



GUIDE DE FORMATION

A LA GESTION DU RISQUE DE PROLIFERATION

DES LEGIONELLES DANS LES INSTALLATIONS DE

REFROIDISSEMENT PAR DISPERSION D'EAU

DANS UN FLUX D'AIR



Ce guide a été réalisé pour
le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable

PREAMBULE

Cette bactérie naturellement présente dans l'environnement n'aurait guère fait parler d'elle, s'il n'existait pas des sites hydriques artificiels qui constituent des niches écologiques favorables dans lesquelles elle peut proliférer. Les aérosols générés à partir de cette eau riche en Legionella, sont source potentielle d'épidémie.

Depuis l'identification de Legionella pneumophila aux Etats unis, des cas de légionelloses sont enregistrés, chaque année dans tous les pays. L'augmentation du nombre de cas en Europe jusqu'à présent est attribuée à l'amélioration du dépistage et aux performances du réseau de surveillance.

L'intimité de cette bactérie reste pleine de mystères mais le voile commence à se lever sur les conditions complexes qui favorisent la contamination des réseaux d'eau, la prolifération, et la dissémination. L'observation d'épisodes malheureux est en ce sens, riche d'enseignements.

Si on cherche Legionella, on en trouve un peu, beaucoup, partout ou presque... Seule la mise en œuvre de moyens adaptés, intimement associée à la conception, à la maintenance, à l'exploitation et à la surveillance des installations, permet de maîtriser ce risque sanitaire, sans générer un risque pour l'environnement lié à l'utilisation des traitements chimiques.

Au-delà de l'application des prescriptions réglementaires, la recherche de la réduction maximale du risque sanitaire suppose souvent la remise en cause importante des pratiques ou des habitudes d'exploitation des installations de refroidissement associée à une compréhension fine des mécanismes conduisant à la prolifération et à sa diffusion.

C'est pourquoi la gestion du risque de la prolifération des légionelles ne doit pas rester l'affaire de spécialistes. Elle doit concerner et impliquer tous les opérateurs et exploitants du site.

Ce document comporte trois modules de formation qui se déclinent ainsi:

Module 1

Le module 1 permet de connaître les notions élémentaires sur la légionelle, la légionellose et le risque présenté par les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Il présente en outre la réglementation applicable à ce type d'installation.

Pour plus d'informations sur les principes de fonctionnement des installations de refroidissement, se référer au guide technique « Les différents procédés de refroidissement d'eau dans les installations industrielles et tertiaires » réalisé par le CETIAT pour le MEDD, février 2005.

Module 2

Le module 2 présente différentes « pathologies » d'un circuit d'eau.

Il présente différents moyens de lutte (la liste n'est pas exhaustive), les conditions de mise en œuvre qui garantissent leur efficacité et les stratégies préventives à appliquer.

Module 3

Le module 3 décrit une approche méthodique pour évaluer les risques et identifier les points critiques d'une installation.

En outre, au travers d'un exemple, il permet d'identifier et de rédiger une procédure technique.

Enfin, quelques exemples de « mauvaises pratiques » permettent d'acquérir certains automatismes nécessaires pour gérer le risque en exploitation.

Ce module s'appuie sur la méthodologie présentée dans le « Guide méthodologique pour la réalisation d'une analyse de risque de prolifération de légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air » réalisé par ICS 'eau & LHE pour le MEDD, février 2005.

SOMMAIRE

MODULE 1 : LEGIONELLES ET INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT PAR DISPERSION D'EAU DANS UN FLUX D'AIR

Partie 1 : les légionelles et les installations de refroidissement

- Les légionelles & la légionellose
- Les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air
- Risque de prolifération
- Risque de dissémination

Partie 2 : réglementation des installations de refroidissement

- La législation des installations classées
- Les installations visées par la rubrique 2921
- Les prescriptions applicables
- Modalités d'application

MODULE 2 : MAITRISE DE LA GESTION DU RISQUE DE PROLIFERATION DES LEGIONELLES DANS LES INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT PAR DISPERSION D'EAU DANS UN FLUX D'AIR

Partie 1: Les pathologies des réseaux

- Dépôts incrustants
- Dépôts non incrustants
- Dégradation/corrosion
- Biofilm

Partie 2: Facteurs de risque de prolifération et moyens de lutte

- Les domaines d'action
- L'eau dans le circuit
- Stratégie de traitement
- Lutte contre les « pathologies »

Partie 3: Identification et gestion des facteurs de risques

- Identification des facteurs de risques
- Gestion des facteurs de risque

Partie 4: Surveillance & méthodes d'analyses

- Plan de surveillance
- Prélèvements pour analyses
- Analyses de légionelles
- Autres indicateurs
- Sécurité

ANALYSE DES RISQUES DE PROLIFERATION DES LEGIONELLES DANS LES INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT PAR DISPERSION D'EAU DANS UN FLUX D'AIR

Partie 1 : L'analyse de risque

- Objectifs et principes de la méthode
- Identification des facteurs de risque
- Exemples de mesures préventives
- Surveillance des mesures préventives
- Exemples d'actions correctives
- Révision de l'analyse de risque

Partie 2 : Mauvaises pratiques et actions à mener

- Conception / Implantation
- Exploitation
- Maintenance
- Surveillance

Ce document a été rédigé par Michèle Merchat, Docteur es Science, Responsable Recherche Appliquée & Développement, Climespace, Paris.

Avec l'appui du Bureau de la Pollution Atmosphérique des Equipements Energétiques et des Transports, Service de l'Environnement Industriel, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

Je remercie pour leurs avis et commentaires les membres du groupe de travail national légionellose et en particulier ;

Me Isaure d' Archimbaud, Ania

Mr Emmanuel Béranger, Cofathec

Mr Patrick Faisque, FG3E

Me Laure Delery, Ineris

Mr Christian Feldmann, Costic

Me Estelle Morales, Ania

Mr Laurent Petiot, Cofinair

Me Françoise Ricordel, DPPR MEDD

Ainsi que,

Mr Emmanuel Briand, Cstb

Me Christine Campèse, Invs

Mr Régis Carton, Climespace

Mr Gilles Chaperon, Laboratoire Capsis

Mr Jean François Chartrain, Climespace

Mr Pierre-Franck Chevet, Drire NPdC

Mr Guy Copin, Nalco

Mr Jean François Coutrel, Ficur/Ania

Melle Anabel Deumier, Climespace

Me Héloïse Fontaine, ICS'eau

Mr Cyrille Grimaud, Laboratoire Bouisson Bertrand

Mr Jean Marc Hoen, Ciba Sc

Mr René Lesage, Atmel

Mr Laurent Mouteaux, Agence de l'eau Rhin Meuse

Mr Jean Philippe Puibaraud, Dalkia

Ce travail s'appuie sur l'expérience et la collaboration de toute l'équipe d'exploitation de Climespace que je remercie.

BIBLIOGRAPHIE

- Alary, M. and J. R. Joly (1992). "Factors contributing to the contamination of hospital water distribution systems by legionellae." *J. Infect Dis.* 165: 565-569.
- Anand, C. M. R., A. Skinner, et al. (1983). "Interaction of *Legionella pneumophila* and free living amoeba (*Acanthamoeba palestinensis*)." *J. Hyg. Camb.* 91: 167-178.
- Aquazur, "Hot and cold water services, operations manual, HCM Issue 4, March 1999
- Armon, R., J. Starosvetzky, et al. (1997). "Survival of *Legionella pneumophila* and *Salmonella Typhimurium* in biofilm systems." *Water Science and Technology* 35(11-12): 293-300.
- Arnou, P. M., T. Chou, et al. (1982). "Nosocomial Legionnaires' disease caused by aerosolized tap water from respiratory devices." *J. Infectious Diseases* 146(4): 460-467.
- Atlas, R. M., J. F. Williams, et al. (1995). "Legionella contamination of dental-unit waters." *Applied Environmental Microbiology* 61(4): 1208-1213.
- Barbaree, J. M., B. S. Fields, et al. (1986). "Isolation of protozoa from water associated with a legionellosis outbreak and demonstration of intracellular multiplication of *Legionella pneumophila*." *Applied Environmental Microbiology* 52(1): 422-424.
- Barker, J., M. R. W. Brown, et al. (1992). "Relationship between *Legionella pneumophila* and *Acanthamoeba polyphaga* : physiological status and susceptibility to chemical inactivation." *Applied Environmental Microbiology* 58(8): 2420-2425.
- Berendt R.F. (1980) Survival of *Legionella pneumophila* in aerosols : effect of relative humidity. *The Journal of infectious diseases*, vol.141, n°5, 689.
- Berk, S. G., R. S. Ting, et al. (1998). "Production of respirable vesicles containing live *Legionella pneumophila* cells by two *Acanthamoeba* spp." *Applied Environmental Microbiology* 64(1): 279-286.
- Betz « le conditionnement des eaux industrielles » Love printing services Ltd, 1993.
- Bezanson, G., S. Burbridge, et al. (1992). "In situ colonization of polyvinyl chloride, brass, and copper by *Legionella pneumophila*." *Canadian Journal of Microbiology* 38: 328-330.
- Breiman, R. F., B. S. Fields, et al. (1990). "Association of shower use with Legionnaire' disease: possible rôle of amoeba." *J. American Medical Association* 263(21): 2924-2926.
- Cabanes, P. A., S. Dubrou, et al. (1995). "Les *Legionella* dans l'environnement hydrique sanitaire. Données préliminaires pour une évaluation du risque en France." *Med. Mal. Infect.* 25: 850-857.
- Campès C, Che D (2004) "la légionellose en France surveillance et épisodes épidémiques" séminaire INVS, 20/04/04, Saint Maurice.
- Campins, M., A. Ferrer, et al. (2000). "Nosocomial Legionnaire's disease in a children's hospital." *J. Pediatr. Infect. Dis.* 19(3): 228-234.
- Cirillo, J. D., S. Falkow, L. S. Tompkins. 1994. Growth of *Legionella pneumophila* in *Acanthamoeba castellanii* enhances invasion. *Infect. Immun.* 62(8):3254-61.
- Crespi, S. and J. Ferra (1997). "Outbreak of legionellosis in a tourist complex in Lanzarote concomitant with a treatment of the water system with megadoses of polyphosphates." *Water Science and Technology* 35(11-12): 307-309.
- Daube, D. and Y. Lévi (2000). '*Legionella*: de l'environnement aux réseaux d'eaux chaudes.'" *CVC* n°12(décembre 2000): 10-12.

Borlein Ch, Zoughaib A, Clodic D. « Conception et validation d'un système de régulation permettant d'éviter la formation d'un panache en sortie des tours de refroidissement ». Rapport ADEME. Juin 2003.

Derangère, D., S. Dubrou, et al. "Prévalence des Legionella dans les réseaux de distribution d'eau chaude sanitaire : état de la question." *L'eau, l'industrie, les nuisances* 203: 44-47.

Derangère, D., S. Dubrou, et al. "Risques de développement de Legionella dans les réseaux de distribution d'eau chaude sanitaire." *Cahiers du CSTB*: 1-11.

Dubrou, S. (2000). Où et comment les légionelles vivent-elles ? *Légionelles: état des lieux*, CSTB.

Farrel, I. D., J. E. Barker, et al. (1990). "A field study of the survival of Legionella pneumophila in a hospital hot-water system." *Epidemiol. Infect.* 104: 381-387.

Fields, B. S. (1993). Legionella and protozoa : interaction of a pathogen and its natural host. In *Legionella: current status and emerging perspectives*. R. B. J. M. Barbaree, A. P. Dufour, American Society for Microbiology, Washington, DC: 129-136.

Fields, B. S. (1996). « The molecular ecology of legionellae ». *Trends Microbiol.* 4(7):286-90.

Frederiksen, S. and K. K. Kristensen "Microbial growth in domestic hot water systems within special emphasis on connections to district heating networks.": 301-315.

Hambleton P. et al (1984) Survival of Airborne Legionella pneumophila. In *Legionella Proceedings of the 2nd International Symposium - Thornsberry C. et al, ASM, Washington D.C., 1984, 301-302.*

Köhler, J. R., Maiwald, M., Luck, P. C., Helbig, J. H., Hingst, V., Sonntag, H. G. (1999). "Detecting legionellosis by unselected culture of respiratory tract secretions and developing links to hospital water strains." *J. Hospital Infection* 41: 301-311.

Liles, M., Scheel, R.A., Cianciotto, N.P. (2000). "Discovery of a nonclassical siderophore, legiobactin, produced by strains of Legionella pneumophila." *J. Bacteriology* 182(3): 749-757.

Merchat Michèle, " Stratégies de conception de tours aéroréfrigérantes à zéro émission ", ATEE, 9 juin 2004.

Merchat M, « Vers la maîtrise du risque légionellose dans les circuits de refroidissement : bilan de 5 années de recherches » Journées de l'eau, 29 sept. 1 oct, Poitiers, 2004.

Moran F, « Traitement des eaux » Ed. Edipa, 2001.

Nagl, M., R. Starlinger, et al. (2000). "Influence of sequential cultivation on virulence of Legionella pneumophila and Staphylococcus aureus." *Int. J. Hyg. Environ. Health* 203: 165-167.

Nahapetian K, Challemel O, Beurtin D, Dubrou S, Gounon P, Squinazi F (1991) " The intracellular multiplication of Lp in protozoan from hospital plumbing systems " *Res. Microbiol.*, 142, 677-685.

Neumeister, B., Reiff, G., Faigle, M., Northoff, H., Lang, F. (2000). "Influence of Acanthamoeba castellanii on intracellular growth of different Legionella species in human monocytes." *Applied Environmental Microbiology* 66(3): 914-919.

Newsome, A. L., Scott, T. M., Benson, R. F., Fields, B. S. (1998). " Isolation of an Amoeba naturally harboring a distinctive Legionella species." *Applied Environmental Microbiology* 64(5): 1688-1693.

Oberty, S. and G. Nicolas (2000). "Tours aéroréfrigérantes et réseaux ECS. Conception et exploitation: les erreurs à éviter." *CVC n°12(décembre 2000)*: 31-33.

Paszko-Kolva, C., Sawyer, T.K., Palmer, C.J., Nerad, T.A., Fayer, R. (1998). "Examination of microbial contaminants of emergency showers and eyewash stations." *J. Ind. Microbiol. and Biotechnol.* 20(3-4): 139-143.

Patterson, W. J., Seal, D. V., Curran, E., Sinclair, T.M., McLuckie, J.C. (1994). "Fatal nosocomial Legionnaires' disease : relevance of contamination of hospital water supply by temperature-dependent buoyancy-driven flow from spur pipes." *Epidemiol. and Inf.* 112(3): 513-525.

Renoux A. (1999) La granulométrie des aérosols. *Spectra Analyse*, n°209, août/sept. 1999, 23-28.

Robine E. (1999) Fixation et survie des aérosols bactériens sur les surfaces. Rapport de thèse. Université Paris XII, UFR de Sciences, Sciences de la vie et de la santé / CSTB, 190 p.

Rogers, J., Dowsett, A. B., Dennis, P.J., Lee, J.V., Keevil, C. W. (1994). "Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth of Legionella Pneumophila in potable water systems." *Applied and Environmental Microbiology* 60(6): 1842-1851.

Rogers, J., Dowsett, A. B., Dennis, P.J., Lee, J.V., Keevil, C. W. (1994). "Influence of temperature and plumbing material selection on biofilm formation and growth of Legionella pneumophila in a model potable water system containing complex microbial flora." *Applied Environmental Microbiology* 60(5): 1585-1592.

Rogers, J., Dowsett, A.B., Lee J.V., Keevil, C. W. (1991). Chemostat studies of biofilm development on plumbing materials and the incorporation of Legionella pneumophila. *Biofilms and biodeterioration and biodegradation*. Elsevier: 458-460.

Rowbotham, T. J. (1993). Legionella-like amoebal pathogens. Legionella: current status and emerging perspectives. R. B. J. M. Barbaree, A. P. Dufour, American Society for Microbiology, Washington, DC.: 137-140.

Solomon, J. A., S. W. Christensen, et al. (1983). "Distribution of Legionella pneumophila in power plant environments." Legionella: 2nd international symposium: june 1983, Atlanta - American Society for Microbiology: 309-311.

Squinazzi F (2004) « Biofilms et matériaux des canalisations des réseaux de distribution d'eau ».

States, S., Conley, L., Ceraso, M., Stephenson, T., Wolford, R., Wadowsky, R, McNamara, A., Yee, R.B. (1985). 'Effects of metals on Legionella pneumophila growth in drinking water plumbing systems." *Applied Environmental Microbiology* 50(5): 1149-1154.

Stout, J., Yu, V., Best, M. (1985). 'Ecology of Legionella pneumophila within water distribution systems." *Applied Environmental Microbiology* 49(1): 221-228.

Surman, S.B., Morton, L.H.G., Skinner, A., Fitzgeorge, R.B., Keevil, C.W. (1999). "Growth of Legionella pneumophila is not dependent on intracellular replication". *Royal Society of Chemistry Special Publications* 242: 160-170.

Swanson, M. S. and B. K. Hammer (2000). "Legionella pneumophila pathogenesis : A fateful journey from Amoebae to macrophages." *Annual Review of Microbiology* 54: 567-613.

Visca, P., Goldoni, P., Lück, Helbig, J.H., Cattani, L., Giltr,i G., Bramat,i S., Pastoris, M.C. (1999). "Multiple types of Legionella pneumophila serogroup 6 in a hospital heated-water system associated with sporadic infections." *J. Clinical Microbiology* 37(7): 2189-2196.

Wadowsky, R. M., Butler, L. J., Cook, M. K., Verma, S. M., Paul, M. A., Fields, B. S. Keleti, G., Sykora, J. L., Yee, R. B. (1988). "Growth-supporting activity for Legionella pneumophila in tap water cultures and implication of Hartmannellid amoebae as growth factors." *Applied Environmental Microbiology* 54(11): 2677-2682.

Wadowsky, R. M., R. B. Yee. 1983. Satellite growth of Legionella pneumophila with an environmental isolate of Flavobacterium breve. *Appl. Environ. Microbiol.* 46(6):1447-1449.

Wadowsky, R. M., Yee, R. B., Mezmar, L., Wing, E. J., Dowling, N. J. (1982). " Hot water systems as sources of Legionella pneumophila in hospital and non-hospital plumbing fixtures." *Applied Environmental Microbiology* 43: 1104-1110.

Winiiecka-Krusnel, J., Linder E. (1999). "Free-living Amoeba protecting Legionella in water : the tip of an iceberg." *Scandinavian J. Infectious Diseases* 31: 383-385.

Yee, R. B., Wadowsky, R.M. (1982). "Multiplication of Legionella pneumophila in unsterilized tap water." *Applied Environmental Microbiology* 43(6): 1330-1334.

Internet : <http://perso.wanadoo.fr/bernard.pironin/aquatech/degradations.htm>

Internet : <http://www.q-net.net.au/~legion/>

Internet : <http://www.concordechimie.fr>



GUIDE DE FORMATION

Guide de formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Réalisé par Climespace - Michèle Merchat

Ce guide a été réalisé pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable



Module 1

Légionelles et installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

- ⊞ **Partie 1** : les légionelles et les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

- ⊞ **Partie 2** : réglementation des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Le module 1 permet de connaître les notions élémentaires sur la légionelle, la légionellose et le risque présenté par les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Il présente en outre la réglementation applicable à ce type d'installation.

Pour plus d'informations sur les principes de fonctionnement des installations de refroidissement, se référer au guide technique « Les différents procédés de refroidissement d'eau dans les installations industrielles et tertiaires » réalisé par le CETIAT pour le MEDD, février 2005.

Partie 1

Les légionelles et les installations de refroidissement

Les légionelles & la légionellose

**Les installations de refroidissement
par dispersion d'eau dans un flux d'air
Risque de prolifération
Risque de dissémination**

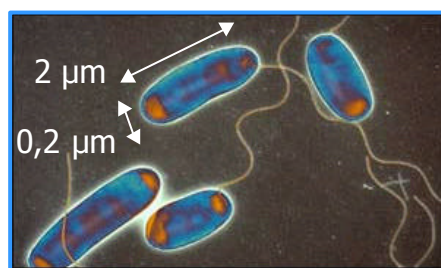


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les Légionelles

- ⊕ **Bactéries** des milieux humides
- ⊕ **49 espèces** et 64 sérogroupes sérologiques
- ⊕ Une vingtaine d'espèces ont un caractère pathogène pour l'homme (isolées chez des malades)
- ⊕ Legionella pneumophila : 99% des cas de légionelloses
- ⊕ Legionella pneumophila séro groupe 1: 90% des cas
- ⊕ Caractéristiques des bactéries

en bâtonnets
Gram négatif
aérobies
flagellées ou non



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les légionelles sont des bactéries d'origine aquatique. Les bactéries sont des êtres unicellulaires de structure très simple, au noyau diffus et se reproduisant par fragmentation.

Les légionelles sont classées en 49 espèces et 64 sérogroupes (sous espèces), toutes ne sont pas pathogènes pour l'homme. Une vingtaine ont été isolées à partir de malades.

Legionella pneumophila (Lp) est responsable d'environ 99% des légionelloses.

Le séro groupe 1 (Lp1) est le plus fréquemment mis en cause dans les légionelloses (90%).

Les bactéries constituent un ensemble d'une grande variété. Elles peuvent être différenciées par les caractéristiques microchimiques de leur enveloppe externe (la paroi) qui a un rôle de protection important.

Les 2 grands types de parois sont différenciés par la coloration dite de « Gram ». Alors que les « Gram + » ont une simple paroi, les bactéries à « Gram - » possèdent une enveloppe externe riche en lipides.

Cette méthode de coloration a été inventée par Gram(1853-1938), en 1884. Son intérêt est de donner une information rapide et médicalement importante, car le pouvoir pathogène et la sensibilité aux antibiotiques sont radicalement différents en fonction de la nature de la paroi.

La maladie

⊕ **Pneumopathies aiguës** sporadiques ou épidémiques = **Légionellose** ou **maladie du Légionnaire**

- Taux d'attaque: 0,1 à 5 %
- Période d'incubation: 2 à 10 jours
- Diagnostic de la maladie rapide: possible 24 - 36 heures
- Mortalité: 10 à 30 %
- Traitements antibiotiques efficaces

⊕ **Syndrome pseudo-grippal** = **fièvre de Pontiac**

- Taux d'attaque: 95 %
- Période d'incubation: de 24 à 36 heures
- Guérison spontanée



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La légionellose est une maladie pulmonaire qui se soigne par administration d'antibiotiques.

Les premiers symptômes ressemblent à une grippe (fièvre, toux sèche) puis la fièvre augmente (39,5 °C); le malade a des sensations de malaise, ainsi que des douleurs abdominales (nausées, vomissements), parfois accompagnées de troubles psychiques. Deux complications sont souvent fatales: une insuffisance respiratoire irréversible et une insuffisance rénale aiguë.

L'incubation (durée entre la contamination et l'apparition des premiers symptômes) est classiquement de 2 à 10 jours avec une moyenne de 5 à 6 jours.

Le taux d'attaque correspond au nombre de personnes malades/nombre de personnes exposées à la bactérie.

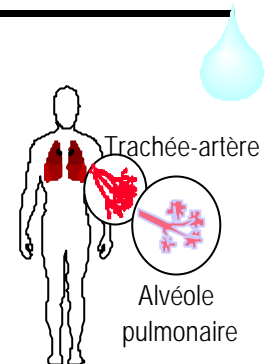
Mode de contamination

☒ Inhalation

Aérosols de micro-gouttelettes d'eau (diamètre < 5µm)

☒ Infection à partir de la flore oro-pharyngée

- Controversée
- « fausse route » eau de boisson (personnes âgées)
- Intubation lors d'interventions chirurgicales
- Noyade



☒ Contamination par ingestion

Suspectée, mais peu d'argument en faveur de ce mode

☒ Transmission de personne à personne

Non documentée

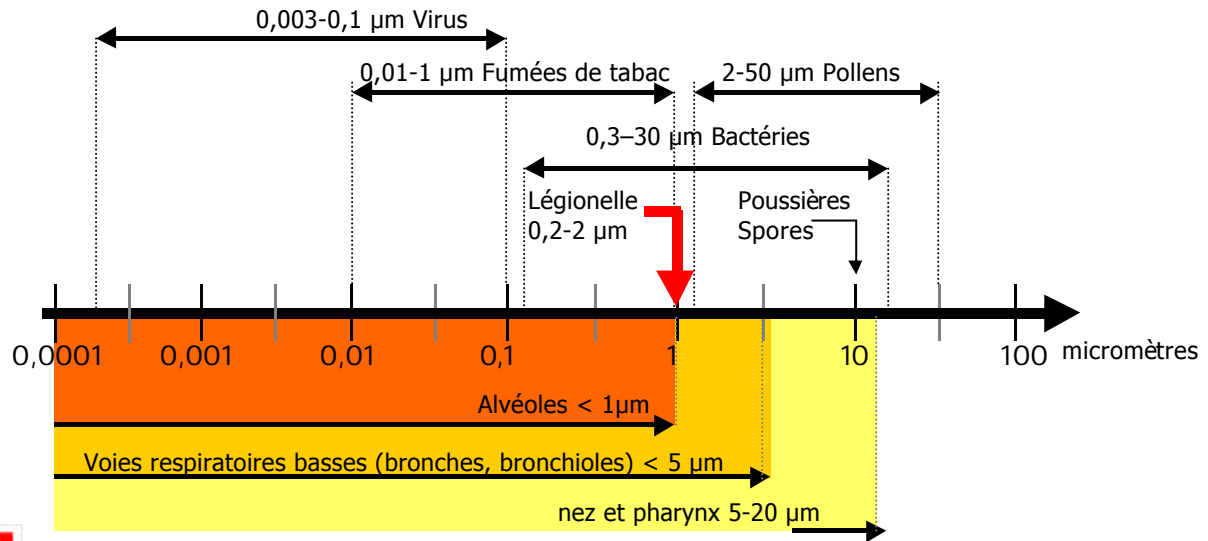


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La contamination d'un individu se fait par inhalation de gouttelettes d'eau contaminées. Les aérosols de taille < à 5 µm pénètrent jusqu'aux alvéoles pulmonaires.

