

*Maladies infectieuses*

# Investigation de cas groupés de légionellose

Courrières (Pas-de-Calais)

Août-Septembre 2007

# Sommaire

Abréviations	2
<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
1.1 Rappel	3
1.2 Alerte	3
<b>2. Méthode</b>	<b>5</b>
2.1 Enquête épidémiologique	5
2.1.1 Type d'étude	5
2.1.2 Définitions de cas	5
2.1.3 Recensement des cas	5
2.1.4 Interrogatoire des cas	5
2.1.5 Analyses microbiologiques	5
2.2 Enquête environnementale	5
2.2.1 Recensement et contrôle des sources de contaminations possibles	5
2.2.2 Analyses microbiologiques	6
2.2.3 Étude de la dispersion de légionelles à partir d'une installation	6
<b>3. Résultats</b>	<b>7</b>
3.1 Enquête épidémiologique	7
3.1.1 Temps	7
3.1.2 Lieu	7
3.1.3 Personnes	8
3.1.4 Expositions à risque	9
3.1.5 Résultats du typage des souches	9
3.2 Enquête environnementale	9
3.2.1 Recensement et contrôle des sources de contaminations possibles	9
3.2.2 Résultats du typage des souches environnementales	11
3.2.3 Étude de la dispersion de légionelles à partir du Circox	11
<b>4. Discussion</b>	<b>12</b>
4.1 Principaux résultats	12
4.2 Hypothèses les plus plausibles de dissémination des légionelles dans l'environnement	12
<b>5. Conclusions et recommandations</b>	<b>16</b>
Références bibliographiques	17
Annexe 1 – Questionnaire	18
Annexe 2 – Description du fonctionnement d'un Circox (extraits)	21
Annexe 3 – Comparaison des souches par électrophorèse en champ pulsé	24

# Investigation de cas groupés de légionellose

Courrières (Pas-de-Calais)

Août-Septembre 2007

## **Institutions et personnes ayant contribué aux investigations**

Cellule de l'InVS en région Nord Pas-de-Calais/Picardie : Christophe Heyman (rédacteur principal), Pascal Chaud

Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Pas-de-Calais : Anthony Montagne, Alice Delarue, Nathalie Herman, Francine Vanhee

Direction régionale de l'industrie, de la recherche, et de l'environnement : Christophe Michel, Mathieu Riquart, Didier Darguesse.

Institut de veille sanitaire : Christine Campèse, Didier Che

Centre national de référence des légionelles : Sophie Jarraud, Monique Reyrolle, Françoise Forey

## **Remerciements**

Les auteurs remercient de leur collaboration les biologistes, les médecins généralistes, les médecins praticiens et les médecins des établissements de santé du secteur d'Harnes dans le Pas-de-Calais.

# Abréviations

<b>Cire</b>	Cellule de l'InVS en région
<b>CNR</b>	Centre national de référence
<b>CSHPPF</b>	Conseil supérieur d'hygiène publique de France
<b>Ddass</b>	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
<b>DO</b>	Déclaration obligatoire
<b>DGS</b>	Direction générale de la santé
<b>Drire</b>	Direction régionale de l'industrie, de la recherche, et de l'environnement
<b>ECS</b>	Eau chaude sanitaire
<b>EWGLI</b>	European Working Group for Legionella Infections
<b>ICPE</b>	Installation classée pour la protection de l'environnement
<b>Ineris</b>	Institut national de l'environnement industriel et des risques
<b>InVS</b>	Institut de veille sanitaire
<b>Lp1</b>	<i>Legionella pneumophila</i> de séro groupe 1
<b>SIG</b>	Système d'information géographique
<b>Step</b>	Station d'épuration
<b>UFC/L</b>	Unité formant colonie par litre
<b>TAR</b>	Tour aérorefrigérante

# 1. Introduction

## 1.1 RAPPEL

La légionellose est une infection pulmonaire causée par une bactérie nommée *Legionella*.

Cette bactérie fût découverte à la suite d'une épidémie de pneumonie affectant plusieurs participants d'un congrès d'anciens combattants de la légion américaine réunis dans un hôtel à Philadelphie en 1976 et fût en conséquence dénommée *Legionella*.

La bactérie *Legionella* est présente dans le milieu naturel et peut proliférer dans les sites hydriques artificiels lorsque les conditions de son développement sont réunies, particulièrement entre 25 et 45 °C : réseaux d'eau chaude, tours aérorefrigérantes, autres installations (bains à remous, balnéothérapies, humidificateurs, fontaines décoratives, aérosols...).

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

La période d'incubation est de 2 à 10 jours.

La légionellose affecte essentiellement les adultes et touche plus particulièrement les personnes présentant des facteurs favorisants : âge avancé, maladies respiratoires chroniques, diabète, maladies immunodépressives, traitements immunosuppresseurs, tabagisme, alcoolisme.

La légionellose se traduit par un état grippal fébrile et une toux initialement non productive. Certains patients peuvent présenter des douleurs musculaires, une anorexie et quelquefois des troubles digestifs (diarrhées) et/ou un état confusionnel. L'état grippal s'aggrave rapidement et fait place à une pneumopathie sévère nécessitant une hospitalisation. La maladie peut être mortelle dans 10 à 15 % des cas.

Le diagnostic clinique doit être confirmé par un des examens biologiques suivants : isolement de la bactérie dans un prélèvement bronchique, présence d'antigène soluble dans les urines, augmentation des titres d'anticorps par 4 entre 2 prélèvements successifs, immunofluorescence directe positive.

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

Depuis 1987, la surveillance de la légionellose en France est basée principalement sur le système de déclaration obligatoire (DO) [1] et a été renforcée en 1997 notamment par une meilleure interaction des signalements entre le Centre national de référence des légionelles de

Lyon (CNR) et l'Institut de veille sanitaire (InVS). Au niveau européen, 35 pays dont la France participent au réseau European Working Group for Legionella Infections (EWGLI)<sup>1</sup>. Ce réseau signale aux autorités sanitaires du pays concerné, tout cas de légionellose acquise lors d'un voyage en précisant les dates et les lieux fréquentés. Ces signalements permettent d'identifier des cas groupés de légionellose pouvant indiquer une source commune de contamination [2].

La responsabilité des tours aérorefrigérantes (TAR) est de plus en plus souvent avancée dans la survenue de cas groupés de légionellose [3,4].

Une TAR équipée d'un système de refroidissement par voie humide (circuits chauds industriels ou groupes frigorifiques utilisés en climatisation) présente des caractéristiques particulièrement favorables à la prolifération et à la dissémination des légionelles [5]. Elle fonctionne comme un échangeur de chaleur, par contact direct entre l'eau et l'air ambiant. L'eau chaude (comprise entre 25 et 40 °C) est pulvérisée en partie haute de la TAR au travers d'un circuit d'air ascendant. L'air de refoulement, chargé de fines gouttelettes d'eau est ensuite entraîné vers l'extérieur. Les gouttes du panache ont la même composition que l'eau du circuit et sont susceptibles de transporter des bactéries et donc des légionelles.

La réglementation relative aux TAR [6,7] a pour objectif de maintenir la concentration en légionelles à un niveau inférieur à 10<sup>3</sup> unités formant colonie par litre d'eau (UFC/L). Le fait d'atteindre les 10<sup>3</sup> UFC/L doit déclencher la mise en place progressive de mesures pouvant aller, lorsque le nombre de légionelles trouvé dans l'eau dépasse les 10<sup>5</sup> UFC/L, à l'alerte immédiate des services en charges des installations classées (Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement, Drire), l'arrêt, la vidange et le nettoyage des circuits de refroidissement.

## 1.2 ALERTE

Le 30 août 2007, la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Pas-de-Calais (Ddass 62) alertait l'InVS et la Cellule de l'InVS en région (Cire) au sujet de 3 DO de cas de légionelloses. Ils étaient diagnostiqués par antigénurie positive et étaient domiciliés dans trois communes mitoyennes. La Ddass initiait immédiatement un interrogatoire individuel des cas en utilisant le questionnaire standardisé. Les premières informations recueillies par la Ddass montraient que le début des signes se situait entre le 19 et le 26 août. La survenue de cas groupés faisait suspecter une source commune de contamination. La Drire a tout de suite été contactée pour transmission des résultats disponibles du suivi microbiologique des TAR du secteur. Le nombre de cas déclarés sur une courte période faisait craindre la survenue d'autres cas dans un délai restreint. Une recherche active des cas était entreprise.

<sup>1</sup> [www.ewgli.org](http://www.ewgli.org).

Une enquête autour de chaque cas a été initiée avec pour objectifs de :

- décrire l'épisode épidémique ;
- identifier la ou les sources communes de contamination, notamment à travers la description des déplacements des cas dans les 10 jours précédant la survenue des premiers signes de la maladie, afin de guider la mise en place des mesures de contrôle.

Parallèlement, diverses actions étaient entreprises :

- mise en place des mesures de contrôle des différentes sources de contamination possibles ;
- information et mobilisation des partenaires institutionnels ;

- information des médecins généralistes et des établissements de santé du secteur sur la maladie et sur les modalités de déclaration pour un signalement rapide.

Le secteur géographique concerné correspondait en partie à celui de l'épidémie de 2003-2004 [8,9]. Lors de cet épisode, 86 cas avaient été comptabilisés entre le 5 novembre 2003 et le 22 janvier 2004 sur un périmètre de 12 km centré sur Harnes. Dix-huit malades étaient décédés. Les investigations avaient pointé la TAR d'une usine comme source la plus probable de l'épidémie.

## 2. Méthode

### 2.1 ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

#### 2.1.1 Type d'étude

Une enquête descriptive des cas de légionellose a été réalisée.

#### 2.1.2 Définitions de cas

Un cas a été défini comme toute personne ayant présenté entre le 15 août et le 12 septembre 2007, une pneumopathie avec confirmation biologique de légionellose à *Legionella pneumophila* de sérotype 1 et ayant fréquenté une zone de 6 km (zone A) de rayon centrée sur la commune de Courrières dans les 10 jours précédant la date de début des signes de la maladie.

