CFU/l)			
Mean (SD)	1620 (4980)	336 (1310)	17600 (75900)
Median [Min, Max]	73.0 [0, 40000]	0 [0, 7200]	5.00 [0, 340000]
Legionella pneumophila (CFU/l)			
Mean (SD)	1620 (4980)	322 (1310)	17600 (75900)
Median [Min, Max]	73.0 [0, 40000]	0 [0, 7200]	5.00 [0, 340000]
Compliance to the French regulation of April 2002			
Conformity	143 (76.5%)	46 (93.9%)	16 (80.0%)
Nonconformity	44 (23.5%)	3 (6.1%)	4 (20.0%)

Table VI. Description of the samples by type of sampling point

	Classic point of use (N=6164)	High-risk point of use (N=341)	Return of the circulation system (N=215)	Depart of the circulation system (N=92)	Cold water (N=9)	Overall (N=6821)
Temperature (°C)						
Mean (SD)	50.9 (9.25)	43.7 (9.64)	NA (NA)	NA (NA)	NA (NA)	50.7 (9.35)
Median [Min, Max]	54.0 [5.00, 75.0]	41.3 [20.0, 63.6]	NA [NA, NA]	NA [NA, NA]	NA [NA, NA]	53.9 [5.00, 75.0]
Missing	2001 (32.5%)	201 (58.9%)	215 (100%)	92 (100%)	9 (100%)	2518 (36.9%)
Legionella spp (CFU/l)						
Mean (SD)	4520 (49300)	1050 (6520)	619 (3160)	0 (0)	117 (286)	4330 (48000)
Median [Min, Max]	0 [0, 1260000]	0 [0, 85000]	0 [0, 19000]	0 [0, 0]	0 [0, 700]	0 [0, 1260000]
Missing	1329 (21.6%)	140 (41.1%)	156 (72.6%)	79 (85.9%)	3 (33.3%)	1707 (25.0%)
Legionella pneumophila (CFU/l)						
Mean (SD)	6410 (94300)	1320 (9930)	366 (2250)	461 (2380)	87.5 (247)	5880 (89700)
Median [Min, Max]	0 [0, 4700000]	0 [0, 150000]	0 [0, 21500]	0 [0, 20000]	0 [0, 700]	0 [0, 4700000]
Missing	22 (0.4%)	2 (0.6%)	4 (1.9%)	4 (4.3%)	1 (11.1%)	33 (0.5%)
Serogroup						
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	542 (8.8%)	15 (4.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	557 (8.2%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1 and 2-14	82 (1.3%)	10 (2.9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	92 (1.3%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 2-14	340 (5.5%)	14 (4.1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	354 (5.2%)
Missing	5200 (84.4%)	302 (88.6%)	215 (100%)	92 (100%)	9 (100%)	5818 (85.3%)
Compliance to the French regulation of April 2002						
Conformity	5312 (86.2%)	255 (74.8%)	201 (93.5%)	84 (91.3%)	8 (88.9%)	5860 (85.9%)
Nonconformity	830 (13.5%)	84 (24.6%)	10 (4.7%)	4 (4.3%)	0 (0%)	928 (13.6%)
Missing	22 (0.4%)	2 (0.6%)	4 (1.9%)	4 (4.3%)	1 (11.1%)	33 (0.5%)

Water chlorination

For all buildings of Nancy University Hospital Centre, the incoming water that is delivered by the water tower contains 0.30 mg/l of free chlorine.

In some buildings, such as children's hospital, a continuous chlorination of the water system has been implemented: from 2013, the 9th of January, to 2016, the 11th of April (table 3).

The chlorination of the water system of the surgical centre Émile Gallé has also recently been implemented, but fewer effects on *Legionella* concentrations were noticed; the measure was therefore not sustained.

Sampling points

The average temperature recorded on the water samples processed in the framework of *L. pneumophila* surveillance was lower in high-risk points of use than in classic points of use (respectively 50.9°C and 43.7°C), although there was a significant part of missing values (respectively 32.5% and 58.9%).

L. pneumophila average concentration was lower in high-risk points of use than in classic points of use.

L. pneumophila average concentration was higher in the samples collected in returns of the circulation systems than in departs of the circulation systems (respectively 366 CFU/l and 461 CFU/l) (table 6).

Table VII. Description of the serogroups in the positive samples for *L. pneumophila* by site

	Brabois Hospitals (N=1004)	Central Hospital (N=346)	Saint Julien Hospital (N=275)	Regional Maternity (N=165)	Surgical Centre Émile Gallé (N=144)	Jeanne d'Arc Hospital (N=52)	Maringer Villemin Fournier Hospitals (N=24)	Overall (N=2010)
Serogroup								
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	192 (19.1%)	16 (4.6%)	161 (58.5%)	93 (56.4%)	92 (63.9%)	0 (0%)	3 (12.5%)	557 (27.7%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1 and 2-14	3 (0.3%)	16 (4.6%)	36 (13.1%)	17 (10.3%)	20 (13.9%)	0 (0%)	0 (0%)	92 (4.6%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 2-14	89 (8.9%)	170 (49.1%)	18 (6.5%)	41 (24.8%)	32 (22.2%)	0 (0%)	4 (16.7%)	354 (17.6%)
Missing	720 (71.7%)	144 (41.6%)	60 (21.8%)	14 (8.5%)	0 (0%)	52 (100%)	17 (70.8%)	1007 (50.1%)

Table VIII. Description of serogroups in the positive samples for *L. pneumophila* by building – Brabois Hospitals

	Brabois Hospitals				Overall (N=982)
	Adults hospital (N=407)	Children's hospital (N=479)	Louis Mathieu Institute (N=5)	Drouet tower (N=74)	
Serogroup					
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	29 (7.1%)	158 (33.0%)	5 (100%)	0 (0%)	192 (19.6%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1 and 2-14	2 (0.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (0.2%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 2-14	54 (13.3%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	71 (7.2%)
Missing	322 (79.1%)	320 (66.8%)	0 (0%)	74 (100%)	717 (73.0%)

Table IX. Description of the serogroups in the positive samples for *L. pneumophila* by building – Central Hospital

	Central Hospital						Overall (N=299)	
	Neurology building (N=127)	Chalnot pavilion (N=48)	Bonsecours building (N=60)	Collinet de la Salle pavilion (N=27)	Roger de Videlange pavilion (N=18)	Alfred Krug pavilion (N=15)		Grosdidier pavilion (N=4)
Serogroup								
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	2 (1.6%)	4 (8.3%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (11.1%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (2.7%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1 and 2-14	0 (0%)	10 (20.8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (3.3%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 2-14	53 (41.7%)	18 (37.5%)	46 (76.7%)	4 (14.8%)	9 (50.0%)	12 (80.0%)	4 (100%)	146 (48.8%)
Missing	72 (56.7%)	16 (33.3%)	14 (23.3%)	23 (85.2%)	7 (38.9%)	3 (20.0%)	0 (0%)	135 (45.2%)

Legionella pneumophila serogroups

Focusing on *L. pneumophila* positive samples, the serogroup was determined in 49.9% of cases.

The serogroups of *L. pneumophila* were only identified in points of use (mostly in classic points of use). No identification of serogroups was made on other types of points.

Proportion of noncompliance was higher in high-risk points of use samples than in the other points samples.

The most identified serogroup of *L. pneumophila* in surveillance water samples was serogroup 1 (27.7%), although *L. pneumophila* serogroup 2-14 was largely present in adults hospital (13.3% of serogroup 2-14 versus 7.1% of serogroup 1), in building B of surgical centre Émile Gallé (76.5% versus 5.9%), and in all the studied buildings of Central Hospital (overall: 2.7% of isolated serogroup 1; 48.8% of isolated serogroup 2-14).

All the nonconform samples from Louis Mathieu Institute (n=5) were positive for *L. pneumophila* serogroup 1.

All the nonconform samples from the inter-regional secured hospital unit (n=6) were positive for *L. pneumophila* serogroup 2-14.