Taille des particules

Les légionelles pénètrent les voies respiratoires dans les gouttelettes d'eau de taille $< 5 \mu\text{m}$



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

D'après Zeterberg.

Transmission et survenue de la maladie

influence de différents facteurs

Facteurs liés à la source

- ⊕ Concentration de légionelles dans l'eau > à 10^3 UFC/L :
- ↳ risque plus important

Facteurs liés à l'individu

- ⊕ Sensibilité de l'individu : immuno-déficients, tabagisme, bronchites chroniques, personnes âgées...
- ⊕ Dose minimale infectieuse : non définie
- ⊕ Durée d'exposition à la source: non définie

Facteurs liés à la bactérie

- ⊕ Espèce et virulence de la bactérie: mal connues



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Facteurs liés à la source

Le risque de dissémination d'aérosol contaminé est plus fort lorsque la concentration en légionelles dans l'eau susceptible d'être aérosolisée est supérieure à 1000 UFC/L.

Facteurs liés à l'individu

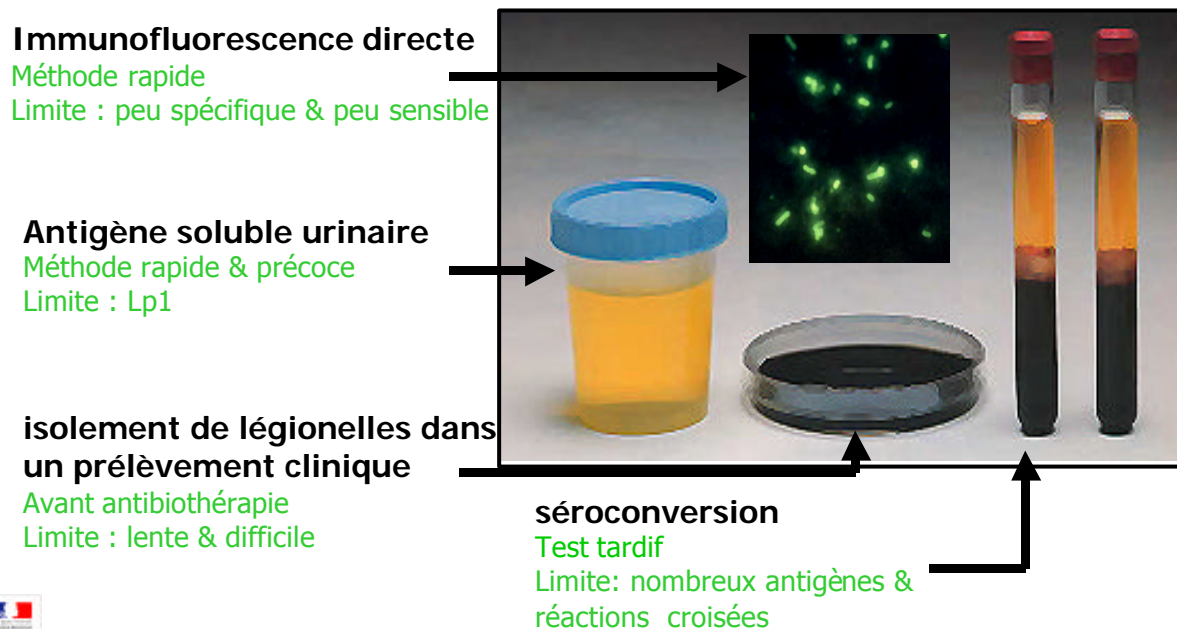
Les facteurs prédisposants à la maladie du légionnaire sont l'âge croissant, l'alcoolisme, le tabagisme, l'immunodéficience, les affections respiratoires chroniques...

La dose minimale infectieuse, c'est à dire la quantité minimale de bactéries inhalées susceptibles de déclencher la légionellose chez un individu, ainsi que la durée d'exposition, ne sont pas connues actuellement.

Facteurs liés à la bactérie

Le pouvoir infectieux (pathogénicité) varie selon l'espèce de légionelle, son état physiologique, et sa phase de croissance.

Méthode de diagnostic biologique des légionelloses



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Diagnostic par recherche d'antigènes urinaires

- Le diagnostic est réalisable 3 à 4 jours après la date d'apparition des signes. Au moins 80% des patients avec une légionellose auraient des antigènes solubles de Legionella dans les urines après l'apparition des symptômes.
- La méthode est sensible et le résultat est obtenu rapidement (en quelques minutes).
- Spécifique des Lp1.

Diagnostic à partir d'un prélèvement bronchique

•par culture

- Cette mise en culture de prélèvements pulmonaires ou d'expectorations doit être réalisée après une recherche d'antigènes urinaires positive.
- La culture est lente: réponse en 3 à 10 jours.
- L'isolement d'une souche permet ensuite la détermination de son profil génomique.

•par immunofluorescence directe

la méthode n'est pas sensible ni spécifique.

Diagnostic par séroconversion

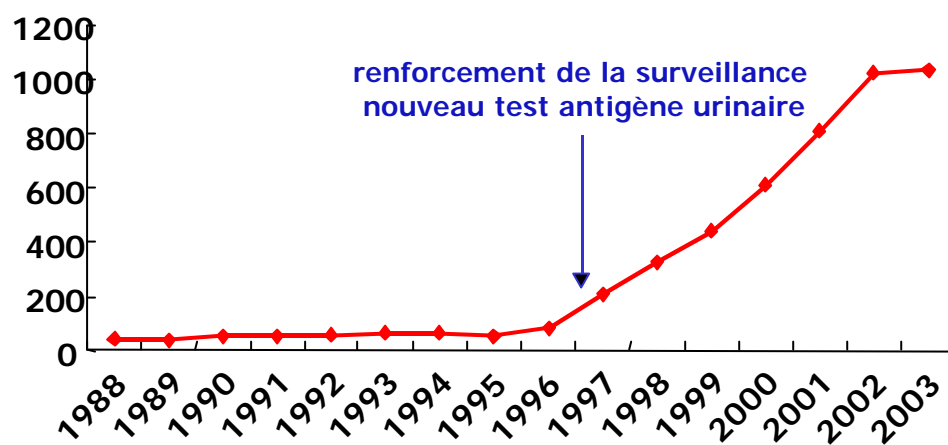
- Pour l'identification des Lp qui n'appartiennent pas au sérogroupe 1.
- Le diagnostic est tardif puisqu'il est possible seulement 5 à 6 jours après la date de début des signes.
- Le résultat est long à obtenir (environ 3 semaines).

Evolution du nombre de cas de légionellose déclarés en France 1988 - 2003

1987: Maladie à déclaration obligatoire

2001: Signalement des infections nosocomiales

Nombre de cas déclarés



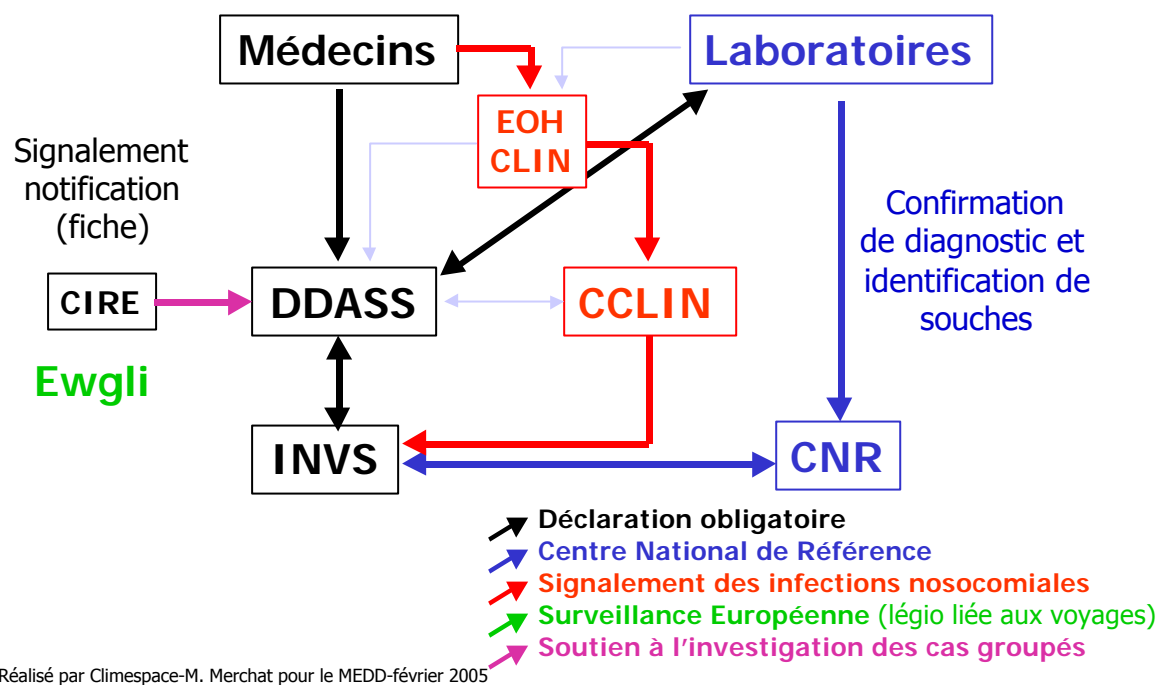
Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La légionellose est une maladie à déclaration obligatoire depuis 1987.

L'augmentation du nombre de cas en France depuis 1997 est liée à l'apparition du test urinaire et à son utilisation systématique.

La légionellose peut être d'origine nosocomiale, lorsqu'elle est contractée à l'occasion d'un séjour à l'hôpital.

Système de surveillance en France



En France, les légionelloses sont surveillées dans le cadre des maladies à déclaration obligatoire (déclaration des cas faite par les médecins, transmise à la Ddass puis à l'INVS); par ailleurs, le CNR recueille de manière exhaustive les souches d'origine humaine isolées.

Au niveau local, le signalement et la notification obligatoire de cette maladie permettent à la Ddass de réaliser une enquête afin d'identifier les expositions à risque, de rechercher d'autres cas liés à ces expositions et de prendre les mesures environnementales de contrôle appropriées.

Au niveau national, elles ont pour objectifs de connaître la fréquence, les tendances et les principales caractéristiques épidémiologiques de cette maladie et d'identifier des cas groupés.

Au niveau européen, l'objectif principal du réseau Ewgli est d'identifier les cas groupés pouvant être rattachés à une source commune d'exposition lors d'un voyage afin de prendre les mesures de prévention appropriées.

Cette surveillance permet d'identifier les cas sporadiques et les cas groupés dont l'origine est systématiquement recherchée. Les cas groupés, plus ou moins importants, sont souvent liés à la contamination de tours aérofrigorantes (12 épidémies entre 1998 et 2003).

DDASS: Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

INVS : Institut National de Veille Sanitaire

CNR : Centre National de Référence

EWGLI: European Working Group Legionellosis Identification

CIRE: Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie

CCLIN: Centre de Coordination de la lutte Contre les Infections

EOH : Equipe Opérationnelle d'Hygiène

CLIN: Comité de Lutte contre les Infections Nosocomiales

Investigation des cas groupés

Objectifs

- ⊕ **Détection précoce des légionelloses**
- ⊕ **Identification de la source de contamination**

Méthode

- ⊕ **Enquête épidémiologique**
 - Confirmation du diagnostic et recherche d'autres cas de légionelloses
 - Recensement des expositions à risque pour chaque patient pendant la période d'incubation et recherche d'expositions communes aux cas
- ⊕ **Enquête environnementale**
 - Recherche de Légionelles dans l'environnement fréquenté par le patient
 - Recherche des sources à risque et prélèvements d'eau pour analyses
- ⊕ **Enquête microbiologique**
 - Comparaison des profils génomiques des souches cliniques entre elles
 - Comparaison des profils génomiques de la ou des souche(s) épidémiques et des souches environnementales des installations contrôlées.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Enquête épidémiologique: sur la base de l'emploi du temps du malade durant la période d'incubation (soit 10 jours avant l'apparition des premiers symptômes), elle permet l'identification des expositions à risques; en présence de cas groupés, l'enquête recherche les expositions communes aux différents cas.

Enquête environnementale: elle vise à identifier la ou les sources de contamination.

Enquête microbiologique: elle vise à identifier la source contaminante par comparaison des souches isolées à partir des prélèvements réalisés sur les installations suspectées et les souches prélevées chez les malades.

Souches cliniques: souches isolées à partir de malades.

Souches épidémiques: souches isolées sur plusieurs malades et identifiées comme à l'origine de l'épidémie.

Souches environnementales: souches isolées dans des prélèvements environnementaux (exemple: eau de circuit de refroidissement).

La bactérie dans l'environnement

Présente naturellement

- ✧ Dans l'eau douce (eau de rivière, lac,...)
- ✧ Dans les sols humides (terreaux...)
- ✧ Dans le monde entier

⇒ Bactérie dite hydrotellurique dans des concentrations généralement faibles voire non détectables par les méthodes par culture



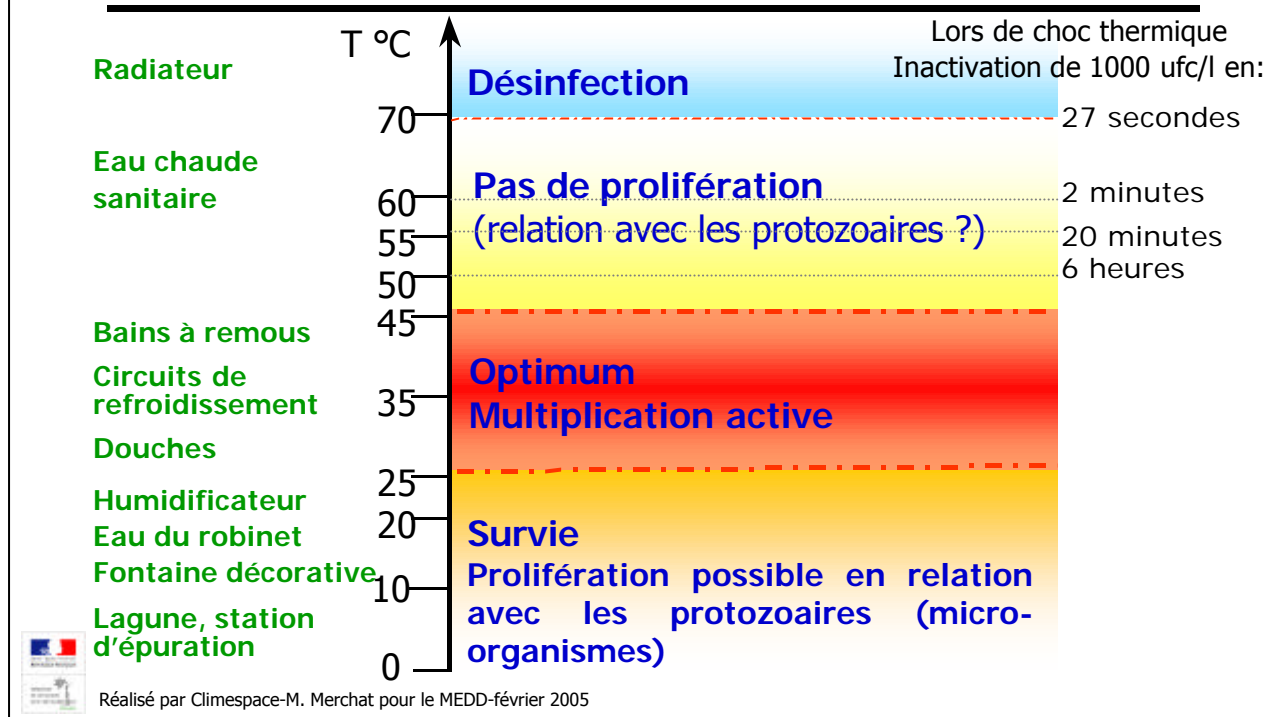
Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Legionella est une bactérie qui, comme tous les êtres vivants, va se multiplier dans les zones qui lui offriront les conditions les plus favorables et où elle sera protégée des agressions externes.

Elle est présente dans quasiment tous les environnements humides (y compris dans les eaux salées, ou bien qu'inhibées, elles peuvent survivre à basse température (Flierman).

Les légionelles exigent la présence d'oxygène à une teneur supérieure à 2,2 mg/l (Wadowsky).

Influence de la température sur les légionelles



La température optimale de développement des légionelles se situe aux alentours de 35°C-37°C, mais elles survivent sur une plage de température beaucoup plus grande: elles ont été isolées dans des eaux de 6 à 66°C.

Une élévation de température à 70°C permet de réduire leur concentration dans les réseaux d'adduction d'eau. Cependant les traitements thermiques se révèlent efficaces seulement à court terme probablement à cause des biofilms et/ou des amibes qui leur offrent une protection suffisante pour engendrer une recolonisation active.

- < 25°C : état quiescent
- 25° - 45°C : croissance
- 50°C : inhibition de la croissance
- 55°C : réduction d'1 log en 20 mn
- 57,5°C : réduction d'1 log en 6 mn
- 60°C : réduction d'1 log en 2 mn
- choc thermique : 70°C durant 30 mn

Systemes hydriques artificiels

« reservoirs »

⊕ Les circuits de distribution d'eau

↳ generation d'aerosols: douches, bains à remous, brumisateurs...

⊕ Les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

↳ generation d'aerosols: tours de refroidissement...

⊕ Les fontaines decoratives

↳ generation d'aerosols: aspersion

⊕ Les lagunes d'epuration

↳ generation d'aerosols: aerateurs de surface



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Dans les eaux naturelles, leur nombre est généralement faible mais certainement suffisant pour contaminer les circuits d'eau artificiels dans lesquels elles trouvent des conditions favorables à leur croissance.

Les circuits de distribution d'eau: des études environnementales réalisées essentiellement dans des lieux collectifs ont montré la présence de légionelles dans les circuits d'eau chaude de bâtiments tels que des hôpitaux, des hôtels, des immeubles du tertiaire. Le rôle de la température semble être un des facteurs déterminants de la présence ou non de Legionella.

Les autres sources d'aérosolisation liées aux bâtiments sont les bains à remous ou à jets utilisés pour la détente, la balnéothérapie ou le thermalisme, les humidificateurs, les fontaines décoratives, les équipements de thérapie respiratoire par aérosols, les machines à glace...

Ainsi, deux épidémies récentes ont été occasionnées par l'exposition à l'eau d'un bain à remous présenté lors de grandes expositions: l'une en Hollande en mars 1999 (124 cas, 28 décès), l'autre en Belgique en décembre 1999 (93 cas, 5 décès).

Les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (circuits chauds industriels ou groupes frigorifiques) utilisées en climatisation, en froid industriel ou commercial, sont des milieux favorables au développement des Legionella compte tenu de la température de l'eau et du contact avec air/eau.

Les systèmes de traitement d'air du type batteries froides, par leur conception, sont peu susceptibles d'être colonisés par des Legionella et de contaminer la population environnante. **Les techniques d'humidification de l'air** ont été mises en cause, notamment l'humidification par pulvérisation ou par lavage d'air.

Conditions favorables à la prolifération des légionelles

Dans un réservoir artificiel

- ⊕ **La température**
entre 25 et 45 °C
- ⊕ **La stagnation d'eau**
zones mortes, vitesses de circulation faibles
- ⊕ **La qualité de l'eau**
présence de nutriments, dépôts ...
- ⊕ **La qualité des surfaces en contact avec l'eau**
rugosité, aspérités dues aux dépôts de tartre, corrosion, type de matériaux...
- ⊕ **Les dépôts biologiques (**biofilm**) et certains micro-organismes**
protozoaires, algues, bactéries...



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

En laboratoire, les légionelles présentent des exigences nutritionnelles complexes. Elles ne se cultivent sur aucun milieu usuel des laboratoires de microbiologie ce qui a nécessité la mise au point d'un milieu spécial après l'épidémie de 1976 qui révéla cette maladie à Philadelphie (USA).

Leur croissance exige la présence d'oxygène, et est favorisée par la présence de sels de fer sous forme de sulfate, pyrophosphate, nitrate, chlorure, de l'acide-aminé L-cystéine ainsi que des matières organiques qui constituent une source de carbone.

Le pH optimal de croissance sur milieu de culture est légèrement acide autour de 6,8; mais elles ont été isolées dans des eaux à pH compris entre 5,5 et 9,2 et sont résistantes à des pH plus acides.

Cette propriété est d'ailleurs utilisée pour les isollements en laboratoires afin de détruire la flore qui pourrait interférer sur les dénombrements.

A l'échelle d'une installation de refroidissement, les facteurs favorables à la prolifération sont: la température, l'hydraulique, la qualité de l'eau, la qualité et l'état des surfaces en contact avec l'eau et la présence de dépôts organiques et minéraux.

Aucune action ne permet de contrôler la température de l'eau dans ce type d'installation. En revanche, une gestion adaptée permet de contrôler les autres paramètres.

Epidémies de légionellose

Quelques exemples liés à des circuits de refroidissement en France

- ✧ **1976** : mise en évidence de la « maladie du légionnaire » lors d'un congrès de la Légion américaine : 32 décès
- ✧ **1977** : Identification de *L. pneumophila*
- ✧ **1998** : Paris, 20 cas, 4 décès
- ✧ **1999** : Paris, 15 cas, 2 décès
- ✧ **2000** : Rennes, 22 cas, 5 décès
- ✧ **2002** : Meaux, 22 cas
- ✧ **2002** : Sarlat, 31 cas, 6 décès
- ✧ **2003** : Poitiers, 24 cas
- ✧ **2003** : Montpellier, 31 cas, 4 décès
- ✧ **2003** : Lens, 86 cas, 18 décès



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Reconnue pour la première fois en 1976 à l'occasion d'une épidémie survenue lors d'un congrès d'anciens combattants de l'armée des USA, d'où le nom de "Maladie des Légionnaires", la légionellose a été impliquée depuis dans de nombreux foyers épidémiques hospitaliers ou communautaires.

Les épidémies présentées ici sont liées à des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air.

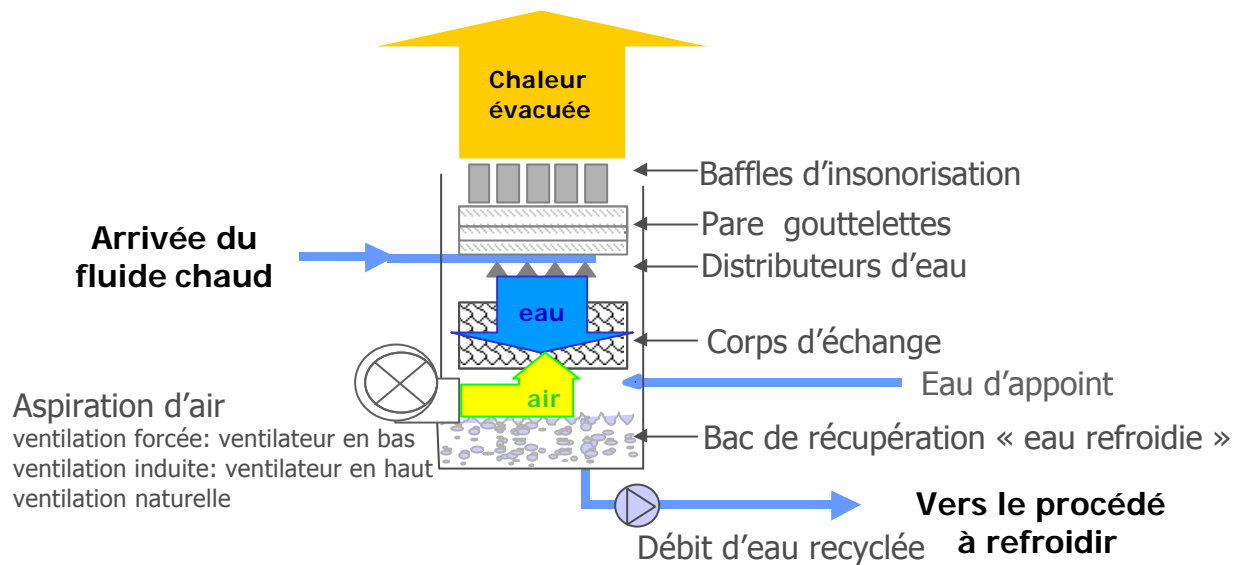
Partie 1

Les légionelles & la légionellose
Les installations de refroidissement
par dispersion d'eau dans un flux d'air
Risque de prolifération
Risque de dissémination



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Evacuation de la chaleur « la tour de refroidissement »



Installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La réfrigération humide est basée sur le contact direct entre l'air et l'eau à refroidir qui conduit à une **évaporation de l'eau**. Cette évaporation (chaleur latente) est le moteur principal de l'échange thermique et des échanges par convection (chaleur sensible).

Les tours constituent le moyen le plus efficace et le moins coûteux pour extraire la chaleur des systèmes de réfrigération, des process industriels et du conditionnement d'air. Compactes, peu gourmandes en énergie, elles économisent plus de 95 % de l'eau qu'elles refroidissent.

La tour fonctionne pour l'essentiel, sur le principe naturel du refroidissement par évaporation de l'eau par un contact direct avec l'air ambiant. On peut ainsi obtenir des températures d'eau froide inférieures à celles de l'air sec ambiant.

L'eau se répartit dans un **garnissage** ou **packing** ou **corps d'échange** où elle rencontre l'air de refroidissement mis en mouvement, soit par effet de tirage dans une sorte de haute cheminée, dans les **tours à tirage naturel**, soit au moyen de ventilateurs dans les **tours à tirage forcé**.

- **La tour à ventilation forcée**: les plus grandes sont utilisées dans l'industrie, les plus petites dans le secteur tertiaire (installations de climatisation). L'air est mis en circulation au moyen d'un ou plusieurs moto ventilateurs situés à l'amont du garnissage (on dit aussi tour soufflante). La tour peut aussi être « à tirage induit » quand les moto ventilateurs sont situés à l'aval du garnissage (on dit aussi tour aspirante).