Les critères pour le diagnostic de légionellose étaient une pneumopathie confirmée radiologiquement avec au moins un des critères biologiques suivants [10] :

- isolement de *Legionella spp* dans un prélèvement clinique ;
- augmentation du titre d'anticorps (x4) avec un deuxième titre – minimum de 128 ;
- immunofluorescence directe positive ;
- présence de l'antigène soluble urinaire.

#### 2.1.3 Recensement des cas

La Ddass du Pas-de-Calais et la Ddass du Nord ont sensibilisé l'ensemble des médecins généralistes et des établissements de santé du secteur géographique, en leur demandant de leur signaler rapidement et de leur notifier (à l'aide de fiches de DO) chaque cas de légionellose.

#### 2.1.4 Interrogatoire des cas

Un interrogatoire individuel à l'aide d'un questionnaire standardisé construit sur le modèle de celui proposé dans le guide du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) de 2005 [8] a été effectué auprès de chaque cas lorsque son état clinique le permettait (annexe 1). Dans le cas contraire, un proche de la famille a été sollicité. Les variables recueillies étaient :

- des caractéristiques démographiques (sexe, âge, adresse) ;
- des informations cliniques et biologiques (date de début des signes, hospitalisation, évolution de la maladie, type de diagnostic biologique...);
- des facteurs individuels favorisant l'apparition d'une légionellose (maladies chroniques et immunodépressives, traitements immunosuppresseurs, tabagisme, diabète...);
- des informations sur les expositions individuelles, qu'elles soient professionnelles (lieu, trajet, type d'activité, lieu climatisé...), privées (type de domicile, origine de l'alimentation en eau, présence d'un système de climatisation, type de production d'eau chaude...) ou liées aux habitudes de vie (lieux fréquentés, jardinage, lavage de voitures...);

- des informations sur les déplacements effectués (hôtels, campings, autres résidences...).

Les cas ont été interrogés soit par la Ddass 62 soit par la Cire Nord.

#### 2.1.5 Analyses microbiologiques

Les souches cliniques de *Legionella pneumophila* sérotype 1 isolées chez les malades par les hôpitaux ont été envoyées au CNR des légionelles de Lyon pour typage génomique (électrophorèse en champ pulsé) et comparaison avec les profils des souches environnementales en lien avec cet épisode.

### 2.2 ENQUÊTE ENVIRONNEMENTALE

Les premières orientations de l'enquête épidémiologique ont permis d'axer l'enquête environnementale sur une ou plusieurs sources d'exposition communes dans une zone centrée sur la commune de Courrières. En effet, les premiers cas étaient localisés sur ce secteur.

#### 2.2.1 Recensement et contrôle des sources de contaminations possibles

##### 2.2.1.1 Tour aérorefrigérantes

Un recensement récent des TAR était disponible auprès de la Drire. La géolocalisation sur Système d'information géographique (SIG) était disponible auprès de la Ddass.

Dès le 30 août 2007, les TAR situées dans un rayon de 3 km, puis 5 km à partir du 6 septembre 2007, autour du domicile d'un cas étaient retenues. Les autocontrôles de chaque TAR étaient alors repris et synthétisés par la Drire.

Ils ont été complétés par des prélèvements inopinés réalisés à l'initiative de la Drire sur toutes les TAR sans autocontrôle disponible après le 31 août 2007.

La Drire a également mené des inspections sur site des TAR les plus proches des lieux fréquentés par les cas.

##### 2.2.1.2 Stations d'épuration des eaux usées (Step) avec aérateurs de surface

Dans un deuxième temps, à partir du 10 septembre 2007, les investigations environnementales (recensement et prélèvement) ont été élargies aux stations d'épuration urbaines et industrielles avec aérateurs de surface du secteur situées dans le périmètre central de 6 km de rayon.

##### 2.2.1.3 Stations de lavage de voitures

À partir du 10 septembre 2007, les stations de lavage de voitures situées les plus au cœur de la zone préférentiellement fréquentée par les cas ont fait l'objet d'un prélèvement effectué par la Ddass 62.

#### **2.2.1.4 Eau chaude sanitaire des domiciles**

La Ddass a effectué systématiquement dès le début de l'épidémie des prélèvements sur le réseau d'eau chaude sanitaire au domicile des cas.

### **2.2.2 Analyses microbiologiques**

Les souches environnementales ont été isolées par l'Institut Pasteur de Lille. Les souches de *Legionella pneumophila* ont ensuite été envoyées au CNR des légionelles pour typage génomique (électrophorèse en champ pulsé) et comparaison avec les profils des souches cliniques.

### **2.2.3 Étude de la dispersion de légionelles à partir d'une installation**

Au cours d'une inspection sur site, une installation présente sur un site industriel situé à Harnes a été suspectée d'être à l'origine de la dispersion de légionelles. Une étude de la dispersion à partir de cette installation a été demandée par la Drire à l'industriel. L'étude a été réalisée par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). L'adéquation des résultats de cette étude avec une possible exposition des cas a ensuite été étudiée.

## 3. Résultats

### 3.1 ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Au total 10 personnes atteintes de légionellose ont été notifiées par le système de la déclaration obligatoire, dont 9 répondaient à la définition de cas (1 cas n'ayant pas séjourné dans la zone géographique retenue, a été exclu).

Les 9 cas ont été diagnostiqués par un test de détection de l'antigène soluble urinaire positif et pour 2 cas une souche a été également isolée.

Le questionnaire d'investigation a pu être renseigné pour tous les cas soit directement avec la personne atteinte de légionellose soit avec une personne de l'entourage proche.

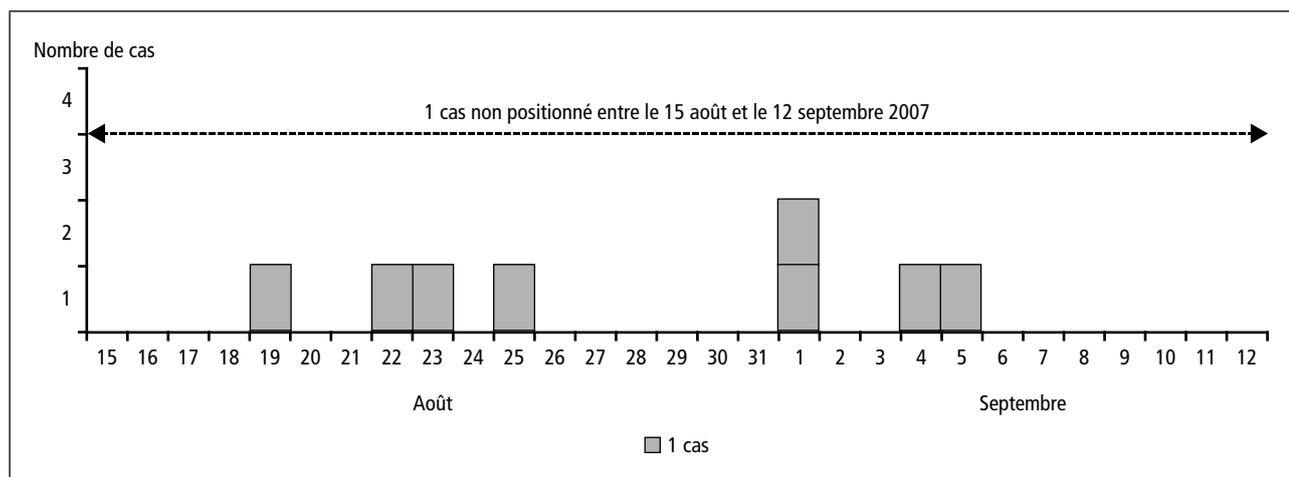
#### 3.1.1 Temps

Pour un cas, la date d'apparition des signes n'a pu être fixée avec précision entre le 15 août et le 12 septembre 2007. Pour les cas dont la date des premiers signes a pu être déterminée, la période s'étend du 19 août et au 5 septembre 2007. L'apparition des premiers signes s'étalait sur l'ensemble de la période épidémique sans l'existence d'un pic (figure 1).

En tenant compte de la période d'incubation de la légionellose, la période potentielle d'exposition s'étendait du 5 août au 10 septembre 2007 (en tenant compte d'un délai d'incubation minimum de 2 jours).

| FIGURE 1 |

#### Distribution des cas de légionellose selon la date des premiers symptômes, Courrières, août-septembre 2007



#### 3.1.2 Lieu

Les 9 cas résidaient dans 7 communes (carte 1), situées dans une zone circulaire de 6 km de rayon centrée sur Courrières (zone A). Parmi les lieux fréquentés rapportés par les cas, deux zones communes plus précises ont pu être identifiées :

- zone B : zone de 4 km de rayon centrée sur Courrières, lieu de résidence ou de déplacement rapportée pour 8 des 9 cas ;
- zone C : zone de 2 km de rayon centrée sur Courrières, lieu de résidence ou de déplacement rapportée pour 7 des 9 cas.

### Localisation des domiciles et des lieux de passage des cas de légionellose, Courrières, août-septembre 2007



#### 3.1.3 Personnes

Le sex-ratio H/F était de 3,5: 7 hommes et 2 femmes. L'âge médian des cas était de 77 ans (min=40; max=85).

Une personne était en activité professionnelle, une autre en invalidité et 7 étaient à la retraite.

Aucun malade n'est décédé. Tous les cas ont été hospitalisés, dans trois hôpitaux différents et une clinique.

Le délai moyen entre la date des premiers signes et l'hospitalisation était de 5 jours (min=1, max=13).

Huit cas sur 9 (89%) présentaient au moins un facteur favorisant l'apparition d'une légionellose (tableau 1).

### Répartition des cas de légionellose en fonction des facteurs favorisants, Courrières, août-septembre 2007

Facteur favorisant <sup>a</sup>	Nombre de cas	Pourcentage (N=9)
Cancer	2	22,2
Tabagisme	1	11,1
Diabète	3	33,3
Prise d'immunosuppresseurs	2	22,2
Autres facteurs		
Insuffisance rénale	1	11,1
Maladie cardiaque grave ou maladie vasculaire	3	33,3
Silicose	1	11,1
Autres maladies pulmonaires chroniques	2	22,2

<sup>a</sup> Un cas peut être compté plusieurs fois s'il avait plusieurs facteurs favorisants.