Table X. Description of the serogroups in the positive samples for *L. pneumophila* by building – Surgical centre Émile Gallé

	Surgical centre Émile Gallé			
	Building A (N=117)	Building B (N=17)	Building C (N=10)	Overall (N=144)
Serogroup				
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	82 (70.1%)	1 (5.9%)	9 (90.0%)	92 (63.9%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 1 and 2-14	17 (14.5%)	3 (17.6%)	0 (0%)	20 (13.9%)
<i>L. pneumophila</i> serogroup 2-14	18 (15.4%)	13 (76.5%)	1 (10.0%)	32 (22.2%)

Nosocomial cases

A few probable nosocomial cases have been retrieved from the archive. The first two cases seemed to be related to the same source of contamination.

Case n°1 (february 1994)

Patient: Man (no other information).

Path: Brabois Hospitals, adults hospital (department of nephrology).

Points for legionellosis diagnosis: 23 days after admission: fever and asthenia; 33 days after admission: positive serology for *L. pneumophila* serogroup 6; pneumopathy on the radiograph.

Differential diagnosis: no mention.

Case n°2 (february 1994)

Patient: Man (no other information).

Path: Brabois Hospitals, adults hospital (department of nephrology).

Points for legionellosis diagnosis: 22 days after admission: fever and numerous adenopathies; 32 days after admission: positive serology for *Legionella micdadei*.

Differential diagnosis: EBV infection.

Environmental assessment: Threshold of *Legionella* concentration exceeded in the concerned department in November and December 1993: 750 and 2400 CFU/l at the shower of the concerned bathroom (where the two patients showered). Applied preventive treatment in the department: purges and disinfection (formaldehyde) of the shower head twice a week. *L. pneumophila* serogroup 2 and 6 were found in the environmental samples processed; but no *L. micdadei*. Ongoing chlorination of the hot water loop of the department, regardless of the rest of the building (inefficient). Sampling of the substation (500 liters hot water tank): $130 \cdot 10^3$ CFU/l before disinfection, $9.5 \cdot 10^3$ CFU/l after the first disinfection, $2.9 \cdot 10^3$ CFU/l after the second disinfection.

Corrective measures: two successive disinfections of the hot water tank.

Conclusion of the investigation: probable case of nosocomial legionellosis considering the *Legionella* contamination of the water system.

Case n°3 (december 1998)

Patient: Woman, 71 years old, multi-disease (mostly cardiovascular).

Path: addressed by a peripheral hospital after a 13 days stay to Nancy University Hospital Centre (Central Hospital, then Brabois Hospitals – adults hospital).

Points for legionellosis diagnosis: 22 days after admission: strongly positive serology for *L. longbeachae* 1 and 2, and *Legionella jordanis* (negative serology for *L. pneumophila*).

Differential diagnosis: acute pulmonary edema, acute coronary syndrome.

Environmental assessment: no threshold exceeded in the concerned departments (detection threshold: 50 CFU/l); species never isolated in environmental samples.

Corrective measures: none.

Conclusion of the investigation: probable case of nosocomial legionellosis considering the hospital stay duration; but the contribution of the peripheral hospital remains unclear (no available data).

Case n°4 (July 2007)

Patient: Man, 59 years old, smoking 14 pack years, pharmacy technician.

Path: hospital staff, working at children's hospital, no hospital stay mentioned (living at home).

Points for legionellosis diagnosis: *L. pneumophila* serogroup 1; unspecified evocative symptoms of legionellosis.

Differential diagnosis: none.

Environmental assessment: Use of a hand shower at work to wash the parenteral nutrition diving suit. Low frequency of use of the point (about every three weeks). Eight days after D0 of the symptoms, the sampling of the point showed 25,000 CFU/l; shortly after corrective actions: 2100 CFU/l; three weeks after corrective actions: undetectable concentration of *L. pneumophila*.

Observed technical dysfunction: no chlorination of the water by the central chlorinator of the children's hospital.

Corrective measures: Disinfection of the hand shower and the shower hose with peracetic acid and hydrogen peroxyde (devices change planned); restart of the water chlorination; implementation of a manually operated periodic purge.

Conclusion of the investigation: probable case of nosocomial legionellosis considering the technical dysfunction of the hot water system chlorination, and the exceeded threshold of *Legionella* concentration.

Case n°5 (september 2017)

Patient: Man, multiple myeloma under treatment, type 2 diabetes

Path: hospital stay of three weeks in august, then at home for one week, then back in hospital (positive diagnosis 2 days after admission).

Points for legionellosis diagnosis: Pneumonia on x-ray; *Legionella* positive culture in bronchoalveolar lavage and *L. pneumophila* serogroup 1 specific antigen found in urine sample.

Differential diagnosis: none.

Environmental assessment: three rooms occupied by the patient, all only equipped with hand-washing facilities (no shower); two common bathrooms in the service equipped with filters (changed monthly with correct traceability); *L. pneumophila* concentrations in a sample in a room of the service in july 2017: null; *L. pneumophila* concentration in samples in depart and return of the circulation : 10 CFU/l of serogroup 2-14; no temperature abnormality.

Observed technical dysfunction: none.

Corrective measures: none.

Conclusion of the investigation: possible case of nosocomial legionellosis; a patient's home origin cannot be excluded.

The origin of the statement made to the hospital hygiene was the health executive of the concerned department for the first two cases. For the case n°3, it was the DDAS²⁸ medical inspector. For the case n°4, it was an alert transmitted by the environmental control laboratory

After the first two cases discovery, it must be emphasized that all of the one-off samples collected to assess the contamination of the water system locally far exceeded the authorized thresholds (>10,000 CFU/l in place of expected undetectable concentration of *L. pneumophila*).

It is to highlight that the case n°3 was reported to the hospital hygiene department only three months after its occurrence, that made difficult the screening of an environmental cause.

²⁸ Departmental direction of the medical and social businesses

Furthermore, for three of the four retrieved nosocomial cases, no microbiological alert was transmitted by the environmental control laboratory to the hygiene hospital department, because the only test processed was the serology.

Temporal evolution

The number of samples realized within the framework of *Legionella* monitoring per year varied from 35 (in 1995) to 732 (in 2015) (Figure 2).

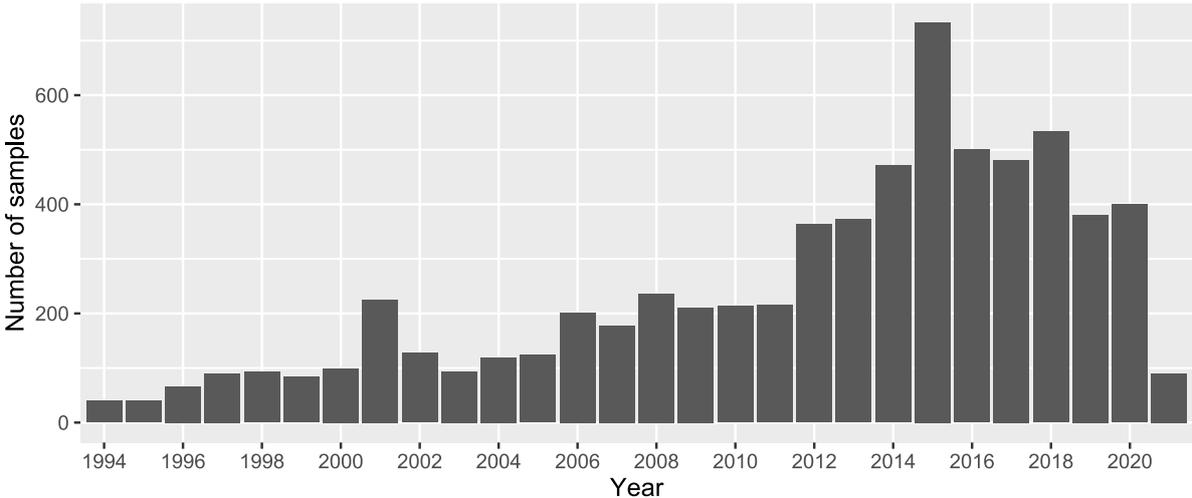


Figure 2 : Evolution of the number of samples realised from 1994 to 2021 – Annual number of samples – University hospital of Nancy

On the overview of the proportion of noncompliance per year since 1994, there is a global decrease with two distinct periods: 1994-2001, over which the noncompliance was always higher than 20%, and from 2002, over which the only peak higher than 20% can be noticed in 2012 (figure 3).