- **La tour à ventilation naturelle**: ouvrages importants que l'on trouve principalement dans le secteur de production d'énergie, (centrales thermiques ou nucléaires). La circulation d'air est obtenue par effet de tirage d'une grande cheminée de forme le plus souvent hyperbolique grâce à la différence de température entre l'eau chaude et l'air ambiant plus froid.

L'eau refroidie tombe dans le bac en bas de la tour pour aller vers un échangeur ou un procédé pour récupérer à nouveau des calories. L'évaporation entraîne la formation d'un **panache** visible constitué de vapeur d'eau et de gouttelettes recondensées.

L'eau dans le circuit se concentre en sels minéraux par rapport à l'eau d'appoint (du fait de l'évaporation). Par convention, on appelle « **facteur de concentration** ou **nombre de cycles de concentration** » le rapport des teneurs en certains sels dissous entre l'eau du circuit (ou eau de purge) et l'eau d'appoint. Exemple : Après 3 cycles de concentration, l'eau de purge renferme trois fois plus de ces sels que l'eau d'appoint $F_c = 3$.

Le pare gouttelette au sommet de la tour permet de limiter l'**entraînement direct de l'eau du circuit** (**entraînement vésiculaire** ou **primage**) du fait de la circulation de l'eau et de l'air à contre courant.

Une **purge de déconcentration** permet de contrôler et stabiliser le facteur de concentration. L'**eau d'appoint** compense les « pertes » en eau (évaporation, purge de déconcentration, entraînement vésiculaire).

Les baffles d'insonorisation permettent en ville de respecter les seuils d'émissions sonores.

Installation de refroidissement

Définition réglementaire

Distinction selon la longueur du circuit d'eau en contact avec l'air :

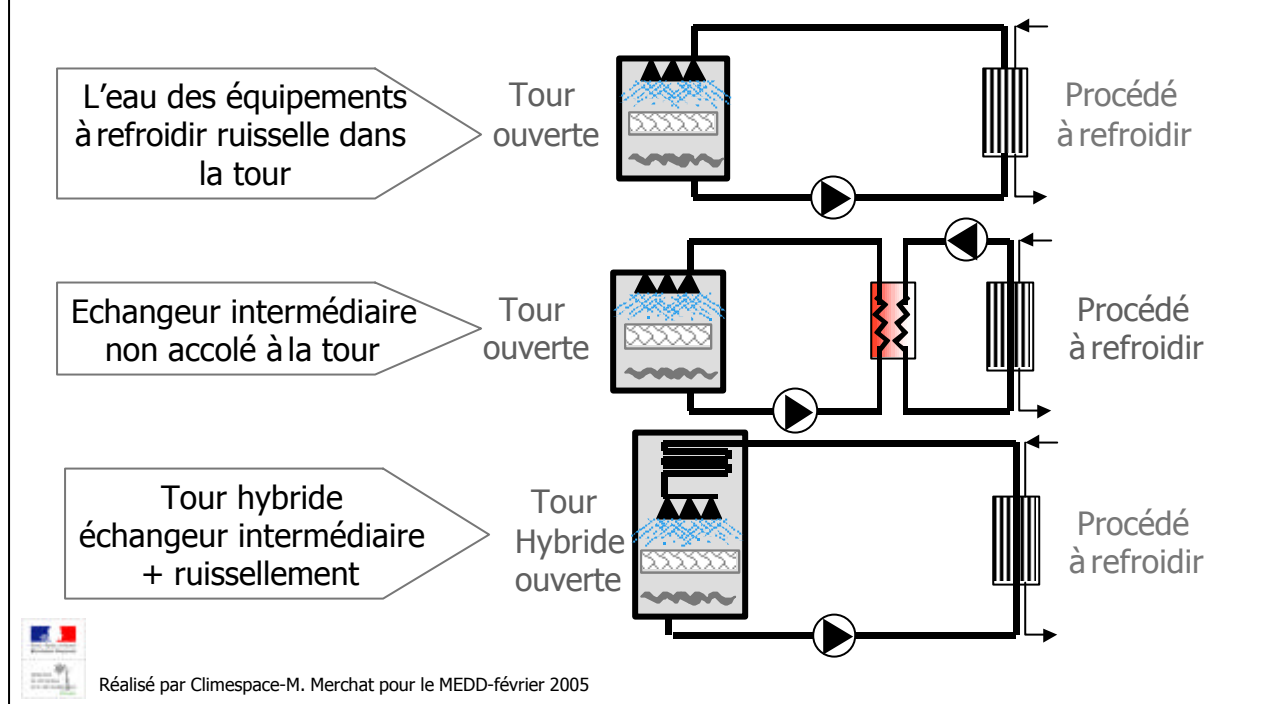
Si le circuit d'eau en contact avec l'air:

- ⊕ Va de la tour vers un échangeur ou un procédé éloigné de la tour (non accolé à cette dernière):
 - ↳ l'installation n'est pas du type circuit primaire fermé
- ⊕ Est circonscrit au niveau de la tour, qu'il s'agisse d'une tour fermée ou d'une tour ouverte refroidissant un échangeur accolé à la tour:
 - ↳ l'installation est du type circuit primaire fermé



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Installation de refroidissement qui ne sont pas du type circuit primaire fermé



Les installations qui ne sont pas du type circuit primaire fermé sont des installations pour lesquelles le circuit d'eau en contact avec l'air va de la tour vers un échangeur ou un procédé éloigné de la tour (non accolé à cette dernière).

Dans ce cas, le volume d'eau en contact avec l'air, et dans lequel la concentration des légionelles doit être maîtrisée, est significatif et suppose une surface de canalisation où serait susceptible de se former du biofilm plus grande que dans le cas des installations qui sont du type circuit primaire fermé.

Il est entendu qu'une tour hybride (fonctionnement voie sèche/voie humide) peut être du type circuit primaire fermé si la tour est fermée (circuit d'eau en contact avec l'air restreint à la tour) ou ne pas être du type circuit primaire fermé si la tour est ouverte, comme cela est le cas dans le troisième schéma de ce transparent.

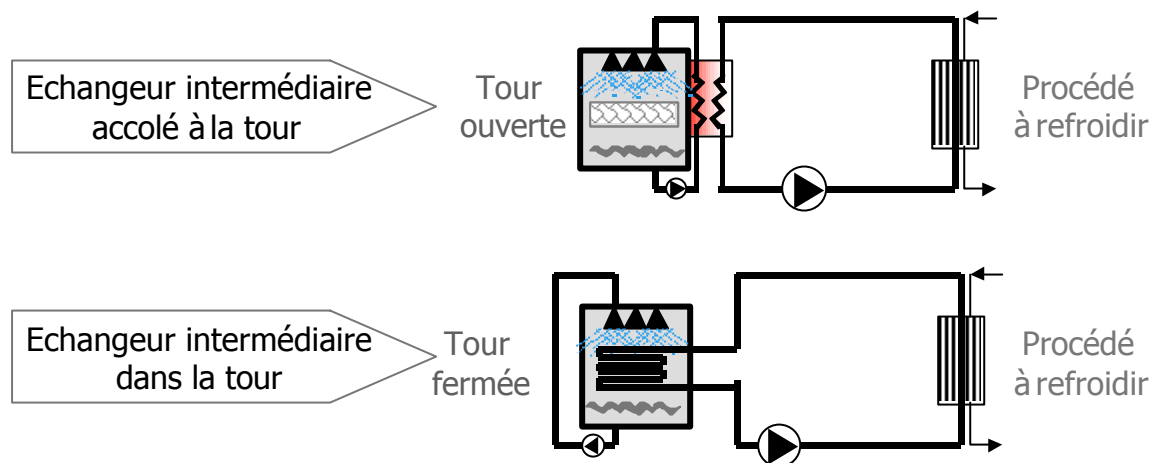
A retenir que :

Tour ouverte : l'eau du circuit à refroidir est directement dispersée sur le corps d'échange de la tour de refroidissement. Une partie de l'eau s'évapore pour assurer le refroidissement de l'eau, l'autre partie est récupérée dans le bac de récupération, puis retourne vers le procédé à refroidir.

Tour ouverte + échangeur non accolé : un échangeur à plaques intermédiaires est disposé entre le circuit à refroidir et le circuit de la tour équipée d'un corps d'échange. Le fonctionnement de la tour est identique à celui d'une tour ouverte avec un circuit d'eau indépendant.

Tour hybride ouverte : ce type de tour est constituée d'une batterie sèche et d'un corps d'échange sur lequel l'eau du procédé ruisselle: le fluide à refroidir circule en premier lieu dans une batterie sèche située au sommet de la tour de refroidissement. Si le refroidissement en mode sec n'est pas suffisant, le fluide est alors dispersé sur un corps d'échange, s'évapore en partie puis retourne à la température désirée vers le procédé.

Installations de refroidissement qui sont du type circuit primaire fermé



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les installations qui sont du type circuit primaire fermé sont des installations pour lesquelles le circuit d'eau en contact avec l'air est circonscrit au niveau de la tour, qu'il s'agisse d'une tour fermée, ou d'une tour ouverte refroidissant un échangeur accolé à la tour.

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

A retenir que :

Tour ouverte + échangeur accolé: l'échangeur à plaques intermédiaire est accolé physiquement à la tour équipée d'un corps d'échange. Le fonctionnement de la tour est identique à celui d'une tour ouverte avec un circuit d'eau indépendant.

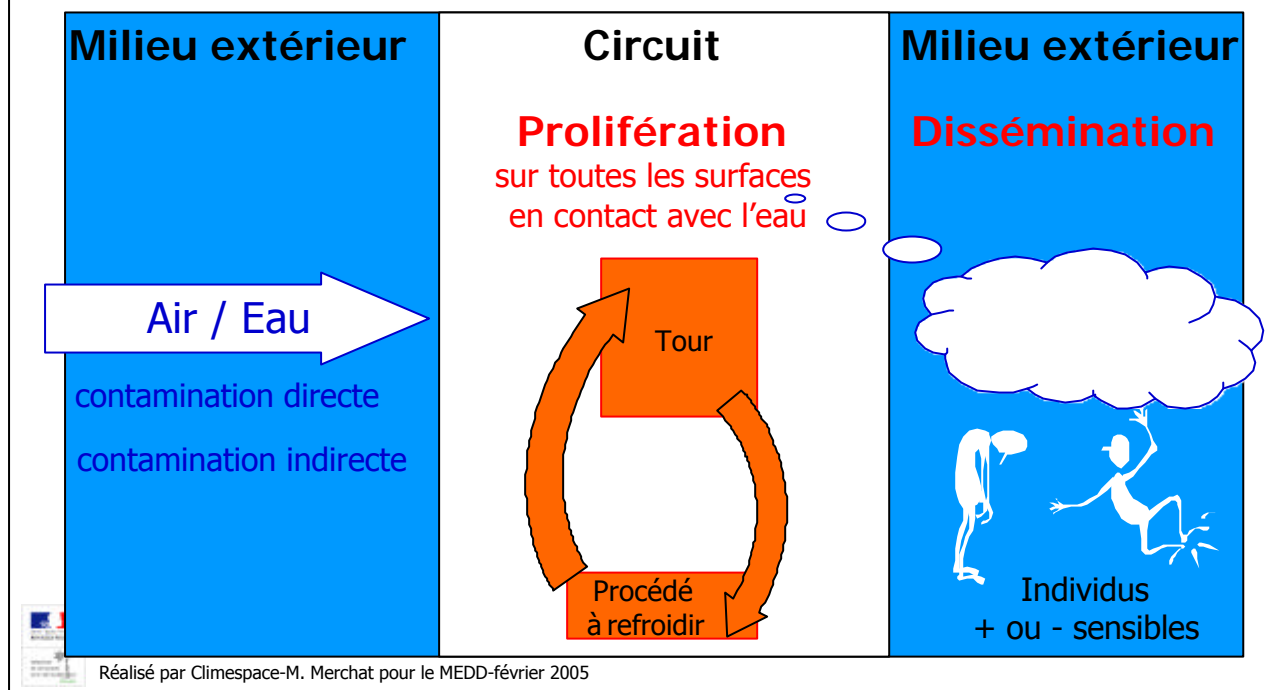
Tour fermée (avec échangeur tubulaire intérieur à la tour): le fluide à refroidir circule dans un échangeur tubulaire disposé dans la tour de refroidissement qui remplace le corps d'échange. Un circuit d'eau secondaire propre à la tour permet de mettre en œuvre le refroidissement évaporatif.

D'une façon générale, le risque de prolifération est plus simple à gérer lorsque :

- la surface développée (contact matériaux-eau) est réduite
- le volume d'eau est plus faible.

Installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

⇒ Localisation des risques



La contamination de l'installation à partir du milieu extérieur est possible via l'air à l'aspiration des tours ou via l'eau d'appoint.

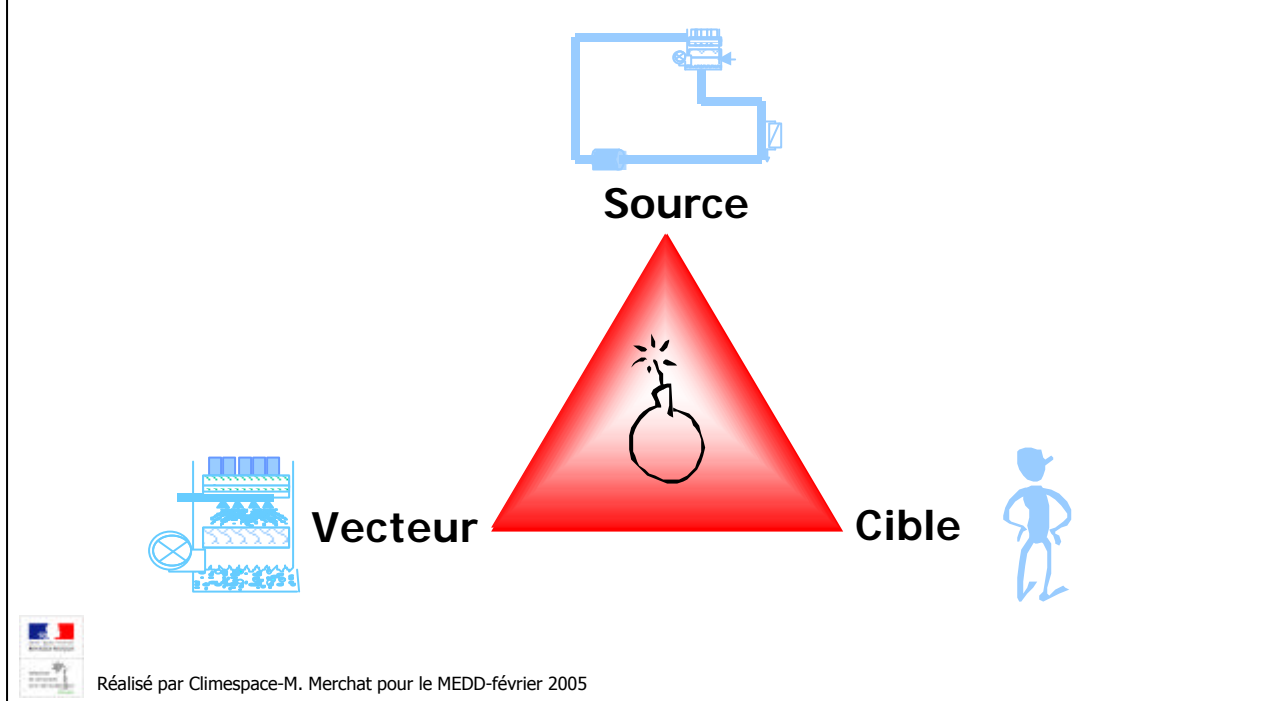
- La contamination est directe: apport de légionelles
- La contamination est indirecte: apport de nutriments ou autres micro-organismes.

Les légionelles prolifèrent sur l'ensemble des surfaces de l'installation qui sont en contact avec l'eau.

Elles sont disséminées dans l'environnement via les aérosols (entraînement direct de l'eau du circuit) à la sortie des tours de refroidissement.

Dans l'environnement des tours, les individus peuvent être contaminés par **inhalation** des gouttes. Les conséquences sanitaires dépendent de la relation dose/effet/temps d'exposition et de la sensibilité de l'individu.

Eléments de risques



La source: le risque de prolifération concerne **toutes les surfaces en contact avec l'eau** dans les installations.

Le vecteur: la dissémination est possible via **la tour de refroidissement** qui produit des aérosols d'eau susceptibles d'être contaminés.

La cible: les individus exposés dans l'environnement des tours.

Existe-t-il des solutions de substitution?

Les tours hybrides ouvertes: ce type de tour est constitué d'une batterie sèche et d'un corps d'échange sur lequel l'eau du procédé ruisselle: le fluide à refroidir circule en premier lieu dans une batterie sèche située au sommet de la tour de refroidissement. Si le refroidissement en mode sec n'est pas suffisant, le fluide est alors dispersé sur un corps d'échange, s'évapore en partie puis retourne à la température désirée vers le procédé.

Les tours hybrides fermées existent également. Elles sont constituées d'une batterie sèche et d'un échangeur extérieur accolé avec une surface de ruissellement de l'eau ou un échangeur tubulaire interne à la tour. Deux cas peuvent se présenter:

- le fluide à refroidir circule dans la batterie sèche, puis dans un échangeur à plaques intermédiaire accolé à la tour de refroidissement. L'autre circuit de cet échangeur à plaques est parcouru par de l'eau dispersée si nécessaire sur le corps d'échange de la tour.

- le fluide à refroidir circule dans une batterie sèche située au sommet de la tour, puis circule si nécessaire dans un échangeur tubulaire interne à la tour sur lequel l'eau du circuit tour est dispersée.

La voie sèche: le fluide du procédé à refroidir circule dans les tubes d'une batterie à ailettes et est refroidi par de l'air circulant à l'extérieur des tubes, l'échange se faisant à courant croisé. La circulation d'air sur l'échangeur est assurée aux moyens de ventilateurs.

L'absence d'utilisation de l'eau élimine les risques de prolifération et de dissémination des légionelles mais révèle d'autres problèmes énergétiques.

Intérêts du refroidissement par la voie humide par rapport à la voie sèche

A surface égale

- ⊕ Evacuation de **10 fois plus de chaleur**
- ⊕ **Augmentation du coefficient de performance** du groupe frigorifique > à 30%

A puissance égale

- ⊕ **Réduction du niveau sonore**
- ⊕ **Réduction de la puissance électrique** consommée, environ **7 fois moins** importante (après réduction des nuisances sonores)
- ⊕ **Diminution de la surface occupée au sol** (**11 fois** moins importante)

Température minimale de refroidissement en été

- ⊕ Plus basse (~11°C à 18°C)

➤ **Par contre, n'oubliez pas de maîtriser la prolifération des légionelles**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Le refroidissement par voie humide est d'un point de vue technique et énergétique le plus performant malgré des inconvénients tels qu'une consommation d'eau, des rejets dans l'environnement, et le risque lié à la prolifération des légionelles qu'il est indispensable de gérer.

A surface égale au sol occupée par le système de refroidissement, la voie humide permet d'évacuer 10 fois plus de chaleur que la voie sèche.

Dans la voie sèche, l'augmentation de la température de refroidissement engendre une dégradation du coefficient de performance du groupe frigorifique supérieure à 30%.

Par ailleurs les contraintes mécaniques de fonctionnement des équipements frigorifiques refroidis par la voie sèche sont plus élevées qu'avec un refroidissement humide. La défaillance mécanique des équipements est un risque d'émissions de fluides frigorigènes dans l'atmosphère.

Chaque degré de plus au-dessus de la température de l'air humide induit une augmentation de puissance électrique consommée par le compresseur de la machine frigorifique d'environ 4%.

Le débit d'air est très important (environ 4 fois plus que pour la voie humide), il en résulte un niveau sonore élevé.

Le niveau sonore est une contrainte de dimensionnement en particulier en milieu urbain. Il est donc nécessaire d'augmenter la puissance des ventilateurs et d'ajouter des baffles d'insonorisation qui entraînent une perte de charge importante, d'où une augmentation de la puissance de ventilation estimée à 150%.

Les tours de refroidissement par voie humide: la performance thermique est évaluée par rapport à la température de l'air ambiant pour 100% d'humidité (bulbe humide). La température minimale à laquelle l'eau peut être refroidie est au minimum 2°C au dessus de la température de l'air humide.

Les systèmes de refroidissement par voie sèche: ils permettent le refroidissement par rapport à la température de l'air ambiant (bulbe sec). La température minimale à laquelle l'eau peut être refroidie est généralement de 10°C supérieure à la température de l'air ambiant.

En France métropolitaine, la différence de température entre la température de l'air humide (bulbe humide) et la température de l'air ambiant (bulbe sec) est de l'ordre de 11° en été.

Donc, le refroidissement minimal avec la voie sèche est de 19°C supérieure à celle de la voie humide (10°C + 11°C - 2°C).

Partie 1

**Les légionelles & la légionellose
Les installations de refroidissement
par dispersion d'eau dans un flux d'air**

Risque de prolifération

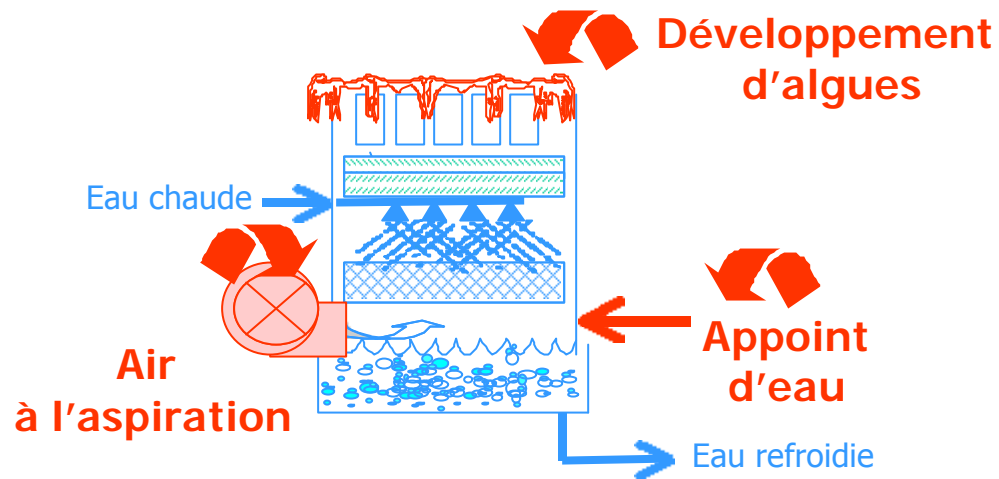
Risque de dissémination



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Contamination de l'installation à partir du milieu extérieur

facteurs de risques



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La contamination de l'installation de refroidissement à partir du milieu extérieur peut être directe (apport en légionelles) ou indirecte (apport de nutriments, d'autres micro-organismes ou de matières en suspension). La contamination indirecte peut contribuer à la prolifération des légionelles (nutriments) ou affecter l'efficacité du traitement de l'eau.

A partir de l'air à l'aspiration des tours: la tour constitue un laveur d'air.

Exemples : les rejets d'évacuation des vapeurs de cuisine: contamination indirecte (vapeurs grasses = apports en nutriments). Lagune d'épuration à proximité avec aérateurs de surface de forte puissance: contamination directe possible (aérosols chargés en légionelles).

A partir de l'appoint d'eau: la contamination est directe (bien que la plupart du temps dans des concentrations non détectables) et indirecte (apport de nutriments, matières en suspension...).

Plus la qualité de l'eau d'appoint est « mauvaise » (eau de surface) ou subit fortement l'influence du milieu extérieur lors de périodes de pluies (eaux de forages non protégés) et plus le risque de prolifération est élevé dans l'installation de refroidissement.

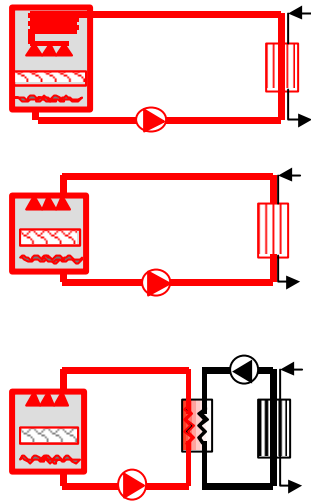
Développement d'algues sur le dessus des tours: la formation d'algues sur les parties ensoleillées de la tour est favorisée par la stagnation du panache au dessus des tours (défaut de conception, mauvaise évacuation), et par la stagnation du panache à l'intérieur des tours (défaut de ventilation). La présence d'un rejet de vapeur de cuisine dans l'environnement augmente fortement la vitesse de prolifération des algues.

Attention: les fuites process sont des sources de nutriments (huiles, hydrocarbures...).

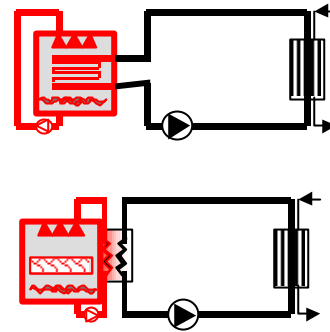
Risque lié à la prolifération dans les installations

Sur toutes les surfaces en contact avec l'eau

Installations de refroidissement
Soumises à autorisation



Installations de refroidissement
Soumises à déclaration



● Attention: il y a aussi prolifération sur les parties noires, mais sans risque de dissémination (pas de circulation dans la tour)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

L'eau qui circule dans la tour génère un risque (puisque la tour est le vecteur de dissémination). Cette eau se contamine à partir des surfaces avec lesquelles elle est en contact et sur lesquelles le biofilm se forme (si aucun moyen de lutte n'est mis en œuvre).

Le **risque de prolifération** augmente si la surface en contact avec l'eau augmente. Les surfaces en contact avec l'eau sont plus importantes dans le cas d'une installation à circuit primaire non fermé.

