

ENSP

ÉCOLE NATIONALE DE
LA SANTÉ PUBLIQUE

RENNES

Ingénieur du Génie Sanitaire

Promotion : 2002-2003

**ELEMENTS DE MODELISATION DE
L'EXPOSITION AUX LEGIONELLES DANS LES
ETABLISSEMENTS DE SANTE ET DANS LES
ETABLISSEMENTS THERMAUX**

Présenté par:

Anne-Lise THOS

*Ingénieur en Microbiologie et
Sécurité Alimentaire (ESMISAB)*

Lieu du stage :

Département EGERIES

Référent pédagogique:

Michèle LEGEAS

« L'air est la cause des fièvres épidémiques.
Les hommes respirent tous le même air,
alors quand l'air est infecté par une
pollution hostile à la race humaine,
l'homme tombe malade »

Hippocrate
Poumons XI

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

RESUME

ABSTRACT

INTRODUCTION..... 1

I. RÉGLEMENTATION..... 2

A. Réglementation de portée générale..... 2

1. Circulaire DGS n° 97/311 du 24 avril 1997 relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose [2] 2
2. Circulaire DGS n°98/771 du 31 décembre 1998 relative à la mise en œuvre de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux légionelles dans les installations à risque et dans des bâtiments recevant du public [6]..... 3
3. Circulaire DGS 2002/243 du 22 avril 2002 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de santé [7]..... 3

B. Réglementation spécifique aux établissements thermaux 5

1. Protection de la ressource..... 6
2. Contrôle sanitaire 6
3. Dispositions de l'arrêté du 19 juin 2000 [10]..... 7
4. Le risque microbien..... 9
5. Points et fréquence des prélèvements..... 10

II. EAU ET NIVEAU DE CONTAMINATION 11

A. Etablissements de santé 11

1. Généralités..... 11
2. Exemples de niveau de contamination 12
3. Discussion 15

B. Etablissements thermaux..... 16

1. Généralités..... 16
2. Exemples de niveau de contamination 17

3.	Suivi de l'application de la circulaire DGS du 19 juin 2000	19
4.	Discussion	20
C.	Conclusion.....	21
III.	<i>PATHOGÉNICITÉ</i>	23
A.	Etablissements de santé	24
B.	Etablissements thermaux.....	25
C.	Développement dans les protozoaires.....	26
IV.	<i>AÉROSOLS</i>.....	28
A.	Les soins producteurs d'aérosols	28
1.	Exposition en milieu hospitalier.....	28
2.	les pratiques exposantes en milieu thermal	30
B.	Caractéristiques des aérosols	31
C.	Notions de concentration en légionelles à proximité des générateurs d'aérosols.	35
D.	Survie des légionelles dans les aérosols	37
E.	Modélisation d'exposition d'un sujet adulte à <i>Legionella pneumophila</i>.....	38
1.	Lors d'utilisation de douches	38
2.	Lors d'exposition à un aérosol	38
F.	Conclusion.....	40
V.	<i>POPULATION EXPOSÉE</i>.....	41
A.	Facteurs de risque	41
B.	Quelques notions du type de population fréquentant les deux types d'établissement	44
1.	Etablissements de santé	44
2.	Etablissements thermaux.....	49
	<i>CONCLUSION</i>.....	50
	<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	
	<i>ANNEXES</i>	

LISTE DES ABREVIATIONS

AFSSA:	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
BCYEa:	Buffer Charcoal Yeast Extract agar
CLIN:	Centre de Lutte contre les Infections Nosocomiales
CDC :	Centers of Disease Control and prevention
CHR :	Centre Hospitalier Régional
CHSFP:	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
CNET :	Confédération National des Etablissements Thermaux
DDASS :	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DGS :	Direction Générale de la Santé
ECS :	Eau Chaude Sanitaire
EPA :	Environmental Protection Agency
EWGLI :	European Working Group for <i>Legionella</i>
InVS :	Institut national de Veille Sanitaire
<i>L. pneumophila</i> :	<i>Legionella pneumophila</i>
Lp :	<i>Legionella pneumophila</i>
Lp1 :	<i>Legionella pneumophila</i> séro groupe 1
SIDA :	Syndrôme d'ImmunoDéficiency Acquis
UFC :	Unité Formant Colonie

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Fréquence et type d'analyses en fonction de la catégorie de soins	8
Tableau 2 : Points de prélèvements et fréquence	10
Tableau 3 : Expositions à risque parmi les cas de légionelloses déclarées, France, 1998-2001	11
Tableau 4 : Concentrations en légionelles dans l'eau d'établissements de l'interrégion Nord	13
Tableau 5 : Contaminations en légionelles des établissements de santé	15
Tableau 6 : Résultats des analyses de <i>Legionella pneumophila</i> réalisées aux points d'usage des Thermes nationaux d'Aix-les-Bains	19
Tableau 7 : Résultats des analyses de <i>Legionella sp.</i> sur 724 établissements thermaux (2001)	19
Tableau 8 : Résultats des analyses de <i>Legionella pneumophila</i> sur 540 établissements thermaux (2001)	20
Tableau 9 : Contaminations en légionelles des établissements thermaux	21
Tableau 10 : Tableau: Classification des espèces et sérogroupes de <i>Legionella</i> isolées de patients atteints de pneumopathies	23
Tableau 11 : Evaporation d'une gouttelette d'eau dans une atmosphère à 20°C dont l'humidité relative varie	33
Tableau 12 : Concentrations en légionelles mesurées dans l'air	36
Tableau 13 : Facteurs favorisants parmi les cas de légionellose déclarés, France, 1998-2001	41
Tableau 14 : Age médian des cas de légionellose de 1998 à 2001, France	42
Tableau 15 : Sex ratio des cas de légionellose de 1998 à 2001, France	43
Tableau 16 : Population par groupe d'âge (Insee, 2002)	45
Tableau 17 : Population française par sexe et par âge en 1999 (Insee)	45
Tableau 18 : Taux d'hospitalisés à risque tabagique, France, 1992	46
Tableau 19 : Principales causes de décès selon le sexe en 1998, France	47
Tableau 20 : Prévalence des motifs d'entrée en hospitalisation parmi les malades hospitalisés et au sein de la population résidant en France selon le type de motifs et le sexe des patients, France, 1992	47
Tableau 21 : Principales affections de longue durée pour le régime général selon l'âge et le sexe, France, 1998	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Nombre de cas cliniques et indice de contamination (moyenne logarithmique des concentrations en <i>Legionella</i> aux points d'usage)	17
Figure 2 : Variation de la concentration en particules aérosolisées en fonction de la distance	34
Figure 3 : Taux d'incidence de la légionellose par classes d'âge, France , 2001	42
Figure 4 : Population française par sexe et par âge en 1999 (Insee)	45
Figure 5 : Effet présumé de l'âge sur la fréquence des individus immunodéprimés	46
Figure 6 : Effet supposé du statut immunitaire sur les taux de mortalité et de morbidité	49

RESUME

La légionellose, maladie découverte à la fin des années 70, ne cesse de faire parler d'elle : de plus en plus de cas sont recensés chaque année. Une réglementation a été fixée pour les établissements de soins et les établissements thermaux concernant l'entretien de leur réseau d'eau chaude sanitaire. Les deux législations diffèrent : les établissements de santé se doivent de respecter le seuil de 10^3 UFC par litre en *Legionella pneumophila* alors que les établissements thermaux, eux, sont soumis au respect du seuil de détection (50 UFC/L) comme le sont les services dits « sensibles » des hôpitaux.

Un recensement des niveaux de contamination en *Legionella* a donc été effectué dans les deux types d'établissement, tout comme celui du niveau de contamination en l'espèce la plus pathogène *Legionella pneumophila* séro groupe 1. Les données recensées sont multiples et peu homogènes.

Un autre point important en terme de dissémination des légionelles concerne les générateurs d'aérosols et les caractéristiques des aérosols générés. Les aérosols semblent, en établissement de santé, être principalement générés lors de soins d'hygiène corporelle. Par contre, en établissement thermal, le curiste semble être très souvent confronté aux aérosols lors de soins particuliers ou collectifs. Les caractéristiques des aérosols, leur dispersion et la viabilité des légionelles dans ces aérosols sont fonction de nombreux facteurs comme la température, l'humidité relative, le type de souche ...

Enfin, les caractéristiques des populations exposées sont aussi primordiales. Des facteurs de risque existent, dont l'état immunitaire de l'individu mais aussi le tabagisme, et ces facteurs peuvent être combinés. De plus, l'âge et le sexe de la population sont aussi à prendre en compte en particulier pour les hommes et les tranches d'âge de 45 ans et plus, quelque soit le type d'établissement. Par contre, les données concernant l'état immunitaire des individus fréquentant hôpital et thermes est plus difficile à décrire. Pour les hôpitaux, il se recoupe avec l'état sanitaire de la population France entière car on ne s'occupe pas des patients dits à risque. Par contre, les curistes est une population particulière, plus âgée en général, et dont l'état immunitaire général n'est pas connu.

ABSTRACT

The legionnaires' disease, discovered in the 70's, is well known because more and more outbreaks have been counted these years. Hospitals and health spas have to follow the regulation concerning their warm water adduction. Hospitals must respect a concentration of 10^3 UFC/L when spas have to respect the detection level of *Legionella*, as the « high risk » department of hospitals, which is 50 UFC/L.

The level of concentration of *Legionella* has been gathered in the two sorts of establishments as the level of concentration of *Legionella pneumophila*, the pathogenic species. The results are quite dissimilar.

The characteristics of the devices generating aerosols, and of the aerosols themselves, are also quite important. In hospitals, patients are exposed to aerosols during hygiene cares. In spas, the waters seem to be exposed during all thermal water cares and even during leisure activities. Viability and spreading of aerosols are conditional upon several factors as humidity, temperature, species of *Legionella*...

Finally, the features of the population exposed are also significant. Many factors are known to be relevant to the risk of infection as immunosuppression or smoking. The age and the sex status of the individuals are also important, particularly for men and for people older than 45 years old. These factors are also combined. However immunoimpaired individuals are difficult to be counted even in spas and in hospital departments other than "high risk" departments. For hospitals, the immunity status is about the same as the French population one. For the waters, the population is elderly and no data are found about its health status.

INTRODUCTION

Les cas de légionelloses déclarés augmentent d'années en années alors que des mesures préventives sont prises, aussi bien en établissement de santé qu'en établissement thermal, au niveau de l'entretien des réseaux d'eau chaude. Ce phénomène est-il du à une meilleure déclaration des cas ou bien les sources et moyens d'infection des légionelles sont-ils toujours méconnus tout comme les capacités de développement de ces bactéries ?

Ce qui nous intéresse ici, est d'essayer de rassembler les éléments nécessaires à la compréhension de la contamination des populations fréquentant les établissements de santé et thermaux afin d'arriver à modéliser l'exposition de ces populations. La comparaison des deux types d'établissement permettrait d'envisager une modélisation commune ou non de l'exposition, comparativement à la différence de législation existante, qui est ici exposée.

Pour qu'il y ait contamination humaine, plusieurs conditions doivent être réunies. Il faut tout d'abord un milieu colonisé par des souches pathogènes de *Legionella* et à un niveau suffisant de concentration. Comme on ne sait rien du nombre de légionelles nécessaire pour induire une maladie, et qu'il dépend lui-même de la pathogénicité de la souche en question, on ne peut se prononcer sur ce niveau de concentration. Mais en tout cas, cela ne suffit pas, il faut qu'il y ait une exposition, c'est-à-dire l'inhalation d'un aérosol formé à partir du milieu colonisé par ces légionelles. Enfin, il est classique de dire que les personnes exposées doivent être « réceptrices », c'est-à-dire présentant un affaiblissement des défenses immunitaires, qui n'est toutefois pas une condition nécessaire mais qui conditionnera la gravité de la maladie.

C'est dans cette optique que les caractéristiques des eaux utilisées dans les deux types d'établissement sont en second lieu relatées tout comme leur niveau de contamination potentiel en *Legionella*.

Le nombre de cas de légionellose dus à l'espèce *Legionella pneumophila* laisse penser que cette espèce – et plus particulièrement son sérotype 1 – est la plus pathogène. Une idée du niveau de contamination des réseaux, spécifiquement en *Legionella pneumophila*, est alors recherchée.

L'étude épidémiologique de nombreux cas de légionellose a démontré que la principale source de contamination est l'inhalation d'aérosol contaminé. Une étude bibliographique des caractéristiques des aérosols contaminés générés dans les deux types d'établissement a, ensuite, été menée afin de mieux comprendre l'infection.

Enfin, 20% des légionelloses ont été recensées dans des établissements de santé et 2% dans des établissements thermaux. Les types de population exposée dans ces deux types d'établissements sont alors esquissées en s'aidant des données bibliographiques et nationales en terme d'âge, de sexe et de statut immunitaire.

I. REGLEMENTATION

Les actions des pouvoirs publics vis à vis du risque lié aux légionelles se basent d'une part sur la surveillance épidémiologique, d'autre part sur des actions de contrôle et de prévention [1]. La légionellose est une maladie à déclaration obligatoire (décret n° 87/1012 du 11 décembre 1987) cependant, le nombre de cas déclarés est resté très faible jusqu'au renforcement du dispositif de surveillance épidémiologique à la suite de la parution de la circulaire DGS n°97/311 du 24 avril 1997 [2] relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose. Un guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionelloses a accompagné ce texte [3]. Le nombre de cas déclarés est ainsi passé de 80 en 1996 à 610 en 2000 [4] et 807 en 2001 [5]. Au niveau européen existe le réseau EWGLI (European Working Group for *Legionella* Infection), regroupant 31 pays, qui signale aux autorités sanitaires de l'Etat membre concerné tout cas de légionellose chez les personnes ayant voyagé pendant les 10 jours précédant le début de la maladie, en précisant les lieux fréquentés.

Par ailleurs, des recommandations nationales ont été adressées aux services déconcentrés du ministère chargé de la santé pour limiter le risque de légionelloses dans les établissements thermaux, les établissements de soins et dans les établissements recevant du public. Les actions préventives diffusées d'abord sous forme de recommandations puis par voie réglementaire consistent à limiter les expositions. Dans ce but, il est nécessaire d'abord d'éliminer les conditions favorables à la survie et au développement des légionelles dans les installations à risque et ensuite de limiter leur diffusion sous forme d'aérosols. En pratique, ces recommandations cherchent à instaurer la mise en place de bonnes pratiques d'entretien des installations à risque, en particulier des réseaux d'eau chaude sanitaire, ainsi que le respect de règles de bon usage de l'eau dans ses différentes utilisations.

A. Réglementation de portée générale

1. Circulaire DGS n° 97/311 du 24 avril 1997 relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose [2]

La circulaire incite, dans une première partie, les professionnels de santé à mieux diagnostiquer les cas puis à les déclarer et favorise, dans une deuxième partie, la mise en œuvre de bonnes pratiques sanitaires. Elle est constituée de différents volets :

- le renforcement du dispositif de surveillance de la légionellose ;
- la définition des grandes lignes de la prévention en l'absence de cas (prévention primaire) ;
- la description des étapes de l'investigation lors de la déclaration d'un cas (prévention secondaire). Elle comporte une fiche de déclaration d'un cas de légionellose et un guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionellose.

La circulaire comprend en outre différentes fiches techniques à destination des responsables des établissements recevant du public et notamment des établissements de santé explicitant les mesures d'entretien préventives et curatives dans les différentes installations à risque.

2. Circulaire DGS n°98/771 du 31 décembre 1998 relative à la mise en œuvre de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux légionelles dans les installations à risque et dans des bâtiments recevant du public [6].

Il est à noter que dans cette directive l'emploi d'établissement de santé comprend les établissements thermaux

Dans les mois qui ont suivi la diffusion de la circulaire du 24 avril 1997, plusieurs épisodes de cas groupés de légionelloses nosocomiales et communautaires (dont l'épidémie parisienne de l'été 1998) ont continué à être mis en évidence. Cette nouvelle circulaire en tire les conséquences et renforce les dispositions de la circulaire précédente. Dans sa première partie, elle rappelle que, si le producteur d'eau du réseau public est soumis à une double obligation de moyens et de résultats pour ce qui concerne le respect des exigences de qualité auxquelles doit répondre l'eau destinée à la consommation humaine, il est de la responsabilité des gestionnaires d'établissements de santé de vérifier et de garantir sa qualité aux points d'usage. Les responsables de ces établissements sont appelés à mettre en œuvre les moyens suivants :

Acquérir une meilleure connaissance de leur réseau ;

Assurer un entretien régulier du réseau de l'établissement conformément aux prescriptions de la circulaire du 24 avril 1997 ;

Mettre en œuvre une surveillance de la contamination des réseaux par la recherche de légionelles en des points critiques des installations de distribution ;

Formaliser les procédures d'utilisation de l'eau pour les soins et pour la désinfection des dispositifs médicaux ;

Rechercher systématiquement les légionelles lors de la survenue d'une pneumopathie chez un patient hospitalisé.

La deuxième partie de la circulaire s'adresse aux responsables des établissements recevant du public et comportant des installations à risque.

3. Circulaire DGS 2002/243 du 22 avril 2002 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de santé [7].

Cette circulaire vise à :

- améliorer la gestion des installations à risque ;
- améliorer la prise en compte du risque ;
- proposer des modalités de mise en œuvre des dispositions précédentes.

Elle complète et remplace la partie I de la circulaire DGS n°98/771.

Afin d'améliorer gestion des installations à risque, des actions préventives sont préconisées :

- Eliminer les conditions favorables à la survie et à la prolifération des légionelles ;
- Limiter la diffusion des légionelles sous forme d'aérosol.

Une installation à risque est définie comme toute installation susceptible d'exposer des personnes à des aérosols d'eau contaminée ($< 5\mu$ de diamètre), c'est-à-dire :

- les réseaux d'eau chaude desservant douches ou douchettes ;
- les tours aérorefrigérantes ;
- les bains à remous ou à jet ;
- les humidificateurs, les bacs à condensat de chauffage ou de climatisation.

Il s'agit de limiter le risque en agissant à trois niveaux :

- éviter la stagnation et assurer une bonne circulation de l'eau ;
- lutter contre l'entartrage et la corrosion par la conception et l'entretien du réseau ;
- maintenir l'eau à une température élevée dans les installations et mitiger aux points d'usage.

Afin de prendre en compte le risque lié aux légionelles dans les activités de soins, la circulaire recommande :

- la qualité des eaux utilisées pour les activités de soins et pour les procédures de rinçage ;
- de prendre des recommandations spécifiques pour les patients à haut risque ;
- la conduite à tenir en cas de légionellose nosocomiale.

En ce qui concerne les modalités de mise en œuvre de ces dispositions, la circulaire préconise la mise en place d'un programme d'action dans chaque établissement de santé avec la création d'échéanciers d'application tenant compte des spécificités de chaque établissement. Un carnet sanitaire doit être mis en place dans lequel sont consignés le suivi de la température et celui du niveau de contamination en légionelles. Le suivi de température doit être effectué en continu. Les prélèvements en légionelles doivent suivre une stratégie d'échantillonnage qui est fonction de l'objectif poursuivi. Les recommandations sont :

- prélèvement à un moment de la journée où les installations sont exploitées dans les conditions normales (ex : milieu de la journée) ;
- choisir des points d'usage couramment utilisés ;
- faire le prélèvement sur le premier litre d'eau obtenu (premier jet).
- la fréquence des prélèvements doit être au minimum de une fois par an sauf pour les points d'usage des patients à haut risque : une fois par semestre.

La concentration en légionelles mesurée détermine les actions préconisées :

- objectif cible : maintien de la concentration à un niveau inférieur à 10^3 UFC de *Legionella pneumophila* par litre ;
- niveau d'alerte : atteinte de la concentration de 10^3 UFC par litre. Mise en place de mesures ;
- pour les patients à haut risque, le niveau d'action est obtenu lorsque la concentration en *Legionella pneumophila* est supérieur au seuil de détection de la méthode utilisée (50 UFC par litre).

Pour les bains à remous et à jet, les analyses en légionelles doivent être effectuées une fois par an. Par contre, les teneurs maximales autorisées sont plus draconiennes : une concentration en *Legionella pneumophila* inférieure au seuil de détection.

B. Réglementation spécifique aux établissements thermaux

L'eau minérale naturelle est définie par l'article 2 du décret n°89/369 du 6 juin 1989 comme une « eau possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter ses propriétés favorables à la santé. Elle se distingue nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature, caractérisée par sa teneur en minéraux, oligo-éléments ou autres constituants et par certains effets, par sa pureté originelle, l'une et l'autre caractéristiques ayant été conservées intactes en raison de l'origine souterraine de cette eau qui a été tenue à l'abri de tout risque de pollution. Elle provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forcées. Elle témoigne, dans le cadre des fluctuations naturelles connues, d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles, notamment de composition et de température à l'émergence qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée».

Le thermalisme est l'exploitation d'eaux minérales à des fins thérapeutiques [8, 9].

Les eaux thermales présentent deux caractéristiques essentielles. Ce sont d'une part des eaux souterraines et d'autre part des eaux qui présentent certaines propriétés particulières mais elles ne sont pas pour autant considérées comme des médicaments.

Par référence au décret n°56-284 du 9 mars 1956 sont définis comme établissements thermaux les établissements utilisant sur place ou par adduction directe, pour le traitement des malades, des eaux minérales régulièrement autorisées et leur dérivés.

L'utilisation des eaux thermales pour leurs vertus thérapeutiques n'est pas récente : à l'époque grecque, les bains et les thermes étaient déjà répandus.

Le premier texte en matière d'eau minérale est un arrêté du 18 mai 1799 (29 floréal an VII) qui définissait l'organisation générale des sources d'eaux minérales et des établissements.