### 3.1.4 Expositions à risque

Une exposition à risque dans les 10 jours précédant le début des signes a été rapportée pour 3 cas (33%) : dans une maison secondaire, en balnéothérapie et un passage de quelques heures à l'hôpital pour soins.

### 3.1.5 Résultats du typage des souches

Les deux souches de *Legionella pneumophila* séro groupe 1, analysées par le CNR présentaient un profil génomique différent en électrophorèse à champ pulsé.

Une souche présentait un profil identique à celui de la souche endémique dénommée "Lorraine".

L'autre souche avait un profil non encore identifié au CNR des légionelles, mais ce profil était proche de la souche "Lens" identifiée lors de l'épisode de 2003-2004 à Harnes.

TAR à refroidissement par voie humide étaient présents (carte 2). Ils comptaient au total 100 TAR.

Les résultats des autocontrôles, disponibles pour 91 TAR, réalisés entre le 1<sup>er</sup> juillet et le 12 septembre 2007 étaient inférieurs à 10<sup>3</sup> UFC/L pour 90 TAR. Seule une TAR, située à l'extérieur de la zone A présentait une concentration de 40 000 UFC/L, en date du 22 août 2008. Un nettoyage et une désinfection ont eu lieu sur cette installation le 3 septembre et le contrôle inopiné du 12 septembre n'a pas détecté de légionelles.

Les contrôles inopinés de la Drire ont concerné les 21 établissements, 76 TAR pour lesquelles on ne disposait pas de résultats de prélèvements datant d'avant le début du mois de septembre. Ils ont eu lieu les 12 et 13 septembre 2007. Parmi les 76 prélèvements réalisés, une TAR, située à l'extérieur de la zone A, a présenté une concentration de *Legionella* de 11 000 UFC/L ; l'analyse des *Legionella pneumophila* a révélé une concentration inférieure à 500 UFC/L. La TAR a néanmoins été nettoyée et désinfectée les 19 et 20 septembre.

## 3.2 ENQUÊTE ENVIRONNEMENTALE

### 3.2.1 Recensement et contrôle des sources de contaminations possibles

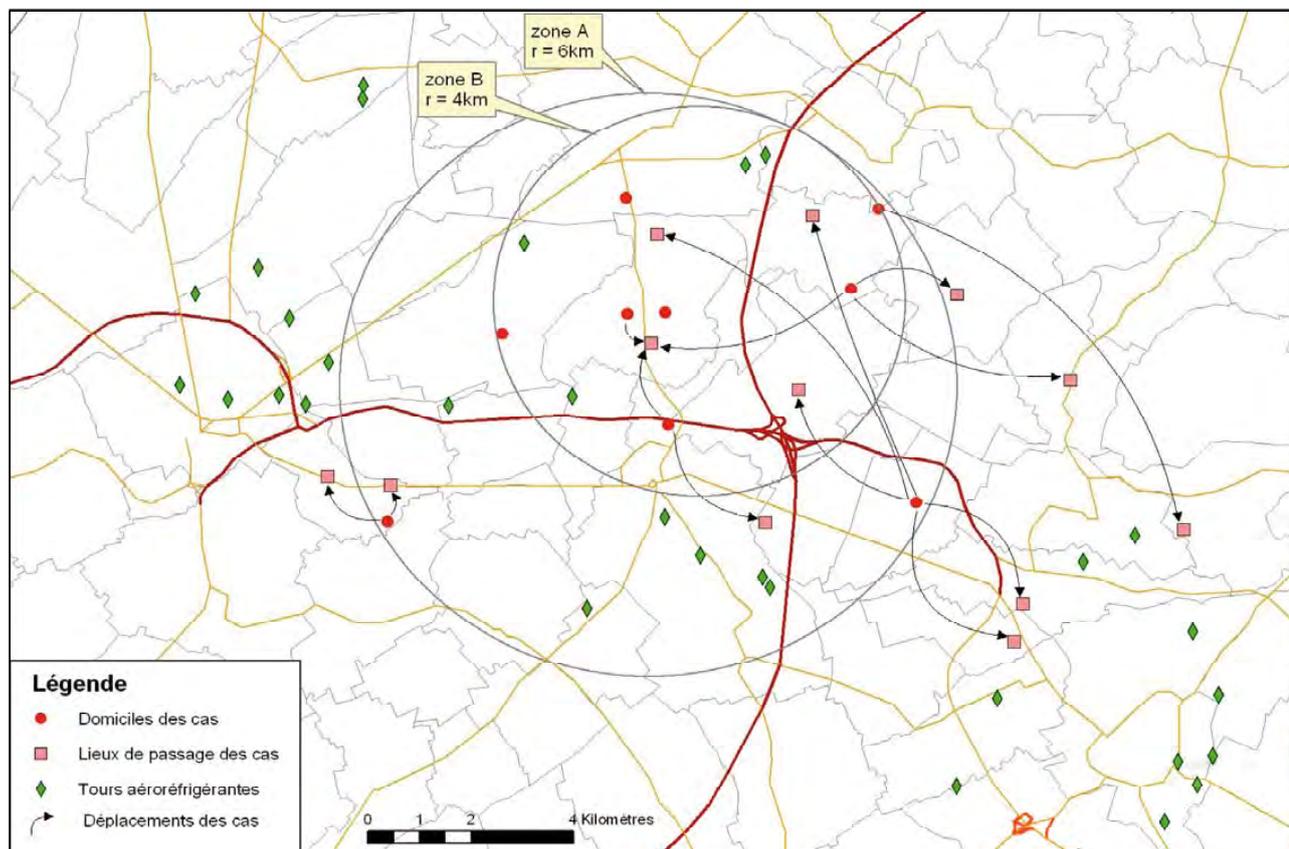
#### 3.2.1.1 Tour aéroréfrigérantes (TAR)

Lors du recensement autour des domiciles et des lieux fréquentés par les cas (rayon de 5 km), 31 établissements possédant au moins une

Dans la zone A, étaient présents 10 sites, possédant au total 23 TAR et 4 sites, possédant au total 8 TAR, étaient présents dans la zone B. Aucune détection de légionelles n'a eu lieu dans ces TAR, sur toute la période d'investigation.

| CARTE 2 |

### Répartition géographique des TAR par voie humide et des domiciles et des déplacements des cas de légionellose, Courrières, août-septembre 2007



IGN-BDCARTO®.

### 3.2.1.2 Eau chaude sanitaire des domiciles

Pour 5 cas, la production d'eau chaude était instantanée par chauffe-eau au gaz. Des analyses ont été réalisées au domicile des 9 cas. Huit analyses n'ont pas détecté de légionelle (<250 UFC/L). Pour un prélèvement, l'analyse n'a pas détecté de légionelle mais a mis en évidence une flore interférente.

### 3.2.1.3 Stations de lavage de voitures

Les analyses effectuées sur 2 stations de lavage de voiture n'ont pas détecté de légionelle (<250 UFC/L).

### 3.2.1.4 Stations d'épuration des eaux usées (Step) avec aérateurs de surface

Six Step urbaines et 3 Step industrielles, situées dans la zone A, ont fait l'objet d'un contrôle inopiné entre le 12 et le 14 septembre 2007. Des légionelles ont été détectées dans une Step. Un prélèvement du 12 septembre a révélé une concentration de 42 000 000 UFC/L de *Legionella pneumophila* dans le bassin d'aération de la Step du site industriel.

### 3.2.1.5 Autre installation suspectée d'être à risque de dispersion de légionelles

Suite à cette détection, une inspection sur le site industriel a révélé, à proximité de la Step contaminée, la présence d'un "réacteur" de traitement des eaux, dénommé "Circox", en phase d'essai. L'installation, d'une hauteur d'environ 17 m, fonctionne à une température d'environ 30 °C. À son sommet, un aérosol se dégage de l'installation. Il est dû à la pulvérisation d'eau à l'intérieur du réacteur, sous son sommet, afin de réduire le moussage de surface. Cet aérosol a tout de suite été suspecté de contenir et de disperser des légionelles (annexe 2). Une série de prélèvements en plusieurs points du Circox a été effectuée entre le 12 et le 27 septembre 2007, ainsi que sur d'autres installations susceptibles d'émettre des aérosols sur le site industriel (2 TAR et le bassin d'aération). Les résultats, présentés dans le tableau 2, montraient une absence de contamination de la TAR et d'importantes contaminations, qui ont entraîné l'arrêt des agitateurs du bassin d'aération le 18 septembre 2007 et le Circox le 19 septembre 2007.

| TABLEAU 2 |

## Résultats des prélèvements effectués sur le site industriel, septembre 2007

	Date prélèvement	IRH environnement (en UFC/L)	Institut Pasteur de Lille (en UFC/L)
Bassin d'aération	12/09/2007 27/09/2007	42 000 000 Lp	32 000 000 Lp <sup>a</sup>
Sortie Circox	19/09/2007	L: 620 000 Lp: 620 000, séro groupe 2-14 uniquement	L: <100 000
Condensat aérosol Circox	20/09/2007		L non détectée, présence d'une flore interférente
Circox (intérieur)	27/09/2007		900 000 Lp Lp1: <10 000
Bassin anoxique	19/09/2007 27/09/2007	L: >30 000 000 Lp: >30 000 000	L non détectée mais présence d'une flore interférente 23 000 000 Lp <sup>a</sup>
Sortie méthaniseur	19/09/2007 27/09/2007	L: <500 000	L non détectée mais présence d'une flore interférente <10 000 Lp <sup>a</sup>
Sortie digesteur	19/09/2007	L: <13 000	L non détectée mais présence d'une flore interférente
Sortie clarificateur	27/09/2007		97 000 000 Lp <sup>a</sup>
Bassin de stockage des boues n° 1 (lagune 1)	19/09/2007	L: 330 000 Lp: 250 000, séro groupe 1 majoritaire, séro groupe 2-14 minoritaire	Lp: 370 000 Lp1: 230 000
Bassin de stockage des boues n° 2 (lagune 2)	19/09/2007	L: 900 000 Lp: 700 000, séro groupe 1 majoritaire, séro groupe 2-14 minoritaire	Lp: 50 000 Lp1: non détectée
Fosse effluent usine	19/09/2007 27/09/2007	Ininterprétable	L non détectée mais présence d'une flore interférente L non détectée mais présence d'une flore interférente
Caniveau	27/09/2007		100 000 000 Lp <sup>a</sup>
Arrivée canal	27/09/2007		40 000 Lp <sup>a</sup>
Forage	19/09/2007	<250	<250
TAR "Fergusson"	04/09/2007 19/09/2007	Autocontrôle <500 <500	<250
TAR "Sanifi"	04/09/2007 19/09/2007	Autocontrôle <500 <500	<500

<sup>a</sup> Résultats provisoires, définitifs non disponibles.