Prolifération des légionelles

- ⊕ Actions synergiques ou antagonistes avec d'autres micro-organismes
- ⊕ 2 modes de proliférations identifiés
 - ↪ **Prolifération** en association avec le **biofilm**
 - ↪ **Prolifération intra-cellulaire** dans d'autres micro-organismes associés au biofilm (algues, protozoaires: amibes, ciliés)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

L'écologie de Legionella est certainement un cas particulier car elle va plutôt se multiplier dans un environnement chaud très défavorable pour d'autres espèces environnementales mais elle présente aussi la particularité d'amplifier sa capacité de multiplication en envahissant des cellules hôtes comme des protozoaires.

Certaines bactéries environnementales ont un effet synergique sur la croissance des légionelles alors que d'autres ont un effet antagoniste. Dans le premier cas, les bactéries produiraient de la L-cystéine permettant aux légionelles présentes de se multiplier. Le terme de satellitisme est alors employé pour décrire le phénomène d'apparition sur gélose des colonies de légionelles autour des colonies de ces bactéries.

De nombreux auteurs ont mis en évidence l'effet positif de la microflore hydrique (bactéries, notamment flavobactéries, cyanobactéries, algues vertes, amibes et protozoaires ciliés) sur la croissance des légionelles. Aucune corrélation n'a cependant pu être établie entre l'abondance de cette flore et la concentration en légionelles, dans les installations. Le rôle des amibes a été particulièrement étudié (Barbaree, Barker, Neumeister, Nagl, Newsome, Rowbotham, Wadowsky, Winiacka-Krusnell, Swanson). Certains auteurs (Anand, Breiman, Fields) estiment que la multiplication des légionelles dans l'eau serait impossible sans la présence d'amibes.

La flore bactérienne à laquelle sont souvent associées les Légionelles servirait de nourriture aux amibes (« qui broutent le biofilm »). Au lieu d'être digérées les légionelles qui pénètrent dans les amibes par endocytose spécifique se multiplient dans des vacuoles ou vésicules (Berk, Daube). Elles sont alors éliminées en grand nombre (jusqu'à 10000 par vacuole) vers l'extérieur, après rupture des parois des protozoaires. D'autres études (Surman) démontrent que la prolifération des légionelles, sans les amibes, nécessite la présence d'une flore bactérienne complexe, en l'absence de laquelle les légionelles ne pourraient survivre.

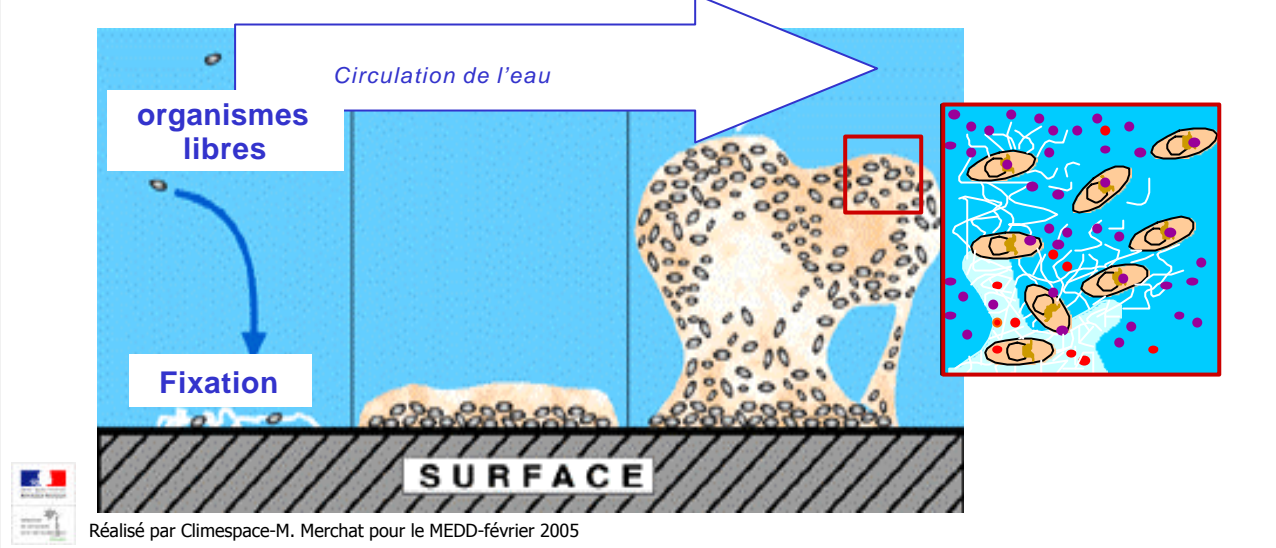
Formation de biofilm

Protection vis à vis des traitements chimiques

Nutrition au sein du dépôt

Prolifération jusqu'à 10^5 légionelles/cm²

Contamination récurrente de l'eau et recolonisation de surfaces



Formation du biofilm:

Les bactéries se déposent sur le support disponible et se fixent par sécrétion rapide de mucopolysaccharides.

La croissance du biofilm se fait alors, en épaisseur.

Ce dépôt constitue une source de contamination permanente de l'eau :

- détachement des bactéries
- arrachement sous l'effet des forces hydrauliques (coups de bélier, marche/arrêt, usure et fragilisation du dépôt par des conditions de mise en œuvre de traitement non optimales...).

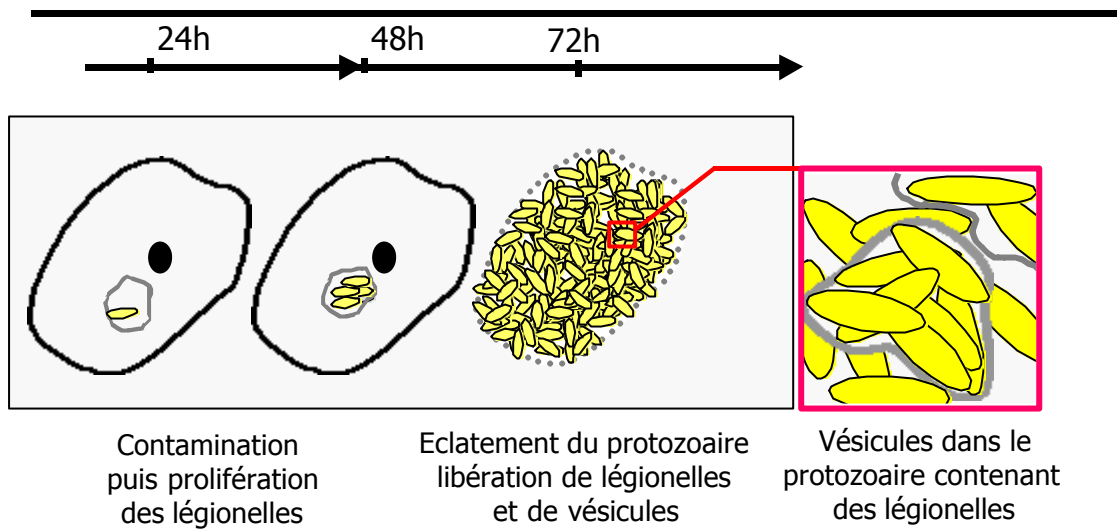
La présence de biofilm dans l'eau circulante peut expliquer certains résultats d'analyses très variables.

Différents matériaux utilisés pour les canalisations seraient très facilement et rapidement colonisés par des biofilms bactériens renfermant des légionelles (Rogers).

C'est le cas des substances élastomères, plastiques ainsi que l'acier (Bezanson). Par contre le cuivre est peu colonisé. L'étude combinée entre température et nature des matériaux a montré que, quelle que soit la température, la colonisation est moindre sur le cuivre. A 50°C, les légionelles ne survivent plus sur ce matériau lorsqu'il faut atteindre 60°C pour les autres matériaux (polybutylène et chlorure de polyvinyle) (Rogers).

Schéma: d'après P. Dirckx MSU-CBE

Les protozoaires organismes hôtes amplificateurs



Taille des vésicules intra-protozoaire: entre 2 et 6,5 μm

[légionelle]/ vésicules: de l'ordre de 10^1 à 10^4

Nombre de vésicules expulsées: \approx jusqu'à 25 (suivant l'espèce)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les amibes sont des protozoaires qui se nourrissent de biofilm. Leur taille est d'environ $20\mu\text{m}$.

Dans les amibes qui devraient normalement les digérer et les éliminer, les légionelles sont protégées de l'action des enzymes destructeurs et se multiplient au sein de la cellule. Après 36 à 48 heures d'infection, la vacuole de phagocytose* emplit la quasi totalité de la cellule hôte et contient environ 10^4 bactéries qui seront libérées par éclatement et dispersion dans l'environnement. Dans les protozoaires ciliés, les légionelles se trouvent dans des vésicules. Chaque cilié contient plusieurs vésicules qui seront dispersées dans l'environnement lors de l'éclatement de la cellule hôte.

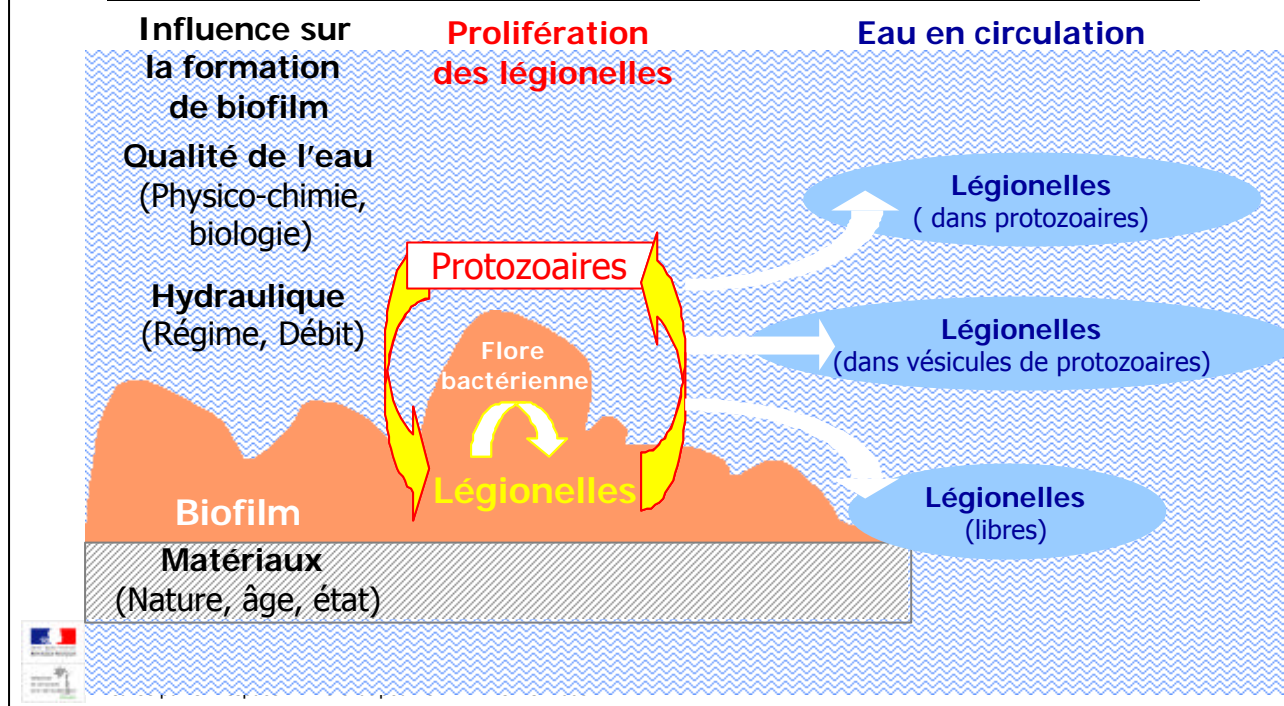
Ce passage dans les cellules hôtes peut aussi amplifier leur caractère infectieux (Cirillo). Dans l'environnement, Lp est un parasite d'au moins 13 espèces d'amibes et de protozoaires ciliés (Fields).

Les protozoaires sont des micro-organismes capables de former des kystes très résistants à l'intérieur desquels les légionelles sont protégées.

*Mécanisme qui permet à certains organismes unicellulaires (comme les protozoaires par exemple) d'ingérer des particules étrangères telles que des bactéries, des débris cellulaires, des poussières...

Schéma: M. Merchat

Complexité de l'écosystème



Dans les systèmes de transport ou de stockage d'eaux chaudes, la nature des matériaux ainsi que la composition physico-chimique de l'eau permettent l'apparition d'un biofilm qui sera une base nutritive pour des protozoaires. En particulier les amibes et ciliés servent de sites de multiplication des légionelles. On observe alors la présence de légionelles en libre circulation dans l'eau, d'autres intégrées dans des cellules amibiennes ou enfin incluses dans des vésicules résidus de l'éclatement des amibes.

Le biofilm se forme sur toutes les surfaces en contact avec l'eau.

Plusieurs paramètres influencent la formation du biofilm:

La qualité de l'eau:

La qualité micro-biologique: présence de protozoaires (amibes, ciliés), d'algues, de bactéries...

La qualité physico-chimique :

- teneur en matières en suspension (nutriments pour les micro-organismes, action de protection vis à vis des traitements chimiques, surconsommation des produits de traitements chimiques),
- en matière organique (nutriments pour les micro-organismes, surconsommation de produits de traitements chimiques),
- en sels minéraux (mauvais contrôle des purges de déconcentration, entartrage),
- présence de traitement d'eau dont l'efficacité dépend des conditions de mise en œuvre.

L'hydraulique:

- nulle ou faible facilite le dépôt des micro-organismes et des matières en suspension.
- lors des redémarrages, l'arrachement du biofilm est favorisé.

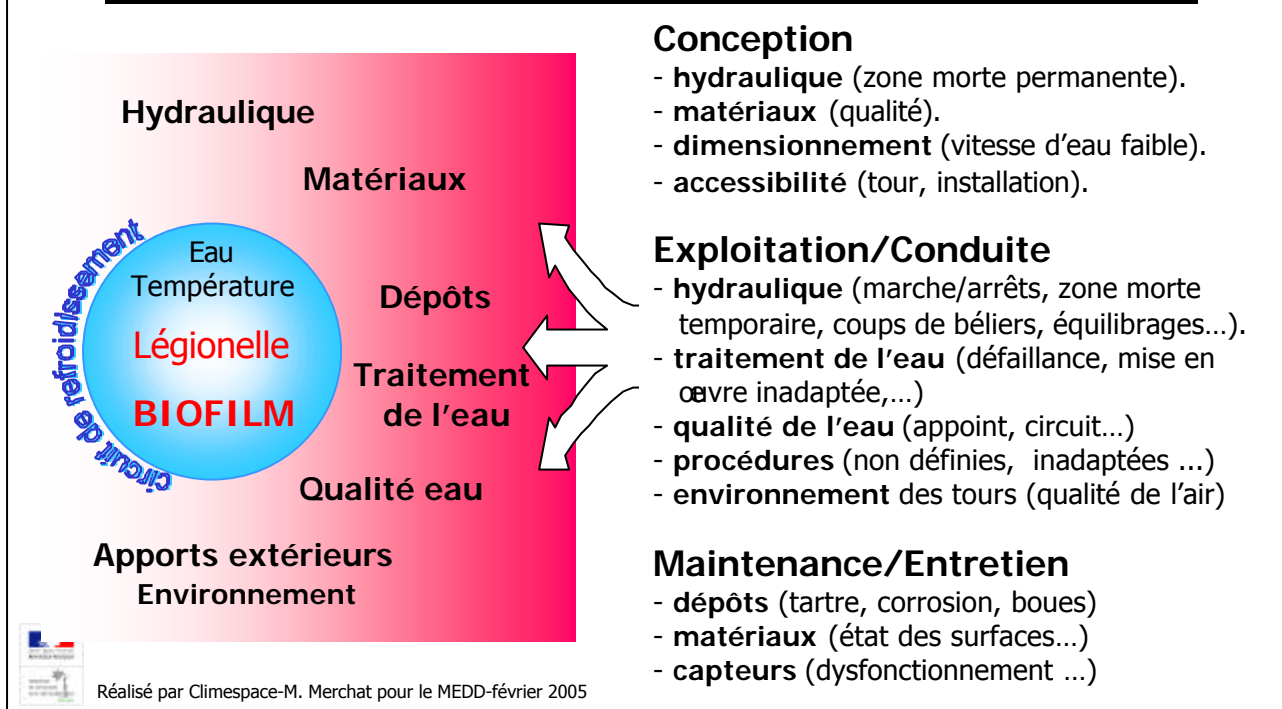
La qualité et l'état des matériaux :

Certains matériaux favorisent l'attachement du biofilm (Polyéthylène, polypropylène, polybutylène, polychlorure de vinyle sur chloré...), néanmoins l'évaluation des matériaux en fonction de ce paramètre n'a pas encore été réalisée.

L'état de surface des matériaux peut favoriser la formation du biofilm (aspérités, surfaces poreuses). Ainsi, les dépôts de tartre et la corrosion altérant l'état de surface favorisent l'attachement des micro-organismes au support. De plus les résidus de corrosion sont des nutriments pour les légionelles.

D'après Y. Levi cvc, n°14 2001.

Lutte anti-légionelle Lutte anti-biofilm



Dans les réseaux, les facteurs favorables à la prolifération des légionelles doivent être identifiés et pris en compte: par exemple, les zones de niches où les biofilms peuvent se créer, ou encore les propriétés réductrices des produits de corrosion qui neutralisent les désinfectants oxydants.

Sur le schéma, la zone bleue représente le circuit de refroidissement.

Sur la température de l'eau, aucune action visant à réduire le risque de prolifération n'est possible. Les légionelles prolifèrent au sein du biofilm (libres, associées à d'autres micro-organismes ou dans les protozoaires). Lutter contre la prolifération de légionelle revient à **lutter contre la formation de biofilm**.

La zone rouge identifie les paramètres qui influencent la formation de biofilm.

L'hydraulique: les bras morts (permanents ou ponctuels), les zones de circulation faibles sont favorables à la formation de biofilm.

Les dépôts: le tartre et la corrosion rendent les surfaces moins lisses, ce qui favorise l'attachement du biofilm. De plus les résidus de corrosion sont des nutriments pour les légionelles.

Le traitement de l'eau: l'efficacité des traitements dépend de leurs conditions de mise en œuvre. Seul un nettoyage efficace et permanent permet de maîtriser la formation de biofilm et donc de légionelles.

La qualité de l'eau: l'eau chargée en nutriments favorise la prolifération des micro-organismes. Les variations de la qualité de l'eau d'appoint peuvent affecter considérablement l'efficacité des traitements chimiques.

L'environnement des tours: l'air à l'aspiration des tours peut véhiculer des nutriments (évacuation des vapeurs de cuisine), des matières en suspensions qui affectent l'efficacité des traitements (travaux de démolition, excavation) ou directement les légionelles (aérosols contaminés provenant d'une lagune, autre circuits de refroidissement contaminés...).

Actions sur site pour maîtriser les paramètres ayant une incidence sur la formation du biofilm.

La conception de l'installation:

- Identifier les bras morts et planifier les travaux de modification, vérifier le bon dimensionnement des installations (favoriser le régime turbulent), identifier la présence de matériaux qui favorisent l'attachement du biofilm, faciliter l'accessibilité de la tour pour les inspections visuelles et les nettoyages.

L'exploitation de l'installation :

Gérer les périodes de marche/arrêt de l'installation ou d'une partie de l'installation (tour, condenseur, adoucisseur...) pour éviter la formation de « bras morts » temporaires. Lors de la remise en service d'une installation ou d'une partie de l'installation, des « fragments » de biofilm peuvent s'arracher sous l'effet des forces hydrauliques (exemple aussi des « coups de béliers »).

Contrôler la qualité de l'eau: identifier les périodes de variation de la qualité de l'eau d'appoint (exemple : si le circuit est alimenté en eau non potable, le risque de contamination de l'installation est important en période de fortes pluies ou en été à l'étiage).

Rédiger des procédures: les procédures préventives permettent de réduire le risque de prolifération. Leur mise en œuvre doit être réalisée lorsque des facteurs de risque sont identifiés. Les procédures curatives sont mises en œuvre dès qu'un paramètre indicateur dérive pour en retrouver la maîtrise.

Il faut être vigilant lors des interventions pour **maintenance et entretien:** les inspections visuelles (dépôts, état des surfaces...) et l'entretien des instruments de mesure (sondes, capteurs...) sont importants. Certaines interventions génèrent un risque de contamination de l'eau circulante par des légionelles, des mesures préventives doivent impérativement être mises en œuvre.

Pour chaque facteur de risque identifié, des travaux de modification sont planifiés et en attendant (si les modifications ne sont pas techniquement possibles), des actions préventives sont mises en œuvre.

Nettoyage des surfaces

Définition

Nettoyer : rendre la surface « propre », éliminer les dépôts

↳ **Nettoyage mécanique** (installation à l'arrêt)

⊕ **Surfaces accessibles** (tour, échangeurs...)

- Utilisation de jets haute ou moyenne pression
- risque de production d'aérosols contaminés

⊕ **Surfaces non accessibles** (certains échangeurs...)

- Circulation d'eau à contre courant en régime très turbulent (vitesse ↗ et soufflage d'air ...)

↳ **Nettoyage chimique** (installation en service)

⊕ **Surfaces en contact avec l'eau**

- Dépôts biologiques: produits alcalins (biodispersant ou biodétergent)
Élimination progressive des dépôts existants puis action limitant la formation du biofilm (si conditions de mise en œuvre adaptées).
- Dépôts minéraux: produits acides

⊕ **En complément d'un nettoyage mécanique**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Il y a souvent une confusion entre les termes de nettoyage et de désinfection.

Nettoyer: « rendre net, propre, en débarrassant de ce qui sali, encombre » (définition Larousse).

Le nettoyage mécanique suppose une action « énergique ». Il s'agit donc d'éliminer les dépôts présents à la surface des matériaux.

Le nettoyage mécanique concerne généralement les surfaces accessibles (tours, certains équipements à refroidir). Les jets d'eau moyenne ou haute pression sont alors utilisés. Il est indispensable de «protéger» l'environnement (et le personnel) car le risque de dispersion d'aérosols contaminés est important.

Certains échangeurs ne sont pas démontables pour des raisons de sécurité, le nettoyage mécanique est alors possible par circulation d'eau à forte vitesse dans cet élément, le plus souvent à contre courant avec soufflage d'air ou d'azote. L'objectif est de créer une agitation du fluide et d'éviter des circulations préférentielles.

L'action mécanique est reconnue comme étant performante pour l'élimination du biofilm. Toutefois, la réduction par décrochement de la contamination microbienne est de l'ordre de 1 à 2 puissance de 10. Compte tenu des populations initiales rencontrées dans les biofilms (jusqu'à 10^7 ufc/cm²), cela signifie que les contaminations après nettoyage restent en réalité loin d'être négligeables. Ces « restes » de dépôts sont davantage fragiles et peuvent facilement être arrachés au moment de la remise en service.

La remise en service d'une installation après nettoyage, mécanique présente donc un risque qu'il est indispensable de maîtriser.

Le nettoyage chimique concerne toutes les surfaces en contact avec l'eau. Son efficacité est dépendante des conditions de mise en œuvre .

Seuls les **détergents alcalins sont efficaces pour éliminer un biofilm** (matière organique) tandis que **les produits acides agissent sur le tartre** (matière minérale). Cette efficacité n'est cependant pas « instantanée » puisqu'à elle seule, l'action chimique ponctuelle détache difficilement plus de 90% de la contamination. D'où l'importance d'un nettoyage permanent (en injection continue ou discontinue).

L'efficacité des traitements acides dépend de l'épaisseur des dépôts.

Caractéristiques des nettoyages

L'action mécanique visant à éliminer le biofilm, n'exclut pas l'utilisation de produits chimiques alcalins, qui augmentent l'efficacité du nettoyage.

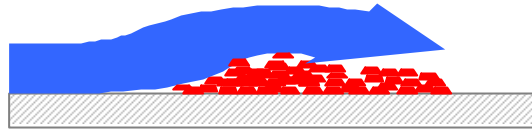
Le nettoyage mécanique est réalisé sur une installation ou une partie de l'installation à l'arrêt.

Le nettoyage chimique peut être utilisé en complément lors d'un nettoyage mécanique mais aussi être réalisé sur une installation en fonctionnement avec les précautions qui s'imposent.

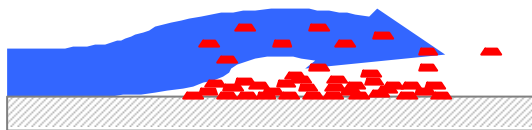
Nettoyage chimique

Illustration

Sans biodétergent ou biodispersant
le biofilm est imperméable



Avec biodétergent ou biodispersant
Elimination progressive du biofilm
Pas d'action instantanée



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Le biofilm assure une protection vis à vis des traitements biocides aux micro-organismes qui le composent. Lors d'une désinfection, seuls les micro-organismes à la surface du biofilm peuvent être affectés.

L'introduction d'un produit biodispersant ou biodétergent (à ne pas confondre avec les dispersants minéraux) permet d'éliminer progressivement le biofilm et de lutter contre sa formation.

Un nettoyage ponctuel, élimine la partie supérieure du biofilm. Si le temps entre deux nettoyages est trop long, le dépôt ne sera jamais totalement éliminé.

La phase d'élimination du biofilm est délicate puisque les bactéries vont passer dans la phase eau. Il est donc indispensable de désinfecter en permanence l'eau circulante.

Lorsque le biofilm est éliminé, le biodispersant ou le biodétergent utilisé en permanence, permettent de lutter contre sa formation.

Si les conditions de mise en œuvre sont adaptées, la stratégie de lutte contre la prolifération de légionelle permet de maintenir la qualité micro-biologique de l'eau. Des désinfections chocs sont alors réservées aux périodes où une dérive des concentrations en légionelles est constatée.