Le premier texte concernant le contrôle des établissements d'eaux minérales est la loi du 11 avril 1803 (21 germinal an XI) ainsi que l'ordonnance royale du 18 juin 1823 concernant le règlement sur la police des eaux minérales (modifiée par les décrets du 21 mai 1880 et du 28 mars 1957).

Cette tradition du thermalisme perpétuée jusqu'à aujourd'hui trouve sa raison d'être dans des enjeux certes médicaux mais aussi économiques. Ces enjeux apparaissent dans les dispositions du décret n°56-284 du 9 mars 1956 sur les conditions types de fonctionnement d'un établissement thermal qui imposent à leur exploitant des contraintes médicales et sanitaires, ou au titre du code général des collectivités territoriales qui confère des prérogatives particulières aux communes qui peuvent bénéficier de l'appellation de station thermale.

1. Protection de la ressource

La définition de la ressource en eau minérale est donc bien établie, la protection spécifique de cette ressource est sujette à des évolutions notamment du point de vue sanitaire. En effet l'arrêté du 14 octobre 1937 relatif à l'analyse des sources d'eaux minérales imposait des contrôles insuffisants. Une des particularités de ce domaine réside dans le fait que l'exploitant d'une source thermale est tenu d'administrer aux curistes l'eau telle qu'elle se présente à l'émergence. En effet le caractère naturel de l'eau minérale est précisé dans le décret n° 57-404 du 28 mars 1957 qui stipule que l'eau telle qu'elle se présente à l'émergence ne peut faire l'objet d'aucun traitement. De plus l'autorisation préalable à laquelle est soumise cette exploitation est délivrée au regard d'un dossier reposant essentiellement sur les caractéristiques de l'eau. L'altération de la qualité de l'eau est un danger pour la santé des curistes et peut conduire à l'interdiction de sa mise à disposition au public. Ainsi les gisements thermaux sont des gisements d'eaux souterraines spécialement protégés, contrôlés et surveillés par les pouvoirs publics. La loi du 14 juillet 1856 a édicté les règles d'inspection des établissements thermaux ainsi que la déclaration d'intérêt public (DIP) et les périmètres sanitaires d'émergence (protection des sources). Les articles L-1322-1 et L-1322-2 du code de la santé publique précise que les établissements thermaux sont soumis à autorisation délivrée par le ministre de la santé. Les articles L-1322-3 à 13 énoncent les modalités relatives à la déclaration d'intérêt public et à l'instauration des périmètres sanitaire d'émergence. Néanmoins les forages d'eaux destinées aux établissements thermaux ne bénéficient pas tous d'une DIP et d'un périmètre sanitaire d'émergence.

2. Contrôle sanitaire

Le risque sanitaire en milieu thermal est représenté par l'exposition de la population des curistes lors des soins d'une part à une eau thermale contaminée par des bactéries susceptibles d'être à l'origine de pathologies et d'autre part à l'environnement général de l'établissement.

Les légionelloses de Gréoux les bains (04) et Aix les bains (73) au cours des années 90 ont démontré une insuffisance du dispositif réglementaire pour la sécurité sanitaire, un renforcement des programmes de contrôle de la qualité de l'eau minérale a donc été mis en place.

La réglementation thermique en matière sanitaire portait essentiellement avant les années 90 :

- tout d'abord sur des procédures d'autorisation pour l'exploitation d'une source d'eau minérale naturelle: ordonnance royale du 18 juin 1823 et décret n°57-404 du 28 mars 1957 ;
- pour l'agrément des établissements de cure et prévention pour les soins aux assurés sociaux : décret n°56-284 du 9 mars 1956.

Mais aussi sur le contrôle et la surveillance des établissements thermaux: décret du 28 janvier 1860, arrêté du 14 octobre 1937 et circulaire DGS n056 du 17 avril 1979.

L'arrêté du 16 mai 1989 a introduit un renforcement de la surveillance des eaux et impose une norme de 0 germes fécaux dans 250 ml, un suivi analytique de nouveaux paramètres

microbiologiques : *Pseudomonas aeruginosa* et *Legionella sp*, une multiplication des prélèvements en fréquence et en localisation notamment aux différents points d'usage pour les soins. Enfin la notion d'auto surveillance a été introduite. Lorsque les résultats d'analyses microbiologiques des eaux montrent que les normes fixées ne sont pas respectées, le programme de contrôle doit être adapté et une enquête doit être effectuée pour étudier la situation, apprécier les risques et définir les mesures à prendre qui peuvent aller jusqu'à la fermeture de l'établissement en cas de danger pour la santé publique. La vérification de la qualité des eaux minérales repose sur le responsable de l'établissement qui doit prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer les bonnes conditions d'hygiène dans son établissement. A ce titre, un guide des bonnes pratiques sanitaires dans les établissements thermaux a été réalisé en 1995 grâce à la concertation des différents acteurs du thermalisme mais ce guide n'a pas de portée juridique. Les recommandations du CSHPF de mai 1999 relatives à la gestion du risque microbien lié à l'eau minérale dans les établissements thermaux peuvent également aider l'exploitant à maîtriser au mieux le risque sanitaire inhérent à l'activité thermale.

L'arrêté du 20 juillet 1992 abroge l'arrêté du 16 mai 1989 et améliore le contrôle aux points d'usage, rajoute des normes microbiologiques à respecter pour les eaux d'injection, reclasse les usages par risque sanitaire et renforce l'auto surveillance.

Néanmoins le régime juridique applicable aux eaux thermales et minérales présentait une certaine carence et le suivi de la qualité de l'eau minérale naturelle était nettement améliorable. Cette constatation et les réflexions menées par les différents acteurs du thermalisme ont abouti à un renforcement de la gestion du risque microbien notamment par l'arrêté du 19 juin 2000. Les dispositions de cet arrêté définissent de manière précise le nombre de contrôles et le type d'analyses à réaliser selon la catégorie de soins.

3. Dispositions de l'arrêté du 19 juin 2000 [10]

Le risque sanitaire lié à l'utilisation de l'eau minérale dépend :

- du niveau de contamination microbiologique ;
- de l'usage de l'eau (type de soins).

a. Les paramètres bactériologiques

Les paramètres bactériologiques recherchés sont regroupés en 2 types d'exigences de qualité :

- les valeurs guides concernent une surveillance des paramètres micro-organismes revivifiables à 22°C dans 1 mL et à 37°C dans 1 mL : ces paramètres ne doivent pas présenter de variation anormale aux points d'usage ;

- les valeurs impératives concernent 6 paramètres qui doivent obligatoirement être au niveau 0 (absence ou limite de détection) à l'émergence et aux points d'usage (pour les légionelles la limite de détection est de 50 UFC par litre) :

- Coliformes totaux à 37°C dans 250 mL: CT250S ;
- Coliformes thermotolérants à 44,5 °C dans 250 mL : CTH250S ;
- Streptocoques fécaux dans 250 mL : STR250S ;
- Anaérobies sporulés sulfito-réducteurs dans 50 mL : ANAE50 ;
- *Legionella pneumophila* dans 1 litre: **LEGIOP** ;
- *Pseudomonas aeruginosa* dans 250 mL: PSA250.

Il existe 3 types d'analyses qui seront réalisées à une fréquence mensuelle ou trimestrielle selon le type de soins :

- analyse de type CM comportant: la mesure de la conductivité à 25°C, du pH, de la température, de l'alcalinité, le dosage d'au moins un élément caractéristique de l'eau minérale
- analyse de type BM0 comportant la mesure des paramètres microbiologiques (CT250S, CTH250S, STR250S, ANAE50 et PSA250) ;
- analyse de type BM1 comportant la mesure du paramètre LEGIOP.

b. Les soins

Les soins sont regroupés en 3 catégories:

- Catégorie 1 : Soins en contact direct avec les muqueuses respiratoires ou susceptibles de provoquer un contact avec les muqueuses oculaires et respiratoires ;
- Catégorie 2 : Soins en contact avec les autres muqueuses internes et ingestion d'eau minérale naturelle ;
- Catégorie 3 : Soins externes individuels (bains, douches) ou collectifs (couloir de marche).

La fréquence et le type d'analyse se répartissent selon la catégorie de soins comme le montre le tableau suivant :

Catégorie de soins	Type d'analyses	Nombre de contrôles
Catégorie 1	BM0	1 par mois
	BM1	1 par mois
	CM	1 par trimestre
Catégorie 2	BM0	1 par mois
	BM1	Au moins 1 par trimestre
	CM	1 par trimestre
Catégorie 3	BM0	1 par mois
	BM1	Au moins 1 par trimestre
	CM	1 par trimestre

Tableau 1 : Fréquence et type d'analyses en fonction de la catégorie de soins

Outre le contrôle sanitaire des différents points d'usage de l'eau minérale, il convient de surveiller la ressource avec des analyses de l'eau à l'émergence :

- pour un établissement ouvert plus de 7 mois par an, le nombre de contrôles s'élève à 4 dont 1 avant l'ouverture avec à chaque fois les 3 analyses CM + BM0 + BM1 ;
- pour un établissement ouvert moins de 7 mois par an, le nombre de contrôles est de 3 dont 1 avant l'ouverture avec à chaque fois les 3 analyses CM + BM0 + BM1.

4. Le risque microbien

L'arrêté du 19 juin 2000 porte sur la gestion du risque microbien, il convient de préciser pourquoi les légionelles ont été retenues parmi les valeurs impératives et ce que signifie la présence de cet indicateur dans l'eau minérale :

Les légionelles sont des bactéries qui peuvent se multiplier à des températures de 30°C à 45°C dans l'eau des établissements thermaux du fait d'une mauvaise conception des réseaux, d'un entretien défectueux des canalisations, d'un mauvais nettoyage des pommeaux de douche, robinets ou autres appareillages. La souche *Legionella pneumophila* est plus spécifiquement recherchée car cette bactérie est à l'origine de 95 % des légionelloses donnant lieu à hospitalisation [11]. Le mode de contamination est essentiellement une transmission aérienne par inhalation d'eau contaminée sous forme d'aérosols. La présence de légionelles dans un établissement thermal n'est pas admissible en raison de leur caractère pathogène et de la morbidité voire la létalité qu'elles peuvent provoquer chez les curistes. De plus, la nature des pratiques thermales (eau chaude, création d'aérosols, contact avec les muqueuses) sont particulièrement à haut risque car le développement des légionelles peut être favorisé. Ainsi la surveillance de la qualité de l'eau utilisée est indispensable. Deux types de surveillance peuvent être mises en place:

- la surveillance analytique avec une détermination quantitative des légionelles dans l'eau, cependant la signification réelle des valeurs obtenues est difficile à estimer en raison des difficultés d'échantillonnage et d'interprétation des résultats en l'absence de connaissances précises sur l'évaluation des risques. En effet, le risque varie en fonction de l'état immunitaire des personnes exposées, de la densité et de la durée d'exposition aux aérosols contaminés et de la souche de légionelles retrouvée ;
- la surveillance épidémiologique par la déclaration obligatoire des cas de légionelloses (décret du 10 juin 1987 modifié le 11 décembre 1987) et le diagnostic étiologique de légionellose dans tous les cas de pneumopathies acquises lors d'une cure thermique ou survenant dans les 10 jours après celle-ci. Il faudrait sensibiliser les médecins thermaux pour effectuer une surveillance clinique par le biais des cas diagnostiqués d'infections respiratoires.

5. Points et fréquence des prélèvements

Les points et fréquence de prélèvements sont définis comme suit dans la circulaire du 19 juin 2000 :

Fréquentation de l'établissement	Point de prélèvement		Fréquence
Moins de 200 curistes par an	émergence		1 fois par an
	Pour 2 catégories d'usage		2 fois par an
Entre 200 et 1000 curistes par an	émergence		1 fois par an
	Par catégorie d'usage		2 fois par an
Plus de 1000 curistes par an	Ouverture toute l'année	émergence	3 fois par an
		Par catégorie d'usage	3 fois par an
	sinon	émergence	2 fois par an
		Par catégorie d'usage	2 fois par an

Tableau 2 : Points de prélèvements et fréquence

Les différentes catégories d'usage dans un établissement thermal sont :

- injection ;
- ingestion ;
- soins en contact direct avec les muqueuses respiratoires ou oculaires ;
- soins en contact direct avec les muqueuses internes ;
- soins externes individuels (douches, bains) ;
- bain collectif ou piscine.

II. EAU ET NIVEAU DE CONTAMINATION

Selon les données du Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire [4,5,12,13,14,15], les expositions à risque sont retrouvées chez des sujets ayant séjournés dans des hôpitaux, des hôtels et campings, des établissements thermaux et autres établissements de santé. Les proportions de sujets atteints de légionellose fréquentant les hôpitaux varie de 1998 à 2001 entre 13 et 20% et celle de ceux ayant fréquentés les établissements thermaux de 1 à 2%.

Expositions à risque	1998		1999		2000		2001	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Hôpitaux	80	21	73	17	119	20	105	13
Etablissements thermaux	6	2	7	1	6	1	7	1

Tableau 3 : Expositions à risque parmi les cas de légionelloses déclarées, France, 1998-2001

Les établissements de santé et thermaux sont donc des lieux à risque quant à l'exposition aux légionelles, d'autant plus qu'il ne faut pas oublier dans ces données de prendre en compte le nombre de cas de légionelloses non déclarés. En effet, de nombreux cas ne sont pas déclarés du fait de la non spécificité des symptômes déclarés lors de légionellose. Ceux-ci peuvent être confondus avec n'importe quelle autre pneumopathie. Ainsi, selon Infuso et *al.* [16], l'incidence de la légionellose en France en 1995 était de l'ordre de 0,6 cas par million si on se base seulement sur la déclaration et de 5 cas par million si on se base sur le nombre de cas estimé par laboratoire (2 titres élevés d'anticorps à intervalle déterminé). De plus, lorsque l'on regarde le taux de létalité [17] comparativement pour les infections nosocomiales, 40%, et pour les infections communautaires, 20%, on observe la grande sensibilité des personnes hospitalisées.

Ainsi, il est nécessaire pour évaluer l'exposition aux légionelles en établissement de santé et en établissement thermal de comparer leur ressource en eau et le niveau de contamination moyen de l'eau distribuée dans ces établissements.

A. Etablissements de santé

1. Généralités

L'eau reçue par les établissements de santé est de l'eau du réseau d'adduction. Le distributeur d'eau a la responsabilité de sa qualité microbiologique jusqu'à sa distribution. Cette qualité, dont les normes sont fixées par le décret du 21 avril 2001, ne peut être obtenue qu'en respectant une obligation de résultats et de moyens. Mais ce décret ne demande pas au distributeur d'assurer un taux de légionelles particuliers dans son eau, il lui est uniquement demandé de respecter la norme en indicateur de contamination fécale qui sont des indicateurs de contamination potentielle en

pathogènes. Ainsi, aucune donnée n'est disponible quant au niveau moyen de contamination de l'eau d'adduction reçue par les hôpitaux. Il est juste fait mention [18] de possible variation de cette contamination selon les régions, les sources de l'eau d'adduction et leur cheminement à travers les zones urbaines. Il est aisé de penser qu'au vu de la température de distribution de l'eau d'adduction, de son débit, de sa qualité microbiologique générale, le niveau de contamination en légionelles est faible et que surtout, leur prolifération n'est pas favorisée.

Le gestionnaire de l'établissement de santé est lui responsable de la qualité microbiologique de l'eau qu'il distribue aux points d'usage [6]. Selon la circulaire DGS 2002/243 [7], il se doit, au moins une fois par an, de s'enquérir du niveau de contamination de son réseau aux points d'usage, et aussi d'entretenir son réseau de distribution afin d'éviter toute prolifération de légionelles. Cependant, il n'a aucune obligation de rendre compte de ses actions et résultats auprès des organismes décentralisés de l'Etat. Il doit tenir un carnet sanitaire disponible en cas de contrôle de ces services. Il est à noter qu'un traitement secondaire de l'eau est autorisé sur le réseau de distribution de l'hôpital. La consommation d'eau à l'hôpital est particulièrement importante puisqu'elle varie de 200 à 1200 litres par jour et par lit selon la taille de l'hôpital et ses usages sont variées : alimentaire, technique, sanitaire et médical [19].

La Circulaire DGS 2002/243 impose des niveaux cible et d'alerte en légionelles. En effet, la plupart des enquêtes effectuées dans les hôpitaux ont montré qu'il existe un certain parallélisme entre la présence de légionelles à des concentrations supérieures à 10^3 UFC par litre et l'apparition de cas de légionellose [19]. Les recommandations françaises se réfèrent donc à trois seuils de concentration critique pour les patients sans risque particulier, $<10^3$ UFC/L (risque faible), $> 10^3$ UFC/L (niveau d'alerte), $> 10^4$ UFC/L (niveau d'action renforcée) [20]. Appliqués aux patients à risque, ces seuils sont respectivement : <50 , entre 50 et 100 UFC/L, >100 UFC/L. En dehors de la communauté européenne, ces niveaux ne sont pas toujours les mêmes. Au Japon, seule la concentration des bactéries est prise en compte : niveau critique 10^4 UFC/L, mesures d'urgence : 10^6 UFC/L. Aux USA, pour le CDC (Center of Disease Control and prevention), c'est l'apparition de cas qui est le critère d'alerte et c'est l'entretien correct des installations qui constitue la mesure de fond. En Suisse, il existe par contre des recommandations basées sur les concentrations de bactéries dans l'eau (seuil d'alerte sérieuse : $>10^4$ UFC/L) et la proportion d'échantillons positifs ($>30\%$) [21]. La littérature étrangère nous apprend donc qu'il y a deux façons d'envisager un seuil : en termes de concentration ou de pourcentages d'analyses positives [22]. Une combinaison des deux méthodes est possible si l'on fixe non pas une valeur maximale isolée mais une valeur moyenne pour un certain nombre d'analyses sur une certaine durée. En l'absence de cas clinique, un pic même élevé ne serait pas considéré comme rédhibitoire si la moyenne des concentrations reste basse en raison d'un grand nombre de prélèvements négatifs pendant la même période.

2. Exemples de niveau de contamination

Le CSH indique dans ses recommandations pour la prévention des infections à *Legionella* [21] que les études environnementales montrent, en France, que les réseaux collectifs de distribution d'eau chaude hébergent ces bactéries dans 30 à 70% des cas, avec des concentrations oscillant entre 50 et 10^6 UFC/L. Plus de 20% des analyses réalisées dans les établissements de santé présentent des concentrations supérieures à 10^3 UFC/L.

Selon l'étude de Zietz *et al.* de 2001 [23] portant sur différents établissements publics en Allemagne, la détection de *Legionellaceae* a révélé que 63% des échantillons réalisés en hôpital étaient positifs en *Legionella pneumophila* avec une contamination allant de $4 \cdot 10^3$ à $7,8 \cdot 10^5$ UFC/L. Les sérogroupes isolés étaient de type 1, 4 et 6. Les températures de ces eaux prélevées s'étendaient de 36°C à 46°C .

L'étude menée par le groupe d'étude « Légionelles » du CCLIN de Paris-Nord [24], portant sur des établissements de santé de l'interrégion Nord, a permis d'obtenir des concentrations moyennes en légionelles dans l'eau de 82 établissements. Le tableau suivant donne les concentrations en légionelles en fonction des sites de prélèvements. Il est à noter qu'au niveau des points d'usage, c'est-à-dire les points de formation d'aérosol, le niveau moyen de concentration en légionelles est de $8 \cdot 10^4$ UFC/L. On retrouve dans quelques établissements jusqu'à 10^6 UFC/L et 32% des établissements ont une concentration en légionelles supérieures au niveau cible de 10^3 UFC/L.

Sites de prélèvement	Nb d'établissements	Extrêmes (UFC/L)	Moyenne (UFC/L)	Médiane (UFC/L)	% d'établissements : $>10^3$ UFC/L
Points d'usage d'ECS	65	0 à 10^6	$8 \cdot 10^4$	10^4	32%
Ballons de stockage	45	0 à 10^6	$14 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^3$	35%
Tours aéroréfrigérantes	10	0 à $5 \cdot 10^6$	-	-	-
Eau froide	14	0 à $2 \cdot 10^3$	-	-	-
Bains	2	50	-	-	-
Fontaines réfrigérantes	4	50 à $12 \cdot 10^4$	-	-	-

Tableau 4 : Concentrations en légionelles dans l'eau d'établissements de l'interrégion Nord

Selon Françoise Riou [25], le Laboratoire d'Hygiène de Paris a constaté une présence banale de légionelles dans les réseaux intérieurs de distribution des immeubles. 44% des échantillons se révèlent être supérieurs à 10^2 UFC/L. Les réseaux de distribution hospitaliers étant plus complexes et pouvant comporter de nombreux bras-morts, cette présence banale peut s'avérer inquiétante. Une étude réalisée au Québec auprès de l'ensemble des hôpitaux montre une eau chaude contaminée de façon ponctuelle dans 68% des hôpitaux et de façon importante (au moins un échantillon contaminé sur 3) dans 26% des établissements enquêtés [26]. Une autre étude réalisée sur l'ensemble des hôpitaux et maisons de retraite de la ville de Düsseldorf indique que 20% des échantillons étaient contaminés à un taux supérieur ou égal à 10^3 UFC/L [27].