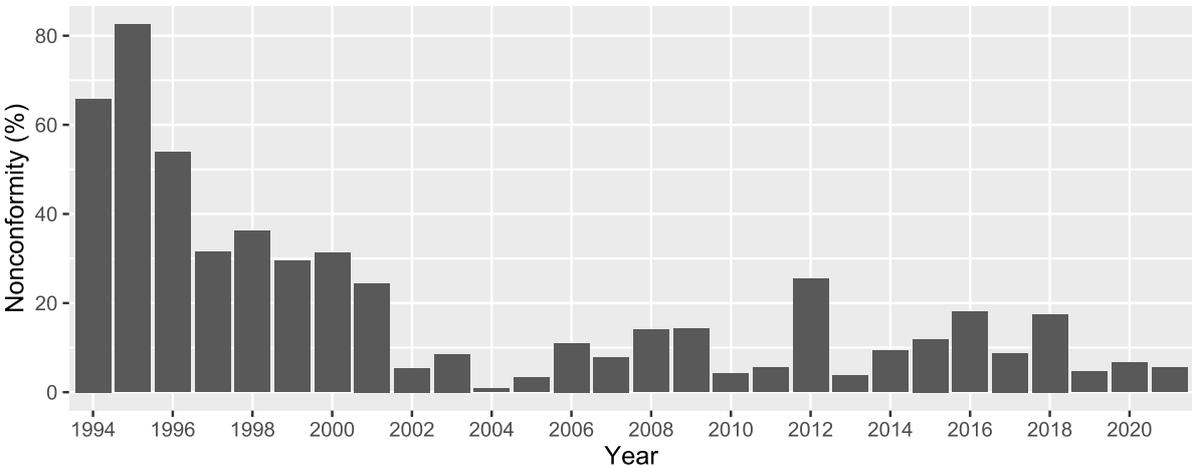


Figure 3 : Evolution of samples nonconformity from 1994 to 2021 – Annual percentage of nonconformities – University Hospital of Nancy

A similar trend can be observed for the samples processed in adults hospital, with an initial faster decrease and without peak in 2012 (figure 4).

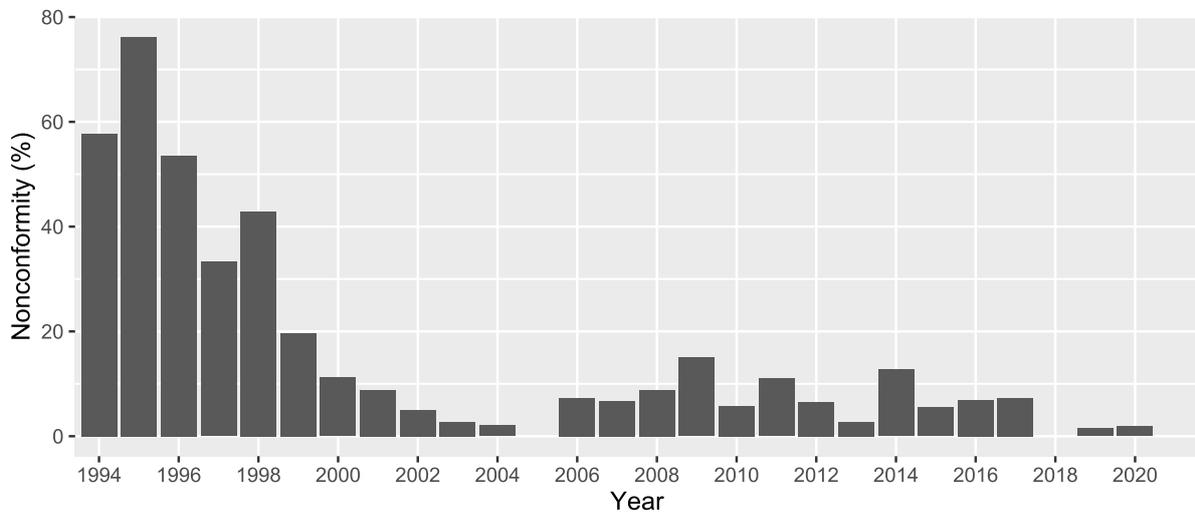


Figure 4 : Evolution of samples nonconformity from 1994 to 2021 – Annual percentage of nonconformities – Adults Hospital

L. pneumophila average concentrations per year, on a logarithmic scale, shows a global decrease from 1994 in adults hospital (figure 5).

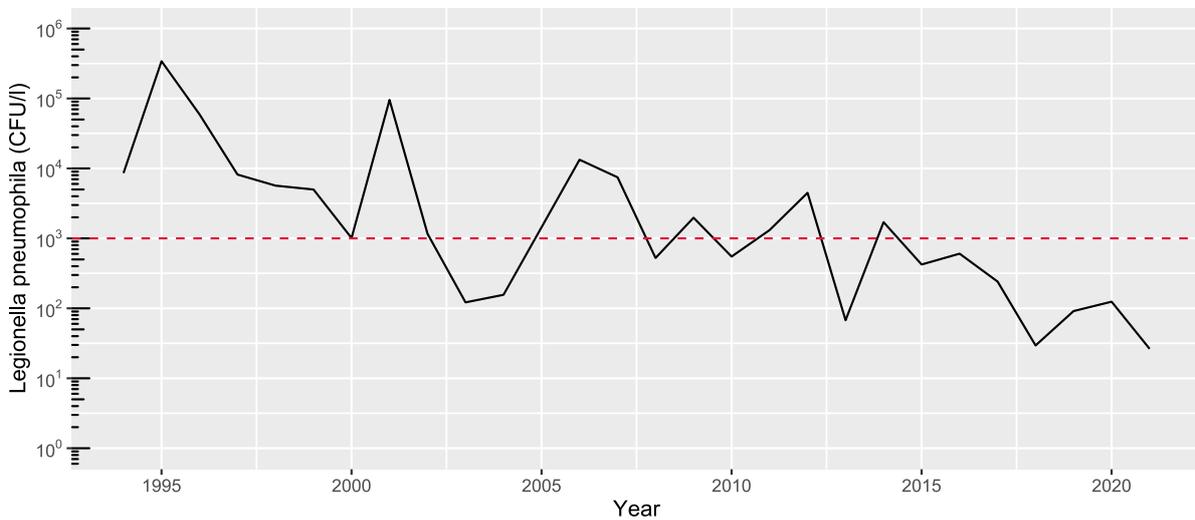


Figure 5 : Evolution of *L. pneumophila* concentration from 1994 to 2021 – Annual mean – Adults hospital

The profile of the annual percentage of nonconformity in children’s hospital displays two peaks: the first one in 2000, with a notable percentage of noncompliance of 100%, and the second one in 2012 (superior to 50%, whereas all the samples were conform in 2011).

Smaller increases up to 25% can also be noticed (figure 6).

In 1996, the unexpected null rate of noncompliance is related to the fact that in all the samples, only *Legionella* spp concentration was available (rare missing values for *L. pneumophila* concentration mainly concern the year 1996). Nevertheless, two-third of the samples of that year show a concentration of *Legionella* spp exceeding 1000 CFU/l (not displayed in the figure 6).

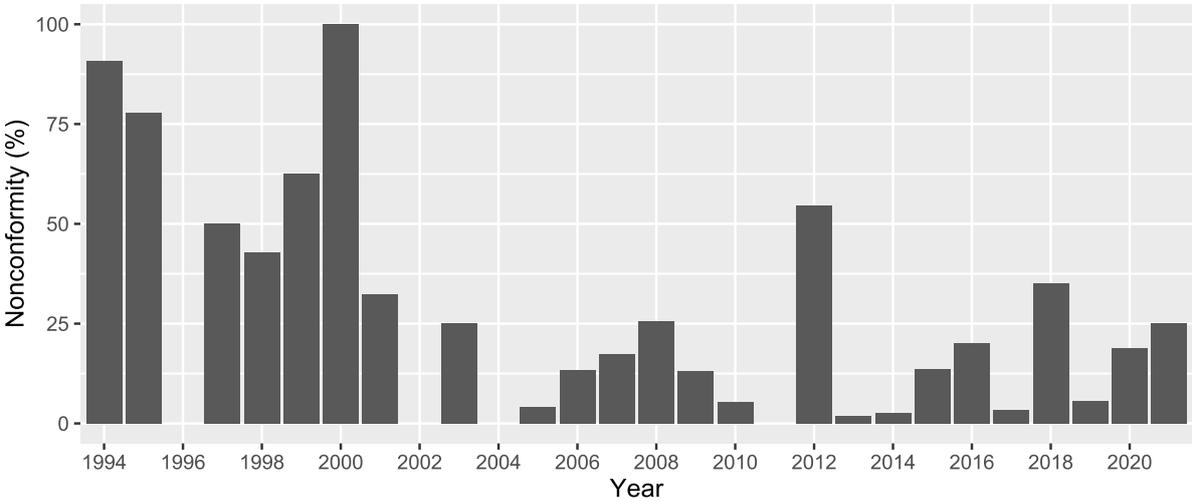


Figure 6 : Evolution of samples nonconformity from 1994 to 2021 – Annual percentage of nonconformities – Children’s hospital

Contrary to adults hospital, the evolution of annual mean concentration of *L. pneumophila* fluctuates since 2004 (year of the lowest concentration achieved) and do not seem to level off under 1000 CFU/l (figure 7).