La difficulté de mise en œuvre des produits biodispersants ou biodétergents vient du fait qu'ils génèrent la formation de mousses susceptibles d'entraîner l'arrêt de l'installation. Cette formation de mousse peut être évitée ou limitée par adaptation des conditions de mise en œuvre. L'utilisation d'antimousse affecte l'efficacité du nettoyage (voire l'inhibe).

Désinfection de l'eau

Définition

Désinfecter: détruire les micro-organismes

Biocide: produit qui détruit ou lutte contre le développement des micro-organismes

L'efficacité de la désinfection dépend :

- ⊕ De la propreté du circuit (état des surfaces, qualité de l'eau)
- ⊕ Du type de biocide utilisé
- ⊕ Du type de micro-organisme présent
- ⊕ Des conditions de mise en œuvre du biocide

↳ Efficacité faible sur les biofilms



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La désinfection consiste à tuer les micro-organismes :

- dans l'eau

- sur la surface du biofilm (certains biocides ont un pouvoir de pénétration dans le biofilm plus ou moins important mais l'action au sein des micro-organismes fixés reste limitée).

Les micro-organismes qui sont inclus dans un biofilm sont beaucoup plus résistants aux désinfectants que lorsqu'ils se trouvent dispersés dans un milieu liquide.

La résistance aux désinfectants, disparaît rapidement après le détachement des cellules de leur support, et augmente avec l'âge du biofilm.

L'efficacité des biocides est dépendante des conditions de mise en œuvre.

Maîtrise du risque de prolifération

Contrôle du biofilm

Inactivation des bactéries dans l'eau

Traitements chimiques et/ou physiques

Définition des conditions de mise en œuvre

Identification de procédures (préventives & curatives)



Contrôle efficacité des moyens mis en œuvre: analyses

Identification des paramètres indicateurs

Définition des valeurs cibles

Identification des points et procédure de prélèvement



Interprétation des résultats d'analyses

Identification de dérive des paramètres indicateurs

Traitements curatifs visant à retrouver la valeur cible

Analyse des événements ayant conduit à la dérive



Carnet de suivi



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La maîtrise du risque de prolifération des légionelles, comme dans toutes les analyses de risque, exige une démarche organisée afin de mieux comprendre le problème et de rationaliser les actions.

Identification des moyens mis en œuvre pour maîtriser le risque de prolifération des légionelles.

⊕ identification de l'objectif: nettoyage, désinfection, lutte anticorrosion...

⊕ identification des moyens :

- traitement chimique: choix de la molécule adaptée à l'objectif, à la qualité de l'eau, des matériaux, identification du lieu d'injection, du lieu de prélèvement pour analyses de contrôle, détermination des conditions de mise en œuvre (fréquence d'utilisation, asservissement).

- traitement physique: identification du mode de fonctionnement, identification de l'emplacement adapté sur l'installation, évaluation du % d'eau concernée par le traitement, seuil de coupure pour les filtres ...

⊕ Rédaction de procédures spécifiques pour la gestion du risque (préventif, curatif).

Contrôle de l'efficacité des moyens mis en œuvre: Analyses d'eau

⊕ Définition des paramètres indicateurs à suivre (légionelles, conductivité de l'eau, TH, turbidité, oxydant résiduel ..).

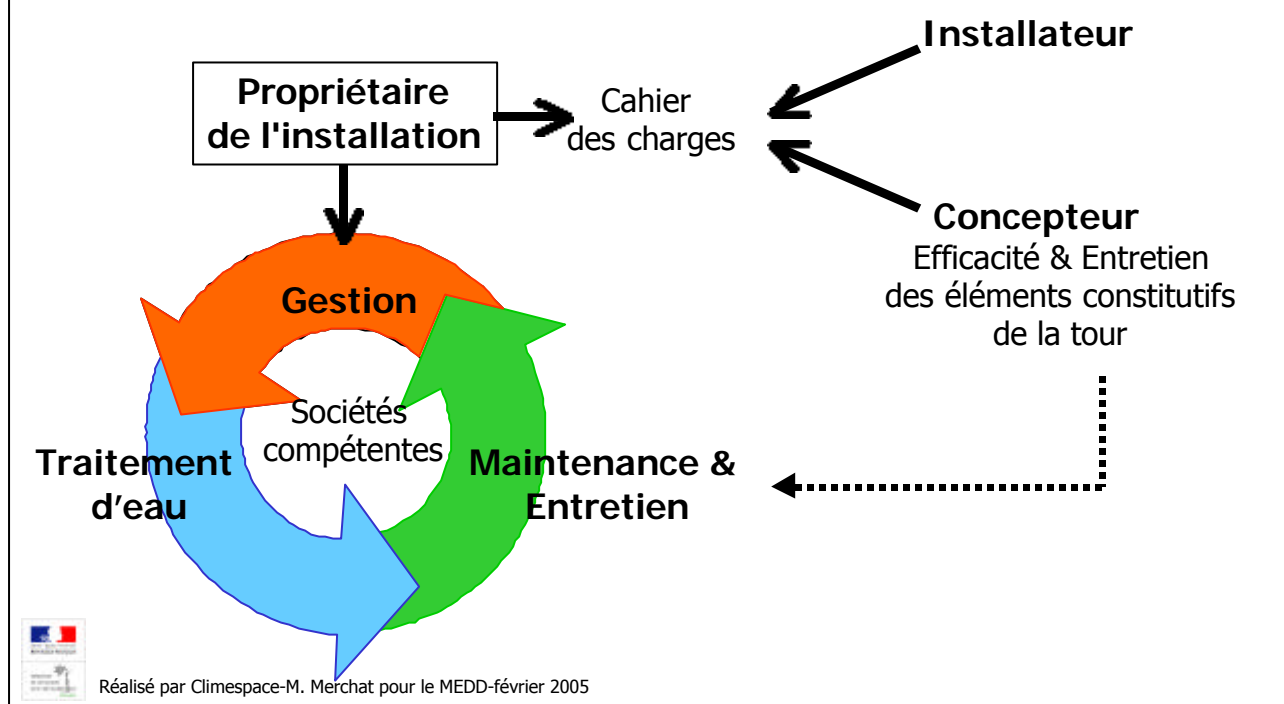
Pour chaque paramètre, il est nécessaire de définir une plage d'évolution admissible avec une valeur cible. Toute dérive entraîne la mise en œuvre d'actions correctives et la recherche des facteurs ayant conduit à cette dérive.

Les conditions de prélèvement et d'acheminement de l'échantillon au laboratoire doivent être clairement définis, car ils affectent le résultat d'analyse.

Les résultats d'analyses interprétés et les actions mises en œuvre pour contrôler le risque sont reportés dans le carnet de suivi.

Maîtrise du risque

Action simultanée de tous les intervenants



Si toutes les interventions sur un circuit sont sous-traitées, chaque société qui intervient peut « remplir son cahier des charges » sans pour autant que le risque légionelle soit maîtrisé.

Par exemple, si la société en charge du nettoyage mécanique des tours à l'arrêt intervient, il est nécessaire qu'au moment de la remise en service de l'installation (ou de la partie de l'installation concernée), l'exploitant mette en œuvre, avec la société en charge du traitement de l'eau, une procédure de traitement préventif, afin de maîtriser le risque de contamination de l'eau par les légionelles qui auront échappées au nettoyage (puisque les opérations de nettoyage mécanique n'éliminent pas 100% du biofilm).

Précautions

Les traitements chimiques abondants et systématiques ne sont pas efficaces

- ☛ **Risque de prolifération des légionelles toujours présent**
- ☛ **Impact sur l'environnement** (purges de déconcentration)
- ☛ **Risque de sélection de souches de légionelle résistantes**
- ☛ **Coûts d'exploitation élevés**
- ☛ **Risque pour la pérennité des installations** (corrosion)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les traitements chimiques abondants et systématiques ne sont pas efficaces

- ☛ **risque de prolifération des légionelles toujours présent:** l'injection seule de produits dans l'eau ne suffit pas à les rendre efficaces ni à maîtriser le risque. Si le nettoyage est absent ou insuffisant, le biofilm alors présent dans l'installation sur toutes les surfaces en contact avec l'eau, peut être fragilisé et plus sensible aux forces hydrauliques (arrachements).
- ☛ **risque pour l'environnement:** les rejets dans l'environnement lors des purges de déconcentration peuvent contenir des composés chimiques toxiques, dans des concentrations plus ou moins importantes en fonction du biocide utilisé.
- ☛ **risque de sélection de souches de légionelles résistantes:** plusieurs espèces cohabitent dans une installation mais certaines espèces de légionelles ou d'amibes (organisme hôte des légionelles) résistent à l'action de traitements défectueux ou abondants et prolifèrent au détriment d'autres.
- ☛ **coûts d'exploitation élevés:** les produits chimiques ne sont pas efficaces si les conditions de mise en œuvre ne sont pas adaptées. Les légionelles fréquemment détectées, conduisent alors généralement à augmenter les doses ou les fréquences de traitement pour tenter de maîtriser la prolifération.
- ☛ **risque pour les installations:** la plupart des biocides utilisés (biocides oxydants et biocides non oxydants) sont **très corrosifs** pour certains matériaux acier, inox et en particulier le cuivre. Des témoins de corrosion, correctement localisés sont indispensables sur l'installation.

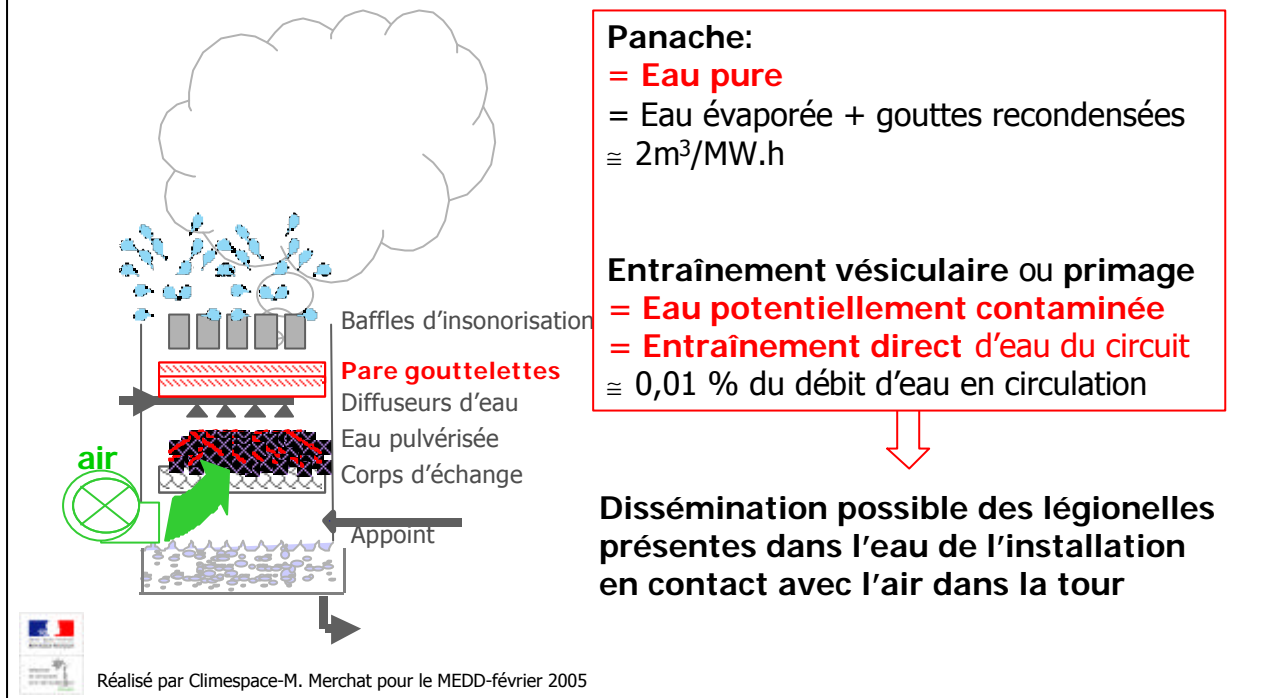
Partie 1

Les légionelles & la légionellose
Les installations de refroidissement
par dispersion d'eau dans un flux d'air
Risque de prolifération
Risque de dissémination



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Dissémination des légionelles



Le panache est formé de :

- vapeur d'eau;
- gouttelettes d'eau de recondensation;
- fraction d'eau du circuit directement entraînée.

Cette fraction d'eau appelée entraînement vésiculaire ou primage a la même propriété que l'eau du circuit, et peut donc potentiellement contenir des légionelles libres, des légionelles intra amibes et/ou des légionelles intra vésiculaires.

L'entraînement d'eau est lié au principe même de la tour (pulvérisation d'eau sous forme de gouttes au niveau des rampes de distribution, entraînement d'eau au niveau du corps d'échange).

Le **pare gouttelette** (ou dévésiculeur) situé au dessus des rampes de distribution d'eau limite l'entraînement avec un seuil évalué par les constructeurs à 0,01% du débit en circulation dans la tour.

L'efficacité des pare-gouttelettes est affectée par:

- les paramètres de fonctionnement des tours: la pression au niveau des rampes de distribution d'eau, le débit d'air et le débit d'eau. L'ensemble de la tour est donc dimensionné pour des plages de fonctionnement bien définies.
- les caractéristiques du distributeur d'eau qui est en place: le changement des éléments internes de la tour doit donc se faire à l'identique ou après validation d'un nouveau modèle par le constructeur de la tour.

Les baffles d'insonorisation à la sortie de la tour sont utilisées en ville pour respecter le seuil des nuisances sonores. Ces éléments provoquent une accélération de l'air à la sortie des tours, et peuvent ainsi favoriser l'entraînement de gouttes si le pare gouttelette est défectueux.

Panache - Entraînement vésiculaire

Evaluation des quantités d'eau

EXEMPLE

Pour une tour de 3,5 MW.h
Débit de recirculation de l'eau: 500 m³/h

L'entraînement vésiculaire représente
~ 0,01 % du débit d'eau en circulation
soit environ
0,05 m³/MW.h



L'évaporation d'eau représente
~2m³/MW.h
soit environ
7m³/MW.h



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Selon les données constructeurs, l'entraînement vésiculaire est inférieur à 0,01 % du débit d'eau en circulation.

Aucune information n'est toutefois donnée sur la façon dont cette eau est dispersée (quelle est la taille des gouttes?).

Lutte contre le risque de dissémination

L'efficacité des pare gouttelettes est affectée par

- L'augmentation du débit d'eau en circulation
- L'augmentation de la pression au niveau des distributeurs d'eau (entartrage par exemple)
- L'augmentation de la vitesse de l'air
- La modification du type de distributeurs d'eau



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Méthodes de mesure des aérosols

Méthodes globales

Objectif

Evaluation de la masse d'eau globale entraînée

Le prélèvement isocinétique doit être respecté.

✧ Méthode du tube chauffé

Evaluation de la quantité d'eau entraînée par un bilan massique

✧ Méthode du sel traceur

Evaluation de la quantité d'eau entraînée par mesure de la résistivité des sels prélevés



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les travaux de métrologie sur la mesure des aérosols liquides ou solides constituent un ensemble documentaire énorme (Dib).

Le prélèvement dans le panache doit être isocinétique, c'est à dire que le rapport de vitesse avant et après la section d'aspiration du prélèvement est égal à l'unité.

Méthode du tube chauffé

Le dispositif consiste à chauffer les gouttelettes d'eau entraînées par une résistance de chauffage qui est réglée de sorte que toute la masse d'eau liquide soit évaporée et que les conditions de sortie respectent un critère de température inférieur à 70°C et une humidité relative comprise entre 40 et 75 % (pour une meilleure précision de mesure). La quantité d'eau entraînée est évaluée par un bilan massique.

Méthode du sel traceur

Cette méthode consiste à évaporer complètement l'eau entraînée contenant une concentration déterminée d'un sel traceur. Le sel déposé sur des sondes en verre sera analysé pour déterminer le débit d'eau entraînée. Le lavage des sels prélevés permet de déterminer la quantité de sel par mesure de résistivité et donc la quantité d'eau entraînée.

Cette méthode est imprécise et lente.

Méthodes de mesure des aérosols

Méthodes granulométriques

Objectif

Mesure de la taille, de la répartition et du nombre de particules

- ✧ Techniques physiques (congélation, impaction, électrique)
- ✧ Techniques photographiques (photographie, holographie)
- ✧ Techniques optiques (lumière visible réfractée ou diffuse, laser...)

→ Environ 25 méthodes différentes



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les techniques de dimensionnement visent soit à connaître directement la taille des particules, soit à connaître la taille des particules et la population de chaque taille. Globalement, les différentes techniques de dimensionnement peuvent être regroupées en 3 familles : physique, photographique et optique.

Méthodes de mesure des aérosols

Critères de sélection

- ✧ La capacité à mesurer les particules liquides
- ✧ La facilité d'utilisation
- ✧ Les conditions sur le lieu de mesure:
Risque de formation de buée sur les cellules de mesure dans les conditions de saturation, densité de particules variable...
- ✧ L'erreur et la précision de mesure
- ✧ Le prix du système
Identification des paramètres utiles
Exemple: identification de la vitesse ou de la forme de la goutte sont inutiles
- ✧ Le domaine de tailles
 - Diamètre optique des légionelles**
 - dans l'air : entre 0,2 et 2 μm
 - dans l'eau : entre 0,8 et 2,8 μm
 - Taille des **vésicules de protozoaires** entre 2 et 6,5 μm



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Domaine de tailles: Le domaine de tailles critiques de mesure est celui qui permet la transmission de la Légionellose par inhalation et qui correspond à une taille entre 0,5 μm et 5 μm . Cependant pour les aérosols liquides, il est difficile de fixer une borne supérieure de mesure puisqu'il faut tenir compte des phénomènes d'évaporation et d'éclatement que les grosses gouttes subissent après leur sortie de la tour de refroidissement et qui sont capables de les ramener au domaine de taille critique. La borne supérieure est donc fixée à quelques millimètres, suivant le diamètre maximum stable des gouttes en fonction des courants d'air auxquels elles sont soumises. Puisque la borne supérieure est difficile à évaluer, la méthode par photographie est conseillée pour dimensionner les grosses gouttes.

Capacité de mesurer les particules liquides: Les différentes techniques doivent être capables de dimensionner des aérosols liquides. Certaines techniques ne peuvent pas être adaptées à la mesure des gouttelettes comme la technique qui utilise le dépôt des gouttelettes sur les parois des impacteurs en cascades qui est conçu pour dimensionner les particules solides. En considérant les aérosols comme des particules sphériques, l'accès à la forme n'est plus nécessaire ce qui élimine le choix de la technique par holographie. D'autre part et compte tenu des controverses sur la relation signal/taille de goutte, les techniques par conduction et thermo couple ne peuvent être utilisées.

L'influence de l'environnement: Les conditions de l'environnement de la tour de refroidissement sont: la possibilité de réaliser la mesure in situ, la présence des conditions de saturation qui risquent d'amener de la buée sur les lentilles de l'appareil de mesure et la présence de concentrations en particules moins denses qu'avec les injecteurs.

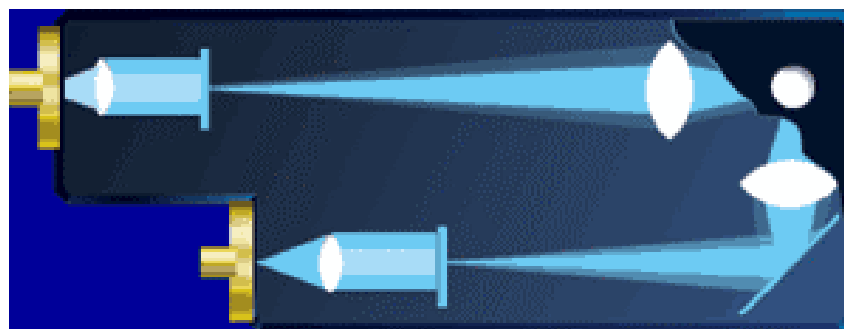
Représentation commerciale: La représentation commerciale est un critère très important dans la sélection des techniques optiques non seulement parce que les systèmes optiques sont complexes et délicats mais aussi parce qu'elle considère l'évolution technique qui peut améliorer la capacité et la précision de l'instrument.

Prix: La vitesse n'étant pas un critère de sélection dans la mesure des particules, les instruments ayant des prix élevés et qui sont spécialisés dans la mesure de la vitesse peuvent être abandonnés.

Méthodes de mesure des aérosols

Diffusion de la lumière blanche à 90°

Taille mesurée comprise entre 0,25 et 40 μm



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Généralement les techniques laser demandent des équipements beaucoup plus chers que les autres techniques de mesures. Les techniques de mesures physiques posent de grandes difficultés de mise en œuvre pour les tours de refroidissement, sauf les plaques d'impaction utilisant la magnésie, mais la taille des particules détectables est supérieure au seuil intéressant pour analyser les populations de gouttelettes convenables.

C'est pour cette raison que le choix se porte naturellement sur des techniques de mesures utilisant la diffusion de la lumière blanche à 90°.

L'intérêt du système de mesure par diffusion à 90° de la lumière blanche est qu'il permet d'effectuer des mesures aussi bien en laboratoire que sur site. En effet, grâce à un simple tuyau d'aspiration, des échantillons peuvent être prélevés de manière continue. En déplaçant systématiquement ce tuyau de prélèvement, les émissions de gouttelettes peuvent être cartographiées même sur des grandes surfaces.

Le système de mesure est associé à un système de traitement des données qui affiche directement à la fois la taille des particules et leur nombre.

Analyse de légionelles

Dans les aérosols

Objectif

Détecter la concentration en légionelle dans un aérosol

Limites

- ✧ Techniques de métrologie en cours de développement
- ✧ En l'état actuel des connaissances beaucoup de questions subsistent à propos:
 - des conditions de prélèvements
 - de la représentativité du prélèvement
 - de l'interprétation des résultats



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Modélisation de l'entraînement vésiculaire

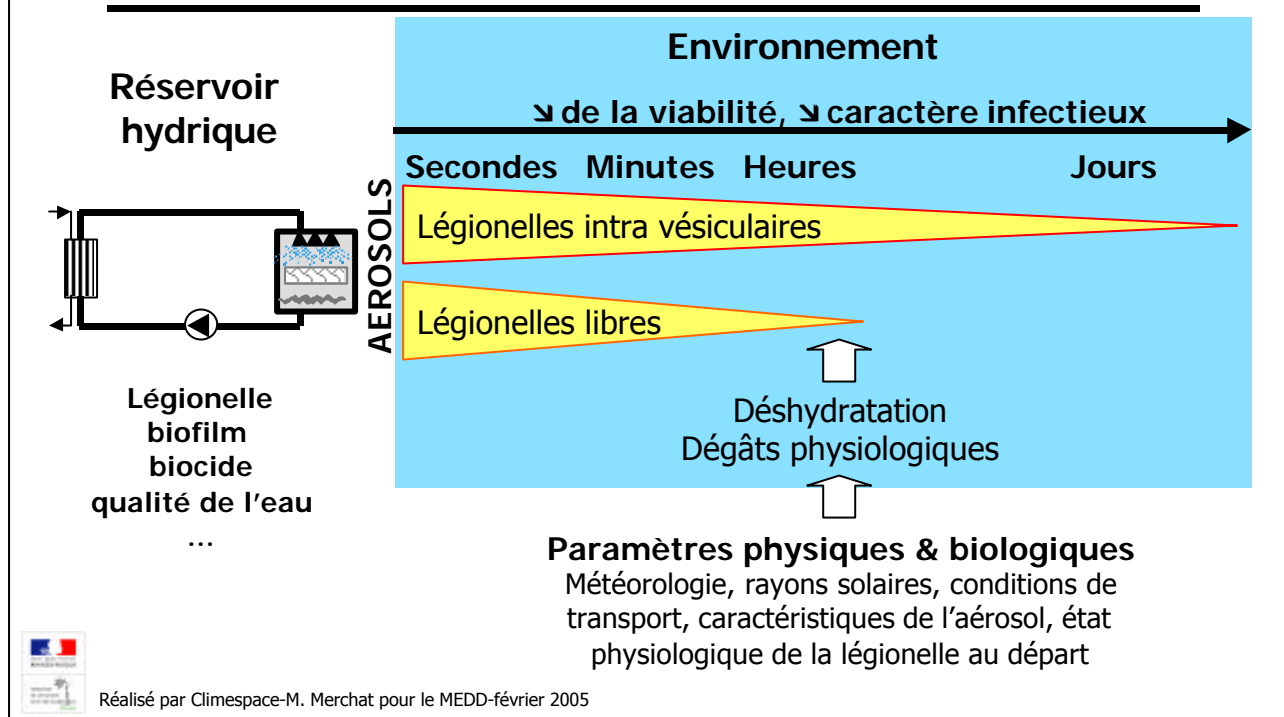
Etat des connaissances

- ✧ Pas ou peu d'informations sur les conditions de survie de la bactérie.
 - ✧ Incertitudes importantes sur les débits réellement rejetés (pour les TAR et aussi pour les sources surfaciques de type lagune).
 - ✧ Répartition non homogène des bactéries dans l'eau.
 - ✧ Insuffisances des modèles de calcul « simples » de type gaussien pour la simulation du comportement des aérosols biologiques.
 - ✧ Pas ou peu de mesures environnementales de légionelles dans des aérosols
- ➔ ➔ **Evaluation de la distance d'impact des aérosols difficile.**
- ➔ ➔ **Les modèles existants:**
- **Validation ou au minimum évaluation indispensable,**
 - **Nécessité de les faire évoluer,**
 - **Nécessité de développer des techniques de « modélisation inverse » permettant d'identifier une source potentielle à partir de la localisation de malades.**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Etat des connaissances Durée de vie des aérosols



La viabilité et le caractère infectieux des légionelles dans le circuit d'une l'installation dépendent de l'espèce de légionelle et des conditions que la bactérie trouve dans le circuit (présence de biofilm et de protozoaires, présence de biocides,...).