Derangere *et al.* en 1997 [28] déplorent le manque d'expertise en France des réseaux intérieurs individuels de production et de distribution, ce qui engendre un manque de connaissance concernant la prévalence écologique des *Legionella* dans ces dispositifs. Pourtant la prévalence des *Legionella* et leur écologie ne sont pas beaucoup mieux connues dans les réseaux collectifs. On estime quand même la prévalence des légionelles dans ces réseaux à environ 37% sur la France entière et à environ 70% en région parisienne. Il est aussi mis en évidence le fait que la présence de légionelles en forte concentration n'est pas automatiquement associée à un épisode sporadique, endémique ou épidémique de légionellose. Mais il est quand même fréquent que les plus fortes concentrations en légionelles soient retrouvées dans des installations collectives car les circuits y sont complexes avec des zones de stagnation et des températures tièdes. La détection des légionelles dans l'eau n'est pas une condition suffisante pour une contamination systématique. D'autres facteurs sont nécessaires :

- concentration bactérienne élevée ;
- sensibilité des personnes exposées ;
- virulence des souches ;
- prédisposition du dispositif impliqué à générer des aérosols.

En Italie, une étude menée sur des douches de piscine par Leoni *et al.* en 2001 [29] a montré que sur 48 échantillons, 56 % étaient positifs à *Legionella spp.* et 39,6% à *Legionella pneumophila*. Ils en conclurent que la douche est un moyen d'être infecté par *L. pneumophila*. Ces eaux de douche étaient contaminées et mais pas toujours à des concentrations faibles. En effet, les concentrations pouvaient atteindre $1,9 \cdot 10^4$ UFC/L, particulièrement lorsque la température était inférieure à 43°C et lorsque des organismes compétiteurs étaient absents. De plus, un grand nombre d'espèces ont été isolées : *L. pneumophila* sérogroupes 1, 3, 4, 5, 6 et *Legionella micdadei* qui est aussi responsable de pneumopathies.

De 1993 à 1999, l'eau chaude du bâtiment principal du Centre Hospitalier d'Angoulême, distribuée par des canalisations en acier galvanisé, a été analysée [30]. Les recherches en légionelles montraient une colonisation en 1993 de 49,5% des points de puisage avec des taux supérieurs à 10^3 UFC/L pour 19% des prélèvements. Cette colonisation fréquente était due à l'étendue du réseau et à sa complexité mais aussi au maintien de températures trop basses, la moyenne se situant autour de 50°C.

Une étude de Bornstein de 1986 [31] montre que le taux moyen de contamination d'un bâtiment administratif en Lp1 était de 104 à 105 UFC/L. Il indiquait alors que les contaminations de réseau d'eau chaude étaient une source plus souvent impliquée en Europe dans les cas de légionellose que les systèmes de conditionnement d'air. De plus, il insistait sur l'importance des matériaux constituant les installations, comme le caoutchouc qui joue un rôle non négligeable dans la prolifération des *Legionella*. Ce fait est soutenu par l'étude du CHR d'Angoulême qui a vu son taux de légionelles diminuer grâce au remplacement de flexibles en caoutchouc par des flexibles en téflon [30].

Une autre étude de suivi de l'eau de distribution d'un hôpital investiguée par Liu *et al.* en 1993 [32] démontre que le niveau de contamination en légionelles est variable. Celui-ci peut aller jusqu'à 10^6 UFC/L et comprend majoritairement des *L. pneumophila* sérogruppe1. Une étude de Berthelot *et al.* datant de 1992-1994 [33] indique, quant à elle, que la contamination de l'eau potable d'un hôpital français pouvait atteindre 10^5 UFC/L dans les services médicaux et de soins intensifs.

Une étude de 48 établissements de santé de la région de Nova Scotia au Canada [34] a montré que 39% de ces établissements possédaient des légionelles dans leur réseau d'eau potable. Les hôpitaux positifs étaient plus anciens et possédaient un système de recirculation totale de leur eau. Une association positive a aussi été démontrée entre les prélèvements positifs et la taille des hôpitaux.

Enfin, M. Fourier, Ingénieur des Etudes Sanitaires à la DDASS 44, responsable du suivi légionelles dans son département, a effectué un suivi de la contamination en légionelles de plusieurs établissements de santé du département Loire Atlantique. Selon les données recueillies, la contamination d'un réseau sanitaire d'hôpital varierait entre $50 \cdot 10^3$ et 10^6 UFC/L de *Legionella pneumophila*. Ce taux pouvant encore être supérieur si l'eau est entartrante.

3. Discussion

On peut conclure de toutes ces études que le niveau moyen de contamination en légionelles dépend du type d'hôpital concerné, de son réseau, de l'entretien de ce réseau, des traitements secondaires appliqués et de la température moyenne de l'eau. Une contamination moyenne d'un établissement de santé est donc difficilement exprimable toutefois, il est important de noter que la concentration en légionelles de ces réseaux collectifs est fréquemment supérieure au niveau cible fixé par la directive (10^3 UFC/L).

Ci-dessous les tableaux récapitulatifs des contaminations en établissements de santé :

Référence	Lieu de prélèvement	Contamination (UFC/L)
CSH [21]	Réseau eau chaude	50 à 10^6
Zietz <i>et al.</i> [23]	Réseau eau hôpital	$4 \cdot 10^3$ à $7,8 \cdot 10^5$
CCLIN Paris-Nord [24]	Points d'usage ECS	$8 \cdot 10^4$
CCLIN Paris-Nord [24]	Ballons de stockage	jusqu'à 10^6
CCLIN Paris-Nord [24]	Tours aérorefrigérantes	jusqu'à $5 \cdot 10^6$
CCLIN Paris-Nord [24]	Eau froide	jusqu'à $2 \cdot 10^3$
CCLIN Paris-Nord [24]	Bains	50
CCLIN Paris-Nord [24]	Fontaines réfrigérantes	50 à $12 \cdot 10^4$
Leoni <i>et al.</i> [29]	Douches	jusqu'à $1,9 \cdot 10^4$
Sécher <i>et al.</i> [30]	19 %Points de puisage	$>10^3$
Bornstein <i>et al.</i> [31]	Réseau eau	De 10^4 à 10^5
Liu <i>et al.</i> [32]	Réseau eau	jusqu'à 10^6
Berthelot <i>et al.</i> [33]	Eau potable	jusqu'à 10^5
DDASS 44	Réseau eau	De $50 \cdot 10^3$ à 10^6
Denis <i>et al.</i> [55]	Douches	10^3

Tableau 5 : Contaminations en légionelles des établissements de santé

B. Etablissements thermaux

1. Généralités

L'eau utilisée en établissement thermal provient d'une source d'eau minérale naturelle dont toute exploitation est soumise à autorisation. Cette autorisation est subordonnée au respect de prescriptions [35] qui concernent :

- Les examens géologiques et hydrologiques au lieu de captage ;
- Les examens physiques, chimiques et physico-chimiques de l'eau et notamment ceux qui permettent sa caractérisation en eau minérale naturelle ;
- Les examens microbiologiques, qui visent à mettre en évidence l'absence de parasites et de microorganismes pathogènes, et de pollution témoin d'une contamination fécale ;
- Des examens cliniques et pharmacologiques.

La qualité de cette eau microbiologique est contrôlée aussi tout au long de la période d'ouverture de l'établissement thermal avec des fréquences variables selon le point de prélèvement et la durée d'ouverture selon la circulaire DGS 2000/336 [10]. La teneur en légionelles tolérées est très drastique, en effet, celle-ci doit être inférieure au seuil de détection, c'est-à-dire inférieure à 50 UFC/L.

Indépendamment du débat sur l'efficacité et le rôle thérapeutique du thermalisme, l'apparition d'incidents cliniques ont focalisés l'attention sur les risques liés à la présence d'agents pathogènes dans l'eau thermale. Ces événements apparaissent alors même que la réglementation concernant la qualité de l'eau thermale n'a cessé de se renforcer [36]. En effet, il convient de rappeler que l'eau thermale ne doit pas être traitée et que sa surveillance fait l'objet d'une réglementation précise, en constante évolution et comportant des recherches bactériennes globales (revivifiables à 22°C et à 37°C) marquant une contamination fécale (*E. coli*, Streptocoques fécaux, Staphylocoques), ou d'autres pathogènes comme les légionelles, avec nécessité de surveillance régulière tant à l'émergence qu'aux points d'usage.

La présence de légionelles est souvent mise en évidence dans les établissements thermaux aux points d'usage localisés à l'intérieur des établissements d'où la question de savoir si certaines ressources en eau minérale ne sont pas déjà contaminée au niveau du gisement [37]. L'arrêté du 20 juillet 1992 imposait une recherche annuelle des légionelles à l'émergence. La circulaire du 19 juin 2000 a porté cette fréquence à 3 à 4 fois par an. Les analyses sont effectuées par le laboratoire d'Hydrologie de l'AFSSA qui recensent alors toutes les données sur la contamination en légionelles des émergences d'établissement thermal. Ces données n'ont malheureusement pas été disponibles dans le temps imparti à cette étude.

La réglementation imposant un niveau 0 (c'est-à-dire inférieur au seuil de détection) pour les établissements thermaux, il est intéressant de se demander si ce niveau cible peut être réellement atteint. Pour cela, une étude de la DGS sur la mise en place de la circulaire 2002/243 a été menée. Les résultats ne sont à ce jour pas encore disponibles.

Quelques données bibliographiques permettent de se faire une idée sur le niveau contamination probable du réseau de distribution des établissements thermaux.

2. Exemples de niveau de contamination

L'observation de 5 cas de légionelloses, 3 dus à *L. pneumophila* sérotype 3 et 2 à *L. pneumophila* sérotype 1, chez des curistes et parmi le personnel soignant d'un établissement thermal français a amené l'équipe de Bornstein [38,39] à rechercher la présence de *Legionella* dans les eaux thermales. Les eaux thermale contrôlées sont des eaux chaudes (45-47°C) appartenant au groupe des eaux sulfurées calciques. Huit contrôles bactériologiques dont un en début et un en fin d'enquête ont été pratiqués en 9 sites représentatifs des installations thermales : sources (2), réservoirs (2), équipements des cabines de soins : pommeaux de douche (2), robinets (2), piscine (1). Ces contrôles bactériologiques ont révélé la présence de *Legionella* dans les eaux thermales à des concentrations de 10^3 à 10^5 UFC/L. Quinze espèces ou sérotypes différents sont identifiés : *L. pneumophila* sérotype 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, *L. dumoffii*, *L. gormanii*, *L. rubrilucens*, *L. erythra*, *L. anisa*, *L. oakridgensis*, avec une nette prédominance de *L. pneumophila* sérotype 3 et de *L. dumoffii*.

Une surveillance épidémiologique de la station thermale de Luchon a été réalisée durant la saison 1989 [40]. Des prélèvements effectués en début de saison thermale, c'est-à-dire avant l'ouverture de la station ont permis de mettre en évidence la présence de *L. pneumophila* à des concentrations de 5 à 25 UFC/L. Lors de pic épidémiologique, l'analyse de l'eau des postes de soins mettait en évidence la présence de *Legionella pneumophila* au niveau des nébulisations à une concentration faible de 40 UFC/L.

Pour surveiller les répercussions chez les curistes de la contamination d'un établissement thermal par *Legionella*, un réseau de surveillance des pneumopathies a été mis en place à Aix-les-Bains de 1990 à 1999 [41]. Des mesures de concentration en *Legionella* ont été effectuées au points d'usage, toutes espèces confondues. La figure suivante expose année par année le nombre de pneumopathies et de légionelloses qui en font partie signalées par le réseau de médecins thermaux et un indice de contamination de l'établissement thermal par *Legionella*.

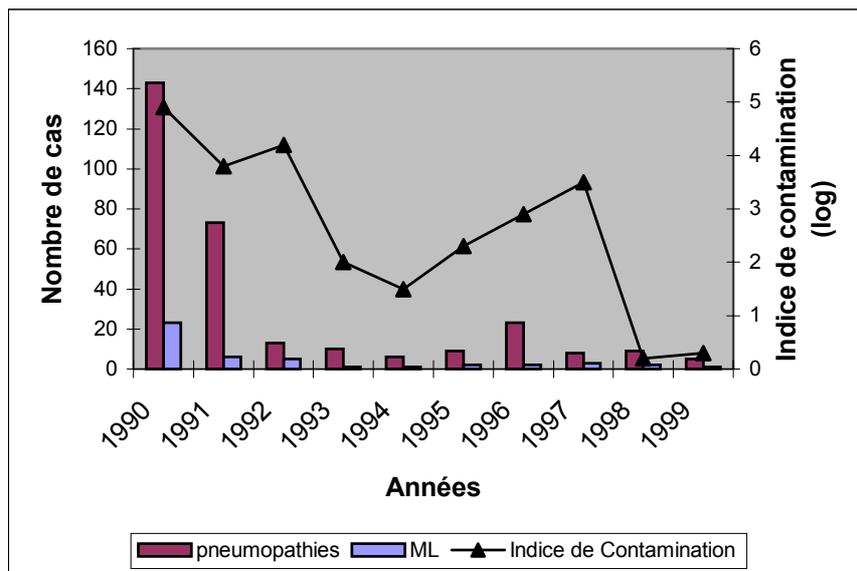


Figure 1 : Nombre de cas cliniques et indice de contamination (moyenne logarithmique des concentrations en *Legionella* aux points d'usage)

On observe sur ces 10 années de suivi de fortes variations de la contamination en *Legionella* allant de 20 UFC/L à 10^5 UFC/L. Mais il est à remarquer qu'il n'y a pas de parallélisme entre le taux de contamination et le nombre de cas cliniques observés. Cependant ces résultats sont à prendre avec précaution car le nombre d'analyses effectuées est très variable d'année en année. En effet, le nombre d'analyses aux points d'usage étaient de 26 en 1990, 13 en 1991, 35 en 1992, 48 en 1993, 110 en 1994, 66 en 1995, 340 en 1996, 279 en 1997, 395 en 1998, 444 en 1999.

Les recherches entreprises dans les thermes nationaux d'Aix-les-Bains par Morin et Fontvieille [42] ont deux objectifs : la détection des légionelles dans les ressources en eau de l'établissement et l'étude du développement des légionelles dans un réseau de distribution. La recherche sur l'émergence du forage Chevalley ainsi que sur les deux autres ressources précédemment s'est avérée négative (dans la limite de la sensibilité des méthodes utilisées). Ce résultat n'est pas pour autant une certitude sur la réelle absence de légionelles dans les eaux. Les expérimentations conduites sur l'eau froide ont montré que la proportion des légionelles est 500 fois plus grande dans les populations fixées (1,2%) que dans les populations en suspension (0,002%). Par ailleurs les légionelles en suspension ne représenteraient que 0,37% de l'ensemble des légionelles présentes. De plus, les légionelles ne représenteraient que 0,1 à 3% des bactéries viables.

Des échantillons d'eau thermale ont été prélevés dans le réseau de distribution et à différents endroits d'utilisation d'un établissement thermal autrichien [43]. 56,5% des échantillons contenaient *Legionella*. 61,5 % des échantillons provenant de l'émergence étaient positifs et contenaient de 0 à $2 \cdot 10^4$ UFC/L ; 87,5% de ceux provenant du réservoir ou du réseau étaient contaminés et contenaient de 0 à 10^3 UFC/L. 71,4% des échantillons provenant des points d'usage étaient eux aussi positifs. Les points d'usage concernés étaient :

- les salles de soins avec une contamination de 0 à $3,8 \cdot 10^3$ UFC/L ;
- les puits de consommation avec une contamination de 0 à 50 UFC/L ;
- les salles d'aérosolisation avec une contamination de 0 à $3,8 \cdot 10^3$ UFC/L.

De février à octobre 2000, des prélèvements de l'eau (115 échantillons collectés) de trois établissements thermaux italiens ont été effectués [44]. 34,8% des échantillons contenaient des légionelles et plus particulièrement *Legionella pneumophila*. Dans 55% d'échantillons positifs, le taux de légionelles dépassait les 10^4 UFC/L, alors que dans les 45% restant, ce taux variait de 100 à 10^4 UFC/L. Pourtant, l'eau thermale embouteillée et celle collectée dans des tanks stériles n'étaient pas contaminées par les légionelles. Tout semble démontrer que la multiplication des légionelles s'est effectuée dans le réseau intérieur des établissements thermaux. Dans l'eau thermale, les facteurs environnementaux que sont la température et la présence de microflore sont des facteurs favorisant le développement des légionelles.

Une analyses empirique du risque de contracter une infection à *Legionella* a été tentée aux Thermes nationaux d'Aix-les-Bains en présence de données épidémiologiques et bactériologiques recueillies pendant 10 ans (1990-99) [22]. Un indice de contamination annuel a été établi à partir de la moyenne logarithmique des concentrations de *L. pneumophila* aux points d'usage. Cet indice a varié entre 3,53 et 4,8 les trois premières années puis entre 0,10 et 3,32 les sept années suivantes. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau suivant :

Année	Nbre d'analyses	Nbre d'analyses positives à L. pneumo.	% analyses positives	Moyenne Log des concentrations (toutes analyses incluses)*	Moyenne Log des concentrations (analyse > 50 UFC/L)	% analyses > 10 ³ UFC/L
1990	26	23	88	3,01	3,41	46,1
1991	13	8	61	2,65	4,31	61,6
1992	35	28	80	3,65	4,57	80
1993	47	30	64	1,92	3,08	22,9
1994	110	64	58	1,62	2,78	19,4
1995	66	40	61	1,86	3,07	33,3
1996	340	290	85	2,70	3,16	50,2
1997	279	218	78	2,84	3,63	65,9
1998	420	28	7	0,17	2,51	1,1
1999	442	46	10	0,24	2,27	1,8

*Log[C]=0 si C<50 UFC/L

Tableau 6 : Résultats des analyses de *Legionella pneumophila* réalisées aux points d'usage des Thermes nationaux d'Aix-les-Bains

Il est à noter que la proportion d'analyses >50 UFC/L varie de 1990 à 1997 de 22% à 80%, ce qui est non négligeable. Par contre dès 1998, ce taux chute considérablement pour varier de 1 à 2%.

3. Suivi de l'application de la circulaire DGS du 19 juin 2000

Suite à la mise en place de cette circulaire, imposant un taux en légionelles inférieur au seuil de détection (<50 UFC/L), la DGS a effectué un suivi des contaminations en établissements thermaux. Les résultats sont exposés dans les tableaux suivants :

Résultats du suivi des établissements thermaux suite à l'application de la circulaire DGS du 19 juin 2000 :

	<50 UFC/L	50 à 99 UFC/L	de 100 à 999 UFC/L	de 1000 à 9999 UFC/L	>10000 UFC/L	Nbre de prélèvements
Nbre d'analyses	3759	81	130	37	31	4038
% d'analyses	93,1	2,0	3,2	0,9	0,8	100

Tableau 7 : Résultats des analyses de *Legionella sp.* sur 724 établissements thermaux (2001)

	<50 UFC/L	50 à 99 UFC/L	de 100 à 999 UFC/L	de 1000 à 9999 UFC/L	>10000 UFC/L	Nbre de prélèvements
Nbre d'analyses	3168	72	102	26	16	3384
% d'analyses	93,6	2,1	3,0	0,8	0,5	100

Tableau 8 : Résultats des analyses de *Legionella pneumophila* sur 540 établissements thermaux (2001)

On remarque que 93,1% des établissements thermaux ont un taux en *Legionella sp.* inférieur au seuil de détection c'est-à-dire qu'ils respectent la réglementation. C'est aussi le cas pour 93,6% des établissements en ce qui concerne *L. pneumophila*. Par contre, 1,7 % des établissements pour *L. sp* et 1,3% pour *Lp* ne respectent pas la réglementation. Ceci signifie que pour ces établissements, selon le CSHPF, le risque d'infection des curistes est potentiel.

4. Discussion

L'étude sur 10 années de Graber-Duvernay a échoué à mettre en évidence avec certitude des seuils dangereux de concentration de la bactérie tant les inconnues sont nombreuses touchant surtout à la virulence des germes [22].

Selon un rapport de l'association de recherche ECOMICTH [45], l'écologie des légionelles est extrêmement intéressante puisqu'elle fait entrer en jeu le biofilm global des populations microbiennes, les populations amibiennes libres et enfin les souches elles-même de légionelles qui ne colonisent pas toutes les mêmes réseaux. Cette association conseille de continuer l'acquisition de données pour comprendre pourquoi certains réseaux restent sains et pour savoir si l'origine doit être recherchée dans la qualité de la ressource ou uniquement dans la structure du réseau aval.

Ci-dessous les tableaux récapitulatifs des contaminations en établissements thermaux :

Référence	Lieu de prélèvement	Contamination (UFC/L)
Bornstein <i>et al.</i> [38]	Multiples	10^3 à 10^5
Verdeil <i>et al.</i> [58]	Réseau	5 à 25
Verdeil <i>et al.</i> [58]	Postes de soins	40
Graber-Duvernay [41]	Points d'usage	20 à 10^5
Verlag <i>et al.</i> [43]	Émergence	0 à $2 \cdot 10^4$
Verlag <i>et al.</i> [43]	Réservoir et réseau	0 à 10^3
Verlag <i>et al.</i> [43]	Salles de soins	0 à $3,8 \cdot 10^3$
Verlag <i>et al.</i> [43]	Puits de consommation	0 à 50

Référence	Lieu de prélèvement	Contamination (UFC/L)
Verlag <i>et al.</i> [43]	Salles d'aérosolisation	0 à 3,8 10 ³
Martinelli <i>et al.</i> [44]	Pour 55% des échantillons du réseau	>10 ⁴
Martinelli <i>et al.</i> [44]	Pour 45% des échantillons du réseau	10 ² à 10 ⁴
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1990	46,1% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1991	61,6% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1992	80% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1993	22,9% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1994	19,4% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1995	33,3% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1996	50,2% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1997	65,9% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1998	1,1% >10 ³
Graber-Duvernay [22]	Points d'usage en 1999	1,8% >10 ³
DGS	Multiples en L sp.	1,7% >10 ³ et 0,8% >10 ⁴
DGS	Multiples en Lp	1,3% >10 ³ et 0,5% >10 ⁴

Tableau 9 : Contaminations en légionelles des établissements thermaux

C. Conclusion

L'estimation d'une contamination moyenne des réseaux des établissements de santé comme des établissements thermaux est très difficile. D'une part car elle est fonction de la qualité de l'eau reçue qui peut avoir un impact même s'il est à modérer. D'autre part, car cette contamination est fonction du réseau lui-même : de son entretien, de sa constitution (angles morts, matériaux), de son utilisation (pression, température de l'eau). De plus, il est nécessaire que les prélèvements effectués soient issus d'un échantillonnage efficace et que les méthodes d'analyse de l'eau soient appropriées [46]. En effet, de ces deux conditions dépendent une correcte analyse des résultats. La sélection de l'échantillon doit se faire en fonction :

- des raisons du prélèvement;
- des conditions environnementales ;
- de la constitution du réseau et de l'utilisation de l'eau.