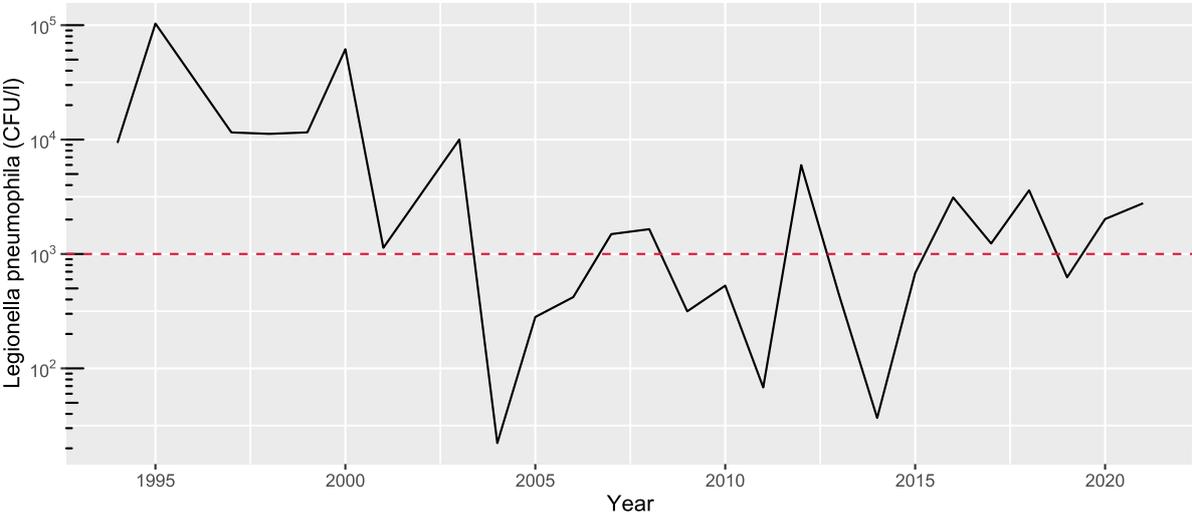


Figure 7 : Evolution of *L. pneumophila* concentration from 1994 to 2021 – Annual mean – Children’s hospital

Annual percentages of nonconformity in Saint Julien Hospital also vary periodically, with frequent peaks higher than 25% (figure 8). It may be noted that in the year 1999, no data concerning hot water samples was available.

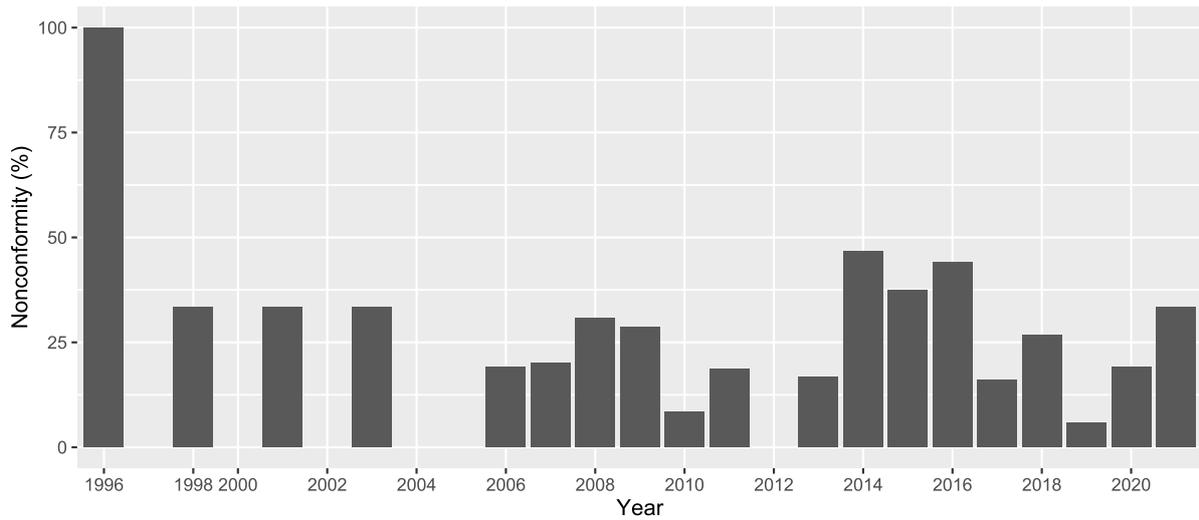


Figure 8 : Evolution of samples nonconformity from 1996 to 2021 – Annual percentage of nonconformities – Saint Julien Hospital

Mean annual concentrations of *L. pneumophila* in Saint Julien Hospital underline the unstable control of the contamination in the water system of Saint Julien Hospital, with five peaks exceeding 1000 CFU/l since 2000 (figure 9).

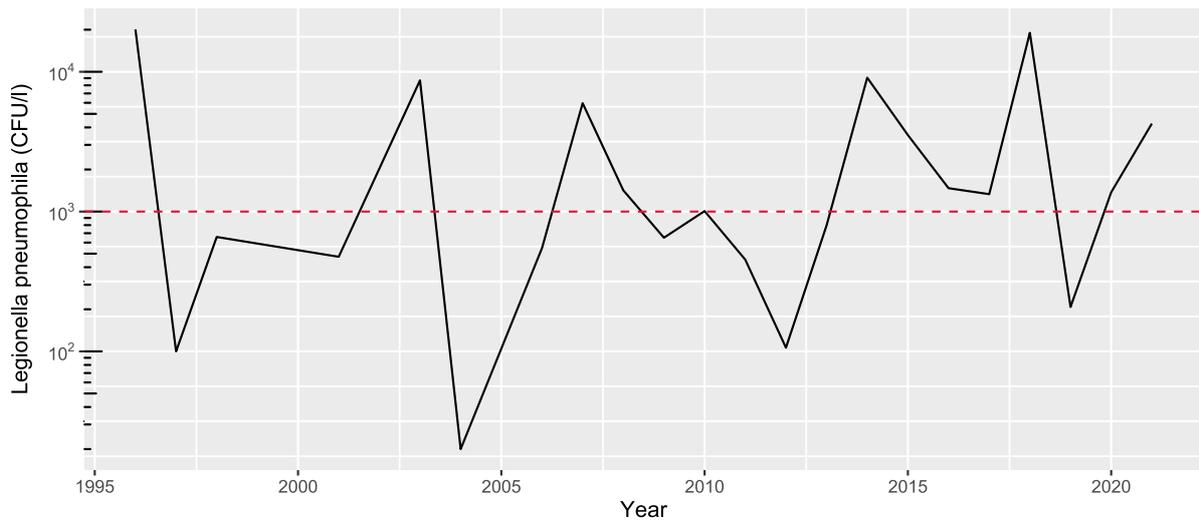


Figure 9 : Evolution of *L. pneumophila* concentration from 1996 to 2021 – Annual mean – Saint Julien Hospital

From 2017 to 2019, nonconform samples exceeded 20% three consecutive years in surgical centre Émile Gallé (figure 10).