### 3.2.2 Résultats du typage des souches environnementales (annexe 3)

La souche de *Legionella pneumophila* sérotype 1 isolée chez l'un des 2 patients, dont le profil génomique non encore répertorié était différent de la souche dite "Lorraine", a été également retrouvée :

- le 12 septembre 2007 dans le bassin d'aération ;
- le 19 septembre 2007 dans le bassin anoxique et les deux bassins de stockage des boues (lagunes) ;
- le 27 septembre 2007 dans le bassin d'aération, le surnageant du bassin d'aération, le bassin anoxique, le surnageant du clarificateur et à l'arrivée de l'effluent au canal.

Les souches présentes dans le Circox étaient soit de sérotype 4 soit de sérotype 10.

Par ailleurs, la souche dénommée "Lens", qui avait été à l'origine de l'épidémie de 2003-2004, a été retrouvée dans un des deux bassins de stockage des boues (lagune) et le surnageant du bassin d'aération.

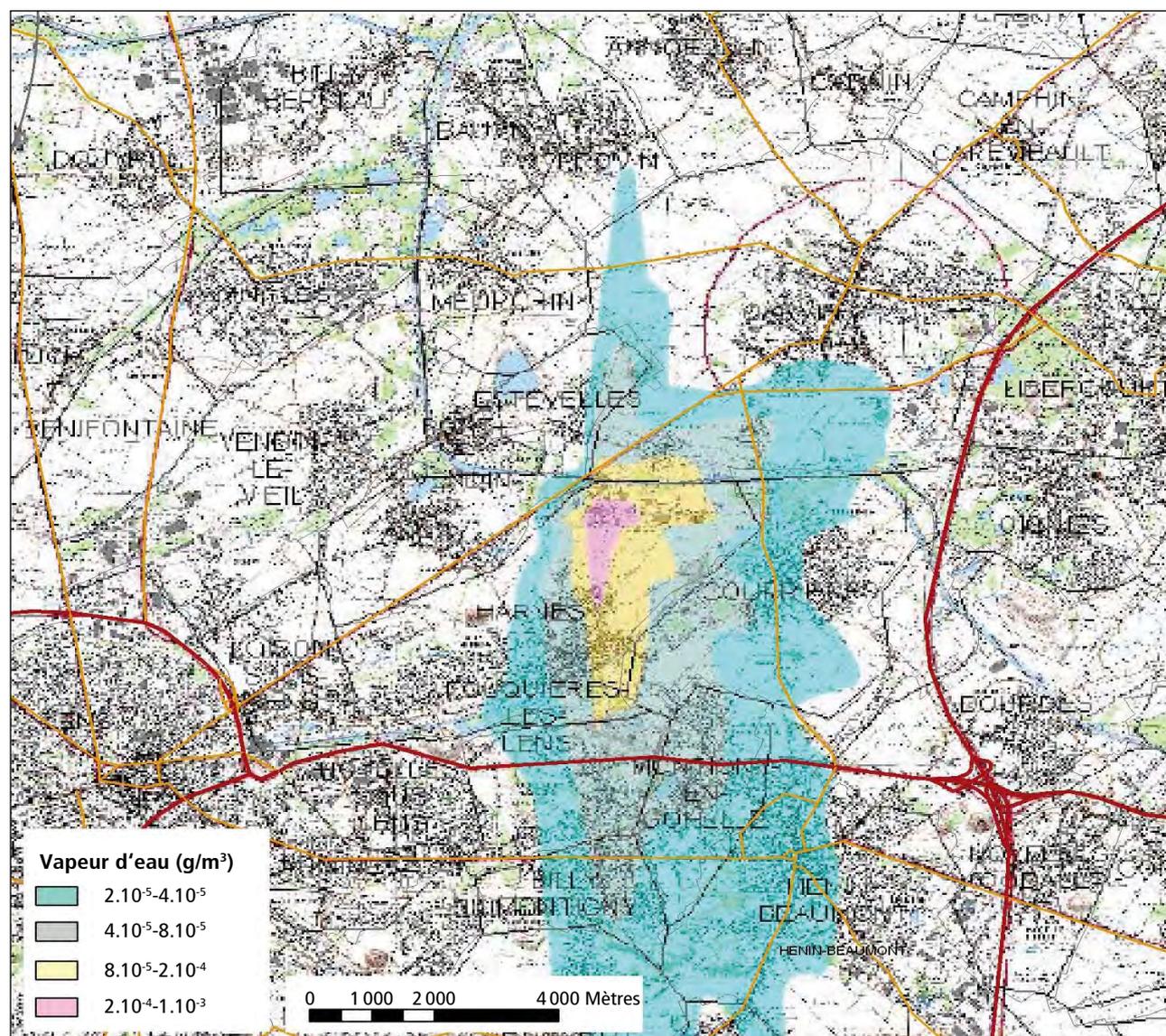
### 3.2.3 Étude de la dispersion de légionelles à partir du Circox

L'étude a été réalisée par l'Ineris et a fait l'objet d'un rapport détaillé [11]. La période d'étude s'étendait du 8 août au 19 septembre 2007. Les principaux résultats et enseignements en sont résumés ci-dessous :

- le transport de légionelles contenues dans des gouttelettes d'eau liquide ne peut se faire au-delà de 150 m, car au-delà les gouttelettes sont complètement évaporées ;
- sous forme de vapeur d'eau (donc sous forme gazeuse et non plus de gouttelettes liquides), les simulations réalisées mettent en évidence une zone d'impact en lien direct avec les conditions météorologiques de la période. Elle s'étend presque exclusivement à l'est du Circox, un peu plus vers le sud que vers le nord (carte 3). Selon les hypothèses, la zone impactée est plus ou moins grande. On ne peut exclure la présence de légionelles dans cette zone. La présente étude ne permet pas, en l'état actuel des connaissances, de trancher formellement sur le rôle des conditions météorologiques et de la source de légionelles étudiée sur le déclenchement d'une épidémie.

#### | CARTE 3 |

#### Modélisation de la concentration moyenne en vapeur d'eau issue du Circox au niveau du sol pour la période du 8 août au 19 septembre 2007



Source Ineris "Étude de la dispersion de panaches humides à partir de réacteurs de nitrification du site de Mac Cain à Harnes (62)".

## 4. Discussion

### 4.1 PRINCIPAUX RÉSULTATS

L'investigation épidémiologique a permis de recenser 9 cas de légionellose à *Legionella pneumophila* séro groupe 1.

Les dates de début des signes des cas se situaient entre le 15 août et le 12 septembre 2007. Les cas étaient répartis sur l'ensemble de la période, avec cependant 8 cas apparus entre le 19 août et le 6 septembre 2007.

Parmi tous les facteurs étudiés, seul le fait d'avoir fréquenté une zone géographique de 6 km de rayon autour de Harnes et Courrières (zone A) a été retrouvé comme facteur commun à l'ensemble des cas. Cette zone pouvait être réduite à un périmètre de 4 km de rayon (zone B) pour 8 des 9 cas et 2 km pour 7 des 9 cas (zone C).

L'âge médian des cas était de 77 ans, alors que celui des cas notifiés en France en 2007 était de 61 ans. Le sex-ratio H/F était de 3,5 (il était de 3,2 en France, en 2007). Tous ont été hospitalisés. Aucun décès n'est à signaler.

Quatre-vingt-neuf pour-cent des cas présentaient au moins un facteur favorisant et 33 % une exposition à risque. Sur l'ensemble des cas notifiés en France en 2007, ces pourcentages étaient respectivement, de 70 % et de 36 % [4].

Deux souches cliniques de *Legionella pneumophila* séro groupe 1 ont pu être isolées et adressées au CNR, qui a déterminé deux profils différents de légionelles. Une des souches correspondait à celle dénommée "Lorraine", l'autre était inconnue jusqu'à maintenant. Cette dernière avait un profil proche de la souche "Lens" retrouvée sur le secteur en 2003-2004. La souche "Lens" a, elle-même, était retrouvée dans un prélèvement environnemental et atteste de la présence de cette souche sur le secteur, plus de 3 ans après l'épidémie dans laquelle elle était impliquée.

L'enquête environnementale auprès de 31 établissements exploitant 100 TAR a permis d'identifier 2 dépassements du seuil d'alerte de 103 UFC/L. Elles étaient situées à l'extérieur de la zone A. Dans un cas, la TAR était même très excentrée du cœur géographique de l'épidémie; dans l'autre, il ne s'agissait pas de *Legionella pneumophila*.

L'élargissement des investigations à des installations pouvant émettre des aérosols, autre que les TAR, et constituer une source de contamination commune aux cas, a permis la détection d'une souche de *Legionella pneumophila* séro groupe 1 identique à celle d'un des cas dans les bassins de stockage de la station d'épuration des eaux usées d'un site industriel.

Aucune légionelle n'a été retrouvée dans les autres sources potentielles d'exposition (domicile, stations de lavage).