Il y a aussi d'autres limites à la recherche habituelle des légionelles :

- le fait que le milieu couramment utilisé : BCYe (Buffer Charcoal Yeast extract) est un milieu semi-sélectif qui pose problème lors de présence de flore compétitive et surtout, comme tout autre milieu, lorsque les légionelles sont sous forme viable non cultivable [28].
- le niveau de légionelles mesuré dans l'eau n'est peut être qu'une représentation ponctuelle fautive. En effet, les légionelles mesurées sont celles sous forme libres. Or, il a été démontré que la majorité des légionelles se retrouve dans le biofilm et qu'une grande partie peut se retrouver à l'intérieur de protozoaires comme les amibes où leur prolifération est favorisée.

Une dernière question se pose sur l'intérêt du niveau cible et d'un screening de routine. Certains sont en faveur d'actions uniquement lors d'apparition de cas épidémiologiques et préconisent plutôt la surveillance du réseau en continu, comme les CDC d'Atlanta. D'autres sont en faveur de la mise en place d'un niveau cible surveillé par screening de routine et d'un niveau d'alerte qui engendre la prise de mesures correctives [47]. Certains autres préfèrent laisser priorité à l'apparition d'un certain pourcentage de résultats positifs (niveau d'action = 30%). Enfin des derniers sont plus en faveur d'une combinaison de seuils de concentration ou de pourcentages d'analyses positives [22].

Aucune dose minimale infectante n'est connue concernant les légionelles, la seule donnée que l'on est que dans les cas où l'origine de la contamination probable a été retrouvée, il semble que l'eau contenait plus de 10^5 UFC/L [48].

III. PATHOGENICITE

Les souches de légionelles retrouvées dans les eaux chaudes sanitaires sont de différents types et chaque type est présent en proportions différentes. L'espèce prépondérante est tout de même *Legionella pneumophila* (Lp) qui est responsable des pneumopathies appelées légionelloses. Mais parmi ces Lp quelles sont les souches prépondérantes et surtout ces souches sont-elles toutes pathogènes ?

Selon Stou et Yu [49], la virulence serait fonction de la souche et seules quelques souches de *Legionella pneumophila* sont pathogènes. Les Lp représentent les espèces les plus pathogènes car elles sont retrouvées dans 90% des cas de légionellose et le sérotype 1 (Lp1) lui dans 80% de ces cas. Les *Legionella* sont ensuite suivies en terme de virulence par *L. micdadei*.

Une étude a été menée sur 508 patients du monde entier atteints de légionellose [50]. La distribution des espèces de légionelles et leur sérotype a été effectuée donnant les résultats suivants : 91,5% des souches étaient des *Legionella pneumophila* et en allant jusqu'au sérotype, 84,2% des souches étaient des Lp sérotype 1 (cf tableau).

Espèces de légionelles sérotype	Espèces (%)	Sérotype (%)
<i>L. pneumophila</i>	91,5	
1		84,2
6		1,7
5		1,3
4		1,0
3		1,0
7		0,6
2		0,4
8		0,4
13		0,4
Inconnu		0,6
<i>L. longbeachae</i>	3,9	
Inconnu		2,6
1		1,2
2		0,1
<i>L. bozemanii</i>	2,4	
Inconnu		2,0
1		0,2
2		0,2
<i>L. micdadei</i>	0,6	
<i>L. dumoffii</i>	0,6	
<i>L. teelei</i>	0,4	
<i>L. wadsworthii</i>	0,2	
<i>L. anisa</i>	0,2	
Espèces inconnues	0,2	
Total	100	

Tableau 10 : Tableau: Classification des espèces et sérotypes de *Legionella* isolées de patients atteints de pneumopathies

Aux Etats-Unis, une étude de la distribution des *Legionella* a été effectuée par les CDC en la comparant aux données de laboratoires de 11 états américains [51]. La prépondérance des *Legionella pneumophila* est retrouvée dans les deux cas, environ 80-85% des souches, chez

les patients atteints de pneumopathies. Le sérotype le plus fréquemment isolé est le sérotype 1 (49-52%) puis le sérotype 6 (8-12%).

Ces données sont confirmées en France par les données du Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire qui publie tous les ans les données correspondant aux légionelloses déclarées en France. Pour l'année 2000, *L. pneumophila* représentait 99,6% des cas diagnostiqués (776 cas sur 779), le sérotype 1 représentait 87 % des cas (675/779) [4].

L'espèce de *Legionella* qu'est *Legionella pneumophila* semble être l'espèce la plus retrouvée chez les patients atteints de légionellose, à plus de 80%. Parmi ces Lp, le sérotype 1 semble être celui le plus fréquemment retrouvé.

On peut donc choisir comme indicateur de pathogénicité l'espèce Lp1. Ainsi, pour évaluer le niveau de contamination en souches pathogènes des eaux sanitaires des 2 types d'établissement, il est possible de considérer leur niveau de contamination en *Legionella pneumophila* et plus précisément en Lp sérotype 1.

A. Etablissements de santé

Une étude de trois ans sur la détection d'antigène urinaire a porté sur 1243 cas de pneumonies dont 56 étaient des légionelloses [52]. Dans les pneumonies nosocomiales, 5,9% étaient des légionelloses. Les espèces en cause étaient *L. pneumophila* à 98% et *L. dumoffii* à 2%. La distribution des sérotypes était la suivante :

Lp1	80%
Lp4	7%
Lp5	4%
Lp6	7%

L'espèce *L. pneumophila* sérotype 1 semble donc aussi être l'espèce prédominante en milieu hospitalier [53, 14]. Le CSH indique dans ses recommandations de prévention des infections à *Legionella*, au sujet du pouvoir pathogène du type légionelle, que le risque est vraisemblablement supérieur en cas de contamination par une souche appartenant à *Legionella pneumophila* sérotype 1 [21].

Les CDC d'Atlanta ont recensé les souches isolées dans deux hôpitaux : un hôpital en Arizona entre 1987 et 1996 et un autre en Ohio entre 1989 et 1997 [54]. Les souches retrouvées en Arizona étaient des souches Lp1, Lp6 et *L. anisa*, isolées du système de distribution d'eau chaude. En Ohio, la souche Lp1 a été la seule isolée du système d'eau chaude sanitaire et cette souche était la même que celle isolée chez les patients atteints de légionelloses dans cet hôpital. Quant au niveau de contamination, aucune donnée n'est disponible. Il est seulement fait référence au fait que la colonisation est plus importante dans les grands hôpitaux avec des systèmes de distribution d'eau anciens et des eaux distribuées à faible température.

Les investigations environnementales effectuées lors du suivi, durant trois années, des légionelloses nosocomiales d'un hôpital de Saint-Etienne, ont révélé que toutes les souches isolées étaient de type Lp1 et que la contamination de l'eau pouvait atteindre des taux allant jusqu'à 10^5 UFC/L même dans les services recevant des personnes sensibles [33].

L. pneumophila séro groupe 1 est aussi isolée majoritairement dans le réseau d'eau chaude sanitaire d'un hôpital anglais lors du suivi des légionelles [33]. Le taux de contamination était variable mais pouvait atteindre 10^6 UFC/L.

Une étude du réseau d'eau chaude d'un hôpital a permis d'isoler la présence de Lp1 dans les robinets et les douches à un taux de 10^3 UFC/L [55].

La détection de *Legionellaceae* dans les réseaux d'eau chaude de plusieurs établissements a été réalisée par l'équipe de Zietz en Allemagne [23]. 63% des hôpitaux révélaient avoir des résultats positifs en légionelles dont le taux de contamination variait de $4 \cdot 10^3$ à $7,8 \cdot 10^5$ UFC/L. Les sérogroupes isolés étaient Lp1, Lp4 et Lp6.

Enfin, un rapport sur les risques infectieux à l'hôpital [19] montre que 68% des hôpitaux ont un réseau d'eau contaminé, cependant seuls 9% des prélèvements ont une concentration supérieure à 10^2 UFC/L. *L. pneumophila* est le plus souvent retrouvée, le séro groupe 1 étant le plus fréquent (22%) puis viennent les sérogroupes 3 (14%), 6 (16%) et 10 (18%). Plusieurs légionelles de groupes ou de sérogroupes différents peuvent coloniser un même réseau et des espèces différentes de légionelles peuvent être retrouvées d'un robinet à l'autre. On ne s'intéresse souvent qu'à Lp1 mais les autres *L. pneumophila* peuvent aussi être pathogènes tout comme d'autres espèces de légionelles et être retrouvées en milieu hospitalier.

B. Etablissements thermaux

Dix années de surveillance des légionelloses à Aix-les-Bains a permis un suivi de 408 500 curistes dont 46 ont été atteints de légionellose [41]. Le sérotypage effectué sur les urines de ces patients a permis de détecter la présence majoritaire de la souche Lp1 à 61% suivi par Lp3 (21%), Lp6 (13%), Lp12 (3%) et par *L. micdadei* (3%). L'espèce *L. pneumophila* séro groupe 1 est majoritairement retrouvée chez les curistes atteints de légionellose. Il est de même démontré que *L. pneumophila* et plus particulièrement Lp1 est majoritairement retrouvée dans les eaux thermales et que ces souches sont responsables de cas de légionelloses [56]. En effet, 80% environ des cas de légionelloses sont dus à Lp1 [57]. Lp1 est aussi prédominante en milieu thermal et peut être, ici aussi, considérée comme un indicateur de niveau de contamination en espèces pathogènes. Mais ce constat est à prendre avec précaution car dans certains suivis d'établissements thermaux, Lp1 n'est pas l'espèce prédominante. Par exemple, le suivi d'un établissement thermal [38] a mis en évidence la présence majoritaire de Lp3 et de *L. dumoffii* qui sont elles aussi des espèces pathogènes dont le taux pouvait aller de 10^3 à 10^5 UFC/L. Bien entendu Lp1 était aussi présente mais en moindre quantité.

Une contamination en *Legionella pneumophila* séro groupe 1 allant de 5 à 25 UFC/L au niveau du réseau a été mise en évidence pendant la surveillance de la station de Luchon en 1989 [58, 39]. Lp1 a été aussi retrouvée au niveau des nébulisations à un taux d'environ 40 UFC/L.

La détection de *Legionella pneumophila* dans trois établissements thermaux italiens a montré que 34,8% des échantillons en contenaient et que 30% des ces échantillons révélaient la présence de Lp1 plus précisément [44]. 55% des échantillons avaient un taux de contamination supérieur à 10^4 UFC/L et 45% avaient une concentration en Lp variant de 10^0 à 10^4 UFC/L.

Les analyses effectuées lors d'un suivi d'établissements thermaux autrichiens [43] sont positives en Lp1 pour 25,6% d'entre elles. Ces Lp1 sont retrouvées :

- à la source à des taux allant jusqu'à $2 \cdot 10^4$ UFC/L ;

- au niveau du réservoir et dans le réseau à des taux allant jusqu'à 10^3 UFC/L ;
- au niveau des salles de soins à des taux allant jusqu'à $3,8 \cdot 10^3$ UFC/L ;
- au niveau des puits de consommation, seule Lp1 est retrouvée à des concentrations allant jusqu'à 50 UFC/L.

C. Développement dans les protozoaires

Legionella pneumophila occupe une niche écologique à l'intérieur des réseaux d'eau potable avec des interrelations avec la microflore pour une symbiose nutritive et avec les sédiments pour leur survie [59].

La multiplication des légionelles dans l'eau n'est que partiellement comprise. Les légionelles ont aussi la capacité de se multiplier extra-cellulairement sur des milieux de culture contenant les éléments nutritifs appropriés, comme toutes les bactéries, mais aussi celle de se multiplier à l'intérieur de protozoaires usuellement trouvés dans les milieux aquatiques [60]. Mais cette capacité est perdue lorsqu'elles ne sont plus vivantes. Une étude a été menée dans un hôpital du Dakota (USA) suite à l'apparition de cas de légionelloses. Des amibes ont été isolées de 86 % des sites prélevés contenant des Lp1 alors que uniquement dans 36% des sites ne contenant pas de Lp1. Ces amibes retrouvées dans les réservoirs, comme dans les points d'usage semblent donc être un lieu privilégié de développement des légionelles et servent de réservoir à ces bactéries.

Selon une étude de Molmeret *et al.* [61] les bactéries se multipliant à l'intérieur des amibes subissent des modifications phénotypiques et expriment une résistance accrue aux antibiotiques et aux biocides comparativement à des souches cultivées sur un milieu conventionnel.

Cette même étude de Molmeret *et al.* suggère que les souches de *L. pneumophila* à sérotype 1 retrouvées fréquemment chez les patients dériveraient de souches de sérotype 3, qui sont quant à elles d'origine environnementale. Ceci suggère que l'antigène sérotype 1 serait plus adapté à l'infection humaine alors que celui spécifique du sérotype 3 lui serait adapté à l'environnement aquatique. Les souches de *L. pneumophila* pourraient développer des antigènes spécifiques ou exprimer des flagelles tout cela en réponse à des facteurs environnementaux. De même, une étude de Stout et Yu [49] démontre qu'une différence phénotypique existe entre les souches virulentes et les avirulentes : les souches virulentes possèderaient un flagelle. Et, cette virulence semble accrue lors de la multiplication de ces souches dans les amibes.

Enfin, Molmeret *et al.* relatent la plus forte multiplication dans des amibes de souches isolées de patients décédés de légionelloses alors que celles isolées de patients ayant recouvré la santé ne se multiplient pas du tout. Les souches les plus virulentes pour l'homme semblent donc être celles capables de développement dans les cellules mammaliennes et dans les amibes.

La culture de souche sur milieu conventionnel ne permet pas de détecter toutes les souches viables et ne permet pas non plus de distinguer les souches les plus virulentes. Molmeret *et al.* qui ont démontré la capacité de développement des souches virulentes dans les amibes ont aussi montré que l'analyse génétique des souches par fragment de restriction (RFLP ou RAPD) bien qu'elle permette une détection des souches viables non cultivables, ne permet pas celle des souches virulentes.

La virulence des souches de légionelles ne semblent pas être uniquement fonction de leurs caractéristiques génétiques ou de leur possible multiplication dans des protozoaires. Elle semble aussi être fonction de la température à laquelle elles se développent. En effet, selon Mauchline *et al.* [62], leur virulence serait réversiblement modulable en fonction de la température. La virulence d'une souche s'exprime sur des cochons d'inde infectés lorsque les légionelles sont cultivées à 37°C mais par lorsqu'elles le sont à 24°C.

Enfin, certains facteurs influençant l'infectiosité et la virulence des légionelles ont été identifiés expérimentalement. Ils sont propres à la bactérie, à l'hôte ou sont liés à l'environnement. Ils comportent notamment l'aptitude de certaines légionelles à sécréter une phospholipase qui altère le surfactant alvéolaire, la capacité à adhérer aux membranes cellulaires grâce à leur lipopolysaccharide de surface [63, 64]. La faculté qu'ont certaines souches de persister et de se multiplier dans les macrophages de l'hôte semble être toutefois le principal déterminant de la virulence [65, 66]. Elle serait liée à la production de toxines qui bloquent l'activité métabolique des cellules de défense et favorisée par la présence d'une protéine nommée Mip [66].

Il est intéressant de se baser sur les espèces Lp1 pour caractériser la pathogénicité des légionelles contenues dans les réseaux d'eau chaude mais une même espèce de légionelles, voire un même sérotype, peut avoir des différences de virulence [31]. La présence de souches pathogènes, quelque en soit le niveau, n'implique pas pour autant la présence de cas de légionellose [67]. Ceci limite l'intérêt de connaître le niveau de contamination en Lp1 d'un réseau d'ECS. D'ailleurs, très peu de données sont disponibles à ce sujet aussi bien dans la littérature que auprès des professionnels du secteur. De plus, les souches virulentes semblent être sélectionnées par leur capacité à se développer dans les protozoaires. La virulence des souches de légionelles semble aussi pouvoir s'accroître par la multiplication dans ces organismes. Les protozoaires sont un lieu de développement privilégié des légionelles. La quantité de légionelles libres mesurées lors d'analyses peut alors n'avoir aucune commune mesure avec la quantité de légionelles qui peuvent être relâchées lors de la lyse de ces protozoaires. Les taux obtenus par analyses sont donc à interpréter avec précaution car :

- ils ne prennent en compte que les légionelles libres ;
- les formes viables non cultivables ne sont elles non plus pas comptabilisées.

C'est pourquoi, il est aussi important dans la mesure de l'exposition de connaître les caractéristiques des personnes exposées que de connaître le niveau de contamination du réseau d'ECS.

IV. AEROSOLS

La voie d'exposition mise en cause dans les infections à *Legionella pneumophila* est la voie respiratoire. Le réservoir bactérien est principalement hydrique et le mode de transmission le plus souvent évoqué est l'inhalation d'eau contaminée, diffusée en aérosols [30]. Différents soins peuvent être à l'origine de la diffusion d'aérosols en milieu hospitalier ou en milieu thermal.

L'infectiosité des aérosols est quant à elle liée à différents paramètres [68] :

- les caractéristiques de ces aérosols, dont la taille des gouttelettes ;
- la concentration en légionelles ;
- la survie des *Legionella* dans ces aérosols qui est fonction : de l'humidité relative, de la présence de particules stabilisatrices, de la souche en cause (Lp1 aurait une plus forte survie) ;
- mais aussi la sensibilité des personnes s'exposant.

A. Les soins producteurs d'aérosols

1. Exposition en milieu hospitalier

Les pratiques exposantes regroupent [69] :

- Essentiellement, les pratiques d'hygiène corporelle :
 - durée d'exposition : quelques minutes par jour pendant la durée de l'hospitalisation (dépend de la validité du patient) ;
 - niveau d'exposition et mode d'exposition :
 - douche : 30-35L à 60-70L d'eau sont utilisés. Les patients qui ne sont pas à haut risque utilisent l'eau chaude sanitaire ; pour les patients à haut risque, la douche doit se faire à partir d'eau bactériologiquement maîtrisée;
 - douche antiseptique préopératoire : 2 douches avec shampoing de 12 mn environ (la veille au soir et le matin d'une intervention) avec savons antiseptiques moussants dont le rinçage nécessite une forte exposition à l'eau. La douche préopératoire se fait avec de l'eau pour soins standards ;
 - bain : le bain n'expose pas au même risque de formation d'aérosols que la douche;
 - toilette au lavabo : projections ou aérosols créés autour du robinet (rares cas de légionellose nosocomiale chez des personnes n'ayant pas pris de douche au cours de leur hospitalisation) ; elle se fait à partir d'eau pour soins standards, ou

a partir d'eau bactériologiquement maîtrisée pour les patients immunodéprimés ou brûlés;

- toilette au lit : pratique supposée «à bas risque». Les protocoles peuvent différer d'un service à l'autre. La toilette au lit est réalisée au minimum une fois par jour, elle nécessite l'utilisation de bassines et d'eau chaude, se fait au gant et s'accompagne d'un shampoing (broc pour verser l'eau chaude et bassine de réception) ; les bains de bouche et lavages de dents réalisés au lit se font toujours à l'eau froide (eau à usage alimentaire) ; les soins de bouche post chirurgicaux utilisent de l'eau pour soins standards ou de l'eau pour irrigation.

Certaines pratiques pourraient également être considérées comme étant «à risque »:

- le lavage de dents ou le bain de bouche à l'eau chaude ;
- l'ingestion d'une boisson préparée avec de l'eau chaude (café, thé...);
- le rafraîchissement de l'eau de boisson par des glaçons. Cette glace non alimentaire est fabriquée à partir d'eau pour soins standards et est destinée à la préparation des vessies de glace. Ces glaçons sont à proscrire pour un usage alimentaire.

L'existence d'une éventuelle contamination des brumisateurs d'eau minérale naturelle apportés à l'hôpital par les patients n'est pas connue et pourrait être suspectée.

- fréquence de l'exposition : hypothèse d'une toilette par jour.

➤ Plus rarement, l'exposition à des dispositifs médicaux ayant été en contact avec de l'eau chaude sanitaire contaminée par des légionelles:

- canules de trachéotomie : le protocole d'entretien au quotidien d'une canule réutilisable acrylique ou argent comprend l'immersion de la canule souillée dans une solution de détergent-désinfectant, suivie d'un brossage, d'un rinçage soigneux à l'eau du robinet, puis d'une immersion de la canule lavée dans du désinfectant pendant 20 minutes, avec rinçage abondant à l'eau stérile et enfin séchage;
- lames de laryngoscope : préférer le matériel à usage unique (en raison du risque suspecté de contracter la maladie de Creutzfeldt-Jacob) plutôt que le matériel stérile. Dans tous les cas, le contact avec de l'eau chaude sanitaire est à proscrire ;
- sondes naso-gastriques : elles sont à usage unique et ne doivent jamais être en contact avec de l'eau du réseau ;
- humidificateurs, nébulisateurs, aérosols, sondes et tuyaux d'aspiration trachéale, ventilation assistée : l'utilisation d'eau potable malheureusement encore trop fréquente doit être bannie. Tous ces matériels ne doivent être en contact qu'avec de l'eau pour irrigation (eau stérile), ou du sérum physiologique (aérosol), dans un contenant stérile à autoclaver (humidificateur). Les masques peuvent être lavés à l'eau potable (pour le même patient) mais doivent être soigneusement séchés avant usage ;
- endoscope bronchique : le rinçage terminal doit utiliser de l'eau bactériologiquement maîtrisée ou de l'eau pour irrigation (eau stérile).