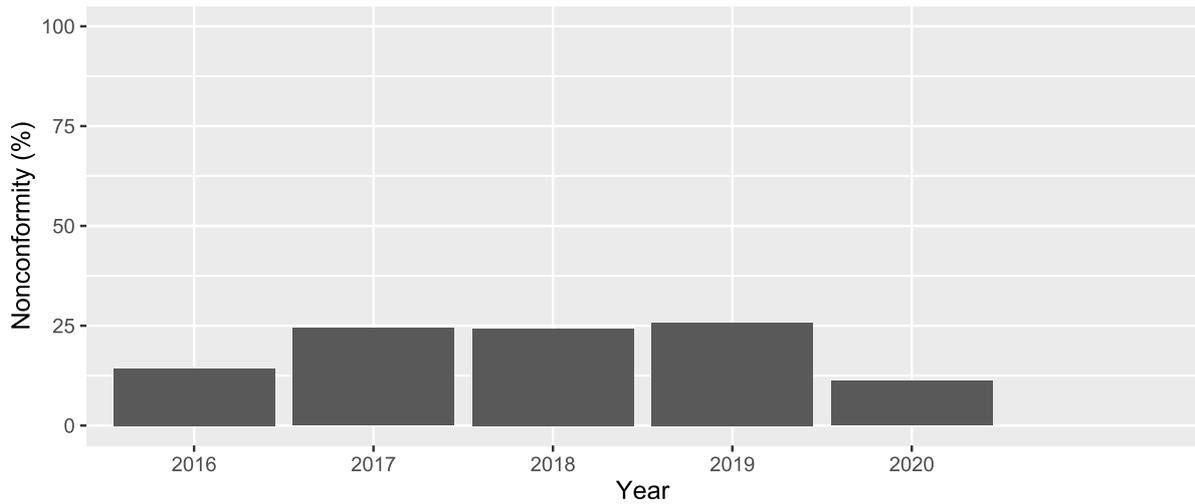


Figure 10 : Evolution of samples nonconformity from 2016 to 2021 – Annual percentage of nonconformities – Surgical centre Émile Gallé

The mean concentration of *L. pneumophila* reached 10,000 CFU/l in the middle of 2019 (figure 11).

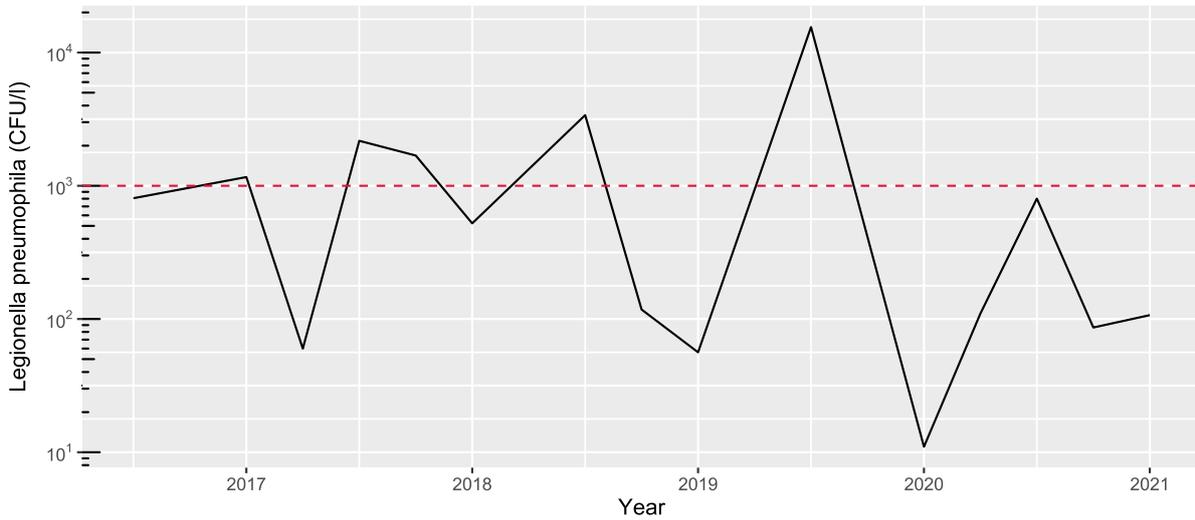


Figure 11 : Evolution of *L. pneumophila* concentration from 2016 to 2021 – Quaterly average – Surgical centre Émile Gallé

Discussion

Representativeness of the sampling

The sampling has changed over time:

- Total number of sampling points: following the French ministry of health and social services guidelines on the number of points to sample per bed, the sampling frequency;
- Representative character of the points in relation to the water systems: the interpretation of the notion by the hygienist in charge of the sampling plan also has some repercussions on the surveillance outcomes.

The indicators presented synthesize the contamination by type of point (depending on the French regulation), site and building. Nevertheless, some other sources of variability may have influenced:

- Indications of the samples (hygiene department and technical services practices, communication patterns on ongoing and forthcoming work on the water systems): dead spaces, vacant departments, after major maintenance work...
- Different staff in charge of the sampling: technical conditions for the sample achievement (purging...), reproducibility of the sampling...
- Segments of the water system sampled: for example, bottoms of hot water tanks are not usually considered as representative of the water system;
- Evolution of the French standard NF T 90-431.

Those variables have not been included in the analysis primarily due to their aleatory recording in the database.

Development of analytical techniques

The detection threshold and the limit of quantification have changed with the successive evolution of the standard NF T T90-431. From 2003, the detection threshold was 50 CFU/l, and the limit of quantification was 250 CFU/l. From 2014, both were 10 CFU/l.

Relation between hospital water systems and *Legionella* infections

Three other *Legionella* species (*micdadei*, *longbeachae* and *jordanis*) than *pneumophila* were identified in two of the five suspected nosocomial cases.

In France, current case definition for legionellosis as a reportable disease include not one, but two consecutive serologies to confirm the diagnosis. One isolated positive serology for *Legionella* must be accompanied by points for a pneumopathy to be qualified as a « probable case », which can, though, also be reported.

The first two cases were discovered in transplanted patients. It was at the very beginning of the surveillance and the *Legionella* concentrations in the water systems, measured for the first time, were high. There was still no national regulation at this time.

For the case n°3, it is difficult to determine accurately the source of the contamination (peripheral hospital may be involved).

The fourth case has underlined a technical dysfunction, and the probable source of the contamination was an infrequently used point.

In the fifth case, a community-acquired infection cannot be excluded. A point for that is the duration of the first hospital stay (three weeks), which may foster standing water; but no investigation has been conducted in the patient's home to our knowledge.

Assessment of the water systems contamination

According to the French High Council for Public Hygiene: « The measured concentration varies depending on the sampling strategy »:

- **Location of sampling:** water tanks for production and storage, water distribution systems, points of use...
- **Moment of sampling:** in the morning before consumption (stagnation of the water during the night) versus in the middle of the morning, on the first spray or after flowing versus 24 to 72h after a shock disinfection to evaluate short-term effects.

Both have an impact on *Legionella* concentrations in the samples.

Furthermore, a study has shown a significant variability of *Legionella* spp concentrations in a short period of time for a given point of a water system (28).

This retrospective study underline that the framework of the sampling work and the identification of representative points from the water systems are not yet well defined. Despite the availability of a few criteria, the choice of the points to sample remains currently for a large part left to the discretion of the hygienist.

The study duration was twenty-seven years. It was difficult to zoom in the scale and observe *Legionella* concentrations in departments for all the samples, because of the equivocal character of the department's identification.

Therefore, only 65.2% (n=4448) of the samples processed had an identifying number enabling to locate accurately the point on the water systems. Furthermore, some departments have been transferred, sometimes from a building to another, that can change the characterization of the sampling point and the related regulation (this creates challenges to retrieve this information a posteriori when it has not been recorded).

This point could be improved in the years ahead by a better traceability of the corrective actions on sanitary hot water systems of the university hospital of Nancy (proceeded since 2010 by technical services), an accurate identification of the sampling points with a correspondence on updated water systems plans, exposed patients degree of vulnerability registering (which influences the regulation at the point of use) and the analysis of water points usage frequencies.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the staff of the environmental control laboratory that carried out the water sampling in the University Hospital of Nancy since 1994, without whom this article could not exist.

The authors would also like to thank the technical services of the University Hospital of Nancy, for sharing their perspective concerning the water systems and the related *Legionella* risk management.

4. DISCUSSION

4.1. Données descriptives retrouvées dans la littérature

D'autres études ont cherché à évaluer la contamination des réseaux d'ECS par *Legionella*.