Différents facteurs affectent la viabilité et le caractère infectieux des légionelles dans les aérosols.

- **Les conditions de transport** qui sont influencées par des paramètres physiques (diffusion, sédimentation, mouvements browniens, thermophorèse, forces électriques des membranes, météorologie). En fonction de ces différents facteurs, la goutte d'eau va « tomber » ou rester en suspension. Les légionelles seront soumises à différents stress dont les rayonnements solaires.
- **Les caractéristiques de l'aérosol** (dimension de la goutte, nombre de bactéries par goutte, constituants de l'aérosol..). Les bactéries au centre d'une « grappe bactérienne » sont protégées: les éléments chimiques présents dans l'eau entraînée se concentrent (à cause de l'évaporation de l'eau de la goutte) et deviennent toxiques pour les bactéries à la surface de la grappe.
- **L'état physiologique de la légionelle au départ** (espèce, capacité à résister aux agressions externes, fragilisation due à l'exposition aux traitements biocides dans le circuit, association avec un protozoaire, protection d'une vésicule de protozoaire...). Les passages successifs dans les protozoaires augmentent la virulence des légionelles: dans les vésicules ambiennes elles seraient susceptibles de rester viables et probablement infectieuses pendant une dizaine de jours, en ambiance déshydratée.

La durée de vie d'un aérosol contaminant est très difficile à évaluer.

Partie 2

Réglementation des installations de refroidissement

La législation des installations classées

Les installations visées par la rubrique 2921

Les prescriptions applicables

Modalités d'application



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les textes réglementaires sont consultables sur le site <http://aida.ineris.fr>

Cadre réglementaire

⊞ **Titre 1er du livre V du Code de l'environnement qui a codifié la Loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)**

Et

⊞ **Son décret d'application n°77-1133 du 21 septembre 1977**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La législation des installations classées trouve son origine dans le décret du 15 octobre 1810 relatif aux manufactures et ateliers qui répandent une odeur insalubre ou incommode qui avait pour objectif :

- De protéger le voisinage contre les pollutions et nuisances des activités industrielles, grâce à un système d'autorisation préalable assorti de règles d'implantation, et de fonctionnement ;
- D'apporter aux industriels une sécurité juridique en leur donnant un droit à exploiter.

La loi du 19 décembre 1917 sur les établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes a remplacé le décret de 1810, en améliorant le dispositif de contrôle et en soumettant les établissements les moins nuisibles à un régime de déclaration.

En 1976, la loi du 19 juillet relative aux installations classées pour la protection de l'environnement est venue remplacer la loi de 1917. Elle devient la base juridique de l'environnement industriel en France. En dehors des installations nucléaires et des mines elle vise toutes les activités industrielles, les élevages intensifs et les activités de traitements de déchets. Cette loi étend le champ d'application aux établissements relevant de l'Etat ou des collectivités locales (des dispositions particulières sont prévues pour le contrôle des établissements militaires par le contrôle général des armées). Ce texte est fondé sur ce que l'on appelle aujourd'hui l'approche intégrée, c'est à dire qu'une seule autorisation est délivrée pour un site industriel au titre de la protection de l'environnement, et une seule autorité est compétente pour l'application de cette législation. Seul l'Etat est compétent en matière de législation des installations classées.

Son décret d'application, du 21 septembre 1977 a permis une entrée en vigueur rapide de cette nouvelle loi.

Depuis l'intervention de l'ordonnance du 18 septembre 2000, les textes législatifs relatifs aux installations classées figurent désormais dans le titre Ier du Livre V du Code de l'environnement.

Définition des installations classées article L.511-1 du code de l'environnement

Sont soumis à la police des IC :

- les usines, ateliers, dépôts, chantiers et d'une manière générale les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée,
- qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients
 - soit pour la commodité du voisinage,
 - soit pour la **santé**, la sécurité, la salubrité publiques,
 - soit pour l'agriculture,
 - soit pour la protection de la nature et de l'environnement,
 - soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Le législateur a donné une définition très large des installations classées dans l'article L.511-1 du Code l'environnement. Ainsi sont soumises à la loi :

- les personnes physiques ou morales, publiques ou privées ;
- non seulement les exploitants, mais aussi les « détenteurs » d'installations classées.

Les activités concernées peuvent avoir des répercussions néfastes sur :

- la commodité du voisinage,
- la santé, la sécurité, la salubrité publiques,
- l'agriculture,
- la protection de la nature et de l'environnement,
- la conservation des sites et des monuments et des éléments du patrimoine archéologique.

La nomenclature et la détermination des régimes applicables

- ⊕ Liste des activités entrant dans le champ d'application de la législation définie par un décret en Conseil d'État (décret du 20 mai 1953 modifié)
- ⊕ Ce décret précise le régime de l'installation en fonction de seuils d'activité
 - D : Déclaration
 - A : Autorisation
- ⊕ La création et l'exploitation d'une installation sont soumises à une taxe unique et une redevance annuelle (taxe générale sur les activités polluantes – TGAP – Article L.151-1 du code l'environnement)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La définition générale donnée par la loi ne suffit pas pour déterminer si une activité relève ou non de la législation et quel est le régime applicable. Le législateur renvoie à un décret d'application le soin de dresser la liste des activités entrant dans le champ d'application de la législation en distinguant celles soumises à simple déclaration, celles soumises à autorisation, et celles présentant des risques majeurs et susceptibles de bénéficier de périmètres de protection.

Ces éléments sont précisés dans la nomenclature en annexe du décret du 20 mai 1953, pris en application de la loi de 1917. Ce tableau est en perpétuelle modification.

La création et l'exploitation des installations classées sont soumises à une taxe unique et éventuellement à une redevance annuelle, qui ont été incluses dans le champ d'application de la taxe générale sur les activités polluantes (article 266 sexies du code des douanes reproduit par l'article L.151-1 du Code de l'environnement).

Sont soumis à une taxe de création dont le montant varie en fonction de la taille de l'entreprise les exploitants dont au moins une installation nouvelle est soumise à autorisation.

En sus de la taxe due à l'ouverture, l'exploitation de certaines installations donne lieu au versement d'une taxe annuelle dont le montant est égal à un forfait multiplié par un coefficient variant de 1 à 10 selon la nature et l'importance de l'activité exercée. La liste des installations soumises à la taxe annuelle est fixée par décret.

Partie 2

La législation de installations classées

Les installations visées par la rubrique 2921

Les prescriptions applicables

Modalités d'application



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Rubrique 2921 de la nomenclature des IC

Décret n°2004-1331 du 1er décembre 2004 (JO du 7 décembre 2004)

Création de rubrique

NUMERO	DESIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, D, S (1)	R (2)
2921	Refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air [installation de]: 1. Lorsque l'installation n'est pas du type « circuit primaire fermé »: a) La puissance thermique évacuée maximale étant supérieure ou égale à 2000KW b) La puissance thermique évacuée maximale étant inférieure à 2000 KW 2. Lorsque l'installation est du type « circuit primaire fermé ».....	 A D D	 3
Nota: Une installation est de type « circuit primaire fermé » lorsque l'eau dispersée dans l'air refroidit un fluide au travers d'un ou plusieurs échangeurs thermiques étanches situés à l'intérieur de la tour de refroidissement ou accolés à celle-ci: tout contact direct est rendu impossible entre l'eau dispersée dans la tour et le fluide traversant le ou les échangeurs thermiques. (1) A: autorisation; D: déclaration; S: servitude d'utilité publique (2) Rayon d'affichage en kilomètres			



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La rubrique 2921 visant les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air a été créée par le décret du 1er décembre 2004, publié au Journal officiel du 7 décembre 2004

Les tours aéroréfrigérantes à voie humide qui sont des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air sont depuis cette date soumises à la législation des installations classées.

Le décret distingue deux types d'installations :

-les installations qui sont du type circuit primaire fermé (leur définition est donnée dans le nota), soumises à déclaration ;

-Les installations qui ne le sont pas.

Parmi ces dernières, les installations évacuant une puissance thermique maximale inférieure à 2000 kW sont également soumises à déclaration. Les autres sont soumises à autorisation.

Installation de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Font partie de l'installation :

- ⊕ Tour(s) de refroidissement et ses parties internes
- ⊕ Échangeur(s)
- ⊕ Ensemble composant :
 - Le circuit d'eau en contact avec l'air
 - Le circuit d'eau d'appoint
 - Le circuit de purge

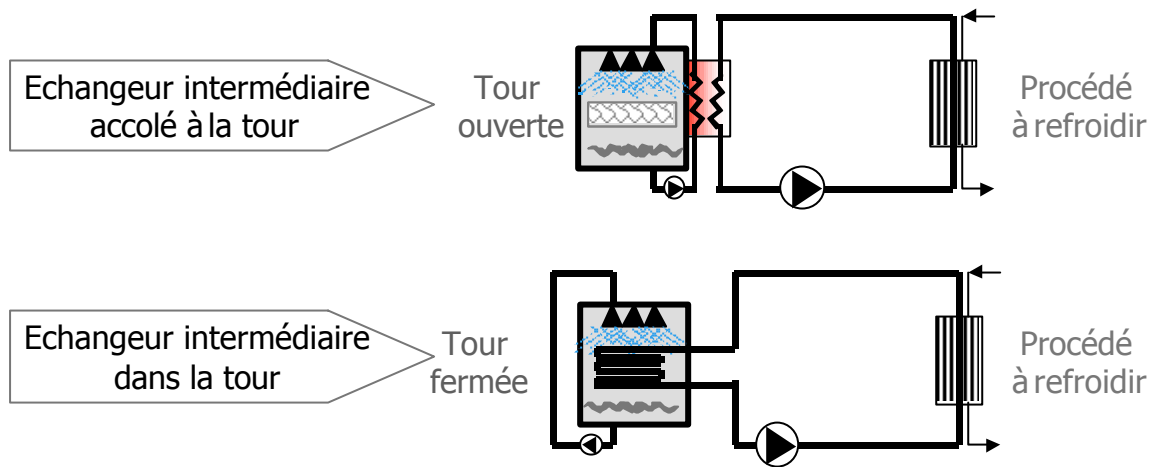


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les arrêtés ministériels du 13 décembre 2004 publiés au Journal officiel du 31 décembre 2004 applicables aux installations soumises à la rubrique 2921, précisent que font partie de l'installation, non seulement la tour de refroidissement et ses parties internes, mais aussi le ou les échangeurs du circuit, ainsi que l'ensemble des circuits (d'eau en contact avec l'air, d'appoint et de purge).

Installations de refroidissement

Qui sont du type circuit primaire fermé



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les installations qui sont du type circuit primaire fermé sont des installations pour lesquelles le circuit d'eau en contact avec l'air est circonscrit au niveau de la tour, qu'il s'agisse d'une tour fermée, ou d'une tour ouverte refroidissant un échangeur accolé à la tour.

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

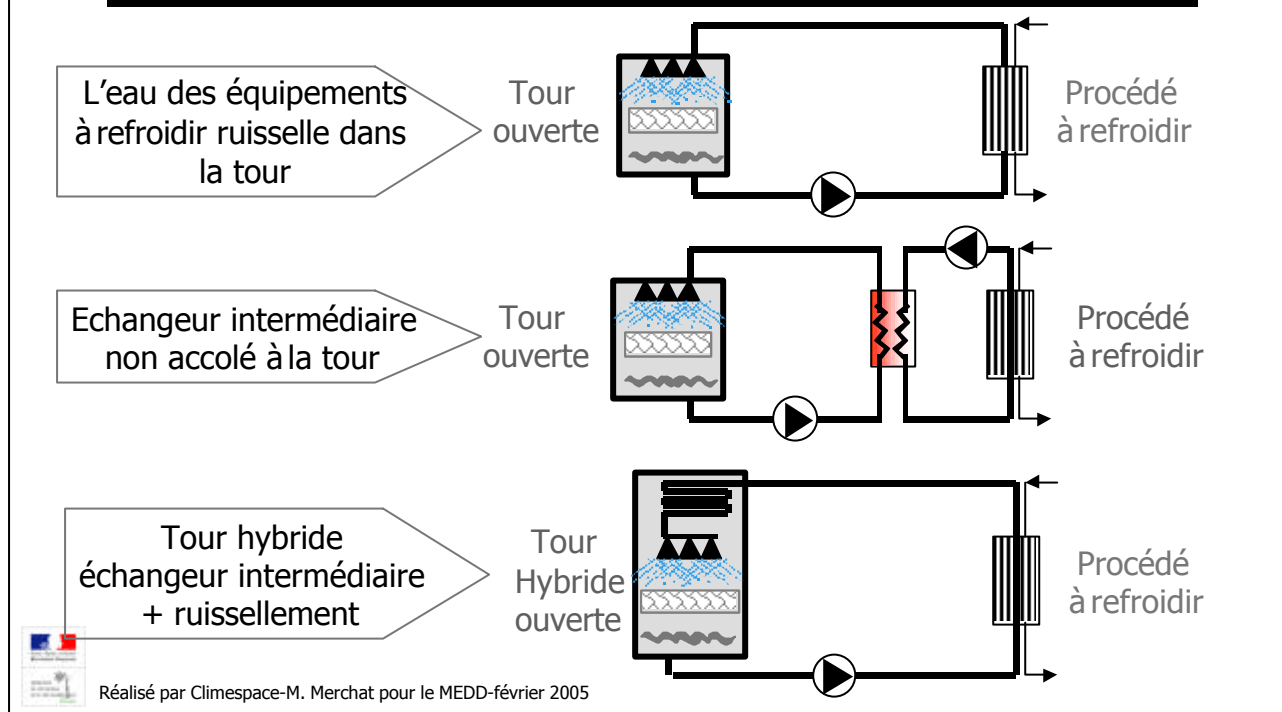
A retenir que :

Tour ouverte + échangeur accolé : l'échangeur à plaques intermédiaires est accolé physiquement à la tour équipée d'un corps d'échange. Le fonctionnement de la tour est identique à celui d'une tour ouverte avec un circuit d'eau indépendant.

Tour fermée (avec échangeur tubulaire intérieur à la tour) : le fluide à refroidir circule dans un échangeur tubulaire disposé dans la tour de refroidissement qui remplace le corps d'échange. Un circuit d'eau secondaire propre à la tour permet de mettre en œuvre le refroidissement évaporatif.

Installations de refroidissement

Qui ne sont pas du type circuit primaire fermé



Les installations qui ne sont pas du type circuit primaire fermé sont des installations pour lesquelles le circuit d'eau en contact avec l'air va de la tour vers un échangeur ou un procédé éloigné de la tour (non accolé à cette dernière).

Dans ce cas, le volume d'eau en contact avec l'air, et dans lequel la concentration des légionelles doit être maîtrisée, est significatif et induit une surface de canalisation où serait susceptible de se former du biofilm plus grande que dans le cas des installations qui sont du type circuit primaire fermé.

Il est entendu qu'une tour hybride (fonctionnement voie sèche/voie humide) peut être du type circuit primaire fermé si la tour est fermée (circuit d'eau en contact avec l'air restreint à la tour) ou ne pas être du type circuit primaire fermé si la tour est ouverte, comme cela est le cas dans le troisième schéma de ce transparent.

A retenir que :

Tour ouverte : l'eau du circuit à refroidir est directement dispersée sur le corps d'échange de la tour de refroidissement. Une partie de l'eau s'évapore pour assurer le refroidissement de l'eau, l'autre partie est récupérée dans le bac de récupération, puis retourne vers le procédé à refroidir.

Tour ouverte + échangeur non accolé : un échangeur à plaques intermédiaires est disposé entre le circuit à refroidir et le circuit de la tour équipée d'un corps d'échange. Le fonctionnement de la tour est identique à celui d'une tour ouverte avec un circuit d'eau indépendant.

Tour hybride ouverte : ce type de tour est constitué d'une batterie sèche et d'un corps d'échange sur lequel l'eau du procédé ruisselle : le fluide à refroidir circule en premier lieu dans une batterie sèche située au sommet de la tour de refroidissement. Si le refroidissement en mode sec n'est pas suffisant, le fluide est alors dispersé sur un corps d'échange, s'évapore en partie puis retourne à la température désirée vers le procédé.

Les tours hybrides fermées existent également. Elles sont constituées d'une batterie sèche et d'un échangeur extérieur accolé avec une surface de ruissellement de l'eau ou un échangeur tubulaire interne à la tour. Deux cas peuvent se présenter :

- le fluide à refroidir circule dans la batterie sèche, puis dans un échangeur à plaques intermédiaires accolé à la tour de refroidissement. L'autre circuit de cet échangeur à plaques est parcouru par de l'eau dispersée si nécessaire sur le corps d'échange de la tour,
- le fluide à refroidir circule dans une batterie sèche située au sommet de la tour, puis circule si nécessaire dans un échangeur tubulaire interne à la tour sur lequel l'eau du circuit tour est dispersée.

Puissance thermique maximale évacuée

Calculée par tour de refroidissement selon la formule

$$P \text{ en kW} = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

avec

- m = débit massique en kg/s = $Q/3,6$
- Q = débit d'eau circulant dans la tour (en m³/h)
- c_p = capacité thermique massique de l'eau (en kJ/kg/K) = 4,186
- T_2 = température de l'eau chaude
- T_1 = température de l'eau froide



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

La puissance thermique maximale évacuée est définie par la formule $P = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$. Cette puissance sert à sélectionner la tour de refroidissement pour un fonctionnement en régime été (avec une température de bulbe humide de l'air de l'ordre de 21°C) durant lequel le refroidissement désiré est le plus difficile à obtenir. En fonctionnement durant la mi-saison et en hiver, la ventilation de la tour de refroidissement est régulée de façon à maintenir la température de sortie d'eau souhaitée.

Si l'installation est équipée de plusieurs tours de refroidissement, la puissance totale évacuée par cette installation est la somme des puissances maximales calculées par tour.

Exemple:

Débit d'eau Q : 180 m³/h, soit un débit massique de 50 kg/s

Régime d'eau: 32/27°C soit un écart ΔT de 5 K

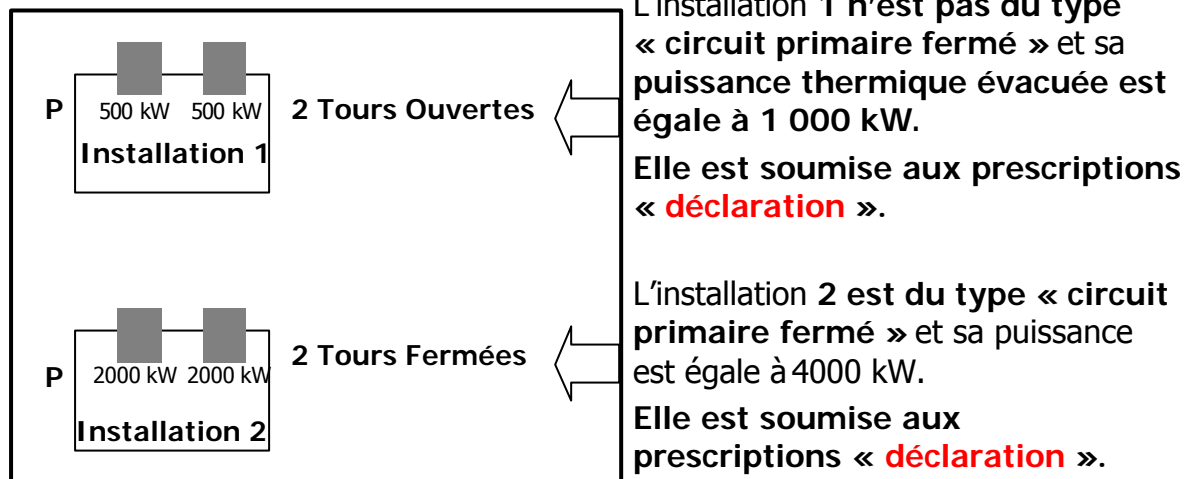
C_p : 4,186 kJ/kg/K

D'où une puissance échangée par la tour de refroidissement :

$$P = 50 \times 4,186 \times 5 = 1046 \text{ kW}$$

Définition du régime applicable, Exemple sur un site exploité par X

Site exploité par X, comportant 2 installations classées sous le régime de la déclaration des ICPE



LEGENDE



P= puissance thermique évacuée

Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Afin d'établir le régime des installations exploitées par X, il faut distinguer le cas des installations qui :

- sont du type circuit primaire fermé : installation 2
- Ne sont pas du type circuit primaire fermé : installation 1

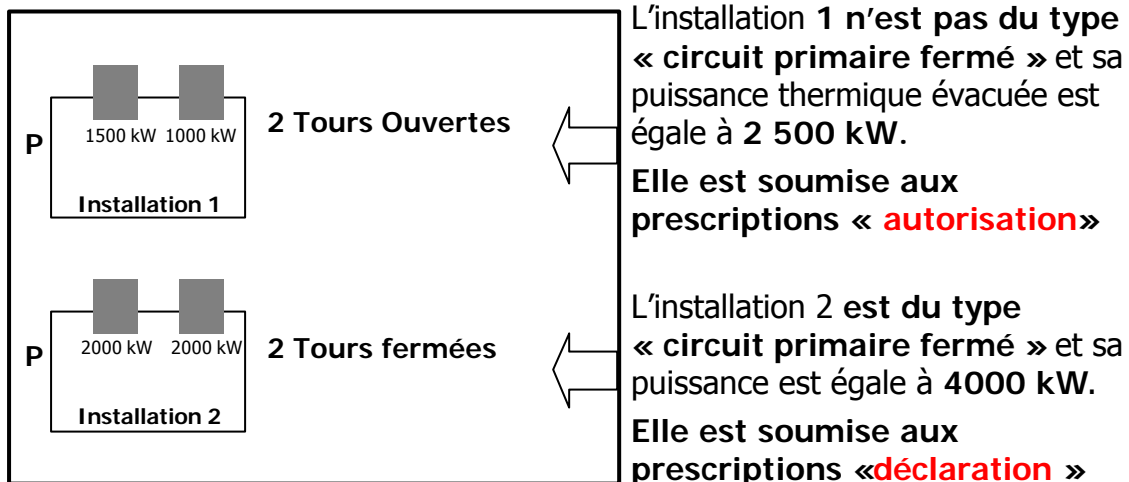
Quelle que soit sa puissance thermique évacuée, l'installation 2 est soumise à déclaration.

Pour l'installation 1, la puissance thermique évacuée est égale à 1000 kW. Conformément au libellé de la nomenclature, la puissance évacuée étant inférieure à 2000 kW, l'installation 1 est soumise à déclaration.

Une fois le régime défini, les prescriptions sont applicables par installation : pour les installations 1 et 2, les prescriptions de l'arrêté ministériel D (déclaration) sont applicables à chacune des installations.

Définition du régime applicable, Exemple sur un site exploité par Y

Site exploité par Y, comportant une installation classée sous le régime de l'autorisation des ICPE et une installation classée sous le régime de la déclaration.



LEGENDE

P = puissance thermique évacuée

Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Afin d'établir le régime des installations exploitées par Y, il faut distinguer le cas des installations qui :

- sont du type circuit primaire fermé : installation 2
- Ne sont pas du type circuit primaire fermé : installation 1

Quelle que soit sa puissance thermique évacuée, l'installation 2 est soumise à déclaration.

Pour l'installation 1, la puissance thermique évacuée totale est égale à 2500 kW. Conformément au libellé de la nomenclature, la puissance évacuée étant supérieure ou égale à 2000 kW, l'installation 1 est soumise à autorisation.

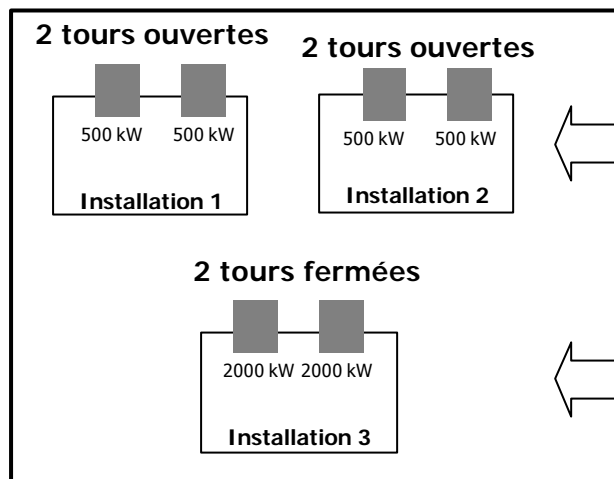
Une fois le régime défini, les prescriptions sont applicables par installation :

Pour l'installation 1, les prescriptions de l'arrêté ministériel A (autorisation) sont applicables.

Pour l'installation 2, les prescriptions de l'arrêté ministériel D (déclaration) sont applicables.

Définition du régime applicable, Exemple sur un site exploité par Z

Site exploité par Z, comportant deux installations classées sous le régime de l'autorisation des ICPE et une installation classée sous le régime de la déclaration



Les installations 1 et 2 ne sont pas du type circuit primaire fermé. La puissance cumulée de ces installations sur le site est égale à 2000 kW.

Elles sont soumises aux prescriptions « **autorisation** ».

L'installation 3 est du type « circuit primaire fermé » et sa puissance est égale à 4000 kW.

Elle est soumise aux prescriptions « **déclaration** ».

LEGENDE

P= puissance thermique évacuée

Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Afin d'établir le régime des installations exploitées par Z, il faut distinguer le cas des installations qui :

- sont du type circuit primaire fermé : installation 3
- ne sont pas du type circuit primaire fermé : installation 1 et 2

Quelle que soit sa puissance thermique évacuée, l'installation 3 est soumise à déclaration.

Pour les installations 1 et 2, les puissances thermiques évacuées doivent être cumulées. La puissance totale est égale à 2000 kW. Conformément au libellé de la nomenclature, la puissance évacuée étant supérieure ou égale à 2000 kW, les installations 1 et 2 sont soumises à autorisation.