### 4.2 HYPOTHÈSES LES PLUS PLAUSIBLES DE DISSÉMINATION DES LÉGIONELLES DANS L'ENVIRONNEMENT

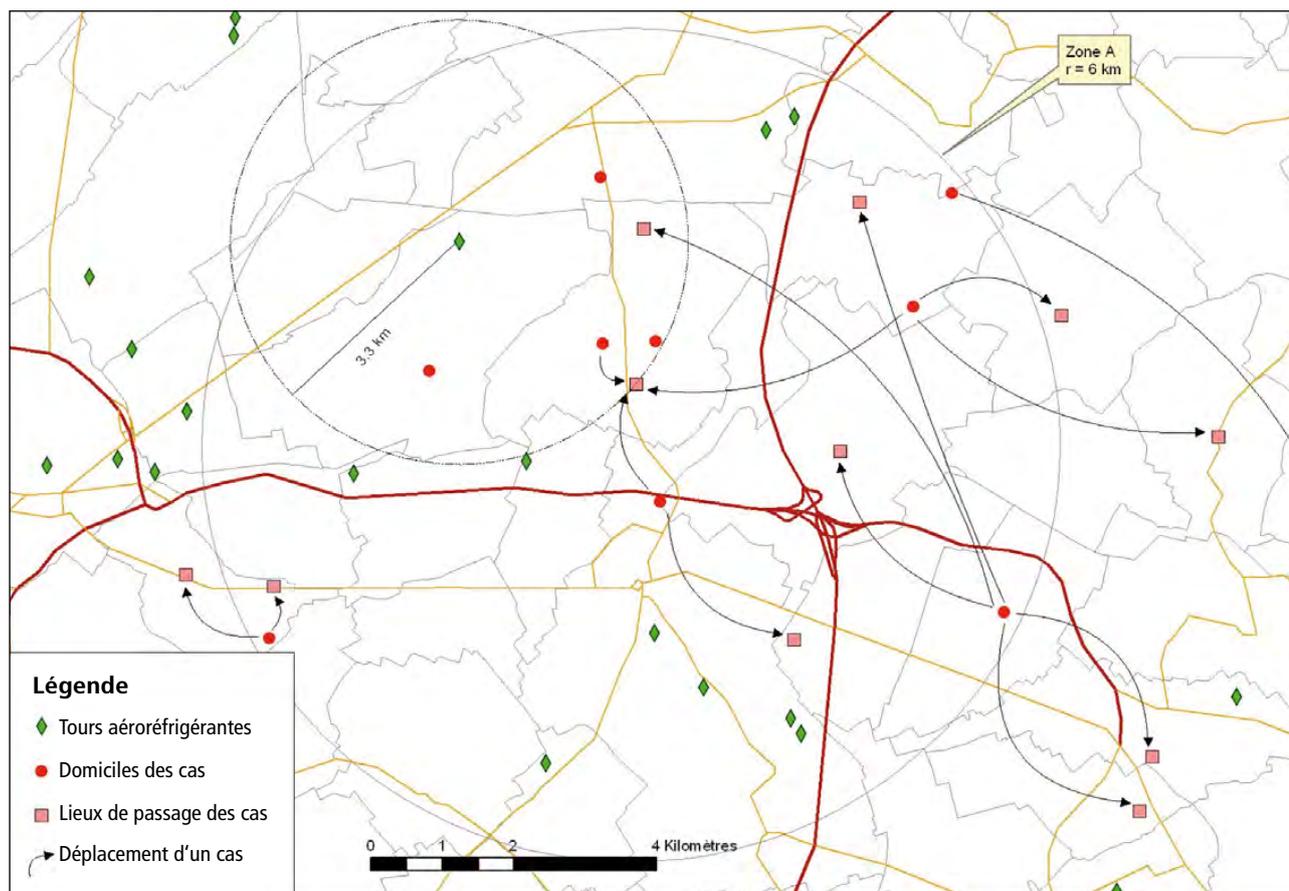
Sur le site industriel, 3 installations émettrices d'aérosols dans l'air ont été retrouvées : 2 TAR, 1 bassin d'aération de traitement des eaux usées avec aérateurs de surface et le Circox.

Les TAR situées sur le site industriel font l'objet d'une désinfection en continu par biocide et d'une vidange complète hebdomadaire. Par ailleurs, les autocontrôles mensuels depuis au moins un an n'avaient pas détecté de légionelle, en particulier celui du 1<sup>er</sup> août. Les analyses du contrôle inopiné du 4 septembre et celles du 19 septembre n'avaient pas détecté de légionelles non plus. Ces éléments rendent peu probable l'implication des TAR comme élément de dispersion des légionelles pendant l'épidémie.

Par ailleurs, pour le bassin d'aération, le profil de la souche environnementale s'est avéré identique à celle d'un des cas. La présence de légionelles dans les aérosols produits par l'aération n'a pas été recherchée mais la contamination de tels aérosols a déjà été démontrée [12] et le lien entre un cas de légionellose et une station d'épuration a déjà été suspecté [13]. La distance minimale avec le domicile d'un cas ou un lieu de déplacement est de 1,8 km. Lors de l'épidémie de Harnes de 2003-2004 [8], la dispersion de légionelles à partir de la lagune fonctionnant avec des aérateurs de surface avait été étudiée. Il avait été noté que "les gouttelettes, générées par le processus d'aération de la lagune et potentiellement contaminées par des légionelles, pouvaient se disperser sur une distance de l'ordre du kilomètre à partir de la source [...]". En Norvège, il a été évalué que les légionelles des aérosols d'un bassin d'aération pouvaient atteindre au moins 200 m [14]. Comme pour l'épidémie de 2003-2004, "l'implication directe" du bassin d'aération "dans la diffusion de la souche épidémique sur toute la zone de l'épidémie peut raisonnablement être rejetée, en raison de l'éloignement géographique d'un nombre important de cas".

Le bioréacteur Circox, identifié lors d'une visite de site, est une autre source possible de dispersion des légionelles. La température de fonctionnement de 30°C est idéale pour la multiplication des légionelles. Elles ont été retrouvées en concentration importante lors de 2 prélèvements : 620 000 et 900 000 UFC/L. Un panache d'aérosols est émis au sommet de l'installation à 17 m. Cette hauteur peut permettre une dispersion à plus longue distance qu'une installation de hauteur réduite, proche du sol. Plusieurs investigations d'épidémie de légionelloses ont déjà montré que la distance entre les lieux de dispersion de légionelles et ceux de contamination pouvaient atteindre 6-7 km [9] voire plus de 10 km [14]). La distance de 3,3 km observée ici pour la majorité des cas est compatible avec ces données (carte 4).

### Positionnement des domiciles et des lieux de passage des cas de légionellose et distance par rapport au Circox, Courrières, août-septembre 2007

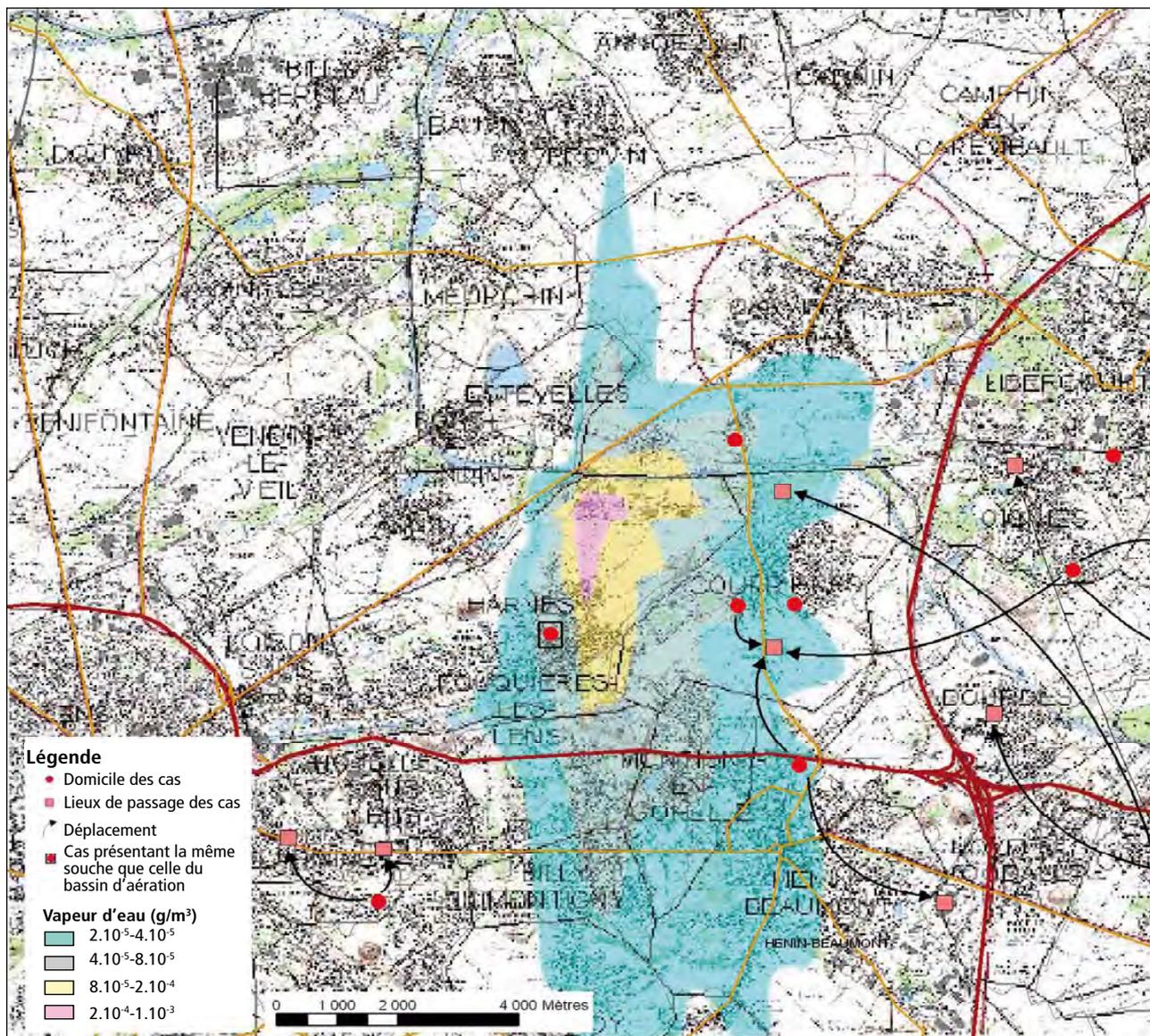


IGN-BDCARTO®.