Une étude norvégienne sur la prévalence et la distribution des sérogroupes de *L. pneumophila* a notamment été menée entre 2010 et 2021 dans des douches municipales suite à l'émergence, en 2007, de cas probablement reliés (29). Dans cette étude, les bâtiments municipaux sont séparés en groupes de niveaux de risque sur deux critères (groupes d'utilisateurs exposés, et détection de *L. pneumophila* séro groupe 1). Ces groupes de risque déterminent la fréquence d'échantillonnage.

Contrairement à ce qui est décrit dans l'étude norvégienne, le plan d'échantillonnage actuel du CHRU de Nancy ne prend pas en compte la nature des légionelles (sérogroupes identifiés) pour déterminer la fréquence de prélèvement des réseaux d'ECS. Or, les formes de légionellose les plus préoccupantes sont liées à *L. pneumophila* de séro groupe 1 ; une possibilité d'ajustement serait d'intégrer l'identification de l'espèce bactérienne dans la conception du plan de surveillance.

Comme il n'y a pas de recommandation préconisant un seuil d'action en Norvège, les auteurs de l'étude évaluent les réseaux d'ECS en niveaux de colonisation, c'est-à-dire le pourcentage de prélèvements de surveillance pour lesquels la bactérie est détectable (culture positive). Un taux supérieur à 30% conduit à considérer le réseau prélevé comme hautement colonisé par *Legionella*.

Concernant les espèces de *Legionella* retrouvées, les auteurs notaient dans la majorité des réseaux d'eau colonisés étudiés des proportions équivalentes de légionelles de sérogroupes 1 et 2-14 (50/50).

4.2. Que mesure-t-on vraiment ?

Comme évoqué précédemment, l'état des légionelles dans l'eau est variable. Sous l'influence de facteurs environnementaux (par exemple, un traitement par choc thermique), certaines légionelles deviennent non cultivables sur les milieux de culture gélosés habituellement employés. La réversibilité de cet état pourrait en partie expliquer les recontaminations des réseaux d'eau observées après traitement correctif. D'autres légionelles sont contenues dans un biofilm ou hébergées par des hôtes (amibes, protozoaires). L'infectiosité de *Legionella* ne semble cependant pas être affectée par ces changements d'états (30). L'organisation en biofilms de la bactérie peut induire une sous-estimation de la concentration en légionelles dans les prélèvements d'eau. Une surestimation est également possible lorsqu'une partie du biofilm est détachée lors du prélèvement ; ce qui peut générer une importante variabilité des résultats.

Des études mettent en évidence le potentiel de méthodes analytiques telles que la v-qPCR pour sélectionner et quantifier, les légionelles viables (31). Néanmoins, les mesures actuelles des concentrations en légionelles dans les réseaux d'ECS étant essentiellement basées sur la culture, puisque seule méthode de détection exigible réglementairement, une incertitude demeure concernant la quantité de bactéries du genre *Legionella* non planctoniques et/ou non cultivables dans les réseaux d'ECS surveillés.

Par ailleurs, il faut distinguer la contamination de l'eau du réseau de la contamination terminale des points sous-utilisés : la contamination dite « terminale » correspond à l'eau stagnant dans la portion du réseau de distribution en contact avec l'utilisateur (robinetterie, pommeaux de douches...). Or, dans le plan de surveillance, les prélèvements sont prévus pour être une estimation du niveau de contamination du réseau et non le reflet d'une prolifération isolée à un point d'usage ; raison pour laquelle l'eau est purgée avant chaque prélèvement. Cela n'est donc pas strictement représentatif du risque auquel sont exposés les patients. De plus, les actions correctives mises en œuvre pour diminuer les concentrations en légionelles dans l'eau agissent peu sur ces contaminations terminales, pour lesquelles un autre type de surveillance serait plus adéquat, comme la mesure de la fréquence d'utilisation des points de puisage.

4.3. Les prélèvements sont-ils représentatifs du niveau de contamination du réseau d'eau ?

La surveillance environnementale du risque lié à la légionelle dans les réseaux d'ECS ayant débuté il y a vingt-sept ans au CHRU de Nancy, cette étude rétrospective bénéficie d'un large recul et d'un nombre important de prélèvements par bâtiment (réseau d'ECS) étudié.

Cependant, si le degré de vulnérabilité des patients exposés est pris en compte dans la réglementation française par des seuils de concentrations en légionelles autorisés différents, le type de point prélevé l'est moins.

En effet, une non-conformité constatée sur un prélèvement concernant un fond de ballon ne représente pas le même risque pour le patient que la même non-conformité observée sur un point d'usage. Il est également préconisé de prélever le point le plus éloigné du réseau (conditions favorables à la survie des légionelles (32)). Les circulaires du ministère des solidarités et de la santé présentent quelques éléments pour guider l'interprétation selon le point de recueil de l'eau. Néanmoins, ces informations complémentaires nécessiteraient une analyse plus fine qui n'a pas été réalisée dans cette étude. Des analyses complémentaires permettraient d'apporter des nuances aux résultats obtenus, et éventuellement d'attribuer une pondération aux différents types de points prélevés.

La question de la temporalité se pose également : peut-on déterminer les points du réseau qui se positivent les premiers en cas de contamination par les légionelles ? Certains points sont-ils plus prédictifs que d'autres d'une future détérioration globale de la qualité de l'eau du réseau ?

4.4. Indicateurs de risque

Certaines études ont cherché à identifier l'indicateur le plus représentatif de la contamination d'un réseau d'ECS et le risque en découlant pour les patients qui y sont exposés : les concentrations en UFC/l, le taux de non-conformités défini à partir d'un seuil de concentration, la proportion de prélèvements dans lesquels est détectée la bactérie... La question ne semble pas formellement tranchée à l'heure actuelle, et même si les établissements de santé ont l'obligation de mesurer des concentrations en *L. pneumophila* dans chaque échantillon de surveillance, la proportion de points non conformes et les concentrations en légionelles par point d'usage sont les plus fréquemment utilisés en France.

Une étude statistique mentionne un seuil de 30% de prélèvements positifs à *Legionella* par bâtiment, au-delà duquel un problème sur le réseau d'eau peut être suspecté (33). L'analyse des taux de positivité pour *L. pneumophila* au CHRU de Nancy montre que huit bâtiments ont un taux de positivité des prélèvements de surveillance supérieur à 30% : le centre chirurgical Émile Gallé (56,3%), l'hôpital Jeanne d'Arc (46,8%), l'hôpital Saint Julien (46,3%), l'hôpital d'enfants (37,2%), le bâtiment Bonsecours (36,1%), la tour Drouet (36,5%), la maternité régionale (35,9%), et le bâtiment de neurologie (31,6%).

Néanmoins, il faut prendre en compte l'ancienneté du bâtiment car les seuils de détection étaient auparavant plus hauts (et pour tous les prélèvements pour lesquels *Legionella* était indétectable, une valeur de concentration nulle a été attribuée). Ainsi, en considérant comme indicateur le taux de positivité des prélèvements, l'amélioration des méthodes de détection défavorise les bâtiments les plus récents, qui présentent un taux de positivité plus élevé.

Il n'existe pas de pourcentage de non-conformités « acceptable » officiel ou consensuel ; mais cette étude rétrospective met en lumière un taux de non-conformités de 13,6% sur vingt-sept ans, avec la limite que le seuil à partir duquel étaient déclenchées des actions correctives était de 10000 UFC/l entre 1994 et 2002 pour les points d'usage classiques ; cette tolérance ayant probablement un impact sur le taux de non-conformités observé.

La réglementation ne prend pas en compte de la quantification des légionelles lorsque la non-conformité est établie. Une fois le seuil dépassé, il est nécessaire d'investiguer les causes potentielles et de mettre en œuvre une action corrective. Néanmoins, les données de surveillance présentées dans cette étude mettent en évidence des concentrations maximales à plusieurs centaines de milliers d'UFC/l, ce qui interroge quant à une gestion univoque de toute non-conformité observée.

Cette remarque est à nuancer par le fait que les quelques cas d'origine probablement nosocomiale retrouvés sur la période étudiée sont peu superposables à des taux élevés de contamination des points d'usage locaux par rapport à l'ensemble des résultats de prélèvements enregistrés dans la base de données. De plus, la dose infectante de *Legionella* pour l'homme n'est pas déterminée à ce jour.