Une fois le régime défini, les prescriptions sont applicables par installation :

- Pour l'installation 1, les prescriptions de l'arrêté ministériel A (autorisation) sont applicables.
- Pour l'installation 2, les prescriptions de l'arrêté ministériel A (autorisation) sont applicables.
- Pour l'installation 3, les prescriptions de l'arrêté ministériel D (déclaration) sont applicables.

On constate dans cet exemple où plusieurs installations sont situées sur un même site, que les puissances des installations de même type sont additionnées afin de déterminer leur situation vis à vis des seuils de la nomenclature.

Partie 2

La législation de installations classées Les installations visées par la rubrique 2921

Les prescriptions applicables

Modalités d'application



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les prescriptions applicables aux installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air sont détaillées dans les arrêtés du 13 décembre 2004 publiés au Journal officiel du 31 décembre 2004. Un arrêté concerne les installations soumises à autorisation, et le second, les installations soumises à déclaration.

L'annexe de l'arrêté ministériel applicable aux installations soumises à déclaration a été publié au bulletin officiel du ministère de l'écologie et du développement durable du 15 février 2005.

Les grands principes des arrêtés ministériels du 13 décembre 2004

⊕ Objectif

Concentration en *Legionella* specie dans l'eau du circuit en permanence inférieure à 1000 UFC/L selon NF T 90-431

⊕ Moyen

Nettoyage, désinfection et surveillance de l'installation à l'initiative de l'exploitant

⊕ Démarche imposée pour définir et mettre en œuvre les moyens: l'analyse de risques de prolifération des légionelles



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Un plan d'entretien préventif, de nettoyage et désinfection de l'installation, visant à maintenir en permanence la concentration des légionelles dans l'eau du circuit à un niveau inférieur à 1000 unités formant colonies par litre d'eau, est mis en œuvre sous la responsabilité de l'exploitant.

Le plan d'entretien préventif, de nettoyage et désinfection, ainsi que le plan de surveillance de l'installation est défini à partir d'une analyse méthodique des risques de prolifération des légionelles.

Analyse des risques de prolifération des légionelles (1/2)

⊕ **Approche raisonnée et organisée visant à**

- Identifier les facteurs de risques de prolifération des légionelles
- Définir les mesures appropriées pour assurer la prévention et la maîtrise des facteurs de risques

⊕ **Et permettant d'établir**

- Le plan d'entretien préventif de nettoyage-désinfection
- Le plan de surveillance



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Le danger, constitué par le pouvoir pathogène des légionelles, ne représente un risque que si les facteurs conduisant à l'exposition de la population sont réunis. D'une façon générale, il existe deux types de facteurs de risques : ceux favorisant la contamination de l'eau et la prolifération de la bactérie, et ceux favorisant la dispersion de la bactérie dans les aérosols.

La mise en œuvre de l'analyse des risques de prolifération des légionelles doit permettre d'identifier tous les facteurs de risques de prolifération des légionelles et de définir les mesures préventives nécessaires : ces mesures seront des mesures d'entretien, de nettoyage ou désinfection, ainsi que des mesures de surveillance.

Elles correspondent aux plan d'entretien et plan de surveillance requis par la réglementation.

Analyse des risques de prolifération des légionelles (2/2)

- ⊕ A réaliser dans les **conditions de fonctionnement normales et exceptionnelles** de l'installation pour déterminer les facteurs de risque de prolifération des légionelles dans l'installation (**circuit** et **tour**)
- ⊕ Examiner notamment
 - la conception, les conditions d'implantation et d'aménagement de l'installation
 - les modalités de gestion de l'installation (exploitation et maintenance)
 - les résultats des indicateurs (surveillance)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Il existe différentes méthodologies pouvant être mises en place : HACCP, HAZOP, AMDEC...Elles doivent être menées sous la responsabilité de l'exploitant pour chaque installation, dans les conditions de fonctionnement normales et exceptionnelles, afin que l'analyse des facteurs de risques soit la plus exhaustive possible. Dans le cas d'installations existantes, la conception et l'implantation de l'installation, sa gestion, et ses indicateurs seront des éléments à prendre à compte pour identifier le plus possible les facteurs de risque associés à l'installation.

Cette analyse devra en outre être revue si des modifications sont apportées à l'installation ou à son fonctionnement, ou si les résultats des contrôles en légionelles font apparaître des dépassements de seuils.

Prescriptions liées à la conception et l'implantation

⊕ Règles d'implantation et d'aménagement de la tour

⊕ Conception facilitant

- Le contrôle
- Le nettoyage et la désinfection

⊕ Choix des matériaux

⊕ Présence d'un dévésiculeur en bon état



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les installations régulièrement déclarées ou autorisées après le 1er juillet 2005 doivent respecter les dispositions suivantes:

1- Les rejets d'air potentiellement chargé d'aérosols ne sont effectués ni au droit d'une prise d'air, ni au droit d'ouvrants. Les points de rejets sont aménagés de façon à éviter le siphonnage de l'air chargé de gouttelettes dans les conduits de ventilation d'immeubles avoisinants ou les cours intérieures.

2- L'installation de refroidissement doit être aménagée pour permettre les visites d'entretien et les accès notamment aux parties internes, aux bassins, et aux parties hautes à la hauteur des rampes de pulvérisation de la tour.

La tour doit être équipée de tous les moyens d'accessibilité nécessaires à son entretien et sa maintenance dans les conditions de sécurité ; ces moyens permettent à tout instant de vérifier l'entretien et la maintenance de la tour.

3- L'installation doit être conçue pour faciliter les opérations de vidange, nettoyage, désinfection et les prélèvements pour analyse microbiologiques et physico-chimiques. Elle doit être conçue de façon à ce qu'en aucun cas, il n'y ait des tronçons de canalisations constituant des bras morts, c'est à dire dans lesquels soit l'eau ne circule pas, soit l'eau circule en régime d'écoulement laminaire. L'installation est équipée d'un dispositif permettant la purge complète de l'eau du circuit.

L'exploitant doit disposer des plans de l'installation tenus à jour, afin de justifier des dispositions prévues ci-dessus.

Les matériaux en contact avec l'eau sont choisis en fonction des conditions de fonctionnement de l'installation afin de ne pas favoriser la formation de biofilm, de faciliter le nettoyage et la désinfection et en prenant en compte la qualité de l'eau ainsi que le traitement mis en œuvre afin de prévenir les phénomènes de corrosion, d'entartrage ou de formation de biofilm.

La tour doit être équipée d'un dispositif de limitation des entraînements vésiculaires constituant un passage obligatoire du flux d'air potentiellement chargé de vésicules d'eau, immédiatement avant rejet : le taux d'entraînement vésiculaire attesté par le fournisseur du dispositif de limitation des entraînements vésiculaires est inférieur à 0,01% du débit d'eau en circulation dans les conditions de fonctionnement normales de l'installation.

NB : Ces dispositions peuvent également être applicables à des installations précédemment soumises à la réglementation ICPE.

Prescriptions liées à l'entretien préventif

- ⊕ **Entretien préventif en permanence pour que**
[C°] *Legionella specie* < 1000 UFC/L
avec UFC/L = unité formant colonie par litre d'eau
- ⊕ **Traitement chimique ou tout autre traitement** dont l'exploitant aura démontré l'efficacité sur le **biofilm** et les légionelles dans les conditions de fonctionnement de l'installation



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Concernant l'entretien préventif, l'objectif réglementaire est très explicite : la concentration de toutes les légionelles présentes dans l'eau en contact avec l'air doit toujours rester inférieure à 1000 UFC/L. La réglementation ne demande pas que l'espèce pneumophila soit également surveillée.

Cela suppose de la part de l'exploitant la mise en place d'un traitement en permanence qui peut être continu ou discontinu.

C'est à l'exploitant de définir ce traitement. Si il ne s'agit pas d'un traitement chimique, l'exploitant devra avoir démontré que cet autre traitement est efficace sur son installation.

Vidange, nettoyage et désinfection

- ⊞ **Systématique** après chaque arrêt
- ⊞ **Au moins** une fois par an
- ⊞ **Si l'arrêt annuel est impossible**, l'exploitant doit proposer au préfet des **mesures compensatoires**
- ⊞ Ces mesures, après avis de l'IIC, sont **imposées par arrêté préfectoral**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

L'arrêt pour réaliser un nettoyage complet de l'installation, et en particulier un nettoyage mécanique, est au minimum annuel. Il devra avoir lieu aussi après chaque arrêt de l'installation.

Si cet arrêt annuel est impossible pour des raisons techniques ou économiques, l'exploitant devra proposer des mesures compensatoires au préfet : ces mesures pourront conduire à un renforcement du plan de nettoyage, et/ou un renforcement du plan de surveillance de l'installation.

Il est prévu que l'inspection puisse soumettre ces mesures à l'avis d'un tiers expert. Ces mesures seront notifiées dans l'arrêté préfectoral.

Plan de surveillance

- ⊕ **Destiné à s'assurer de l'efficacité du nettoyage**
- ⊕ **L'exploitant identifie les indicateurs de suivi:**
 - PH, TAC, Chlore résiduel...
 - Légionelles en unité génome par litre (UG/L) par la méthode PCR non normalisée, résultat en 1 jour
 - Flore totale
 - ...
- ⊕ **Niveaux limites et actions à mener sur initiative de l'exploitant**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Un plan de surveillance destiné à s'assurer de l'efficacité du nettoyage et de la désinfection de l'installation est défini à partir des conclusions de l'analyse méthodique des risques

L'exploitant identifie les indicateurs physico-chimiques et microbiologiques qui permettent de diagnostiquer les dérives au sein de l'installation. Les prélèvements pour ces diverses analyses sont réalisés périodiquement par l'exploitant selon une fréquence et des modalités qu'il détermine afin d'apprécier l'efficacité des mesures de prévention qui sont mises en œuvre. Toute dérive implique des actions correctives déterminées par l'exploitant.

L'exploitant adapte et actualise la nature et la fréquence de la surveillance pour tenir compte des évolutions de son installation, de ses performances par rapport aux obligations réglementaires et de ses effets sur l'environnement.

Surveillance des légionelles (1/2)

- ⊕ Contrôle périodique en *Legionella* specie
 - En fréquence mensuelle (F12) pour les installations soumises à autorisation
 - En fréquence bimestrielle (F6) pour les installations soumises à déclaration
 - En fréquence trimestrielle (F4) pour les installations dont le résultat de l'analyse est inférieur à 1000 UFC/L pendant 12 mois continus
- ⊕ Prélèvements, échantillons, ensemencements et résultats présentés selon **NF T 90-431**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les fréquences de contrôles en légionelles toutes espèces sont explicitement définies dans les arrêtés. Ces fréquences peuvent être allégées à des contrôles trimestriels si pendant douze mois continus les résultats des analyses sont inférieurs à 1000 UFC/L. Cette réduction de fréquence est ainsi permise, si l'installation fonctionne pendant au moins 12 mois, et si elle a obtenu :

-6 résultats inférieurs à 1000 UFC/L, lors de ses contrôles bimestriels, s'il s'agit d'une installation soumise à déclaration ;

-12 résultats inférieurs à 1000 UFC/L, lors de ses contrôles mensuels, s'il s'agit d'une installation soumise à autorisation ;

Le paramètre contrôlé est le nombre de légionelles toutes espèces, *Legionella* specie, et non la seule espèce pneumophila.

Il est à noter que les laboratoires accrédités sur le programme 100-2, paramètre *Legionella* (BC30), peuvent rendre sous accréditation, selon la demande des exploitants :

- le résultat en *Legionella* specie ;
- le résultat en *Legionella* pneumophila ;
- le résultat en *Legionella* specie et pneumophila.

Surveillance des légionelles (2/2)

⊕ Prélèvement réalisé:

- par un **opérateur formé**
- en un point du circuit où **l'eau est représentative de celle en circulation et hors de toute influence de l'eau d'appoint**

⊕ Analyse réalisée par un laboratoire



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Le prélèvement doit être réalisé par un opérateur formé. Il peut s'agir d'un opérateur travaillant pour l'exploitant, ou par un technicien du laboratoire.

L'analyse est réalisée par le laboratoire.

Certaines modalités relatives au transport de l'échantillon et les modalités d'analyses sont définies dans la norme NF T 90-431.

Actions à mener en fonction des résultats d'analyses (1/2)

- ⊕ Si présence de flore interférente
 - ↳ Nettoyage & désinfection

- ⊕ Si [C°] en Legionella Sp³ à 10³ UFC/L et < à 10⁵UFC/L
 - ↳ Nettoyage & Désinfection
 - ↳ Nouvelle analyse dans les 15 jours

- ⊕ Si [C°] en Legionella Sp³ à 10³ UFC/L et < à 10⁵UFC/L **3 fois de suite**, alors en plus,
 - ↳ Révision de l'analyse des risques



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Si les résultats d'analyses réalisées en application de l'ensemble des dispositions qui précèdent mettent en évidence une concentration en Legionella specie selon la norme NF T90-431 supérieure ou égale à 1 000 unités formant colonies par litre d'eau et inférieure à 100 000 unités formant colonies par litre d'eau, l'exploitant prend des dispositions pour nettoyer et désinfecter l'installation de façon à s'assurer d'une concentration en Legionella specie inférieure à 1 000 unités formant colonies par litre d'eau.

La vérification de l'efficacité du nettoyage et de la désinfection est réalisée par un prélèvement selon la norme NF T90-431 dans les deux semaines consécutives à l'action corrective.

Le traitement et la vérification de l'efficacité du traitement sont renouvelés tant que la concentration mesurée en Legionella specie est supérieure ou égale à 1 000 unités formant colonies par litre d'eau et inférieure à 100 000 unités formant colonies par litre d'eau.

A partir de trois mesures consécutives indiquant des concentrations supérieures à 1 000 unités formant colonies par litre d'eau, l'exploitant devra procéder à l'actualisation de l'analyse méthodique des risques de développement des légionelles dans l'installation, prévue à l'article 6, en prenant notamment en compte la conception de l'installation, sa conduite, son entretien et son suivi. L'analyse des risques doit permettre de définir les actions correctives visant à réduire le risque de développement des légionelles et de planifier la mise en œuvre des moyens susceptibles de réduire ces risques. Le plan d'actions correctives, ainsi que la méthodologie mise en œuvre pour analyser cet incident, sont joints au carnet de suivi.

Si le résultat de l'analyse selon la norme NF T90-431 rend impossible la quantification de Legionella specie en raison de la présence d'une flore interférente, l'exploitant prend des dispositions pour nettoyer et désinfecter l'installation de façon à s'assurer d'une concentration en Legionella specie inférieure à 1000 unités formant colonies par litre d'eau.

Actions à mener en fonction des résultats d'analyses (2/2)

Si [C°] en Legionella sp $\geq 10^5$ UFC/L

- ↪ **Information immédiate de l'IIC**
- ↪ **Arrêt immédiat de l'installation** selon procédure spécifique, réalisée préalablement à l'incident
- ↪ **Analyse de risques** et mise en place de mesures d'amélioration & rapport d'incident
- ↪ **Nouvelles analyses tous les 15 jours**, pendant 3 mois
- ↪ **Nouvel arrêt si [c°] en Lp > 10⁴** dans les 3 mois suivants
- ↪ **Conservation des souches** (par le laboratoire) pendant 3 mois



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Si les résultats des analyses en légionelles selon la norme NF T90-431, réalisées en application de l'ensemble des dispositions qui précèdent, mettent en évidence une concentration en Legionella specie supérieure ou égale à 100 000 unités formant colonies par litre d'eau, l'exploitant arrête dans les meilleurs délais l'installation de refroidissement, selon une procédure d'arrêt immédiat qu'il aura préalablement définie, et réalise la vidange, le nettoyage et la désinfection de l'installation de refroidissement. La procédure d'arrêt immédiat prendra en compte le maintien de l'outil et les conditions de sécurité de l'installation, et des installations associées.

Dès réception des résultats selon la norme NF T90-431, l'exploitant en informe immédiatement l'inspection des installations classées par télécopie avec la mention « **URGENT & IMPORTANT – TOUR AEROREFRIGERANTE - DEPASSEMENT DU SEUIL DE 100 000 UNITÉS FORMANT COLONIES PAR LITRE D'EAU** ».

Avant la remise en service de l'installation, il procède à une analyse méthodique des risques de développement des légionelles dans l'installation, ou à l'actualisation de l'analyse existante, en prenant notamment en compte la conception de l'installation, sa conduite, son entretien et son suivi. Cette analyse des risques doit permettre de définir les actions correctives visant à réduire les risques de développement des légionelles et de planifier la mise en œuvre des moyens susceptibles de réduire ces risques. Le plan d'actions correctives, ainsi que la méthodologie mise en œuvre pour analyser cet incident, sont joints au carnet de suivi.

L'exploitant met en place les mesures d'amélioration prévues et définit les moyens susceptibles de réduire le risque. Les modalités de vérification de l'efficacité de ces actions avant et après remise en service de l'installation sont définies par des indicateurs tels que des mesures physico-chimiques ou des analyses microbiologiques.

Après remise en service de l'installation, l'exploitant vérifie immédiatement l'efficacité du nettoyage et des autres mesures prises.

Quarante huit heures après cette remise en service, l'exploitant réalise un prélèvement, pour analyse des légionelles selon la norme NF T90-431. Dès réception des résultats de ce prélèvement, un rapport global sur l'incident est transmis à l'inspection des installations classées. L'analyse des risques est jointe au rapport d'incident. Le rapport précise l'ensemble des mesures de vidange, nettoyage et désinfection mises en œuvre, ainsi que les actions correctives définies et leur calendrier de mise en œuvre.

Les prélèvements et les analyses en Legionella specie selon la norme NF T90-431 sont ensuite effectués tous les 15 jours pendant trois mois. En cas de dépassement de la concentration de 10 000 unités formant colonies par litre d'eau sur un des prélèvements mentionnés ci-dessus, l'installation est à nouveau arrêtée dans les meilleurs délais et l'ensemble des actions visées ci-dessus sont renouvelées.

Cas particulier des installations dont l'arrêt immédiat présente des risques

Pour le maintien de l'outil ou la sécurité de l'installation et des installations associées

- ⊕ La mise en œuvre de la procédure d'arrêt peut être stoppée
 - Si le résultat d'un prélèvement effectué pendant la mise en œuvre de la procédure d'arrêt est $< 10^5$ UFC/L
 - Et si le préfet ne s'y oppose pas

- ⊕ Doivent être réalisés ensuite
 - La **révision de l'analyse de risque** et un traitement de nettoyage & désinfection
 - Des **analyses en légionelles tous les 8 jours**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Dans le cas des installations dont l'arrêt immédiat présenterait des risques importants pour le maintien de l'outil ou la sécurité de l'installation et des installations associées, la mise en œuvre de la procédure d'arrêt sur plusieurs jours pourra être stoppée, sous réserve qu'il n'y ait pas d'opposition du préfet à la poursuite du fonctionnement de l'installation de refroidissement **et** si le résultat selon la norme NF T90-431 d'un prélèvement effectué pendant la mise en œuvre de la procédure d'arrêt est inférieur à 100 000 unités formant colonies par litre d'eau.

La remise en fonctionnement de l'installation de refroidissement ne dispense pas l'exploitant de la réalisation de l'analyse de risques, de la mise en œuvre d'une procédure de nettoyage et désinfection, et du suivi de son efficacité. Les prélèvements et les analyses en Legionella specie selon la norme NF T90-431 sont ensuite effectués tous les 8 jours pendant trois mois.

En fonction des résultats de ces analyses, l'exploitant met en œuvre les dispositions suivantes :

- En cas de dépassement de la concentration de 10 000 unités formant colonies par litre d'eau, l'exploitant réalise ou renouvelle les actions menées et soumet ces éléments à l'avis d'un tiers expert dont le rapport est transmis à l'inspection des installations classées dans le mois suivant la connaissance du dépassement de la concentration de 10 000 unités formant colonies par litre d'eau ;
- En cas de dépassement de la concentration de 100 000 unités formant colonies par litre d'eau, l'installation est arrêtée dans les meilleurs délais. Le préfet pourra autoriser la poursuite du fonctionnement de l'installation, sous réserve que l'exploitant mette immédiatement en œuvre des mesures compensatoires soumises à l'avis d'un tiers expert choisi après avis de l'inspection des installations classées.

Carnet de suivi

⊕ Mentionne

- Les volumes d'eau consommés par mois
- Les périodes de fonctionnement et d'arrêt
- Toutes les opérations d'entretien, maintenance...
- Les résultats des analyses
- ...

⊕ Y sont annexés

- Les schémas de l'installation,
- Les procédures (d'arrêt, de formation...), plans d'entretien et de surveillance
- Les analyses de risques
- Les rapports d'incident
- ...



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

L'exploitant reporte toute intervention réalisée sur l'installation dans un carnet de suivi qui mentionne :

- les volumes d'eau consommés mensuellement ;
- les périodes de fonctionnement et d'arrêt ;
- les opérations de vidange, nettoyage et désinfection (dates, nature des opérations, identification des intervenants, nature et concentration des produits de traitement, conditions de mise en œuvre);
- les fonctionnements pouvant conduire à créer temporairement des bras morts ;
- les vérifications et interventions spécifiques sur les dévésiculeurs ;
- les modifications apportées aux installations ;
- les prélèvements et analyses effectués : concentration en légionelles, température, conductivité, pH, TH, TAC, chlorures etc...

Sont annexés au carnet de suivi :

- le plan des installations, comprenant notamment le schéma de principe à jour des circuits de refroidissement, avec identification du lieu de prélèvement pour analyse, et des lieux d'injection des traitements chimiques ;
- les procédures (plan de formation, plan d'entretien, plan de surveillance, arrêt immédiat, actions à mener en cas de dépassement de seuils, méthodologie d'analyse de risques...);
- les bilans périodiques relatifs aux résultats des mesures et analyses ;
- les rapports d'incident ;
- les analyses de risques et actualisations successives ;
- les notices techniques de tous les équipements présents dans l'installation.

Le carnet de suivi et les documents annexés sont tenus à la disposition de l'Inspection des Installations Classées.

Prévention de la pollution des eaux

⊕ Critères qualité pour l'eau d'appoint

- Legionella sp,
- Flore aérobie,
- Matières en suspension

⊕ Surveillance des rejets

- Mesure des volumes rejetés
- Valeur limite de rejet : pH, température, MES, DCO, DBO₅
- Polluants spécifiques, notamment AOX



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les arrêtés prévoient des prescriptions concernant l'eau d'appoint et les rejets de l'installation.

Contrôle par un organisme agréé

- ⊕ **Contrôle à l'initiative de l'exploitant**
- ⊕ **Organisme compétent agréé par le MEDD**
 - Accréditation EN 45 004 – annexes A, B ou C
- ⊕ **A la mise en service et tous les 2 ans, sauf**
 - Installation ne faisant pas l'arrêt annuel (1/an)
 - Installation dont un résultat d'analyse > 10⁵ UFC/L (contrôle dans les 12 mois)
- ⊕ **Sont contrôlés**
 - Installation (visite)
 - Ensemble des documents associés



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Dans le mois qui suit la mise en service, puis au minimum tous les deux ans, l'installation fait l'objet d'un contrôle par un organisme agréé.

Ce contrôle consiste en une visite de l'installation, une vérification des conditions d'implantation et de conception, et des plans d'entretien et de surveillance, de l'ensemble des procédures associées à l'installation, et de la réalisation des analyses de risques.

L'ensemble des documents associés à l'installation (carnet de suivi, descriptif des installations, résultats d'analyses physico-chimiques et microbiologiques, bilans périodiques, procédures associées à l'installation, analyses de risques, plans d'actions...) sont tenus à la disposition de l'organisme.

A l'issue de chaque contrôle, l'organisme établit un rapport adressé à l'exploitant de l'installation contrôlée. Ce rapport mentionne les non-conformités constatées et les points sur lesquels des mesures correctives ou préventives peuvent être mises en œuvre.

L'agrément est délivré par le ministère chargé des installations classées à un organisme compétent dans le domaine de la prévention des légionelles. L'accréditation au titre des annexes A, B ou C de la norme NF EN 45004 par le Comité Français d'Accréditation (Cofrac) ou tout autre organisme d'accréditation équivalent européen, signataire de l'accord multilatéral pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation pourra constituer une justification de cette compétence.

Les annexes A, B, et C correspondent aux organismes suivants :

A = organisme d'inspection fournissant des services de tierce partie ;

B = organisme d'inspection qui constitue une partie distincte et identifiable d'une entité agissant dans les domaines de la conception, de la production, de la fourniture, de l'installation, de l'utilisation ou de la maintenance des objets qu'il inspecte et qui a été constitué pour fournir des services d'inspection à son organisation mère ;

C = organisme d'inspection qui agit dans les domaines de la conception, de la production, de la fourniture, de l'installation, de l'utilisation ou de la maintenance des objets qu'il inspecte et qui peut fournir des services d'inspection à d'autres organisations que son organisation mère.

La fréquence de contrôle est annuelle pour les installations qui ne peuvent faire l'arrêt annuel pour nettoyage et désinfection. En outre, pour les installations dont un résultat d'analyse présente un dépassement du seuil de concentration en légionelles supérieur ou égal à 100 000 UFC/L d'eau selon la norme NF T90-431, un contrôle est réalisé dans les 12 mois qui suivent.

Actions à mener en cas de légionellose

A la demande de l'IIC

- ⊕ Réalisation d'une analyse légionelles selon la norme NF T 90-431 avec prélèvement effectué par le labo chargé de l'analyse
- ⊕ Réalisation d'un nettoyage-désinfection de l'installation
- ⊕ Transmission des colonies isolées au CNR de Lyon (sur demande du CNR)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Si un ou des cas de légionellose sont découverts par les autorités sanitaires dans l'environnement de l'installation, sur demande de l'inspection des installations classées :

- l'exploitant fera immédiatement réaliser un prélèvement par un laboratoire, auquel il confiera l'analyse des légionelles selon la norme NF T90-431;
- l'exploitant analysera les caractéristiques de l'eau en circulation au moment du prélèvement;
- l'exploitant procédera à un nettoyage et une désinfection de l'installation et analysera les caractéristiques de l'eau en circulation après ce traitement;
- l'exploitant chargera le laboratoire d'expédier toutes les colonies isolées au Centre National de Référence des légionelles (CNR de Lyon), pour identification génomique des souches de légionelles.