Les principaux soins à risque, pour un patient lambda, semblent être les simples soins d'hygiène corporelle. Les pommeaux de douches comme les brise-jets de robinet sont les principaux générateurs d'aérosols [70].

2. les pratiques exposantes en milieu thermal

Les techniques thermales [69] regroupent les soins internes et les soins externes, à base d'eau minérale naturelle:

- soins externes:
 - piscine ou bains collectifs (couloir de marche, piscine de mobilisation...);
 - bains ;
 - douches ou jets (faible pression, forte pression, avec ou sans effet ORL indirect).

- soins internes:
 - buvette (cure de boisson) ;
 - soins spécifiques en fonction de l'organe cible (vaginaux, anaux, intestinaux, buccaux, ORL).

Ces soins ont été classés en catégories de risque sanitaire par l'arrêté du 19 juin 2000 :

- soins en contact direct avec les muqueuses respiratoires ou susceptibles de provoquer un contact avec les muqueuses oculaires et respiratoires,
- soins en contact avec les autres muqueuses internes et ingestion d'eau minérale naturelle,
- soins externes individuels (bains, douches) ou collectifs (couloir de marche...).

Les soins « à risque » de légionellose (avec aérosols chauds et mise en contact direct avec le système respiratoire) sont :

- soins externes :
 - bain bouillonnant (34-37°C avec bulles d'air) ;
 - bain hydromassant (idem avec cycles de jets sous-marins) ;
 - douche sous-marine (idem avec massage par jets de puissance réglable) ;
 - douche à affusion (le curiste est allongé sous une rampe de jets filiformes d'eau chaude) ;
 - douche circulaire ou manteau (plusieurs embouts arrosoir sont disposés autour du patient : effets directs cutanés et effets profonds (reins, foie...)) ;

- douche filiforme (jets très fins à grande vitesse pour le décapage de lésions cutanées) ;
 - douche au jet ;
 - douche pénétrante ;
 - douche sous immersion en piscine ;
 - douche de vapeur ;
 - jet sous-marin.
- hydrothérapie interne:
- humage, aérosol, pulvérisation (pénétration variable des gouttelettes d'eau thermale en fonction de leur taille aux différents niveaux de l'appareil respiratoire) utilisés de façon individuelle ou collective (inhalation collective) ;
 - aérosol manosonique (surpression d'air + aérosols d'eau thermale au niveau des fosses nasales) ;
 - bain nasal , irrigation nasale ;
 - douche pharyngienne (jets filiformes de puissance réglable vers les amygdales, le pharynx) ;
 - irrigation bucco-dentaire ;
 - lavage des sinus.

Les curistes sont exposés aux aérosols lors de différents soins externes comme internes. Mais, selon le président de la CNET, médecin thermal, les curistes sont exposés constamment aux aérosols, que ce soient lors des soins spécifiques particuliers ou communs, ou lors des activités annexes aux soins que sont les baignades et les séjours en bains à remous.

B. Caractéristiques des aérosols

La pénétration des aérosols jusqu'aux voies pulmonaires et donc celle des légionelles transportées par ces aérosols semblent être fonction de la taille des gouttelettes constituant ces aérosols. L'apparition de légionellose se fait lorsque les voies aériennes profondes sont infectées. Pour pouvoir atteindre les poumons et plus précisément les alvéoles pulmonaires, les particules constituant les aérosols doivent posséder un diamètre inférieur à 5 μ m [68, 71]. En effet, les particules de diamètre supérieur sont retenues dans les voies aériennes supérieures.

Le rôle des aérosols et, en particulier l'importance du diamètre des gouttelettes pénétrant dans l'arbre pulmonaire, est démontré par l'étude de deux cas exposés lors de maintenance sur une même tour aéroréfrigérante. Cette étude de Girod *et al.* [72] a démontré que l'un des cas avait été atteint d'une légionellose alors que l'autre individu n'a eu qu'une fièvre de Pontiac. En effet, le premier a été exposé à des aérosols produits lorsque les ventilateurs

fonctionnaient. Girod *et al* constatent que les seuls facteurs contribuant à cette différence de manifestations cliniques ne pouvaient être que :

- une différence de statut immunitaire ;
- une différence de taille de l'inoculum ;
- une différence de taille des particules inhalées.

C'est cette dernière hypothèse qui a été considérée comme celle ayant la plus grande part dans cette différence. En effet, la ventilation permet une augmentation de l'aérosolisation. De plus, Girod *et al* rappellent que seules les gouttelettes de diamètre inférieur à 6µm peuvent atteindre les voies aériennes terminales et les alvéoles. Ceci a aussi été démontré par des études chez les animaux qui lors d'inhalation de petites particules développent une pneumopathie alors que l'inhalation de plus grandes particules ne le permet pas.

Selon Guichard *et al.* [73], les particules inhalées seraient arrêtées ou non en fonction de leur taille par les filtres nasal et buccal. Au delà de 40 µm, la plus grande partie des particules qui se présentent restent dans la bouche, mais au dessous de 5 µm, pratiquement tout passe et se présente à la trachée. Le filtre nasal se montre lui très efficace au-delà de 15 µm et à 5 µm le rendement est toujours de 48 à 60%. De plus, Guichard *et al.* ont établi une courbe de fixation en fonction de la taille des particules. En abscisse, on trouve le diamètre exprimé en micromètre et en ordonnée le pourcentage des particules du diamètre correspondant qui sont fixées par rapport à celles qui sont inhalées (annexe 1). La première courbe décrit le dépôt dans l'ensemble des voies respiratoires alors que la seconde correspond à la fixation spécifique dans l'arbre broncho-pulmonaire.

Lors du trajet des bulles dans l'eau d'un bain à remous thérapeutique, Baron et Willeke démontrent [74] que ces bulles collectent à leur surface les bactéries et autres éléments présents dans l'eau. Ceci engendrerait un enrichissement de 10 à 50 fois en bactéries des bulles aérosolisées. La bactérie *Legionella* a un diamètre de 0,3 à 0,9 µm et une longueur d'environ 2 µm. Ceci permet à Baron et Willeke d'estimer la taille d'une gouttelette d'aérosol pouvant contenir de telles bactéries à au minimum 2 µm de diamètre. Cette étude a permis de visualiser la fraction de gouttelettes pouvant atteindre les régions spécifiques du tractus respiratoire en fonction de leur diamètre ce qui confirme le fait que les particules de diamètre inférieur à 7 µm sont celles atteignant les alvéoles pulmonaires (annexe 2).

La stabilité des gouttelettes d'aérosols est aussi importante à prendre en compte. Selon Baron et Willeke [74], cette stabilité dépend de la température et de l'humidité de l'environnement dans lequel se développe cet aérosol. Lorsque l'humidité relative serait d'environ 100%, les gouttelettes garderaient sensiblement le même diamètre alors qu'elles s'évaporeraient lorsque cette humidité relative diminuerait.

Ainsi, Guichard *et al.* [73] démontre que les aérosols évolueraient dans le temps et que les gouttelettes les composant ne garderaient pas une taille immuable durant tout leur parcours.

Leur taille et leur survie est fonction de l'humidité relative, comme l'indique le tableau suivant :

Diamètre en microns	Temps en seconde		
	Cas 20°C et 100% d'humidité relative	Cas 20°C et 80% d'humidité relative	Cas 20°C et 50% d'humidité relative
80	Evaporation négligeable	33,7	9,5
60		19,2	5,4
40	4496	8,7	2,4
20	562	2,4	0,6
10	70	0,6	0,2
2	0,6	Evaporation instantanée	

Tableau 11 : Evaporation d'une gouttelette d'eau dans une atmosphère à 20°C dont l'humidité relative varie

Selon Guichard *et al.* [75], les aérosols qui sont inhalés par les curistes sont de trois types, dont l'évolution au cours du temps diffère :

- aérosols de noyaux solides constitués du résidu sec de l'eau thermale (électroaérosols) ;
- gouttelettes d'eau thermale à l'équilibre (salles d'inhalation) ;
- gouttelettes d'eau en cours d'évaporation (cas général de la sortie des pulvérisateurs pneumatiques).

La vitesse de sédimentation des gouttelettes est aussi un facteur à prendre en compte. Cette vitesse de chute est fonction de la gravité et de la taille des gouttelettes. Selon Baron et Willeke [74], une gouttelette de 5 µm de diamètre à une vitesse de sédimentation de 0,08 cm/sec alors qu'une gouttelette de 10 µm sédimente à une vitesse de 0,3 cm/sec. Pourtant, selon Bovallius *et al.* [76], l'influence de la sédimentation pour les particules de diamètre inférieur à 10 µm, c'est-à-dire pour celles nous intéressant ici, n'empêche pas un transport sur longue distance de ces particules.

Ainsi, la distance à laquelle se propage les aérosols est aussi un facteur important. Selon Bovallius *et al.*, la distance de propagation des aérosols peut être très longue comme le démontre l'exemple de résidu de sel retrouvé à des kilomètres des côtes océaniques. Une particule de 1 µm de diamètre pourrait être transportée à 170 km et une de 5 µm à 7 km de son lieu d'aérosolisation. Voici un exemple de l'étude de la distance, en mètres, parcourue par des bactéries aérosolisées :

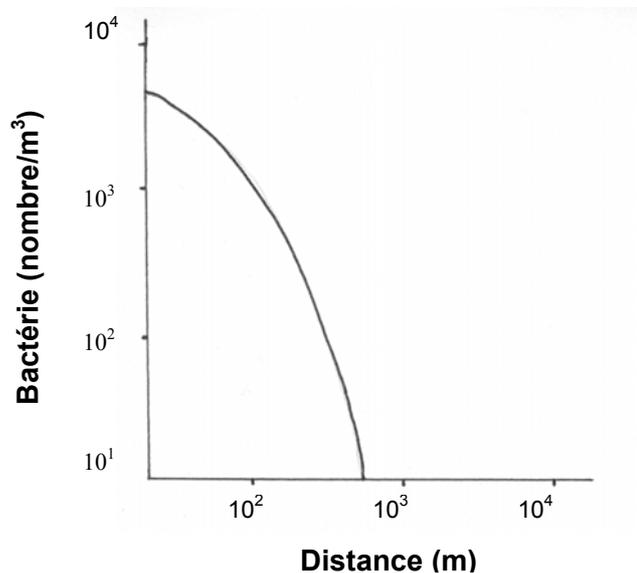


Figure 2 : Variation de la concentration en particules aérosolisées en fonction de la distance
 (temps de réduction décimale = 1 min ; vitesse de sédimentation = 0,16 cm/s)

Pourtant, Bhopal *et al.* [77] démontrent que les aérosols infectieux sont transportés sur de plus courte distance, quelques centaines de mètres environ. Cette différence provient peut-être du fait que Bhopal *et al.* tiennent compte du caractère infectieux des bactéries transportées alors que Bovallius *et al.* ne prennent en compte que la bactérie viable. Or, les légionelles sont des bactéries pathogènes donc relativement sensibles et sont celles prises en considération dans l'étude de Bhopal *et al.* alors que Bovallius *et al.* ne parlent pas des légionelles en particulier. La survie des légionelles dans les aérosols est donc aussi primordiale dans l'étude des aérosols et sera traitée ultérieurement.

Enfin, l'étude de Baron et Willeke [74] sur les aérosols générés par un bain à remous thérapeutique montre que non seulement les caractéristiques de l'aérosol sont importantes mais celles de sa formation et de la distance à laquelle on se trouve de ces aérosols le sont tout autant. Ainsi, ils démontrent que la quantité d'aérosols formés dépend de l'activité du bain à remous et de sa température. La quantité d'aérosols est aussi significativement moindre à 35 cm de hauteur du bain qu'à 13 cm.

C. Notions de concentration en légionelles à proximité des générateurs d'aérosols

En 1984, Dennis *et al.* [55] ont analysé l'eau des douches d'un établissement dont le réseau était contaminé par *Legionella pneumophila*. L'étude de la contamination du réseau a mis en évidence une concentration en *L. pneumophila*, au niveau des robinets et des douches, de 10^3 UFC/L. Des échantillons d'air ont été collectés dans la pièce avant la mise en route de la douche, dans les premières 15 minutes de douche à 3 jours d'intervalle et entre 15 et 30 min de fonctionnement de la douche le 1^{er} jour. La température de la pièce était de 15°C avant la douche et de 27°C après 15 minutes. L'humidité relative quant à elle variait de 55% avant la douche à 100% après. Les résultats sont les suivants :

1 ^{er} jour	Avant le fonctionnement de la douche	0 UFC/m ³
	dans les 15 ^{èmes} min	0,27 UFC/m ³
	entre 15 et 30 min	0 UFC/m ³
2 ^{ème} jour	dans les 15 ^{èmes} min	0,40 UFC/m ³
3 ^{ème} jour	dans les 15 ^{èmes} min	0 UFC/m ³

Les aérosols créés par les douches semblent donc être de potentielles sources d'infection, surtout dans les premières minutes d'exposition, pour les personnes y étant exposées lorsque le réseau sanitaire d'eau chaude est contaminé. Dennis *et al.* précise qu'aucun cas de légionellose n'est apparu dans cet établissement et suppose que cela est dû au taux relativement faible de contamination du réseau.

Breiman *et al.* [60] en 1990, réalisent des prélèvements d'air aux abords de douches grâce à un impacteur durant 10 minutes. Les prélèvements réalisés avec le pommeau de douche existant révèlent une contamination de l'ordre de 190 UFC/m³ et ceux effectués avec un pommeau neuf : 60 UFC/m³. Aucune contamination n'est cependant décelée dans les prélèvements d'air effectués 30 minutes avant la mise en marche de la douche.

L'étude menée par Bollin *et al.* [71] en 1985, a porté sur la mesure de la contamination par échantillonnage d'air des douches et des robinets générant des aérosols. L'eau du réseau était contaminée en *Legionella pneumophila* à des taux supérieurs à $2 \cdot 10^5$ UFC/L. Les résultats obtenus sur les aérosols produits par les douches sont de 6 UFC/m³ et de 3,5 UFC/m³. En ce qui concerne les robinets, les résultats sont de : 4,6 UFC/m³, 7 UFC/m³, 11,6 UFC/m³, 2,5 UFC/m³, 7 UFC/m³ et de 3,5 UFC/m³. Les robinets, comme les douches, sont générateurs d'aérosols contaminés qui présentent des concentrations en légionelles comparables.

Woo *et al.* [78] en 1992, ont réalisé une étude sur la transmission des légionelloses par les équipements respiratoires et les appareils générant des aérosols. Leur recherche sur les nébulisateurs a démontré que ceux-ci produisaient des gouttelettes de taille respirable (<5 µm) et contenant *Legionella pneumophila* à partir du moment où l'eau contenue dans ces nébulisateurs était contaminée à un taux de $5 \cdot 10^5$ UFC/L. Quant à leur recherche sur des pommeaux de douche [101], elle a révélée une contamination allant de 3 à 300 UFC/L.

Zingesser *et al.*, en 1990 [56], ont aussi effectué des mesures de contamination des aérosols générés par des bains à remous. Les mesures ont été effectuées grâce à un impacteur placé à 60 cm du spa durant 10 minutes. *Legionella pneumophila* sérotype 1 a été retrouvée dans 22% des échantillons lorsque le spa était en fonctionnement et dans 78% des échantillons

lorsque celui-ci ne fonctionnait pas. Aucune donnée de niveau de contamination n'est fournie. Il est simplement à remarquer ici que contrairement à tous les autres résultats, Lp est retrouvée plus fréquemment quand le spa ne fonctionne pas. Il aurait été intéressant de connaître les niveaux de contamination en Lp lors des phases de fonctionnement du spa.

Selon O'Brien et Bhopal [79], la dose infectante nécessaire à l'organisme pour produire la maladie chez l'homme n'est pas déterminable. L'expérimentation chez l'animal suggère de fortes doses (dose infectante pour animaux : environ 14 millions d'organisme) [80, 81, 79], ce qui est corroboré par le fait qu'aucune transmission interhumaine n'existe. Pourtant seules de faibles concentrations semblent être émises par les systèmes d'eau et des preuves épidémiologiques démontrent que l'infection peut apparaître alors que la source d'aérosol n'est pas à proximité. La difficulté d'application des méthodes d'échantillonnage est peut être à mettre en cause mais quoi qu'il en soit, ces échantillonnages révèlent de faible concentration en *Legionella pneumophila* dans l'air. O'Brien et Bhopal parlent de concentration en Lp dans les aérosols des douches de l'ordre de 190 UFC/m³. Les faibles taux de contamination trouvés peuvent aussi être le fait de problèmes techniques similaires à ceux retrouvés lors de mesure de contamination de l'eau : problème de milieu plus ou moins sélectif, problème de détection des bactéries viables non cultivables. En effet, les méthodes de prélèvements d'air sont difficiles à réaliser et manquent de précision et d'exactitude. Pour cela, il serait préférable de privilégier des méthodes directes de détection des bactéries aériennes (biologie moléculaire) qui donneraient une énumération précise des *Legionella pneumophila* afin de pouvoir prédire une infection par exposition de bactéries aéroportées.

De plus, d'autres scientifiques, comme Dennis *et al.* [55], démontrent qu'il faudrait 227 minutes de respiration de l'air d'une douche produisant un aérosol contaminé pour inhaler 1 cellule bactérienne. Au vu des analyses bactériologiques de l'air et des expérimentations animales, aucun cas de légionellose chez l'homme ne devrait être observé. Donc il y a un réel problème de contradiction entre les preuves animales, les mesures de contamination et les preuves épidémiologiques. C'est ceci qui amène O'Brien et Bhopal à parler de dose infectante paradoxale.

Les résultats d'analyse d'air en terme de contamination en *Legionella pneumophila* sont résumés dans le tableau suivant :

Référence	Lieu de prélèvement	Contamination (UFC/m ³)
Dennis <i>et al.</i> [55]	douches	0,27
Dennis <i>et al.</i> [55]	douches	0,40
Breiman <i>et al.</i> [32]	douches	190
Breiman <i>et al.</i> [32]	douches	60
Bollin <i>et al.</i> [71]	douches	6
Bollin <i>et al.</i> [71]	douches	3,5
O'Brien et Bhopal [79]	douches	190
Bollin <i>et al.</i> [71]	robinets	4,6
Bollin <i>et al.</i> [71]	robinets	7
Bollin <i>et al.</i> [71]	robinets	11,6
Bollin <i>et al.</i> [71]	robinets	2,5
Bollin <i>et al.</i> [71]	robinets	7
Bollin <i>et al.</i> [71]	robinets	3,5

Tableau 12 : Concentrations en légionelles mesurées dans l'air

D. Survie des légionelles dans les aérosols

Selon Bovallius *et al.* [76], la survie des bactéries dans un aérosol est fonction de différents facteurs :

le type de microorganisme. Or les légionelles sont des bactéries pathogènes donc relativement sensibles ;

- les conditions de croissance de ce microorganisme ;
- les conditions de dispersion ;
- le milieu de croissance ;
- la présence d'ultraviolets ;
- la température ;
- l'humidité relative ;
- la protection physiques par d'autres microorganismes ;
- la poussière.

Toujours selon Bovallius *et al.*, les bactéries pathogènes ont un temps de réduction décimale plus court que les autres bactéries, qui seraient de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes.

Selon Hambleton *et al.* [82], *Legionella pneumophila* a une stabilité d'environ deux heures sur milieu CYE agar (Charcoal Yeast Extract) à différentes humidités. La meilleure stabilité est obtenue à 65% d'humidité relative. Elle diminue quand l'humidité augmente (90%) ou décroît (30%). La capacité des légionelles aérosolisées à causer des maladies dépend donc des conditions atmosphériques dont l'humidité relative semble la plus importante pour Hambleton *et al.* mais aussi la pression partielle en oxygène et la température. La faible tenue dans une atmosphère à 30% d'humidité relative serait due à la toxicité de l'oxygène pour les bactéries. Mais la survie des légionelles est aussi fonction pour les mêmes auteurs des méthodes d'échantillonnage et des milieux utilisés.

Selon Heidelberg *et al.* [83], la plupart des bactéries aérosolisées restent viables au moins quatre heures après aérosolisation et peut être même plus longtemps.

Selon Dennis *et al.* [84], ce sont les souches les plus virulentes qui survivent le mieux. 28% d'entre elles survivent après 30 minutes et 4,6% après 2 heures. Les souches isolées de patients survivraient aussi plus longtemps que les souches environnementales ce qui laisse présumer que les patients sont infectés par les souches les plus virulentes. Les souches de Lp sérotype 1, qui sont les plus communément associées avec la maladie, survivent mieux dans les aérosols que d'autres souches. La survie dans les aérosols serait alors un important facteur de leur virulence. Enfin, Dennis *et al.* ont déterminé qu'une meilleure survie des légionelles aérosolisées était constatée à une température de 20°C et à une humidité relative de 60%.

La survie des légionelles dans les aérosols est donc fonction des conditions environnementales mais aussi de la souche elle-même.