Certains indicateurs de type « proxies », visant à estimer la concentration en légionelles dans l'eau par la mesure d'autres paramètres ont été envisagés. L'ATP, la consommation du chlore injecté en continu dans le réseau en sont des exemples et ont été étudiés au CHRU de Nancy. Ils ne sont néanmoins pas utilisés en routine et ne peuvent se substituer à la mesure des concentrations en légionelles dans le cadre de la surveillance réglementaire.

4.5. Évaluation de l'impact sur les patients

Les cas probablement nosocomiaux comptabilisés dans cette étude ne peuvent être un reflet exact de la totalité des infections à *Legionella* acquises à l'hôpital, en raison de la fréquence des formes asymptomatiques ou paucisymptomatiques. Si la population des patients du CHRU est en majorité plus à risque que la population générale, certains bâtiments ou services reçoivent des populations globalement moins vulnérables : l'hôpital pédiatrique, la maternité régionale universitaire de Nancy. Ces formes en général non diagnostiquées d'infections à *Legionella* ne font pas l'objet d'une notification, et ne génèrent pas d'enquête environnementale. Elles ne peuvent donc être reliées à l'hôpital.

Les directives ministérielles définissent une population à haut risque pour laquelle les concentrations en légionelles doivent être indétectables. Dans cette étude, les prélèvements ont été classifiés en fonction des services dans lesquels étaient situés les points d'usage. Les services hébergeant les patients les plus à risque ont été en grande partie identifiés a posteriori, selon l'activité enregistrée, ce qui peut créer un biais d'information (peu de prélèvements étaient néanmoins sujets à discussion).

Outre *L. pneumophila*, une vingtaine d'espèces de légionelles sont pathogènes pour l'homme. Une étude espagnole réalisée sur des réseaux d'ECS extrahospitaliers (34) retrouvait *L. anisa* et *L. jordanis* comme espèces de légionelles non-*pneumophila* les plus fréquemment isolées. Dans 15,79% des échantillons d'eau (1754 analysés au total) était détectée la bactérie *Legionella*, et parmi ceux-là, environ un quart étaient positifs pour d'autres espèces que *L. pneumophila*. L'étude de la surveillance menée au CHRU de Nancy montre, pour une partie des prélèvements, une différence entre les concentrations en *Legionella spp* et celles en *L. pneumophila*. Cette différence peut comprendre certaines de ces espèces pathogènes. Si leur identification dans l'eau n'est pas prévue par les textes réglementaires en raison de la rareté de ces infections chez l'homme, on observe cependant dans cette étude que certains cas de légionellose d'origine probablement nosocomiale sont liés à d'autres espèces.

5. CONCLUSION

L'étude de résultats de la surveillance des réseaux d'ECS du CHRU de Nancy a permis de mettre en évidence la diminution globale des concentrations en légionelles depuis 1994, première année de prélèvements systématiques. On note toutefois des anomalies ponctuelles, et parfois récurrentes, dans certains bâtiments : l'hôpital pédiatrique, le centre chirurgical Émile Gallé, et l'hôpital Saint Julien.

Ce travail contribue également à la démarche qualité en mettant en lumière la proportion de données manquantes pour chaque variable surveillée. D'un point de vue technique, des contrôles à la saisie des données, modalités pré-enregistrées pourraient faciliter les analyses ultérieures. L'enregistrement de renseignements sur la fréquence d'utilisation des points prélevés pourraient également guider l'interprétation des résultats et la réponse à apporter. Cette étude souligne par ailleurs l'intérêt de l'harmonisation de l'identification des bâtiments et des sites entre le laboratoire de microbiologie environnementale et les services techniques.

Cette étude rétrospective a concerné la surveillance microbiologique et épidémiologique du risque lié à la légionelle dans les réseaux d'ECS du CHRU de Nancy. Cette surveillance constitue un des moyens de prévention possibles du risque ; il en existe d'autres. En particulier, la conception et la structuration des réseaux d'eau est essentielle. Les anomalies structurelles amoindrissent les effets des traitements anti-légionelles vus précédemment ; et leur correction génère des coûts importants pour l'hôpital.

Le risque de contamination ne peut être abordé sous un seul angle ; plusieurs facteurs sont fréquemment en cause et, le plus souvent, c'est leur conjonction qui va générer l'infection.

Une vigilance particulière vis-à-vis des usages qui sont faits des points et des consommations d'eau chaude par les services hospitaliers, un entretien régulier du réseau, une surveillance des concentrations en légionelles dans l'eau et l'évaluation de l'état des patients exposés sont nécessaires.

Par conséquent, une bonne coordination entre les différents services – techniques, médico-techniques et cliniques – impliqués dans la gestion du risque nosocomial lié à la légionelle doit être favorisée.

Enfin, cette étude donne une vision globale de la distribution des sérogroupes dans les réseaux d'ECS du CHRU de Nancy et de l'évolution de la colonisation de ces réseaux au fil du temps. L'analyse de ces données de surveillance était l'opportunité d'étudier en conditions réelles le comportement de la bactérie sous l'influence des caractéristiques des réseaux d'ECS locaux, et des actions correctives conduites en cas de dépassement des seuils réglementaires. Cette vue synthétique pourra constituer une aide dans les futures investigations en cas de légionellose diagnostiquée chez un patient pour lequel une origine nosocomiale ne peut être éliminée d'emblée.

6. PERSPECTIVES

Si la part de responsabilité des réseaux d'ECS hospitaliers dans l'augmentation globale du nombre de cas de légionellose en France semble faible au vu du nombre de cas nosocomiaux de légionellose enregistrés ces dernières années, le nombre élevé de cas pour lesquels aucune exposition à risque n'a pu être identifiée laisse à penser que certaines sources environnementales sont actuellement sous-estimées, ou n'ont pas été identifiées à ce jour.

En effet, hors des établissements de santé, certaines installations peu contrôlées, l'existence de seuils réglementaires différents, ou encore les difficultés à maîtriser le risque infectieux dans certains types d'infrastructures constituent autant de facteurs potentiellement impliqués dans l'absence de régression du nombre de cas de légionellose annuellement constaté en France, et ce malgré une réglementation qui tend vers des limites et des contrôles plus stricts.

En décembre 2020, une refonte des directives européennes concernant la qualité des eaux destinées à la consommation humaine a rendu prioritaire l'évaluation des risques liés aux installations privées de distribution d'eau potable. Le risque généré par la présence de *Legionella* y était inclus (35).

En juillet 2021, la France a ajouté à la liste existante des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises au régime de déclaration les installations de récupération de chaleur par dispersion d'eau dans des fumées émises à l'atmosphère (36).

La connaissance exhaustive de ces installations classées à risque sur le territoire national devrait permettre un renforcement des contrôles et une meilleure efficacité des enquêtes environnementales menées par les autorités sanitaires locales.

Legionella est une bactérie pathogène opportuniste. Le risque d'infection pour l'homme est étroitement lié aux usages multiples de l'eau chaude ; que ce soit dans l'industrie, ou pour des raisons de confort ou d'agrément. De manière plus générale, la surveillance de ces usages peut donc également concourir à la détection précoce de nouvelles situations à risque pour la santé humaine.

La présence ubiquitaire de *Legionella* dans l'environnement rend son éradication impossible. La gestion du risque reste donc primordiale dans toutes les infrastructures où la température de l'eau atteindra les températures favorables à la prolifération de la bactérie, où des personnes vulnérables seront exposées, et où des dispositifs créés par l'homme permettront la formation de microgouttelettes.