L'étude de dispersion de panaches humides a établi que la vapeur d'eau (qui est donc sous forme gazeuse et non constituée de gouttelettes d'eau) à partir du Circox pouvait aller jusqu'à plusieurs kilomètres malgré le faible débit d'eau en sortie (estimé à environ 0,5 m<sup>3</sup>/h [11], 4-5 m<sup>3</sup>/h estimé dans l'épidémie de Sarpsborg [14]) alors que celle de la dispersion des gouttelettes reste limitée à 150 m. La modélisation de la dispersion des légionelles reste un sujet délicat et controversé nécessitant de nouvelles études [15].

Par ailleurs, une bonne cohérence peut être observée entre la direction des vents pendant la période, la position géographique du Circox et la répartition des lieux fréquentés par les malades (carte 5) : 8 des 9 cas se situent sous le vent par rapport au Circox et aucun cas ne se situe à l'ouest du Circox (un cas au sud/sud-ouest).

### Modélisation de la concentration moyenne en vapeur d'eau issue du Circox au niveau du sol entre le 18 août et le 19 septembre 2007 et positionnement des domiciles et des lieux de passage des cas de légionellose, Courrières, août-septembre 2007



Source Ineris "Étude de la dispersion de panaches humides à partir de réacteurs de nitrification du site de Mac Cain à Harnes (62)".

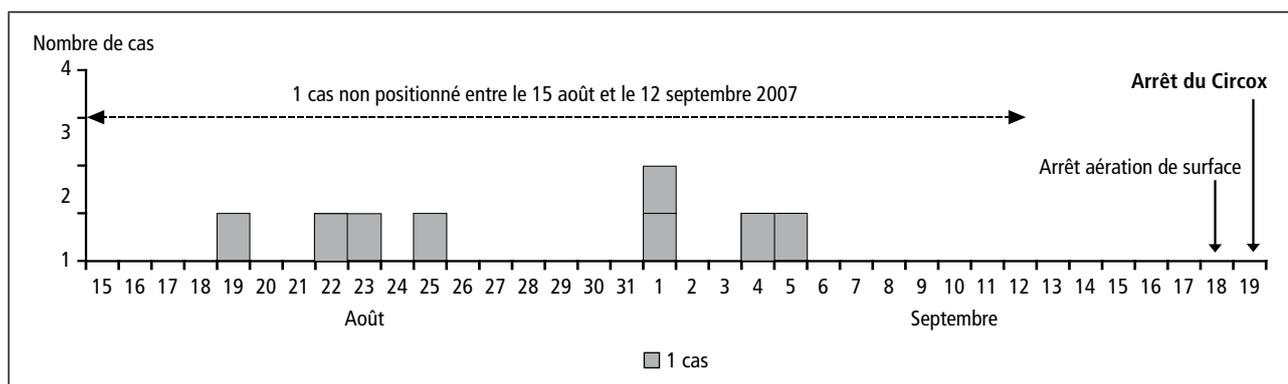
En ce qui concerne les sérotypes, aucune des légionelles du Circox n'était de type 1. Les prélèvements biologiques n'ont cependant été réalisés qu'à partir du 19 septembre soit plus d'une semaine après l'arrêt de l'épidémie. L'évolution de la flore microbienne au cours du temps, en particulier de celles des souches, et la complexité de l'identification des souches présentes dans des milieux fortement chargés en légionelles, pourraient constituer une explication de l'absence de mise en évidence de la souche responsable de l'épidémie dans le Circox.

L'analyse des légionelles en milieu fortement chargé comme celui d'une Step ou du Circox est délicate. Elle nécessite l'utilisation d'une méthode dérivée de la norme NF T 90-431, élaborée pour les milieux

relativement peu chargés, permettant d'obtenir de meilleurs résultats que l'application stricte de la norme. Il est possible que certaines souches présentes dans la chaîne de traitement des eaux usées ainsi que dans le Circox n'aient pas été identifiées.

Il faut noter toutefois que les dates d'arrêt des aérateurs de surface ou du Circox respectivement les 18 et 19 septembre, sont postérieures d'une semaine environ à celle de la fin de l'épidémie, la date de contamination du dernier cas étant estimée au plus tard le 10 septembre (en tenant compte d'un délai d'incubation minimum de 2 jours, figure 2). Ceci n'est cependant pas incompatible avec leur implication dans l'épidémie.

**Dates des premiers signes des cas et dates d'arrêt des aérateurs et du Circox, août-septembre 2007**



En ce qui concerne le site industriel dans son ensemble, les investigations menées ont permis de discerner plusieurs convections forcées<sup>2</sup> [16] : on note également des cheminées de chaudière, des vapeurs de

production, ... Il n'est pas exclu, même si cela est peut probable (conditions de proliférations de légionelles défavorables), qu'elles aient pu aussi être des vecteurs de dispersion de légionelles.

<sup>2</sup> La convection forcée est provoquée par une circulation artificielle (pompe, turbine) d'un fluide. Le transfert est plus rapide que dans le cas de convection naturelle. Quelques exemples de convection forcée : chauffage central avec accélérateur, chauffages électriques avec soufflerie...

## 5. Conclusions et recommandations

L'absence de détection de Lp1 dans le réacteur de nitrification – Circox – ne permet pas de conclure de façon formelle quant à la source de l'épidémie. L'ensemble des investigations épidémiologiques, environnementales et microbiologiques pointent néanmoins les installations du site industriel comme origine probable de l'épidémie. Les modalités de la dispersion des légionelles du site industriel jusqu'aux malades ne sont cependant pas claires. L'hypothèse que le réacteur de nitrification (Circox) a été le facteur de dispersion majoritaire est très plausible, même s'il ne peut être exclu que les autres installations du site (bassin d'aération, ...) aient joué un rôle pour quelques cas.

Cet épisode attire, à nouveau, l'attention sur la difficulté et l'importance d'obtenir des souches provenant des malades et

sur le rôle possible des stations d'épuration d'eaux usées comme élément de dispersion vers des malades ou vers d'autres installations industrielles [9,14,17]. La modélisation de la dispersion de légionelles peut apporter des éléments intéressants rétrospectifs de compréhension des épidémies malgré toutes les difficultés et les limites qui l'accompagnent.

Cette épidémie rappelle aussi que, si les TAR restent des sources privilégiées de dispersion de légionelles à l'origine d'épidémies, toute installation propice à leur prolifération, à la formation d'aérosols et à leur dispersion doit être considérée lors des investigations. En particulier, les Circox et les stations d'épuration d'eaux usées font partie de ces installations industrielles à risque.

# Références bibliographiques

- [1] Desenclos JC. Les progrès de la surveillance et de la prévention de la légionellose. Bull épidémiol hebd 2002;30-31 : 149.
- [2] Pagano E, Raeber PA, Albert JP, Decludt B, Francioli P, Gaia V *et al.* Légionelles et légionellose. 1999.
- [3] Campèse C, Maine C, Che D. Les légionelloses déclarées en France en 2006. Bull épidémiol hebd 2007;43 : 185-8.
- [4] Van Cauteren D, Campèse C, Jarraud S, Maine C, Che D. Les légionelloses survenues en France en 2007. Bull épidémiol hebd 2008;30-31 : 276-80.
- [5] Mureau P, Merchat M. Guide des bonnes pratiques : *Legionella* et tours aéroréfrigérantes. 2001.
- [6] Ministère de l'Écologie et du Développement durable. Arrêté du 13 décembre 2004 relatif aux installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air soumises à autorisation au titre de la rubrique n° 2921. JO 304 du 31 décembre 2004.
- [7] Ministère de l'Écologie et du Développement durable. Arrêté du 13 décembre 2004 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation au titre de la rubrique n°2921 : installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. JO 304 du 31 décembre 2004.
- [8] Cire Nord, InVS, Drire, Ddass, CNR des légionelles, préfecture. Épidémie communautaire de légionelloses, Pas-de-Calais, France novembre 2003-janvier 2004, rapport d'investigation. 2005.
- [9] Nguyen TM, Ilf D, Jarraud S, Rouil L, Campese C, Che D, *et al.* A community-wide outbreak of legionnaires disease linked to industrial cooling towers – how far can contaminated aerosols spread? J Infect Dis 2006 Jan 1;193(1) : 102-11.
- [10] Hubert B, Infuso A, Ledrans M. Guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionellose. Bull épidémiol hebd 1997;20-22 : 83-105.
- [11] Lacombe JM, Tognet F. Étude de la dispersion de panaches humides à partir de réacteurs de nitrification du site de Mac Cain à Harnes (62). Ineris; 2007 Nov 30.
- [12] Mathieu L, Robine E, Oge-Abarkan M, Ritoux S, Pauly D, Hartemann P *et al.* Legionella bacteria in aerosols: sampling and analytical approaches used during the legionnaires disease outbreak in Pas-de-Calais. J Infect Dis 2006 May 1;193(9) : 1333-5.
- [13] De Jong B, Allestam G, Lundberg AK. Biological treatment of industrial wastewater: an overlooked source of legionella infection? 2005 p. 49.
- [14] Nygard K, Werner-Johansen O, Ronsen S, Caugant DA, Simonsen O, Kanestrom A *et al.* An outbreak of legionnaires disease caused by long-distance spread from an industrial air scrubber in Sarpsborg, Norway. Clin Infect Dis 2008 Jan 1;46(1) : 61-9.
- [15] Lubick N. Tracking airborne *Legionella* downwind. Environ Sci Technol 2008 Oct 1;42(19) : 7028.
- [16] Drire. Retour d'expérience suite à l'épidémie de légionellose sur la zone de Harnes en septembre 2007. Avril 2008.
- [17] Tarnaud E. Recensement des sources potentielles de légionelles (hors tours aéroréfrigérantes) pouvant présenter un risque de contamination croisée sur un site industriel. 2007.