E. Modélisation d'exposition d'un sujet adulte à *Legionella pneumophila*

1. Lors d'utilisation de douches

Pour l'exposition par l'eau des douches, nous considérerons les informations regroupées par Ambroise [85] et fournies par l'EPA [86] sur les habitudes de la population concernant la douche. La fréquence des douches, nommée F_{douche} par Ambroise, est sensiblement quotidienne, le nombre de douches prises chaque jour suivrait une distribution exponentielle de pente 1,03. La durée quotidienne passée sous la douche suivrait, quant à elle, une distribution Normale de moyenne 10 minutes et de 95^{ème} percentile 35 minutes.

Comme le montre les points précédents, la contamination de l'eau par *Legionella pneumophila* a fait l'objet d'assez nombreuses études, principalement par des techniques de culture, à l'occasion d'épisodes endémiques ou dans le cadre de surveillances de routine. Les résultats publiés sont toutefois hétérogènes dans leur présentation : certains travaux rapportent en effet la fréquence de contamination des échantillons, appelée $F_{\text{éch}}$ par Ambroise, lors de prélèvements répétés à un ou plusieurs points d'eau au sein d'une même structure, d'autres la fréquence de contamination des réseaux des établissements pris dans leur globalité, appelée $F_{\text{rés}}$ par Ambroise. Pour pouvoir être exposé, selon Ambroise, un sujet doit prendre sa douche dans une structure contaminée et l'échantillon d'eau qu'il prélève pour sa douche doit aussi être contaminé. Ces deux conditions ne sont probablement pas indépendantes. Cependant, pour cette première approche Ambroise l'admet. Il considère aussi que $F_{\text{rés}}$ et $F_{\text{éch}}$ reflètent respectivement la probabilité que la structure et que l'échantillon d'eau nécessaire à la douche soient contaminés. La fréquence d'exposition des sujets, appelée F_{exp} , peut alors être obtenue par :

$$F_{\text{exp}} = F_{\text{douche}} \times F_{\text{éch}} \times F_{\text{rés}}$$

Selon Ambroise, la fréquence de contamination des réseaux ($F_{\text{rés}}$) varie de 0 à 0,75, avec une moyenne à 0,32. Celle des échantillons d'eau ($F_{\text{éch}}$) varie de 0 à 0,85, avec une moyenne à 0,50.

2. Lors d'exposition à un aérosol

Dans une situation d'exposition à un aérosol contaminé par un agent, selon Ambroise [85], c'est à dire lorsqu'il existe une source « active » à proximité du sujet, tous les mouvements inspiratoires de la personne exposée ne donnent pas obligatoirement lieu à l'inhalation d'agents, ceci en raison de la dispersion hétérogène de l'aérosol et de l'altération possible de l'état des agents lors de cette dispersion. En inspirant, le sujet effectue « un échantillonnage » de l'air ambiant. Pour l'eau, dans le cadre de prélèvements d'échantillons, l'hypothèse la plus souvent admise est que la présence des agents dans un échantillon est gouvernée par une loi de Poisson. Retenons cette hypothèse aussi pour le domaine de l'aérobiocontamination et considérons comme échantillon le volume d'air V , correspondant à une inhalation, que nous

considérons comme étant constant d'un cycle respiratoire à un autre. Si X est une variable caractérisant le nombre d'échantillons contenant des agents pendant une période de temps donné Δt , alors selon Bouyer [87], on a :

$$\Pr(X=k) = e^{-\lambda}(\lambda^k/k !)$$

k représente les valeurs possibles de X . λ est une constante représentant le nombre moyen d'échantillons contaminés.

On a :

$$\lambda = N_{\Delta t} \times O$$

$N_{\Delta t}$ est le nombre total de cycles respiratoires pendant la période Δt et O est l'occurrence de la contamination dans l'air, c'est-à-dire la proportion d'échantillons positifs parmi l'ensemble des échantillons possibles.

Lorsque λ est grand (> 20), l'approximation de la Loi de poisson par une Loi Normale permet de considérer que X suit une loi Normale de moyenne λ et de variance λ [87]. Or, cette approximation est souvent possible car le nombre d'échantillons (d'inspirations) $N_{\Delta t}$ est grand, même pour des durées d'exposition limitée.

La dose d'agents inhalée en une inspiration contenant des agents (D_1) est égale à :

$$D_1 = C_{\text{air}} \times V_1$$

Où C_{air} représente la concentration en agents dans l'air inhalé et V_1 le volume d'air inhalé en une inspiration.

La dose inhalée pendant une période Δt lorsque la source est active D_{inh} est obtenue par :

$$D_{\text{inh}} = D_1 \times X = (C_{\text{air}} \times V_1) \times X$$

V_1 dépend du débit respiratoire (Q_r) et de la fréquence respiratoire (F). On obtient alors :

$$D_{\text{inh}} = C_{\text{air}} \times (Q_r/F) \times X$$

La part de la dose inhalée qui est effectivement retenue dans le tractus respiratoire dépend de la granulométrie de l'aérosol. Il n'entrait pas dans les objectifs du travail d'Ambroise d'étudier ce paramètre de façon détaillée. Il considèrera donc pour les calculs que, comme dans le cas des études chez l'animal, 50% de la dose inhalée D_{inh} est retenue dans l'arbre trachéo-bronchique et est donc susceptible d'exercer une action infectante. La dose efficace (D_{eff}) est donc estimée par :

$$D_{\text{eff}} = D_{\text{inh}} \times 0,5$$

D'où :

$$D_{\text{eff}} = C_{\text{air}} \times (Q_r / F) \times X \times 0,5$$

Avec :

- Δt : durée pendant laquelle la source est active : est ici supposée active durant toute l'exposition ;
- Q_r : débit respiratoire : selon l'EPA pour les adultes le débit respiratoire est de 0,5 m³/h pour une activité sédentaire en position assise ;

- F : fréquence respiratoire : elle est voisine, selon l'EPA, de 12 cycles par minute pour l'activité sédentaire et de 17 cycles par minute pour une activité physique légère ;
- $N_{\Delta t}$: nombre de cycles respiratoires : est défini par $F \times \Delta t$;
- O : Occurrence de la contamination dans l'air, c'est-à-dire la proportion d'échantillons positifs parmi l'ensemble des échantillons possibles. Elle est inconnue mais peut être estimée, selon Ambroise, en réalisant des prélèvements successifs du volume choisi si l'on connaît la sensibilité des techniques de mesure. Ambroise a estimé que dans le cas des douches, O suit une distribution triangulaire de valeur minimale 0,3, la plus vraisemblable 0,66 et maximale 1 ;
- C_{air} : concentration dans l'air : d'après les informations fournies dans les études disponibles, quelques soient les milieux étudiés, il ne semble pas exister de lien, selon Ambroise, entre la concentration dans l'eau et celle mesurée dans l'air. Selon le tableau (p7), les valeurs de C_{air} varient de 0,27 à 190 UFC/m³. Les valeurs de C_{air} qui doivent être introduites dans les calculs devraient s'étendre sur cette gamme de valeurs.

F. Conclusion

Les études portant sur la recherche des légionelles en routine ou lors de suivi endémique démontrent que la principale source de contamination de l'homme est l'inhalation d'aérosol contaminé. Selon les études fournies, les valeurs de contamination s'étendent de 0,27 à 190 UFC/m³. Cependant, il est difficile d'estimer le niveau de contamination de ces aérosols car :

- il ne semble pas exister de lien entre la concentration dans l'eau et celle mesurée dans l'air ;
- les méthodes d'analyse de la contamination de l'air sont techniquement difficiles à réaliser ;
- les résultats obtenus sont difficilement interprétables du fait de la probable présence de bactéries viables non cultivables.
- et de plus, selon Breiman et al. [88], les méthodes d'impaction pourraient être à l'origine de la destruction des bactéries.

D'autres auteurs comme Yu *et al.* [89] considèrent que l'inhalation d'aérosols contaminés n'est pas la seule voie de contamination. L'aspiration est selon eux un mode de contamination à prendre en compte :

- lors de pose de sonde endotrachéale ;
- lors de lavage gastrique ;
- lors de l'introduction de tube nasogastrique ;
- et lors de gargarisme.

D'autres auteurs sont eux à la recherche d'autres sources de génération d'aérosols et pensent que les comprimés effervescents préparés à base d'eau contaminée pourraient générer des aérosols contenant des légionelles [90].

V. POPULATION EXPOSEE

Pour l'année 2001, 807 fiches de déclaration obligatoire correspondant aux critères de déclaration ont été enregistrées à l'InVS. L'incidence en France métropolitaine de la légionellose était en 2001 de 1,35 cas pour 100 000 habitants. L'évolution de la maladie était connue pour 69% de la totalité des cas (558/807) et la létalité était de 19%. Dans tous ces cas, un ou plusieurs facteurs favorisant ont été retrouvés [14]. Les facteurs à risque favorisant la contraction de la légionellose seront développés en première partie. Ensuite, les caractéristiques des populations des établissements de santé et thermaux seront détaillées.

A. Facteurs de risque

L'étude des cas déclarés en l'an 2000 montre que dans 71% des cas, les personnes atteintes présentaient au moins un facteur prédisposant [15]. Ces facteurs de risque sont :

- les cancers ;
- les hémopathies ;
- l'altération des défenses immunitaires : traitement immunosuppresseur, corticothérapie, chimiothérapie anti-cancéreuse, radiothérapie, immunodépression [19] ;
- le diabète ;
- le tabac ;
- les broncho-pneumopathies chroniques ;
- l'alcool ;
- l'âge ;
- les interventions chirurgicales [49, 25] ;
- le sexe masculin.

La proportion de ces facteurs, parmi les cas de légionellose, est reportée dans le tableau suivant [14] :

	1998		1999		2000		2001	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Facteurs favorisants(*)								
Cancer/hémopathie	46	12	68	16	81	13	90	11
Corticoïdes/immunosup.	47	12	31	7	78	13	98	12
Diabète	25	7	39	9	67	11	78	10
Tabagisme	149	39	182	41	244	40	349	40
autres	60	16	88	20	128	21	170	22
Au moins un facteur	241	63	301	68	436	72	557	69

(*) non mutuellement exclusif

Tableau 13 : Facteurs favorisants parmi les cas de légionellose déclarés, France, 1998-2001

On remarque que, depuis 1998, les caractéristiques des cas sont semblables. Le tabagisme semble être le facteur le plus souvent reporté (environ 40% des cas). En 2001, le tabagisme a été reporté comme unique facteur favorisant dans 24% des cas.

En ce qui concerne le facteur à risque « âge », on remarque que la maladie des légionnaires peut s'observer à tout âge y compris chez les enfants. Mais le taux d'incidence est quand même différent en fonction de l'âge[14], comme le montre le graphique suivant :

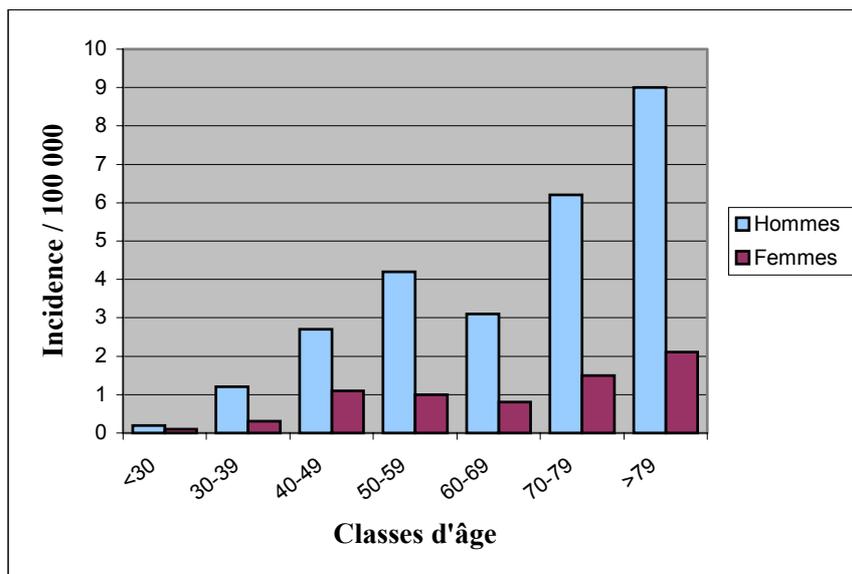


Figure 3 : Taux d'incidence de la légionellose par classes d'âge, France , 2001

Le tableau suivant présente l'âge médian des cas de légionellose de 1998 à 2001 [12, 13, 4, 3, 14] :

Année	Age médian	Extrêmes
2001	59 ans	de 16 à 97 ans
2000	58 ans	de 17 à 98 ans
1999	57 ans	de 18 à 96 ans
1998	55 ans	de 4 à 93 ans

Tableau 14 : Age médian des cas de légionellose de 1998 à 2001, France

Le facteur « sexe » est aussi associé à la maladie. Comme le montre le graphique précédent, les hommes sont plus souvent atteints que les femmes, environ 2,5 fois plus. Les sex ratios entre 1998 et 2001 sont les suivants [12, 13, 4, 3, 14] :

Année	Sex ratio H/F
2001	3,1
2000	3,1
1999	2,8
1998	3,4

Tableau 15 : Sex ratio des cas de légionellose de 1998 à 2001, France

En ce qui concerne l'état immunitaire diminué, c'est-à-dire l'immunodépression, ce facteur est d'autant plus à prendre en compte, selon Riou [25], pour les souches autres que Lp1. C'est-à-dire qu'une personne immunodéprimée à plus de risque d'attraper une légionellose suite à l'infection par d'autres souches que *Legionella pneumophila* sérogroupe 1.

Ambroise dans son étude [85] explique que les sujets sont souvent appariés sur les facteurs de sensibilité, ce qui empêche de déterminer l'importance de ces facteurs dans la survenue de la maladie. Il démontre que quand ces facteurs de risque sont étudiés, ils ne sont pas toujours liés à un excès de risque. Ambroise a déterminé d'après une étude sur une importante épidémie survenue aux Pays-Bas que le tabagisme, l'âge et le sexe, dans une population lambda, constituent les seuls facteurs de sensibilité liés significativement à la maladie, avec les odds ratio suivants : 1,1 pour l'âge (IC [1,0-1,1]), 2,1 pour le sexe masculin (IC [1,0-4,5]), 6,0 pour le tabagisme (IC [2,4-15,1]). L'existence d'une pathologie sous-jacente apparaît comme un facteur de risque possible en analyse univariée mais plus après ajustement sur les autres facteurs.

Ainsi, selon Ambroise, si la probabilité d'infection d'un sujet non sensible est P_{inf} , celle d'un sujet âgé sera : $P_{inf} \times 1,1$. Pour les expositions à plusieurs facteurs de risque : un sujet âgé et fumeur aura une probabilité d'infection : $P_{inf} \times (1,1+6,0)$ soit $P_{inf} \times 6,1$.

Un exemple de cas de légionellose lié à des tours aéroréfrigérantes d'un hôpital démontre l'importance de ces facteurs de risque [91]. L'âge moyen des personnes atteintes étaient de 53 ans (extrêmes 29 à 80 ans). L'état sanitaire des personnes a été ordonné selon un risque croissant d'acquérir une légionellose :

Etat sanitaire	Caractéristiques
1	Non fumeur en bonne santé (n'ayant jamais fumé ou ayant arrêté depuis un an)
2	Fumeur sain
3	Atteint de maladie chronique non immunosuppressive (obstruction pulmonaire chronique, problème cardiaque, diabète, insuffisance rénale)
4	Atteint de maladie immunosuppressive ou subissant une thérapie immunosuppressive (SIDA, cancer, dialyse rénale, médication immunosuppressive)

65 patients étaient atteints de pneumopathies nosocomiales dont 22 avaient des sécrétions pulmonaires positives à *Legionella*. Le classement de ces 22 personnes atteintes de légionellose était le suivant, en fonction des catégories :

Etat sanitaire	%
1	14
2	59
3	27
4	0

On remarque donc ici aussi, que plus de 80% des patients atteints de légionellose présentaient au moins un facteur de risque et que le facteur de risque prédominant (pour 59% des patients atteints) était le tabagisme.

Enfin, selon Girard *et al.* [92], les patients présentent de plus en plus de facteurs de risque et leur interrogation est de savoir s'il sera possible, dans l'avenir, de continuer à réduire les infections nosocomiales comme les légionelloses.

B. Quelques notions du type de population fréquentant les deux types d'établissement

La majorité des cas de légionellose décrits dans les collectivités le sont car [28] :

- les acteurs de santé y sont sensibilisés ;
- les sujets fragilisés sont regroupés dans ces collectivités ;
- une démarche d'analyses est entreprise lors de l'apparition de cas ;
- ces collectivités ont à leur disposition des moyens bactériologiques et sérologiques de détection des légionelles.

1. Etablissements de santé

La population nous intéressant en établissement de santé est celle représentée par tout individu lambda se rendant dans un service d'hôpital, considéré comme un service « normal », pour se faire soigner. L'état de santé général de cet individu n'a pas conditionné son entrée à l'hôpital mais une quelconque affection du type : appendicite, fracture ... Il s'agit donc de connaître l'état de santé de cet individu qui ne peut être retrouvé grâce aux données d'entrée des patients à l'hôpital. On appliquera donc les données valables pour la population France entière à cette population lambda en terme d'âge, de sexe et de statut immunitaire.

La distribution de la population française par groupe d'âge est la suivante, selon le Bulletin Mensuel de Statistique de l'Insee [93] :

	Moins de 20 ans (%)	20 à 59 ans (%)	60 ans et plus (%)	Age moyen* (années)
1980	30,6	52,4	17,0	35,7
1990	27,8	53,2	19,0	36,9
1995	26,1	53,8	20,1	37,8
2000	25,6	53,8	20,6	38,7

* au 1^{er} janvier

Tableau 16 : Population par groupe d'âge (Insee, 2002)

La répartition de la population française, par sexe et par âge, est, elle, donnée par les résultats du recensement de 1999. La population est répartie comme suit dans le tableau et le graphique suivants :

Ages en tranches	Sexe				Total	
	Hommes	%	Femmes	%		
0-19 ans	7 358 257	25,9	7 023 183	23,3	14 381 440	24,6
20-39 ans	8 228 417	29,0	8 239 323	27,4	16 467 740	28,1
40-59 ans	7 548 685	26,6	7 644 696	25,4	15 193 381	26,0
60-74 ans	3 672 160	12,9	4 301 056	14,3	7 973 216	13,6
75 ans et plus	1 611 900	5,7	2 893 011	9,6	4 504 911	7,7
Total	28 419 419	100	30 101 269	100	58 520 688	100

Tableau 17 : Population française par sexe et par âge en 1999 (Insee)

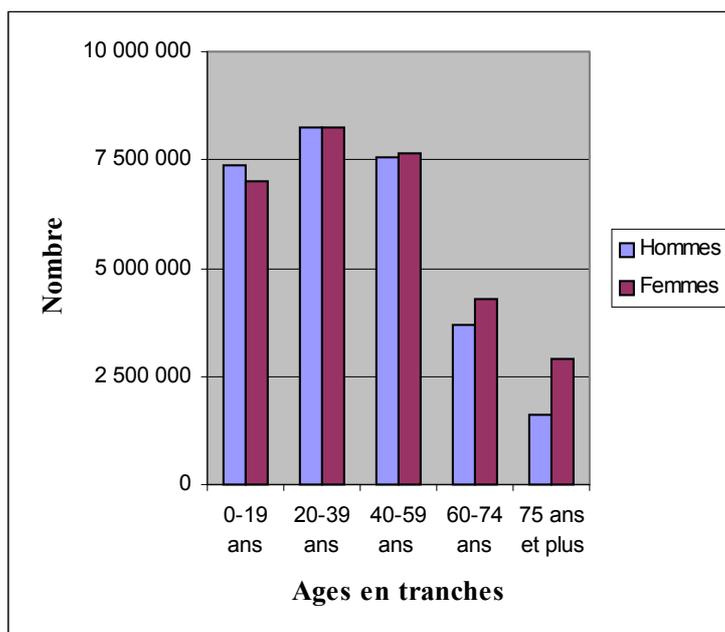


Figure 4 : Population française par sexe et par âge en 1999 (Insee)

Selon Buchanan en 2000 [94], on peut évaluer l'effet présumé de l'âge sur la fréquence des individus immunodéprimés (graphique suivant). On remarquera que plus les individus sont âgés plus leur état immunitaire se dégrade. Plus de 65% des individus immunodéprimés ont plus de 65 ans.

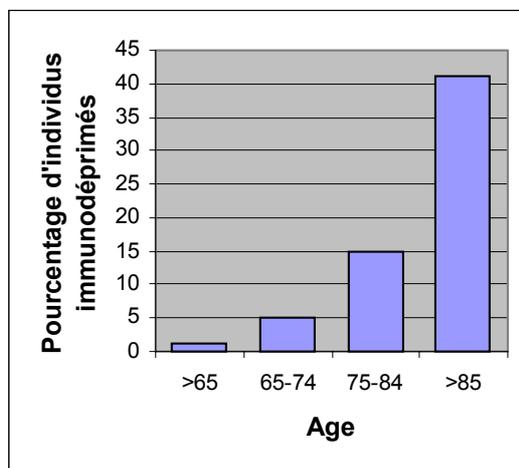


Figure 5 : Effet présumé de l'âge sur la fréquence des individus immunodéprimés

Il est relativement difficile d'évaluer l'état immunitaire de la population française. Une approche peut être faite en considérant l'état général de la santé des français et en extrayant les données relatives aux affections immunodéprimantes.