7. BIBLIOGRAPHIE

1. Fraser DW, Tsai TR, Orenstein W, Parkin WE, Beecham HJ, Sharrar RG, et al. Legionnaires' Disease. *New England Journal of Medicine*. 1 déc 1977;297(22):1189-97.
2. Miquel P-H, Haeghebaert S, Che D, Campese C, Guitard C, Brigaud T, et al. Épidémie communautaire de légionellose, Pas-de-Calais, France, novembre 2003-janvier 2004. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*. (36-37/2004).
3. Kenhove EV, Dinne K, Janssens A, Laverge J. Overview and comparison of Legionella regulations worldwide. *American Journal of Infection Control*. 1 août 2019;47(8):968-78.
4. Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Le risque lié aux légionelles - Guide d'investigation et d'aide à la gestion. 2005.
5. Haut conseil de la santé publique. Le risque lié aux légionelles - Guide d'investigation et d'aide à la gestion. 2013 juill p. 80.
6. Rowbotham TJ. Preliminary report on the pathogenicity of Legionella pneumophila for freshwater and soil amoebae. *J Clin Pathol*. déc 1980;33(12):1179-83.
7. Rowbotham TJ. Current views on the relationships between amoebae, legionellae and man. *Isr J Med Sci*. sept 1986;22(9):678-89.
8. Hussong D, Colwell RR, O'Brien M, Weiss E, Pearson AD, Weiner RM, et al. Viable Legionella pneumophila not detectable by culture on agar media. *Nat Biotechnol*. sept 1987;5(9):947-50.
9. Centre national de référence des légionelles. Caractérisation des souches cliniques et environnementales de Legionella en France, 2001-2002. 29 juill 2003;
10. Arrêté du 16 novembre 2021 fixant la liste des agents biologiques pathogènes.
11. Campese C, Descours G, Lepoutre A. Legionnaire's disease in France. 24 févr 2015;
12. Décret n°87-1012 du 11 décembre 1987 modifiant le décret 86770 du 10-06-1986 fixant la liste des maladies dont la déclaration est obligatoire en application de l'art. L11 du code de la santé publique. 87-1012 déc 11, 1987.
13. Circulaire DGS n°97/311 du 24 avril 1997 relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose.
14. Circulaire DGS N°98/771 du 31 décembre 1998 relative à la mise en oeuvre de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux légionelles dans les installations à risques et dans celles des bâtiments recevant du public.
15. Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Gestion du risque lié aux légionelles. 2001.

16. Circulaire DGS/SD7A/SD5C-DHOS/E4 n° 2002/243 du 22/04/2002 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de santé.
17. Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public - Légifrance [Internet]. [cité 19 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000423756>
18. Arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire.
19. Circulaire DGS/EA4 no 2010-448 du 21 décembre 2010 relative aux missions des agences régionales de santé dans la mise en oeuvre de l'arrêté du 1er février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire.
20. Circulaire DGS/DHOS/E2 – N° 645 du 29 décembre 2000, relative à l'organisation de la lutte contre les infections nosocomiales dans les établissements de santé.
21. Ministère de la Santé et des Solidarités. Guide technique - L'eau dans les établissements de santé. 2005.
22. AFNOR. FD T90-522. 2022.
23. Note d'information N° DGS/EA4/2015/118 du 13 avril 2015 relative aux conséquences de la modification de la norme NF T90-431 « Qualité de l'eau - Recherche et dénombrement de Legionella spp. et de Legionella pneumophila - Méthode par ensemencement direct et après concentration par filtration sur membrane ou centrifugation » (révision 2014).
24. AFNOR. NF T 90-431. 2017.
25. ANSES. Méthodes de détection et de dénombrement de Legionella dans l'eau. 2011 avr p. 144.
26. Beauté J. Legionnaires' disease in Europe, 2011 to 2015. Euro Surveill. 6 juill 2017;22(27):30566.
27. Dilger T, Melzl H, Gessner A. Legionella contamination in warm water systems: A species-level survey. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 1 mars 2018;221(2):199-210.
28. Napoli C, Iatta R, Fasano F, Marsico T, Montagna MT. Variable bacterial load of Legionella spp. in a hospital water system. Science of The Total Environment. 20 déc 2009;408(2):242-4.
29. Krøvel AV, Bernhoff E, Austerheim E, Soma MA, Romstad MR, Löhr IH. Legionella pneumophila in Municipal Shower Systems in Stavanger, Norway; A Longitudinal Surveillance Study Using Whole Genome Sequencing in Risk Management. Microorganisms. mars 2022;10(3):536.
30. Alleron L. Etude de l'état viable non cultivable (VBNC) chez Legionella pneumophila lens après traitements monochloramine et thermique.

31. Lizana X, López A, Benito S, Agustí G, Ríos M, Piqué N, et al. Viability qPCR, a new tool for Legionella risk management. *Int J Hyg Environ Health*. nov 2017;220(8):1318-24.
32. Völker S, Schreiber C, Kistemann T. Modelling characteristics to predict Legionella contamination risk - Surveillance of drinking water plumbing systems and identification of risk areas. *Int J Hyg Environ Health*. janv 2016;219(1):101-9.
33. Nagy DJ, Dziewulski DM, Codru N, Lauper UL. Understanding the distribution of positive Legionella samples in healthcare-premise water systems: Using statistical analysis to determine a distribution for Legionella and to support sample size recommendations. *Infect Control Hosp Epidemiol*. janv 2021;42(1):63-8.
34. Salinas MB, Fenoy S, Magnet A, Vaccaro L, Gomes TD, Hurtado C, et al. Are pathogenic Legionella non-pneumophila a common bacteria in Water Distribution Networks? *Water Res*. 15 mai 2021;196:117013.
35. Journal officiel de l'Union européenne. Directive (UE) 2020/2184 du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte). déc 23, 2020.
36. Décret n° 2021-976 du 21 juillet 2021 modifiant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. 2021-976 juill 21, 2021.

VU

NANCY, le 24 mars 2022
Le Président de Thèse

NANCY, le 25 mars 2022
Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Marc BRAUN

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ 12415C

NANCY, le 28 mars 2022

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

Professeur Pierre MUTZENHARDT

RÉSUMÉ DE LA THÈSE :

Introduction : Depuis 2002, en France, les établissements de santé ont l'obligation de maîtriser le risque d'infection nosocomiale lié à *Legionella*. Dans chaque réseau d'eau chaude sanitaire de l'établissement, la contamination doit être évaluée et un suivi de la concentration en *Legionella pneumophila* mis en œuvre. L'objectif de cette étude observationnelle était de décrire les résultats des échantillons environnementaux issus des réseaux du CHRU de Nancy, dans le cadre de la surveillance réglementaire du risque lié à la légionelle.

Méthodes : Les échantillons collectés dans les réseaux d'eau des bâtiments composant le CHRU de Nancy sont analysés sur place depuis 1994, afin d'évaluer régulièrement la contamination des réseaux d'eau chaude sanitaire et surveiller la concentration en légionelles lorsqu'une action corrective est mise en œuvre. Les cas de légionellose dont l'origine nosocomiale est probable ou possible ont également été examinés.

Résultats : Au total, 6821 échantillons ont été analysés. Le taux de non-conformité global, basé sur la réglementation française d'avril 2002 (avec différents seuils selon les caractéristiques du point de prélèvement), était de 13,6% (n = 928). L'espèce *L. pneumophila* était identifiée dans 2010 prélèvements. Le sérotype était identifié dans 1003 échantillons : 27,7% (n = 557) étaient constitués de sérotype 1, 4,6% (n = 92) montraient la présence concomitante de sérotypes 1 et 2-14, et 17,6% (n = 354) étaient constitués de sérotypes 2-14. Des différences en termes de distribution étaient observées : il y avait une prédominance de sérotypes 2-14 à l'Hôpital Central, tandis qu'à l'Hôpital d'Enfants, les prélèvements montraient une présence majoritaire de sérotype 1.

Conclusion : Une diminution globale de la contamination des réseaux d'eau chaude sanitaire dans le temps avec l'évolution de la réglementation est observée, malgré la persistance de non-conformités ponctuelles à l'échelle de quelques bâtiments. Certains cas de légionellose d'origine probablement nosocomiale peuvent être superposés à des dépassements des seuils autorisés aux points représentatifs du réseau prélevés localement ; d'autres semblent être liés à une contamination terminale du point d'usage, secondaire à une utilisation non régulière.

TITRE EN ANGLAIS : Environmental monitoring of *Legionella* risk at Nancy University Hospital Centre from 1994 to 2021

THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE en Santé Publique – ANNÉE 2022

MOTS-CLÉS : légionelle – réseau d'eau chaude sanitaire – réglementation – hygiène hospitalière

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
Faculté de Médecine de Nancy
9, avenue de la Forêt de Haye
54505 VANDOEUVRE-LES-NANCY Cedex