### Histoire médicale et personnelle

	Oui	Non	Ne sait pas
Diabète sucré	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bronchite chronique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Emphysème	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maladie rénale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dialyse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transplantation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cancer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si cancer type et année \_\_\_\_\_  
 Autre: \_\_\_\_\_

Chimiothérapie  Si oui, date: \_\_\_\_\_

Durant les 4 semaines qui ont précédé le début de la maladie, avez-vous pris des corticostéroïdes? (Prednisone, Dexaméthasone, Decadron, Hydrocortisone, Cortisone, Bedaméthasone...)  
 Oui  Non  Ne sait pas

Traitement à base d'oxygène à domicile durant les 10 jours précédant le début de la maladie (oxygénothérapie)?  
 Oui  Non  Ne sait pas

Fumez-vous? Oui  Non  Ne sait pas

Vous arrive-t-il de consommer de l'alcool? Oui  Non  Ne sait pas

Avez-vous reçu des traitements médicaux durant les 10 jours précédant le début de la maladie (physiothérapie, visite chez le dentiste, bain thérapeutique, consultation médicale...). Si oui, où et quand? \_\_\_\_\_

Durant les 10 jours qui ont précédé le début de votre maladie y a-t-il eu une autre personne dans votre entourage qui a eu un diagnostic de pneumonie par un médecin?  
 Oui  Non  Ne sait pas   
 Si oui: Nom : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_

Commentaires : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### Exposition professionnelle

Profession : \_\_\_\_\_  
 Avez-vous travaillé dans les 10 jours précédents : Oui  Non  Ne sait pas

Lieu de travail : \_\_\_\_\_  
 Trajet : \_\_\_\_\_

Moyen de transport : À pied  En voiture  En vélo  En bus  En train   
 Ne sait pas

Pour vous y rendre, avez-vous traversé :  
 Le centre ville de Montpellier Oui  Non  Ne sait pas   
 Si oui, trajet précis : \_\_\_\_\_

Y-a-t-il des travaux proches de ce lieu? Oui  Non  Ne sait pas   
 Si oui, de quel type (construction ou excavation) : \_\_\_\_\_  
 Quelle distance approximative du lieu de travail : \_\_\_\_\_

Lieu du déjeuner : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Votre activité est-elle : Fixe  Mobile   
 Déplacements à l'extérieur dans les 10 jours précédents : \_\_\_\_\_

Avez-vous pris des douches sur votre lieu de travail dans les 10 jours précédents :  
 Oui  Non  Ne sait pas   
 Si oui, combien : \_\_\_\_\_

Lieu climatisé : Oui  Non  Ne sait pas   
 Si oui, associé à une tour aéroréfrigérante : Oui  Non  Ne sait pas

Avez-vous été en contact avec un système de refroidissement (gaine de climatisation, tour aéroréfrigérante)?  
 Oui  Non  Ne sait pas   
 Si oui, précisez : \_\_\_\_\_

Existe-t-il une tour aéroréfrigérante à proximité de votre lieu de travail :  
 Oui  Non  Ne sait pas   
 Si oui, où : \_\_\_\_\_





Document : Manuel d'utilisation et de maintenance CIRCOX®  
 Type : CIR-3-0  
 Référence : SNAH000225\_EN

## 3. DESCRIPTION DU PROCESSUS

Le réacteur CIRCOX® élimine la DCO biodégradable, ammoniac, les composés d'azote organique et éventuellement les composants organiques complexes des eaux usées. Ces conversions sont effectuées par la biomasse aérobie, qui croît sous forme de boue granulée sur un support. Le réacteur est formé de 3 compartiments principaux: la colonne montante (teneur en oxygène élevée), la colonne descendante (teneur en oxygène faible) et le séparateur lamellaire (TPS). La colonne montante et la colonne descendante produisent un gazosiphon qui met en suspension la boue granulée.

### 3.1 Réacteur CIRCOX®

La figure 3.1 et le tableau 3.1 qui l'accompagne donnent une vue d'ensemble schématique du réacteur et de ses principaux composants. Le réacteur aérobie CIRCOX® comporte trois cylindres, une colonne descendante (5) et deux colonnes montantes (9A et 9B). En fonction de la demande en oxygène effective, un ou deux compresseurs injectent de l'air dans ces colonnes montantes (3). La retenue d'air engendre une différence de densité entre les colonnes montantes (forte teneur en bulles) et la colonne descendante (faible teneur en bulles), qui se traduit par une circulation d'eau et de boue granulée.

Tableau 3.1: Légende – Eléments principaux

N°	Elément
1	Influent
2	Effluent
3	Entrée d'air
4	Sortie d'air
5	Colonne descendante
6	Séparateur lamellaire
7	Retour de boue
8	Eau d'arrosage
9	Colonnes montantes (A et B)
10	Zone de dégazage
QC O2	Détecteur d'oxygène
LC	Détection de mousse

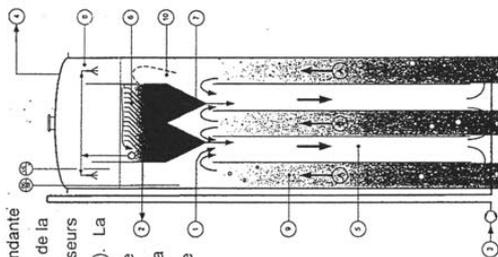


Figure 3.1: Réacteur CIRCOX®

L'effluent est dégazé dans la zone de dégazage (10) et une quantité d'air réduite quitte le réacteur par l'orifice de sortie d'air (4). Le mélange d'effluent et de boue dégazé s'écoule dans le séparateur lamellaire au travers des plaques (6), où l'effluent et la boue granulée sont séparés par décantation. La boue décantée revient dans la colonne descendante par les points de retour de boue (7). L'effluent quitte le réacteur par le déversoir situé en haut du réacteur (2).

## 3.2 Equipement périphérique

### 3.2.1 Détection de mousse (LC)

La mousse se forme principalement lorsque les taux de charge sont trop faibles ou si des composés topiques ou produits de nettoyage sont présents. Il se forme parfois de la mousse pendant le démarrage des ventilateurs. Un détecteur de mousse (LC) et des arroseurs (8) sont installés en haut du réacteur pour détecter et éliminer les problèmes de mousse. L'arrosage à l'aide d'eau (effluent) est normalement suffisant pour éliminer la mousse. Dans le cas contraire, un agent anti-mousse peut être ajouté à l'eau d'arrosage.

### 3.2.2 Cyclone (cuve de dégazage)

A la sortie du réacteur CIRCOX®, les eaux usées traitées en aérobie sont amenées par gravité dans un cyclone où l'excédent d'air et/ou de mousse est éliminé pour être adsorbé dans l'eau descendante.

## 3.3 Elimination de la DCO

La conversion biologique consiste principalement à transformer par oxydation biologique les polluants organiques (DCO) en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et en eau (H<sub>2</sub>O). L'efficacité d'élimination du réacteur CIRCOX® est déterminée par une mesure de l'influent (filtré) contenant la DCO soluble et de l'effluent, et par un calcul effectué selon le chapitre "Calculs" à l'appendice B.

La plupart des eaux usées renferment toujours une fraction de DCO non biodégradable. Cette fraction sera néanmoins mesurée dans l'effluent du réacteur CIRCOX®.

L'oxydation biologique de la DCO constitue en fait le processus d'épuration. Toutefois, une partie de la pollution organique sera utilisée comme source de carbone pour la synthèse de la nouvelle boue bactérienne qui se dépose en tant que boue excédentaire. La quantité de boue de synthèse neuve dépend de la charge de la boue [(kg de DCO) \* (kg de boue granulée)<sup>1</sup> \* jour<sup>-1</sup>]. Plus la charge de boue est élevée, plus la quantité de boue de synthèse neuve est importante.

### 3.4 Biomasse

La biomasse aérobie croît sous forme de film biologique sur un support. La biomasse immobilisée qui se développe dans le réacteur CIRCOX<sup>®</sup> présente une forte densité et une structure compacte. Ces granules présentent de bonnes caractéristiques de sédimentation (vitesse de sédimentation > 50 ml/h) et peuvent aisément être séparées et ramenées dans le système de réacteur au moyen d'un séparateur lamellaire situé au haut du réacteur. Il est possible d'obtenir des concentrations de biomasse de 20 à 40 g de MVES/dm<sup>3</sup>. De fortes concentrations de biomasse se traduisent par une charge de boue relativement faible et, donc, par une croissance relativement faible de la biomasse.

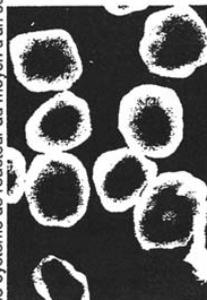


Figure 3.2: Biomasse en granule du réacteur CIRCOX<sup>®</sup> sur un support

#### 3.4.1 Développement de la biomasse

Comme indiqué plus haut, le taux de croissance de la biomasse dépend de la charge de la boue<sup>1</sup>. Le réacteur CIRCOX<sup>®</sup> repose sur un choix de la pression qui favorise l'agrégation de la biomasse dans le court temps de séjour hydraulique (heure). La croissance des bactéries ne peut suivre le rythme de leur disparition consécutive à la dilution du contenu du réacteur avec les eaux usées; les bactéries en suspension (flottant librement) seront entraînées du réacteur et une sélection s'opère au profit de celles qui peuvent se fixer sur le support.

<sup>1</sup> Remarque: Le fonctionnement du réacteur CIRCOX<sup>®</sup> est dépourvu de restriction (au niveau des nutriments et de l'oxygène) et d'effet de toxicité.

Le développement de la biomasse doit être surveillé par le biais du volume de la boue, de la concentration des matières solides en suspension dans le réacteur, de l'influent et de l'effluent, ainsi que de la concentration de DCO solide dans l'influent et l'effluent [DCO totale – DCO en suspension].

Dans des conditions de fonctionnement normales, le volume de la boue varie entre 200 et 400 ml/l. Si le volume de boue mesuré dépasse 400 ml/l, il est nécessaire d'enlever de la boue du réacteur pour maintenir la circulation dans les colonnes montante et descendante.

Le temps de séjour hydraulique est trop court pour que les matières solides puissent se décanter ou la boue granulée adhérer. C'est pourquoi toutes les matières solides qui entrent dans le réacteur en ressortent. Des variations soudaines des valeurs d'influent et d'effluent sont le signe d'une anomalie de la biomasse et indiquent que des mesures s'imposent (voir aussi "Dépannage" – appendice C).