Dans les facteurs de risque recensés plus haut, on a noté que l'alcoolisme et surtout le tabagisme étaient des facteurs importants. Selon Com-Ruelle en 1992 [95], un jour moyen de l'année, 13 % des patients présents en hospitalisation complète souffrent d'alcoolisme. Environ 3% de ces personnes sont hospitalisées pour alcoolisme et 10 % pour un autre motif. En ce qui concerne le tabagisme, 16% des hospitalisés présentent un facteur de risque tabagique. Le tableau suivant nous donne le taux d'hospitalisés sur 100 hospitalisés et le taux d'hospitalisés sur 10 000 résidents d'individus à risque tabagique en fonction de leur sexe et de leur âge [95] :

Tranche d'âge	Hommes		Femmes		Ensemble	
	% hospitalisés	Pour 10 000 résidents	% hospitalisés	Pour 10 000 résidents	% hospitalisés	Pour 10 000 résidents
0-1	8,6	6,0	-	-	4,4	3,1
2-15	4,4	1,0	1,9	0,4	3,2	0,7
16-24	11,7	4,0	6,5	2,2	9,2	3,1
25-39	35,6	15,6	15,5	8,2	24,6	11,9
40-64	41,2	33,1	10,0	6,0	27,8	19,4
65-79	28,4	51,3	2,5	4,6	13,6	24,6
80 et +	23,3	100,6	1,3	7,4	6,9	36,6
Ensemble	29,5	21,4	5,2	4,8	15,7	12,9

Tableau 18 : Taux d'hospitalisés à risque tabagique, France, 1992

Selon Auvray et al. en 2001 [96], le tabagisme est important, en particulier dans les milieux défavorisés. Presque 27% des personnes de plus de 15 ans déclarent fumer, 45% n'ont jamais fumé, 24% ont fumé mais ne fument plus et 4% disent ne pas fumer sans autre précision. 32% des hommes et 21% des femmes de plus de 15 ans fument de façon habituelle.

Les principales causes de mortalité sont, en France, parmi les facteurs de risque [97, 98] :

	Hommes (%)	Femmes (%)	Ensemble (%)
Tumeurs	32,6	22,5	27,7
Alcoolisme	3,0	1,2	2,1
Maladies respiratoires	8,0	8,2	8,1
SIDA	0,3	0,1	0,2

Tableau 19 : Principales causes de décès selon le sexe en 1998, France

Selon Com-Ruelle [99], en 1992, parmi les types d'entrée nous intéressant au sein des facteurs de risque, leur prévalence parmi les malades hospitalisés et au sein de la population française était la suivante :

Type de motif d'entrée	Hommes			Femmes			Ensemble		
	Nbre de patients concernés	Prévalence en		Nbre de patients concernés	Prévalence en		Nbre de patients concernés	Prévalence en	
		% parmi hommes hospitalisés	/ 10 000 hommes résidant en France		% parmi femmes hospitalisées	/ 10 000 femmes résidant en France		% parmi malades hospitalisés	/ 10 000 personnes résidant en France
Maladies infectieuses parasitaires	4 062	2,01	1,46	2 576	1,03	0,94	6 818	1,45	1,19
Tumeurs	9 566	4,73	3,43	8 474	3,17	2,89	18 040	3,84	3,15
Maladies endocrino nutri, mtabol, troub immuni	5 993	3,00	2,15	11 446	4,30	3,90	17 441	3,71	3,05
Mal du sang et organes hématopoiétiques	3 263	1,61	1,17	3 569	1,34	1,22	6 832	1,46	1,19
Mal appareil respiratoire	12 539	6,20	4,50	9 189	3,44	3,13	21 728	4,63	3,80

Tableau 20 : Prévalence des motifs d'entrée en hospitalisation parmi les malades hospitalisés et au sein de la population résidant en France selon le type de motifs et le sexe des patients, France, 1992

Une autre étude de la santé en France, elle publiée en 2000 [100], nous montre les principales affections de longue durée selon l'âge et le sexe en 1998, parmi lesquelles les affections nous intéressant ont été extraites dans le tableau suivant :

Age	Affections	Hommes (% des motifs d'admission)	Femmes (%des motifs d'admission)
15-44 ans	Diabète	9,1	8,6
	Déficit immunitaire primitif ou acquis	6,0	2,9
	Insuffisance respiratoire chronique	2,8	3,9
	Tumeur du sein	-	7,6
45-74 ans	Diabète	16,3	17,1
	Insuffisance respiratoire chronique	4,1	3,3
	Tumeur du sein	-	15,1
	Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	4,9	-
	Tumeur du colon-rectum	3,2	3,3
	Tumeur de la prostate	5,3	-
75 ans et plus	Diabète	7,3	7,8
	Insuffisance respiratoire chronique	4,4	2,7
	Tumeur du sein	-	5,7
	Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	3,6	-
	Tumeur du colon-rectum	4,5	3,9
	Tumeur de la prostate	10,5	-

Tableau 21 : Principales affections de longue durée pour le régime général selon l'âge et le sexe, France, 1998

Les données concernant le statut immunitaire de la population résidant en France sont assez éparses mais permettent d'avoir un ordre d'idée de la proportion d'individus, présentant des facteurs de risque, qui entrent à l'hôpital.

Buchanan *et al.* [94], dans leur évaluation du risque microbiologique ont évalué l'effet supposé du statut immunitaire sur les taux de mortalité et de morbidité. Les résultats de cette étude sont présentés dans le graphique suivant :

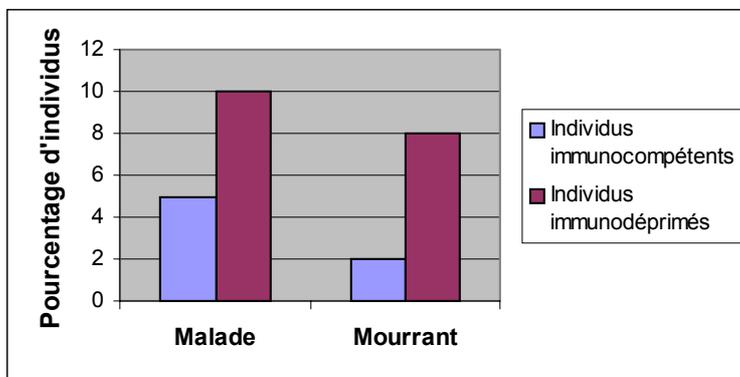


Figure 6 : Effet supposé du statut immunitaire sur les taux de mortalité et de morbidité

La population fréquentant les établissements thermaux est à peu près connue grâce aux données nationales en terme d'âge et de sexe . Par contre, les données sont plus confuses en ce qui concerne l'état de santé des patients quand cet état n'est pas le reflet de leur motif d'hospitalisation.

2. Etablissements thermaux

Les curistes sont exposés aux aérosols que ce soient lors de soins à des postes individuels ou dans les salles d'inhalation collective [75].

La fréquentation des établissements thermaux est connue en terme de nombre de curistes mais pas de façon détaillée. Le CNET a déterminé que la fréquentation en 2002 était de 547 070 curistes assurés sociaux, c'est-à-dire ayant suivi une cure de 18 jours remboursée par la Sécurité Sociale (cf. annexe 3).

Un aperçu du type de population fréquentant les établissements thermaux a pu être obtenu en terme d'âge et de sexe. Ceci grâce à l'aimable participation de directeurs d'établissements qui ont bien voulu révéler les fréquentations de leurs thermes (cf. annexe 4). La moyenne d'âge des individus fréquentant ces établissements est comprise entre 48 et 63 ans. La majorité des curistes se trouvent dans les tranches d'âge 60-79 ans. La moyenne d'âge des hommes est de 57 ans environ et celle des femmes 59 ans. 58,2% en moyenne de ces curistes sont des femmes et 41,8% des hommes.

En ce qui concerne le statut immunitaire des curistes, aucune donnée n'est disponible.

Les données concernant les populations exposées sont multiples et éparses. Le type de population fréquentant les services « normaux » des hôpitaux, c'est-à-dire en excluant les patients dits à risque, est à peu près connu grâce aux données nationales. Par contre, en ce qui concerne les curistes, il est nécessaire d'envisager des enquêtes complémentaires afin de connaître ce type de population que ce soit en terme d'âge, de sexe ou de statut sanitaire.

CONCLUSION

Les données recensées ici, que ce soient en terme de contamination, de caractéristiques des aérosols ou de population exposée permettraient d'entamer une modélisation de l'exposition aux légionelles dans les établissements de santé et les établissements thermaux. Par exemple, en suivant l'exemple d'Ambroise, il est possible d'établir les premières équations de modélisation de l'exposition, mais le nombre d'hypothèses reste faramineux. Dès lors, si ces hypothèses ne sont pas solides ou, si elles ne sont bien explicitées, une modélisation perd tout son intérêt. Ici, les données de contamination sont foisonnantes mais jamais très homogènes ou cohérentes. Ceci d'autant plus que, quelque fois, malgré le fort niveau de contamination d'un réseau, aucun cas de légionellose n'est constaté. Ceci peut tout d'abord être le fait de la grande variabilité des populations exposées en terme de sensibilité. Les facteurs de risque sont nombreux et combinés. Ensuite, la notion d'identification d'un cas est aussi très importante et ambiguë. En effet, une légionellose n'est pas une pneumopathie qui possède des symptômes spécifiques. Un médecin peut alors passer à côté du diagnostic.

La possibilité d'une modélisation de l'exposition aux légionelles semble incertaine au vue du manque de données, surtout en ce qui concerne les aérosols et les populations exposées. Il serait nécessaire de réaliser une étude très poussée, effectuée sur les établissements de la France entière, afin de recenser : tous les niveaux de contamination en Lp, en Lp1 ; les populations exposées et leurs caractéristiques ; les caractéristiques des générateurs d'aérosols et celles des aérosols générés. Une telle étude est impensable et probablement inutile. Il semble donc plus raisonnable de fonctionner en terme de prévention et de suivi des réseaux d'eau chaude sanitaire et des émergences comme le préconise les CDC d'Atlanta. Mais, dans ce cas là, aussi, un autre problème subsiste : la notion de fixation de seuil de contamination en légionelles de l'eau ou des aérosols. En effet, on ne connaît pas la dose infectante en légionelles nécessaire à la contraction d'une légionellose.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Gestion du risque lié aux légionelles. CSHPF Novembre 2001 : 62p.
- 2- Circulaire DGS 97/311 du 24 avril 1997 relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose.
- 3- Hubert B., Infuso A., Ledrans M.. Guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionellose. Circulaire DGS n°97/311. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 1997; **20-22**.
- 4- Campese C., Decludt B. Les légionelloses déclarées en France en 2000. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2001 : **42**.
- 5- Campese C., Decludt B. Les légionelloses déclarées en France en 2001. *Eurosurveillance* septembre 2002; **7 (9)** : 121-128.
- 6- Circulaire DGS 98/771 du 31 décembre 1998 relative à la mise en œuvre de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux légionelles dans les installations à risque et dans les bâtiments recevant du public.
- 7- Circulaire DGS 2002/243 du 22 avril 2002 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de santé.
- 8- Mouquet J. Bilan de la sécurité sanitaire dans les établissements thermaux de la région Rhône-Alpes. Mémoire Ingénieur d'Etudes Sanitaires mars 2003. ENSP : 30p.
- 9- Sourbé M.C. La surveillance des maladies infectieuses dans les établissements thermaux. Mémoire Médecin-Inspecteur de Santé Publique. ENSP, avril 2001 : 88p.
- 10- Circulaire DGS/VS4 2000/3336 du 19 juin 2000 relative à la gestion du risque microbien lié à l'eau minérale dans les établissements thermaux.
- 11- Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Recommandations relatives à la gestion du risque microbien lié à l'eau minérale dans les établissements thermaux. CSHPF Mai 1999 : 24p.
- 12- Campese C., Decludt B. Les légionelloses déclarées en France en 1998. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2000; **12**.
- 13- Campese C., Decludt B. Les légionelloses déclarées en France en 1999. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2000; **52**.
- 14- Campese C., Decludt B. Les légionelloses déclarées en France en 2001. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2002; **30-31** : 150-151.
- 15- Institut Pasteur de Lille. Résumé du Symposium *Legionella* de Lille 2001. Institut Pasteur de Lille 6 septembre 2001 : 10p.
- 16- Infuso A., Hubert B., Etienne J. La sous-déclaration de la légionellose en France. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 1998; **38**.
- 17- Tablan O.C., Anderson L.J., Arden N.H. Guideline for prevention of nosocomial pneumonia. *Infection Control and Hospital Epidemiology* Sept 1994; **15** : 587-627.

- 18- Barbotte E., Chemardin J., Blech M.F., Paquin J.L., Lance P., Hartemann P. Deux ans et demi de surveillance environnementale de *Legionella* en Lorraine : premiers constats, premières solutions. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2002; **37** : 179-180.
- 19- Barbut F., Nesa D., Petit J-C. Infections nosocomiales et environnement hospitalier. Editions Flammarion, collection Médecine-Sciences 1998.
- 20- Eau dans les établissements de santé – document provisoire. Août 2002.
- 21- Conseil Supérieur d'Hygiène – Groupe de travail *Legionella*. Recommandations pour la prévention des infections à *Legionella* dans les établissements de soins. Conseil Supérieur d'Hygiène janvier 2002, n° CSH : 7509.
- 22- Graber-Duvernay B., Hartemann P., Morin J-P. Contribution du thermalisme à l'analyse de risque pour *Legionella pneumophila* et *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal Européen d'Hydrologie* 2003; **34** (1) : 53-68.
- 23- Zietz B., Wiese J., Brengelmann F., Dunkelberg H. Presence of *Legionellaceae* in warm water supplies and typing of strains by polymerase chain reaction. *Epidemiology and Infection* 2001; **126** : 147-152.
- 24- Le groupe d'étude « Légionelles » dans les établissements de santé. Un état des lieux dans l'interrégion Nord. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2001; **30**.
- 25- Riou F. Le point sur l'épidémiologie et la prévention des légionelloses en milieu hospitalier. *Hygiènes* 1998, **3** : 22-33.
- 26- Alary M., Joly J.R. Factors contributing to the contamination of Hospital water distributions systems by *Legionella*. *The Journal of Infectious Diseases* 1992; **165** : 565-569.
- 27- Schneitler H. *Legionella* : a problem of technology ? *Off-Gesundheitswes* 1991; **53** (8-9) : 593-595.
- 28- Derangere D., Dubrou S., Cabanes P.A. Prévalence des *Legionella* dans les réseaux de distribution d'eau chaude sanitaire : état de la question. *L'Eau, l'Industrie, les Nuisances* 1997; **203** : 44-48.
- 29- Leoni E., Legnani P.P., Bucci Sabatini M.A., Gighi F. Prevalence of *Legionella spp.* in swimming pool environment. *Water Research* 2001; **35** (15) : 3749-3753.
- 30- Sécher I., Hermès I., Liège M., Ricou R., Alvarez S. Colonisation d'un réseau d'eau chaude hospitalier par des légionelles : expérience de mesures correctives et de suivi bactériologique. *Hygiènes* 2002; **10** (1) : 26-31.
- 31- Bornstein N., Vieilly C., Fleurette J. Légionelloses dues à la contamination de réseaux de distribution d'eau chaude : essais d'éradication. *Techniques hospitalières* nov 1986; **494** : 33-35.
- 32- Liu W.K., Healing D.E., Yeomans J.T., Elliot T.S.J. Monitoring of hospital water supplies for *Legionella*. *Journal of Hospital Infection* 1993; **24** : 1-9.
- 33- Berthelot P., Grattard F., Ros A., Lucht F., Pozetto B. Nosocomial legionellosis outbreak over a three-year period : investigation and control. *Clinical Microbiology and Infection* July 1998; **4** (7) : 385-391.
- 34- Marrie T., Green P., Burbridge S., et al. *Legionellaceae* in the potable water of Nova Scotia hospitals and Halifax residences. *Epidemiology and Infection* 1994; **112** : 143-150.
- 35- Delomenie M. Rapport sur le thermalisme français. IGAS octobre 2001 : 43p.

- 36- Gerbaud L., Riguidel P., Fauquert J.L., et al. Le suivi épidémiologique des curistes dans les stations thermales : à propos de deux ans d'expérience à la Bourboule et à Saint-Nectaire. *Epidémiologie et Santé Publique* 1994; **42** : 450-462.
- 37- Lopoukhine M. Gisements d'eau minérale et légionelles. BRGM février 2001 : 31p.
- 38- Bornstein N., Marmet D., Surgot M., et al. Risque de légionelloses chez les curistes fréquentant un établissement thermal. *La Lettre de l'Infectiologue* juillet 1988; **III** (12) : 435-438.
- 39- Bornstein N., Marmet D., Surgot M. et al. Exposure to *Legionellaceae* at a hot spring spa : a prospective clinical and serological study. *Epidemiology and Infection* 1989; **102** : 31-36.
- 40- Kool J.L., et al. Monochloramine and legionnaires' disease. *Journal AWWA* sept 2000; **92** (9) : 88-96.
- 41- Graber-Duvernay B. Dix ans de surveillance épidémiologique des pneumopathies et des légionelloses à Aix-les-Bains (1990-1999). *Presse Thermale et Climatique* 2001; **138** : 13-25.
- 42- Morin J.P., Fontvieille D. Rapport sur les expérimentations conduites sur les eaux des thermes nationaux d'Aix-les-Bains. In : Association de recherche ECOMICTH. Ecologie et maîtrise des légionelles et autres pathogènes opportunistes dans les réseaux d'eaux thermales. Novembre 2001 : 31-38.
- 43- Dullnig-Scaffler K., Reinthaler F.F., Marth E. The detection of *Legionella* in thermal water. *Zbl. Hyg.* 1992; **192** : 473-478.
- 44- Martinelli F., Crasi S., Scarcella C., Speziani F. Detection of *Legionella pneumophila* at thermal spas. *Microbiologica* 2001; **24** : 259-264.
- 45- Association de recherche ECOMICTH. Ecologie et maîtrise des légionelles et autres pathogènes opportunistes dans les réseaux d'eaux thermales. ECOMICTH Novembre 2001 : 94p.
- 46- Pascual L., Pérez-Luz S., Amo A., Moreno C., Apraiz D., Catalan V. Detection of *Legionella pneumophila* in bioaerosols by polymerase chain reaction. *Canadian Journal of Microbiology* 2001; **47** : 341-347.
- 47- Jacquérior F., Francili P., Ruef C. Prévention des infections nosocomiales à légionelles. *Swiss-NOSO* juin 1997; **4** (2) : 9p.
- 48- Bonnard M. Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque – Rapport final. Unité d'Evaluation des Risques Sanitaires. INERIS 15 novembre 2001 : 70 p.
- 49- Stout J.E., Yu V.L. Legionellosis. *The New England Journal of Medicine* 4 Sept 1997; **337** (10) : 682-687.
- 50- Yu V.L., Plouffe J.F., et al. Distribution of *Legionella* species and serogroups isolated by culture in patients with sporadic community-acquired legionellosis : an international collaborative survey. *The Journal of Infectious Diseases* 2002; **186** : 127-128.
- 51- Reingold A.R., et al. *Legionella pneumonia* in the United States : the distribution of serogroups and species causing human illness. *The Journal of Infectious Diseases* may 1984; **149** (5) : 819.

- 52- Ruf B., Schürman D., Ingeburg H., *et al.* Prevalence and diagnosis of legionella pneumonia : a 3-year prospective study with emphasis on application of urinary antigen detection. *The Journal of Infectious Diseases* 1990; **162** : 1341-1348.
- 53- Joseph C.A.A., Watson J.M., Harrison T.G., Bartlett L.R. Nosocomial's legionnaires' disease in England and Wales, 1980-92. *Epidemiology and Infection* 1994; **112** : 329-345.
- 54- Centers for Disease Control and prevention. Transmission of nosocomial legionnaires' disease. *Mortality and Morbidity Weekly Report* 1997; **46** : 416-421.
- 55- Dennis P.J.L., Wrigth A.E., Rutter D.A., *et al.* *Legionella pneumophila* in aerosols from shower baths. *Journal of Hygiene (Camb)* 1984; **93** : 349-53.
- 56- Zingeser J.A., Birkhead G.S., Mamolen M., *et al.* Air sampling for *Legionella*. *Journal of American Medical Association* 1990; **264** (20) : 2625-26.
- 57- Jernigan D.B., Hofmann J., Cetron M.S., Genese C.A., *et al.* Outbreak's of Legionnaires' disease among cruise ship passsengers exposed to a contaminated whirlpool spa. *The Lancet* 1996; **24** (347) : 494-499.
- 58- Verdeil X., Boussin G., Cuzin-Ferrand L., *et al.* Surveillance épidémiologique à la station thermale de Luchon durant la saison 1989. *Journal Français d'Hydrologie* 1991; **22** (1) : 77-91.
- 59- Stout J.E., Yu V.L., Best M.G. Ecology of *Legionella pneumophila* within water distribution systeme. *Applied and Environmental Microbiology* jan 1985; **49** (1) : 221-228.
- 60- Breiman R.F., Fields B.S., Sanden G.N., *et al.* Association of shower use with legionnaires' disease – possible role of amoebae. *Journal of American Medical Association* June 1990; **263** (21) : 2924-2926.
- 61- Molmeret M., Jarraud S., Piere Morin J., *et al.* Different growth rates in amoeba of genotypically related environmental and clinical *Legionella pneumophila* starins isolated from a thermal spa. *Epidemiology and Infection* 2001; **126** (2) : 231-239.
- 62- Mauchline W.S., James B.W., Fitzgeorge R.B., *et al.* Growth temperature reversibly modulates the virulence of *Legionella pneumophila*. *Infection and Immunity* July 1994; **62** (7) : 2997-2997.
- 63- Zahringer U., Knirel Y.A., Lindner B. *et al.* The lipopolysaccharide of *Legionella pneumophila* serogroup 1 (strain Philadelphia 1) : chemical structure and biological signifiante. *Progress in Clinical and Biological Research* 1995; **392** : 113-139.
- 64- Fliieger A., Gong S., Faigle M. *et al.* Novel phospholipase A activity secreted by *Legionella* species. *Journal of Bacteriology* 2000; **182** (5) : 1321-1327.
- 65- Dennis P.J.L., Wrigth A.E., Rutter D.A., *et al.* *Legionella pneumophila* in aerosols from shower baths. *Journal of Hygiene (Camb)* 1984; **93** : 349-53.
- 66- Dowling J.N., Saha A.K., Glex R.H. Virulence factors of the family *Legionellaceae*. *Microbiological Reviews* 1992; **56** : 32-60.
- 67- Cabanes P.A. Evaluation et gestion du risque légionellose. *Pollution Atmosphérique* 2000; **168** : 549-559.
- 68- Bornstein N. Dispersion and survival of *Legionella* in air. *Aerobiologia* 1990; **6** : 41-44.