Les procédures d'échantillonnage, de mesure et de retrait de la boue figurent à l'appendice B.

## 3.5 Paramètres de commande

### 3.5.1 Température

La température du réacteur influence notablement la croissance de la biomasse et son activité. La température optimale se situe entre 15 et 35° C. Selon la configuration de l'installation, des températures supérieures à 35° C sont possibles. Il importe toutefois que la température du réacteur ne dépasse jamais 40° C, ce qui provoquerait une forte baisse de l'activité biologique.

### 3.5.2 pH

Le pH optimal pour l'oxydation de la DCO se situe entre 6,0 et 8,5. Le pH optimal des nitrobactéries se situe entre 7,0 et 8,0.

### 3.5.3 Oxygène dissout

La concentration d'oxygène dissout est mesurée et régulée en permanence. Les points de consigne se situent entre 2 et 3 mg/l pour empêcher l'apparition de conditions de nature à limiter l'oxydation biologique. L'oxygène est transféré de l'air au liquide du réacteur. Lorsque le réacteur est exploité dans des conditions de fonctionnement normales et avec une charge stable, la charge, la concentration de la biomasse et la consommation d'oxygène sont équilibrées. Des excès de charge soudains peuvent engendrer une restriction de l'oxygène et sont donc à proscrire.

En fonction de la demande en oxygène effective, un ou deux compresseurs injectent de l'air dans les colonnes montantes. Lorsque le premier compresseur ne parvient pas à fournir suffisamment d'oxygène à la phase liquide, le second entre en action. La réciprocity de leur commande est illustrée à la figure 3.3. Elle est nécessaire pour éviter une surcharge de la canalisation d'effluent.

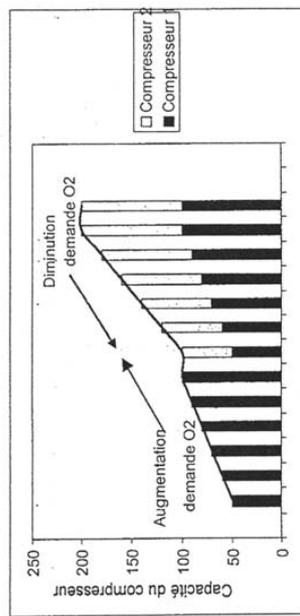


Figure 3.3: Relation entre la demande en oxygène effective et l'utilisation de la capacité du compresseur (mode automatique).

Pour éviter une commutation superflue entre les compresseurs 1 et 2 aux limites des capacités, une temporisation a été programmée entre la mesure et la réaction automatique.

### 3.5.4 Vitesse de l'air

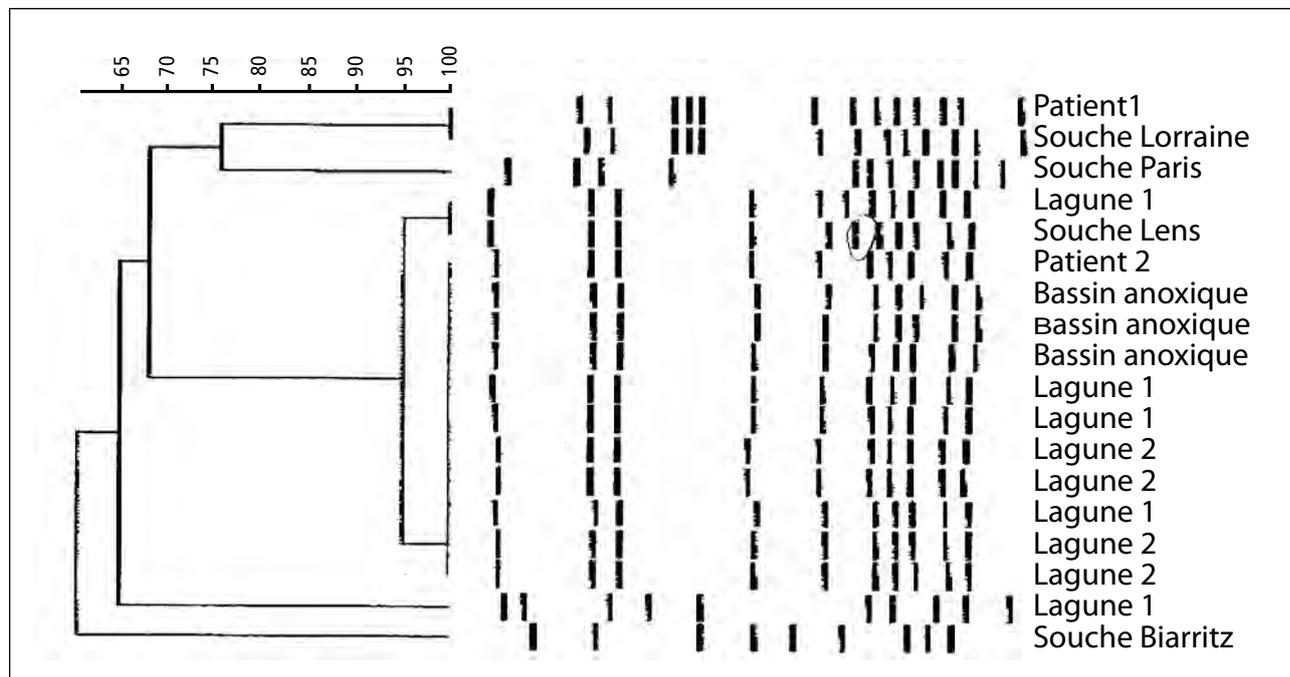
La vitesse de l'air doit en permanence être d'au moins 1/2 cm/s pour maintenir la boue granulée en suspension. Le "débit d'air" correspondant peut aisément être calculé en

multipliant la "vitesse de l'air" (exprimée en mètres) par "3600" (secondes dans une heure) et par la "surface du réacteur", telle qu'elle figure dans la "Fiche technique" – appendice A.)

### 3.5.5 Besoin en nutriments

Les microorganismes ont besoin de plusieurs nutriments pour leur croissance et pour le bon fonctionnement de la cellule. En raison du prétraitement de l'influent du réacteur CIRCOX®, aucune restriction n'est à prévoir. Un contrôle régulier ("Programme d'analyse" – appendice B) de l'équilibre entre les niveaux d'azote et de phosphate dans l'influent du réacteur et la concentration de la DCO biodégradable permet d'éviter les limitations.

## Annexe 3 – Comparaison des souches par électrophorèse en champ pulsé



## Investigation de cas groupés de légionellose, Courrières (Pas-de-Calais), août-septembre 2007

En août 2007, 3 cas de légionellose, domiciliés dans trois communes mitoyennes, étaient déclarés à la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Pas-de-Calais. Une recherche active de cas fut entreprise. L'enquête environnementale abordait toutes les pistes de contaminations, et particulièrement les tours aéroréfrigérantes (TAR). Les souches cliniques et environnementales de légionelles isolées furent typées au Centre national de référence.

Neuf cas de légionellose à *Legionella pneumophila* séro groupe 1 furent enregistrés. La date de début des signes s'étendait du 19 août au 5 septembre 2007. L'âge moyen des cas était de 77 ans. Seule la fréquentation d'une zone de 6 km de rayon centrée sur Courrières fut retrouvée comme facteur commun à l'ensemble des cas. Deux souches cliniques différentes furent isolées. Aucune détection de légionelles n'eut lieu sur les TAR présentes dans la zone centrale. Des légionelles furent détectées, en concentration importante, sur les installations de traitement des eaux usées et un réacteur de nitrification (Circox) d'un site industriel. Une souche identique à celle d'un des patients y fut retrouvée en différents points. Une modélisation de la dispersion de vapeur d'eau à partir du Circox montrait une bonne concordance entre sa position géographique, la direction des vents pendant la période, et la répartition des lieux fréquentés par les cas.

Les investigations pointèrent les installations du site industriel comme origine probable de l'épidémie. L'hypothèse que le réacteur de nitrification (Circox) a été le facteur de dispersion majoritaire est très plausible. Cette épidémie rappelle que, si les TAR restent des sources privilégiées de dispersion de légionelles à l'origine d'épidémies, toute installation propice à leur prolifération, à la formation d'aérosols et à leur dispersion doit être considérée lors des investigations. En particulier, les Circox et les stations d'épuration d'eaux usées avec aération de surface font partie de ces installations à risque.

**Mots clés :** légionellose, cas groupés, station d'épuration, réacteur de nitrification, TAR, aérosol, Pas-de-Calais

## Legionellosis outbreak investigation, Courrières (Pas-de-Calais district), France, August-September 2007

*In August 2007, 3 cases of legionellosis, located on 3 adjoining municipalities, were notified to the Local Health Authorities (Ddass) in the Pas-de-Calais district. An active case-finding was implemented. Environmental investigation checked all potential contamination sources, in particular Cooling Towers (CTs). Human and environmental strains were sent to the NRC for Legionella for molecular typing.*

*Nine cases of legionellosis (Legionella pneumophila serogroup 1), with onset between 19 August and 5 September, were identified. The mean age of cases was 72 years old. The only common factor to all cases was a geographical area of 6 km of radius centred on Courrières. Two clinical strains were isolated. No detection of Legionella occurred in the CTs in the central area. Legionella was detected in large concentrations in the waste water treatment and a bioreactor of nitrification (Circox) part of an industrial site. A strain, found at different points on this chain, was similar to a clinical one.*

*The investigations pointed out an industrial site as the probable source of the outbreak. The Circox was probably the major source of dispersion of Legionella. This investigation reminds that, even if CTs remain a major cause of dispersion of Legionella, other facilities, convenient to the proliferation of Legionella, to the formation of aerosols and to their dispersion, might be considered as risk devices. It's the case for Circoxs and sewage treatment plant with surface aeration.*

Citation suggérée :

Investigation de cas groupés de légionellose, Courrières (Pas-de-Calais), août-septembre 2007. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, avril 2010, 24 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

**INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE**

12 rue du Val d'Osne

94 415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

[www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

ISSN : 1956-6956

ISBN-NET : 978-2-11-099092-1

Réalisé par Diadeis-Paris

Dépôt légal : avril 2010