- 69- Caserio C., Valnet C. Evaluation comparée du risque sanitaire lié à la teneur en légionelles dans l'eau, à l'hôpital et dans les établissements thermaux. Rapport provisoire département EGERIES, ENSP février 2003 : 40p.
- 70- Ciesielski C.A., Blaser M.J., Wang W.L.L. Role of stagnation and obstruction of water flow in isolation of *Legionella pneumophila* from hospital plumbing. *Applied and Environmental Microbiology* nov 1984; **48** (5) : 984-987.
- 71- Bollin G.E., Plouffe J.F., Para M.F., Hackman B. Aerosols containing *Legionella pneumophila* generated by shower heads and hot-water-faucets. *Applied and Environmental Microbiology* nov 1985; **50** (5) : 1128-1131.
- 72- Girod J.C. *et al.* Pneumonic and nonpneumonic legionellosis. *Arch. Intern. Med.* 1982; **142** : 454-547.
- 73- Guichard J.C., Drutel P. La pénétration des aérosols médicamenteux dans les voies respiratoires exemples d'application en station thermale. *Journal Français d'Hydrologie* 1985; **16** (1) : 69-85.
- 74- Baron P.A., Willeke K. Respirable droplets from whirlpools : measurements of size distribution and estimation of disease potential. *Environmental Research* 1986; **39** : 8-18.
- 75- Guichard J.C., Drutel P. La mesure des caractéristiques dimensionnelles des aérosols d'eau thermale. *Presse Thermale et Climatique* 1988; **125** (5) : 345-349.
- 76- Bovallius A, Roffey R., Henningson E. Long-range transmission of bacteria. In: Annals Nex York Academy of Science 1980; part IV : 186-200.
- 77- Bhopal R.S., Fallon R.J., Buist E.C., Black R.J., Urquhart J.D. Proximity of the home to a cooling tower and risk of non-outbreak legionnaires' disease. *British Medical Journal* 1991; **302** : 378-83.
- 78- Woo A.H, Goetz A., Yu V.L. Transmission of *Legionella* by respiratory equipment and aerosol generating devices. *Chest* nov 1992; **102** (5) : 1586-1590.
- 79- O'Brien S.J., Bhopal R.S. Legionnaires' disease : the infective dose paradox. *The Lancet* Juillet 1993; **342** : 5-6.
- 80- Fitzgeorge R.B., Baskerville A. *et al.* Aerosol infection of animals with strains of *Legionella pneumophila* of different virulence : comparison with intraperitoneal and intranasal routes of infection. *Journal of Hygiene (Camb)* 1983; **90** : 81-89.
- 81- Berendt R.F., Young H.W., Allen R.G., Knutsen G.L. Dose-reponse of Guinea pigs experimentally infected with aerosols of *Legionella pneumophila*. *The Journal of Infectious Diseases* 1980; **141** (2) : 186-192.
- 82- Hambleton P., Broster M.G., Dennis P.J., *et al.* Survival of virulent *Legionella pneumophila* in aerosols. *Journal of Hygiene* 1983; **90** : 451-60.
- 83- Heidelberg J.F., *et al.* Effect of aerolization on culturability and viability of gram-negative bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* sept 1997; **63** (9) : 3585-3588.
- 84- Dennis P.J., Lee J.V. Differences in aerosol survival between pathogenic and non-pathogenic strains of *Legionella pneumophila* serogroup 1. *Journal of Applied Bacteriology* 1988; **65** (2) : 135-141.
- 85- Ambroise D. Influence de la variabilité de la mesure des bactéries de l'air sur l'évaluation du risque infectieux : exemple de la légionellose. Université de Nancy I 2003 : 202p.

- 86- Environmental Protection Agency. Exposure Factors Hand Book. Office of Research and Development national Center for Environment Assessment – EPA – 1997; EPA/600/P-95/002Fa.
- 87- Bouyer J. Méthodes statistiques – Médecine – Biologie. Les éditions INSERM – ESTEM 2000 : 351p.
- 88- Breiman R.F., Cozen W., Fields B.S., Mastro T.D., Carr S.J., Spika J.S., Mascola L. Role of air sampling in investigation of an outbreak of legionnaires' disease associated with exposure to aerosols from an evaporative condenser. *The Journal of Infectious Diseases* 1990; **161** : 1257-1261.
- 89- Yu V.L. Could aspiration be the major mode of transmission for *Legionella*? *The American Journal of Medicine* July 1993; **95** : 13-15.
- 90- Belpois Duchamp C., *et al.* Could an effervescent tablet, prepared with contaminated water, create an aerosol containing legionella? *The Journal of Hospital Infection* 2002; **51** (1) : 77.
- 91- Brown C.M., Nuorti P.J., Breiman R.F., *et al.* A community outbreak of legionnaires' disease linked to hospital cooling towers : an epidemiological method to calculate dose of exposure. *International Journal of Epidemiology* 1999; **28** : 353-359.
- 92- Girard R., *et al.* Les patients présentent des facteurs de risque de plus en plus fréquents. Pourrions nous continuer à réduire les infections nosocomiales? *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* 2001; **42**.
- 93- Insee. Bilan démographique 2001. *Bulletin Mensuel de Statistique* janvier 2002; **1**.
- 94- Buchanan R.L., Smith J.L., Long W. Microbial risk assessment : dose-response relations and risk characterization. *International Journal of Food Microbiology* 2000; **58** : 159-172.
- 95- Com-Ruelle L., Dumesnil S. L'alcoolisme et le tabagisme chez les hospitalisés. CREDES n°1164, février 1997 : 173 pages.
- 96- Auvray L., Dumesnil S., Le fur P. Santé, soins et protection sociale en 2000. *Questions d'Economie de la Santé* décembre 2001 ; **46**.
- 97- DREES. Données sur la situation sanitaire et sociale en France en 2001. La Documentation Française 2002, Paris.
- 98- Anonyme. La santé en France 2002. *Questions de Sécurité Sociale* février 2002; **576** : 10-14.
- 99- Com-Ruelle L. Les étapes diagnostiques et la maladie principale des hospitalisés en 1992. CREDES janvier 1995 : 150p.
- 100- Haut Comité de la Santé Publique. La santé en France 2002. La Documentation Française février 2002, Paris.
- 101- Woo A.H., Yu V.L, Goetz A. Potential in-hospital modes of transmission of *Legionella pneumophila*. *The American Journal of Medicine* 1986; **80** : 567-573.

ANNEXES

Sommaire des annexes :

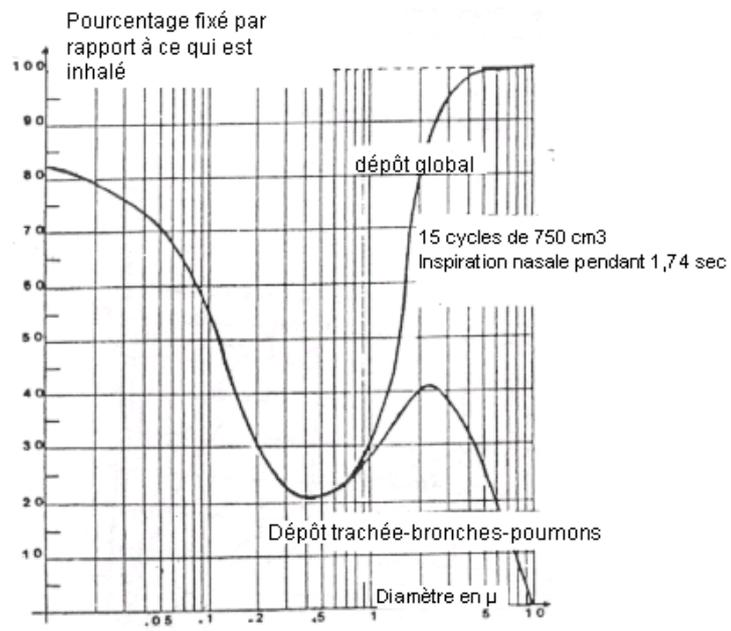
Annexe 1 : Courbes de fixation en fonction de la taille des particules [73].

Annexe 2 : Fraction de gouttelettes aérosolisées atteignant les régions spécifiques du tractus respiratoire [74].

Annexe 3 : Fréquentation des établissements thermaux en 2002 (CNET).

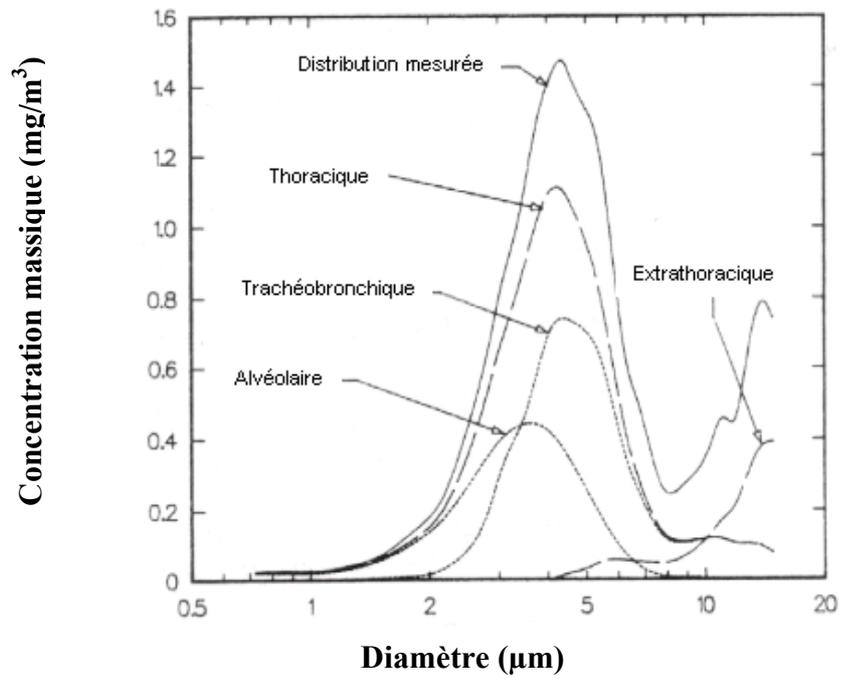
Annexe 4 : Statistiques de quelques établissements thermaux.

**ANNEXE 1 : COURBES DE FIXATION EN FONCTION DE LA TAILLE
DES PARTICULES [73]**



Courbe de fixation en fonction de la taille particulaire

**ANNEXE 2 : FRACTION DE GOUTTELETTES AEROSOLISEES
ATTEIGNANT LES REGIONS SPECIFIQUES DU TRACTUS
RESPIRATOIRE [74]**



Fractions de gouttelettes aérosolisées atteignant les régions spécifiques du tractus respiratoire en fonction de leur diamètre

**ANNEXE 3 : FREQUENTATION DES ETABLISSEMENTS THERMAUX EN
2002 (CNET)**

FREQUENTATION DES ETABLISSEMENTS THERMAUX EN 2002

	Cures 18 jours assurés sociaux	
	2 001	2 002
Aix-les-Bains	36 130	33 886
Aix-les-Bains/Marlioz	6 113	5 646
Alet-les-Bains	0	75
Allevard-les-Bains	5 240	5 042
Amélie-les-Bains	30 060	29 338
Amneville	13 906	14 300
Argeles-Gasost	1 317	1 284
Aulus-les-Bains	301	363
Aurensan	0	0
Avene-les-Bains	1 854	2 023
Ax-les-Thermes	7 110	7 435
Bagneres-de-Bigorre	8 373	8 638
Bagnoles-de-l'Orne	11 788	11 629
Bagnoles-les-Bains	1 075	1 257
Bains-les-Bains	3 590	3 812
Balaruc-les-Bains	36 041	35 394
Barbazan	0	0
Barbotan-les-Thermes	15 940	15 698
Bareges-Sers	2 431	2 471
Beaucens	568	579
Berthemont	908	933
Le Boulou	2 910	3 114
Bourbon-l'Archambault	2 970	2 778
Bourbon-Lancy	3 080	3 084
Bourbonne-les-Bains	11 722	11 616
La Bourboule	10 773	9 793
Brides-les-Bains	11 586	12 763
Cambo-les-Bains	9 040	9 941
Les Camoins-les-Bains	3 173	3 178
Capvern-les-Bains	4 191	4 320
Castera-Verduzan	0	0
Casteljaloux	0	979
Cauterets	6 943	7 068
La Chalnette	191	186
Challes-les-Eaux	2 980	2 821
Chateauneuf	656	618
Chatel-Guyon	6 469	5 780
Chaudes-Aigues	1 479	1 477
Cilaos	456	434
Contrexeville	602	660
Cransac	2 359	2 626
Dax	56 496	55 288
Digne-les-Bains	6 797	6 780
Divonne-les-Bains	2 142	2 004
Les Eaux Bonnes	1 081	1 060

	Cures 18 jours assurés sociaux	
	2 001	2 002
Les Eaux Chaudes	NC	NC
Enghien-les-Bains	0	0
Eugénie-les-Bains	5 505	6 096
Evaux-les-Bains	2 544	2 519
Evian-les-Bains	1 261	1 412
Les Fumades	2 031	1 920
Gréoux-les-Bains	28 300	29 927
Guagno-les-Bains	1 261	NC
Jonzac	6 630	6 680
Lamalou-les-Bains	6 435	6 612
La Lechere	6 807	6 962
Lectoure	318	0
Lons-le-Saunier	1 778	1 708
Luchon	17 699	17 554
Luxeuil-les-Bains	1 080	1 337
Luz-Saint-Sauveur	1 627	1 737
Molitg-les-Bains	2 605	2 974
Montbrun-les-Bains	438	548
Le Mont Dore	8 280	7 822
Montrond-les-Bains	2 068	2 081
Morsbronn	3 436	3 986
Néris-les-Bains	6 001	6 141
Neyrac-les-Bains	2 497	2 674
Niederbronn	2 290	2 368
Pechelbronn	0	0
Pietrapola	199	198
Plmobieres	4 493	4 079
Prechacq-les-Bains	1 901	2 069
La Preste-les-Bains	1 985	2 414
Rennes-les-Bains	1 326	1 214
Rochefort	10 910	11 859
La Roche-Posay	8 498	8 603
Royat	10 313	10 084
Saint-Amand-les-Eaux	5 351	6 580
Saint-Christeau	0	0
St-Claude	0	0
Saint-Gervais	3 798	3 695
Saint-Honore-les-Bains	3 698	3 634
Saint-Lary	2 377	2 505
Saint-Laurent	1 887	1 974
Saint-Nectaire	309	308
Saint-Paul-les-Dax	11 854	11 823
Salies-de-Bearn	2 663	2 768
Salies-du-Salat	1 556	1 642
Salins-les-Bains	1 363	1 405
Saubusse	1 341	1 335
Saujon	1 539	1 683
Thonon-les-Bains	1 269	1 159
Tercis-les-Bains	0	0

	Cures 18 jours assurés sociaux	
	2 001	2 002
Uriage	7 370	7 370
Ussat-les-Bains	879	968
Vals-les-Bains	2 624	2 440
Vernet-les-Bains	3 313	3 533
Vichy	7 948	7 735
Vittel	3 960	3 695
Zigliara	NC	NC
Total des fréquentations	545 334	547 070

**ANNEXE 4 : STATISTIQUES DE QUELQUES ETABLISSEMENTS
THERMAUX**

Age	Aix-les-bains/Marlioiz			Barèges			Allevard-les-Bains		
	Hommes	Femmes	Proportion(%)	Mixte	Proportion(%)	Mixte	Proportion(%)		
0 à 9 ans	251	25	4,7	51	2,1	503	16,6		
10 à 14 ans	139	35	3,0	31	1,3	91	3,0		
15 à 19 ans	40	21	1,0	9	0,4	30	1,0		
20 à 24 ans	12	12	0,4	3	0,1	21	0,7		
25 à 29 ans	9	29	0,7	14	0,6	42	1,4		
30 à 34 ans	29	52	1,4	23	0,9	71	2,3		
35 à 39 ans	53	68	2,1	31	1,3	81	2,7		
40 à 44 ans	72	99	2,9	62	2,5	108	3,6		
45 à 49 ans	79	100	3,1	103	4,2	184	6,1		
50 à 54 ans	128	200	5,6	217	8,8	286	9,4		
55 à 59 ans	183	304	8,3	345	13,9	345	11,4		
60 à 64 ans	338	483	14,0	404	16,3	434	14,3		
65 à 69 ans	487	602	18,6	487	19,7	412	13,6		
70 à 74 ans	546	527	18,4	380	15,4	274	9,0		
75 à 79 ans	330	320	11,1	224	9,1	121	4,0		
80 à 84 ans	0	0	0,0	62	2,5	18	0,6		
85 et plus	133	134	4,6	19	0,8	7	0,2		
?	1	5	0,1	9	0,4	2	0,1		
Total	2830	3016	100	2474	100	3030	100		
Moyenne d'âge	57,2	62,6		61,3		48,0			

Aix-les-bains/Marlioiz	
Total	Proportion
Hommes 2830	48,4
Femmes 3016	51,6

Barèges	
Total	Proportion
1015	41,0
1459	59,0

Allevard-les-Bains	
Total	Proportion
1430	47,2
1600	52,8

Moyenne des proportions	
Hommes Femmes	41,8 58,2

Moyenne d'âge	
Homme Femme Mixte	56,9 59,2 57,5

Age	Sogatherm			Les Eaux-Bonnes 1			Les Eaux-Bonnes 2	
	Hommes	Femmes	Proportion(%)	Hommes	Femmes	Proportion(%)	Mixte	Proportion(%)
0 à 9 ans	125	139	10,6	40	42	7,4	66	6,2
10 à 14 ans	62	56	4,8	22	18	3,6	39	3,7
15 à 19 ans	22	27	2,0	6	7	1,2	13	1,2
20 à 24 ans	8	9	0,7	0	5	0,5	4	0,4
25 à 29 ans	12	40	2,1	2	3	0,5	11	1,0
30 à 34 ans	27	57	3,4	4	4	0,7	10	0,9
35 à 39 ans	39	94	5,4	5	14	1,7	18	1,7
40 à 44 ans	40	86	5,1	14	9	2,1	28	2,6
45 à 49 ans	64	103	6,7	17	20	3,3	36	3,4
50 à 54 ans	79	147	9,1	34	42	6,9	72	6,8
55 à 59 ans	80	160	9,7	55	71	11,4	114	10,8
60 à 64 ans	118	153	10,9	56	96	13,7	139	13,1
65 à 69 ans	125	165	11,7	65	99	14,8	176	16,6
70 à 74 ans	88	116	8,2	60	93	13,8	148	14,0
75 à 79 ans	58	84	5,7	34	85	10,7	126	11,9
80 à 84 ans	0	0	0,0	39	28	6,0	41	3,9
85 et plus	32	22	2,2	3	16	1,7	19	1,8
?	10	36	1,9	0	0	0,0	0	0,0
Total	989	1494	100	456	652	100	1060	100
Moyenne d'âge	48,1	47,9		56,2	59,4		58,3	

Sogatherm		Les Eaux-Bonnes		Les Eaux-Bonnes	
Total	Proportion	Total	Proportion	Total	Proportion
Hommes	989	456	41,2	446	42,1
Femmes	1494	652	58,8	614	57,9

Age	Dignes-les-Bains standard 1			Dignes-les-Bains standard 1			Moyenne des proportions
	Hommes	Femmes	Proportion(%)	Hommes	Femmes	Proportion(%)	
0 à 9 ans	82	68	2,2	97	63	2,4	6,8
10 à 14 ans	68	52	1,8	72	61	2,0	3,0
15 à 19 ans	28	26	0,8	35	19	0,8	1,1
20 à 24 ans	3	0	0,0	2	6	0,1	0,4
25 à 29 ans	5	10	0,2	6	9	0,2	0,9
30 à 34 ans	11	34	0,7	13	30	0,6	1,5
35 à 39 ans	33	56	1,3	28	67	1,4	2,3
40 à 44 ans	56	101	2,3	53	83	2,0	3,2
45 à 49 ans	93	160	3,7	70	168	3,5	4,8
50 à 54 ans	146	306	6,7	140	257	5,9	8,5
55 à 59 ans	233	493	10,7	235	539	11,4	12,7
60 à 64 ans	384	759	16,8	398	741	16,8	16,6
65 à 69 ans	528	849	20,3	514	830	19,8	19,3
70 à 74 ans	477	698	17,3	482	710	17,6	16,1
75 à 79 ans	233	441	9,9	271	423	10,2	10,2
80 à 84 ans	103	163	3,9	107	186	4,3	3,0
85 et plus	27	60	1,3	21	44	1,0	1,8
?	0	0	0,0	0	0	0,0	0,3
Total	2510	4276	100	2544	4236	100	
Moyenne d'âge	61,6	63,0		61,4	63,0		
	Digne-les-Bains standard 1			Digne-les-Bains standard 2			
	Total	Proportion		Total	Proportion		
Hommes	2510	36,9		2544	37,5		
Femmes	4276	62,9		4236	62,5		