Partie 2

La législation de installations classées
Les installations visées par la rubrique 2921
Les prescriptions applicables
Modalités d'application



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Entrée en vigueur des AM

	Installations existantes	Installations nouvelles	
	Mises en service avant le 7/12/2004	Autorisées ou Déclarées 2921 entre le 7/12/2004 et le 30/6/2005	Autorisées ou Déclarées 2921 après le 30/6/2005
IC D (L512-10)	L'exploitant a jusqu'au 6/12/2005 pour se faire connaître du préfet (art. 35 du décret de 1977) -> fonctionnement au titre des droits acquis	Procédure de déclaration 2921 Prescriptions notifiées dans le récépissé de déclaration Immédiatement applicables (Toutes sauf articles implantation et conception et délais pour*)	Procédure de déclaration 2921 Prescriptions notifiées dans le récépissé de déclaration Immédiatement applicables (Toutes sauf délais pour*)
IC A (L512-5)	Les prescriptions des AM s'imposent de plein droit Le 30 avril 2005 (Toutes sauf articles implantation et conception et délais pour*)	Procédure d'autorisation 2921 Prescriptions notifiées dans l'AP Immédiatement applicables (Toutes sauf articles implantation et conception et délais pour*)	Procédure d'autorisation 2921 Prescriptions notifiées dans l'AP Immédiatement applicables (Toutes sauf délais pour*)

* Délai d'entrée en vigueur s'appliquant à certaines dispositions spécifiques présentées en page suivante

Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Les arrêtés ministériels du 13 décembre 2004 sont applicables :

- d'une part, sauf en ce qui concerne les dispositions relatives à l'implantation et la conception, à compter du 30 avril 2005 aux installations existantes (visées par l'article L513.1 du code de l'environnement, et s'étant fait connaître au plus tard le 6 décembre 2005 pour bénéficier de l'antériorité), aux installations nouvelles(D) dont la déclaration au titre de la rubrique 2921 sera effectuée avant le 1er juillet 2005 et aux installations dont l'arrêté d'autorisation interviendra avant le 1er juillet 2005 ;
- d'autre part, à compter du 1er juillet 2005, aux installations dont l'arrêté d'autorisation interviendra postérieurement au 1er juillet 2005, ainsi qu'aux installations nouvelles(D) dont la déclaration au titre de la rubrique 2921 sera effectuée après le 1er juillet 2005.

Entrée en vigueur retardée pour certaines dispositions

⊕ 1er janvier 2006

- recours à des laboratoires accrédités COFRAC selon ISO 17025, programme 100.2, sur le paramètre Legionella
- contrôle par un organisme agréé pour les installations soumises à autorisation

⊕ 1er janvier 2007

- contrôle par un organisme agréé pour les installations soumises à déclaration



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005

Un délai d'entrée en vigueur est accordé pour deux dispositions.

L'obligation de recourir à un laboratoire accrédité entre en vigueur, quelle que soit l'installation, à compter du 1er janvier 2006.

En outre, à compter de 2006, l'exploitant d'une installation de refroidissement soumise à autorisation devra demander qu'elle soit contrôlée par un organisme agréé; les installations soumises à déclaration devront être contrôlées à partir du 1er janvier 2007.

Conclusions

Le risque lié à la prolifération des légionelles concerne toutes les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air qu'elles soient associées à une machine frigorifique ou bien qu'elles entrent en jeu dans des procédés industriels.

Néanmoins, ces technologies présentent des avantages indiscutables du point de vue énergétique.

C'est pourquoi la gestion du risque de prolifération des légionelles est indispensable et passe par la mise en place d'un mode d'exploitation et de surveillance efficaces pour réduire le risque.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD-février 2005



GUIDE DE FORMATION

Guide de formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Réalisé par Climespace - Michèle Merchat

Ce guide a été réalisé pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable



Module 2

Maîtrise de la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Partie 1: Les pathologies des réseaux

Partie 2: Facteurs de risque de prolifération et moyens de lutte

Partie 3: Identification et gestion des facteurs de risques

Partie 4: Surveillance & méthodes d'analyses



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le module 2 présente différentes " pathologies " d'un circuit d'eau.

Il présente différents moyens de lutte (la liste n'est pas exhaustive), les conditions de mise en œuvre qui garantissent leur efficacité et les stratégies préventives à appliquer.

Partie 1

Pathologies des réseaux

Dépôts incrustants

Dépôts non incrustants

Dégradation/corrosion

Biofilm



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Quelques constituants de l'eau

ELEMENTS	NATURE DES ELEMENTS			
Matières en suspension (M.E.S.)	Sables, argiles, boues, matières organiques & colloïdales			
Matières organiques en solution ou colloïdales	Tourbe, déchets végétaux, acides organiques, déchets métaboliques,			
Sels dissous	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <u>Cations :</u> Calcium Ca²⁺ Magnésium Mg²⁺ Sodium Na⁺ Potassium K⁺ etc... </td> <td style="width: 5%; border-left: 1px dotted black;"></td> <td style="width: 45%; vertical-align: top;"> <u>Anions :</u> Bicarbonates HCO₃⁻ Chlorures Cl⁻ Sulfates SO₄²⁻ Nitrates NO₃⁻ etc... </td> </tr> </table>	<u>Cations :</u> Calcium Ca ²⁺ Magnésium Mg ²⁺ Sodium Na ⁺ Potassium K ⁺ etc...		<u>Anions :</u> Bicarbonates HCO ₃ ⁻ Chlorures Cl ⁻ Sulfates SO ₄ ²⁻ Nitrates NO ₃ ⁻ etc...
<u>Cations :</u> Calcium Ca ²⁺ Magnésium Mg ²⁺ Sodium Na ⁺ Potassium K ⁺ etc...		<u>Anions :</u> Bicarbonates HCO ₃ ⁻ Chlorures Cl ⁻ Sulfates SO ₄ ²⁻ Nitrates NO ₃ ⁻ etc...		
Micro-organismes	Algues, bactéries, protozoaires, champignons			



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Quelques éléments rencontrés dans l'eau brute :

- Les matières en suspension ou en émulsion, responsables des boues et des dépôts.
- Les matières organiques, également responsables des boues et des dépôts.
- Les sels minéraux dissous, responsables des tartres et incrustations lorsqu'ils précipitent.
- Les ions. A noter que le bilan ionique exprime les teneurs relatives en cations et anions, et que la silice SiO₂ faiblement ionisée est mesurée à part.
- Les micro-organismes, responsables du biofilm. Certains de ces micro-organismes peuvent être pathogènes.

L'eau dans l'installation

La qualité de l'eau du circuit dépend:

- des traitements chimiques
- de la gestion du bilan hydrique (purges/appoints)

Le maintien de l'état des installations et, de leur efficacité, nécessite qu'un équilibre de l'eau soit maintenu pour éviter différentes « pathologies » des réseaux :

- les dépôts incrustants
- les dépôts non incrustants
- les dégradations et la corrosion
- les dépôts biologiques ou biofilm



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Dépôts minéraux incrustants

Entartrage

Précipitation de sels (carbonates, sulfates, silicates de Calcium)
→ Formation de **dépôts solides, incrustants** et souvent **poreux**

Conditions:

- quand la température ↗
- quand la concentration en sel ↗

Paramètres principaux déterminant le caractère entartrant de l'eau:

- le pH
- le TH (calcium + magnésium)
- le TAC (teneur en bicarbonates)
- la teneur en sulfates de calcium et en silice
- la conductivité
- la température



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le pH (potentiel d'hydrogène) :

- caractérise la teneur en ions H⁺ de l'eau,
- détermine son caractère acide ($0 < \text{pH} < 7$),
- a une influence très importante sur la désinfection.

La dureté de l'eau, son TH (Titre Hydrotimétrique) :

- exprimé en degrés français (°f),
- est fonction des concentrations en ions calcium et magnésium.

L'alcalinité de l'eau, son TAC (Titre Alcalimétrique complet):

- exprimé en degrés français (°f),
- est fonction des concentrations en ions carbonates et bicarbonates,
- caractérise le pouvoir tampon de l'eau, c'est à dire la capacité d'influence d'un produit acide ou basique sur le pH de l'eau.

Plus le TAC est élevé, et plus il est difficile de faire varier le pH de l'eau.

Dépôts non incrustants

Embouage

- ❖ Dépôt de **matières en suspension** véhiculées par l'eau
- ❖ **Formation de Fer ferrique insoluble** à partir du fer dissous en présence d'oxygène.
 - ↳ au niveau des températures les plus basses du circuit



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Photographie: Climespace.

Altération de l'état des surfaces

Surfaces non métalliques : dégradation

Certains matériaux se dégradent au contact de l'eau:

✧ **Bois dans les tours**

↳ détérioration par agressions chimiques, biologiques et physiques.

✧ **Béton des bassins**

↳ dissolution du carbonate de calcium selon la qualité de l'eau

↳ augmentation du TH dans l'eau du circuit → risque d'entartrage



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Dégradation du béton:

La dégradation est due principalement au passage en solution de la Portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) du ciment hydraté. La cinétique de cette dissolution dépend de facteurs variés comme la nature du ciment utilisé, du dosage en ciment du béton, de la porosité (rapport eau/ciment au malaxage, mise en œuvre et cure...), de la "qualité" de l'eau en contact avec le béton...

Cette dégradation, outre l'altération de l'état de surface induit une élévation du TH dans l'eau avec des risques de précipitation et formation de tartre.

Dégradation du bois:

Le bois dans les tours est soumis aux détériorations chimique (teneur résiduelle en oxydant, variation de pH), biologique et physique (les composés naturels qui permettent au bois de résister à la pourriture sont très hydrosolubles).

Altération de l'état des surfaces

Surfaces métalliques: la corrosion physique

◇ Corrosion par érosion

Passage à grande vitesse d'eau chargée de matières en suspension

◇ Corrosion par cavitation

Théorème de Bernoulli : « une variation de vitesse dans une canalisation conduit à altitude constante à une variation de pression »

Les modifications locales de la pression entraînent:

→ la vaporisation localement de l'eau

→ les bulles de vapeur produites créent une onde de choc

→ le métal à proximité est arraché lorsqu'elles se recondensent.

Concerne:

→ les pompes

→ les modification trop brusques de section d'écoulement



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La corrosion par érosion se produit lors du passage à grande vitesse d'eau chargée de sédiments. Il faut donc avoir une eau véhiculée qui contienne le minimum de sédiments, et des vitesses de circulation pas trop élevées (mais pas en régime laminaire!!).

La corrosion par cavitation se produit lors de modifications locales de la pression (due à des variations de la vitesse de l'eau), qui entraîne une vaporisation de l'eau. Les bulles de vapeur ainsi produites, créent une onde de choc arrachant le métal à proximité lorsqu'elles se recondensent.

Cette liaison entre la vitesse et la pression est formalisée par le théorème de Bernoulli. La limitation de vitesse permet aussi de limiter la corrosion par cavitation.

Elle peut se produire en particulier dans les pompes (entraînant une destruction rapide des aubes), ou lors de modifications trop brusques de section d'écoulement.

Les deux phénomènes sont difficilement différenciables.

La vitesse maximale à ne pas dépasser dépend du type de matériaux, de la qualité des matériaux et de la qualité de l'eau.

Une vitesse de 2 m.s^{-1} ne devrait jamais être dépassée dans un circuit d'eau. Pour le cuivre le Centre Technique du Cuivre préconise de ne pas dépasser une vitesse de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$; le Guide Technique n°1 bis propose de limiter cette vitesse à $1,2 \text{ m.s}^{-1}$. D'autres recommandations de vitesses maximales pour le cuivre et ses alliages sont faites dans la Revue Générale du Froid, les vitesses varient en fonction de la qualité de l'eau et de celle des matériaux.

Altération de l'état des surfaces

Altération des surfaces métalliques

La corrosion électrochimique (1/2)

La corrosion électrochimique est naturelle:

→ tout métal s'oxyde naturellement car c'est son état le plus stable.

Des différences de structures locales pourront être à l'origine de phénomènes de corrosion :

- ✧ **Irrégularités des alliages:** cas des aciers
- ✧ **Irrégularités dans la structure:** modification d'usinage, après un chauffage (opérations de soudage), inclusions liées à des impuretés.
- ✧ **Dépôts liés au mode de fabrication:** calamine pour les tubes aciers, carbone originaire des huiles utilisées dans la fabrication des tubes cuivre.
- ✧ **Irrégularités liés à des nettoyages** mécaniques trop violents.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Métaux et alliages.

Les principaux métaux utilisés dans le transport des fluides sont :

- le fer et ses alliages,
- le cuivre et ses alliages,
- le zinc en tant que protection de l'acier : acier galvanisé,
- l'aluminium et ses alliages.

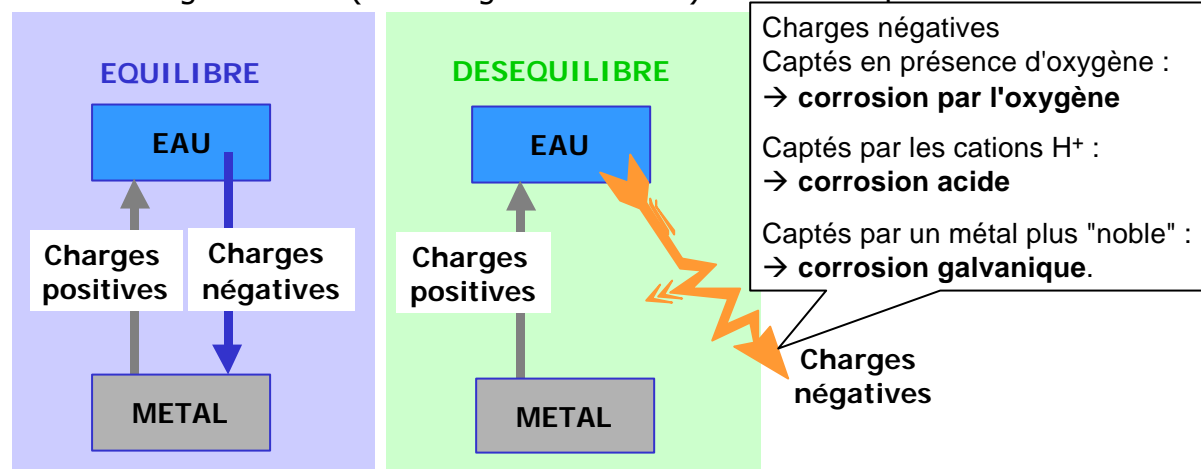
Altération de l'état des surfaces

Altération des surfaces métalliques

La corrosion électrochimique (2/2)

Dissolution du métal en présence d'eau

La vitesse de corrosion dépend du métal & de la qualité de l'eau
Elle est généralisée (sur une grande surface) ou locale et perforante



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Tout métal se dissout en présence d'une solution aqueuse. Quantitativement cette dissolution dépend du métal et de la solution. Lorsqu'un métal se trouve au contact de l'eau, les ions métalliques chargés positivement (cations) passent en solution. Le métal lui, se charge négativement en prenant les ions négatifs venant de l'eau.

Cette dissolution crée une différence de potentiel entre le métal et la solution (créée par les charges accumulées et les cations métalliques passés en solution), qui lorsqu'elle est suffisamment forte, empêche la dissolution de se poursuivre. On aboutit à un état d'équilibre entre le métal et la solution.

Une corrosion électrochimique débute à partir du moment où l'état d'équilibre est rompu. En particulier si les électrons provenant de l'ionisation du métal sont captés. Trois cas sont envisageables :

- les électrons sont captés en présence d'oxygène : corrosion par l'oxygène,
- les électrons sont captés par les cations H^+ : corrosion acide,
- les électrons sont captés par un métal plus "noble" : corrosion galvanique.

La zone de métal corrodée sera appelée anode, celle où s'établira le captage des électrons : cathode. Il est ainsi créé ce que l'on appellera une pile de corrosion.

On peut avoir sur une même pièce métallique des zones cathodiques et des zones anodiques du fait de l'hétérogénéité de la structure du métal.

Le mécanisme de corrosion comporte trois phases :

- dissolution du métal à l'anode,
- transfert des électrons libérés vers la cathode,
- réaction de cathode.

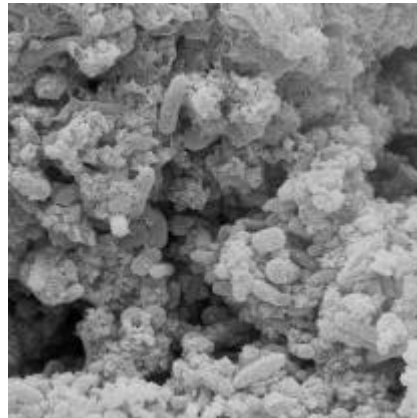
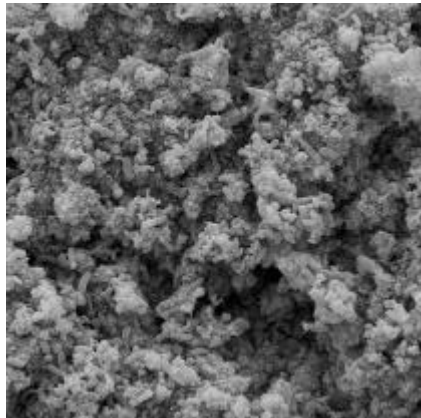
Si les surfaces anodiques sont de grandes dimensions la corrosion sera généralisée, l'épaisseur de métal dissoute sera faible, la corrosion restera superficielle. En revanche si le nombre de sites anodiques est faible, la corrosion, pour une même surface cathodique se fera en enlevant les mêmes quantités de matière.

La dissolution du métal se faisant alors sur une surface réduite, on aboutira rapidement à une corrosion perforante. La corrosion dite généralisée, sera au contraire moins dangereuse.

Encrassement biologique

Le biofilm

- ◇ Dépôt, adsorption puis adhésion des micro-organismes au support
- ◇ Piégeage de matières minérales en suspension dans l'eau recirculée
- ◇ Prolifération de micro-organismes exponentielle



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Formation du biofilm :

Les bactéries se déposent sur le support disponible et se fixent par sécrétion rapide de mucopolysaccharides :

La croissance du biofilm se fait alors en épaisseur.

Ce dépôt constitue une source de contamination permanente de l'eau :

- détachement des bactéries
- arrachement sous l'effet des forces hydrauliques (coups de bélier, marche/arrêt, usure et fragilisation du dépôt par des conditions de mise en œuvre de traitement non optimales...)

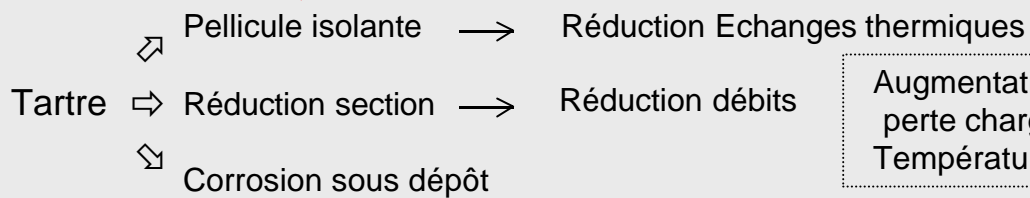
La présence de biofilm dans l'eau circulante peut expliquer certains résultats d'analyses très variables.

Photographies: Nalco.

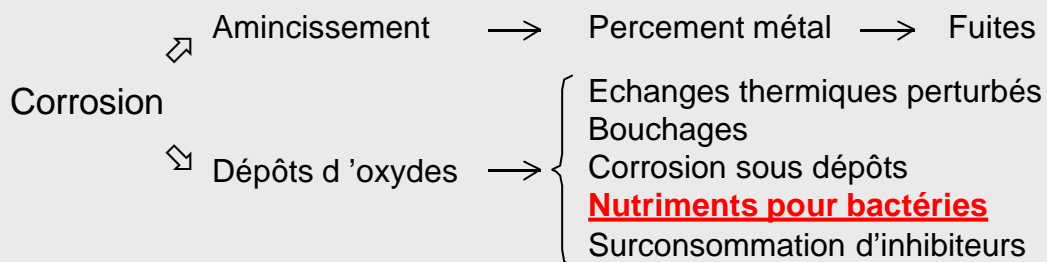
Relation

Tartre - Corrosion - Biofilm

Favorise l'adhésion du biofilm à la surface



Augmentation
perte charge
Températures



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Les dépôts de tartre dégradent les performances thermiques de l'installation. Cette dégradation peut aussi affecter le fonctionnement des ventilateurs.

La corrosion dégrade les matériaux et peut s'avérer dangereuse dans certains process, en provoquant des fissures dans les échangeurs.

Ces « pathologies » des réseaux favorisent l'attachement du biofilm aux surfaces. De plus les résidus de la corrosion sont des nutriments essentiels pour beaucoup de bactéries.

Encrassement biologique

Lutte contre la formation de biofilm

Pour réduire les risques d'encrassement biologique

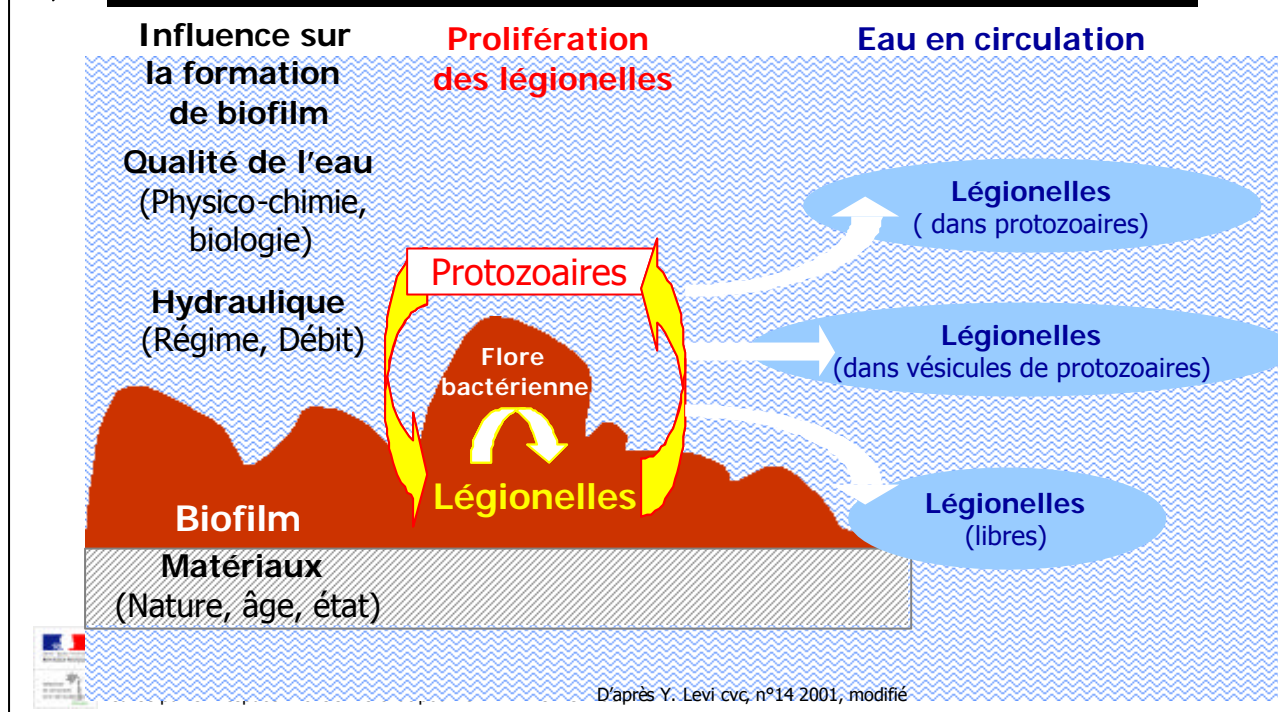
- ✧ Lutte contre les dépôts incrustants (tartre) & non incrustants (boues)
ET
- ✧ Lutte contre l'altération des matériaux (corrosion et dégradation)
ET
- ✧ Elimination des eaux stagnantes ou à vitesse faible
ET
- ✧ Nettoyage **permanent** de toutes les surfaces en contact avec l'eau
ET
- ✧ Utilisation de biocides pour désinfecter



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Rappel

Complexité de l'écosystème



L'ensemble des éléments intervenant dans la prolifération des légionelles dans les systèmes de transport ou de stockage d'eaux chaudes, la nature des matériaux ainsi que la composition physico-chimique de l'eau permettent l'apparition d'un biofilm qui sera une base nutritive pour des protozoaires. En particulier les amibes et ciliés servent de sites de multiplication des légionelles. On observe alors la présence de légionelles en libre circulation dans l'eau, d'autres intégrées dans des cellules amibiennes ou enfin incluses dans des vésicules résidus de l'éclatement des amibes.

Le biofilm se forme sur toutes les surfaces en contact avec l'eau.

Plusieurs paramètres influencent la formation du biofilm :

La qualité de l'eau :

La qualité micro-biologique : présence de protozoaires (amibes, ciliés), d'algues, de bactéries...

La qualité physico-chimique:

- teneur en matières en suspension (nutriments pour les micro-organismes, action de protection vis à vis des traitements chimiques, surconsommation des produits de traitements chimiques),
- en matière organique (nutriments pour les micro-organismes, surconsommation des produits de traitements chimiques)
- en sels minéraux (mauvais contrôle des purges de déconcentration, entartrage),
- présence de traitement d'eau dont l'efficacité dépend des conditions de mise en œuvre).

L'hydraulique :

- nulle ou faible facilite le dépôt des micro-organismes et des matières en suspension,
- lors des redémarrages, l'arrachement du biofilm est favorisé.

La qualité et l'état des matériaux:

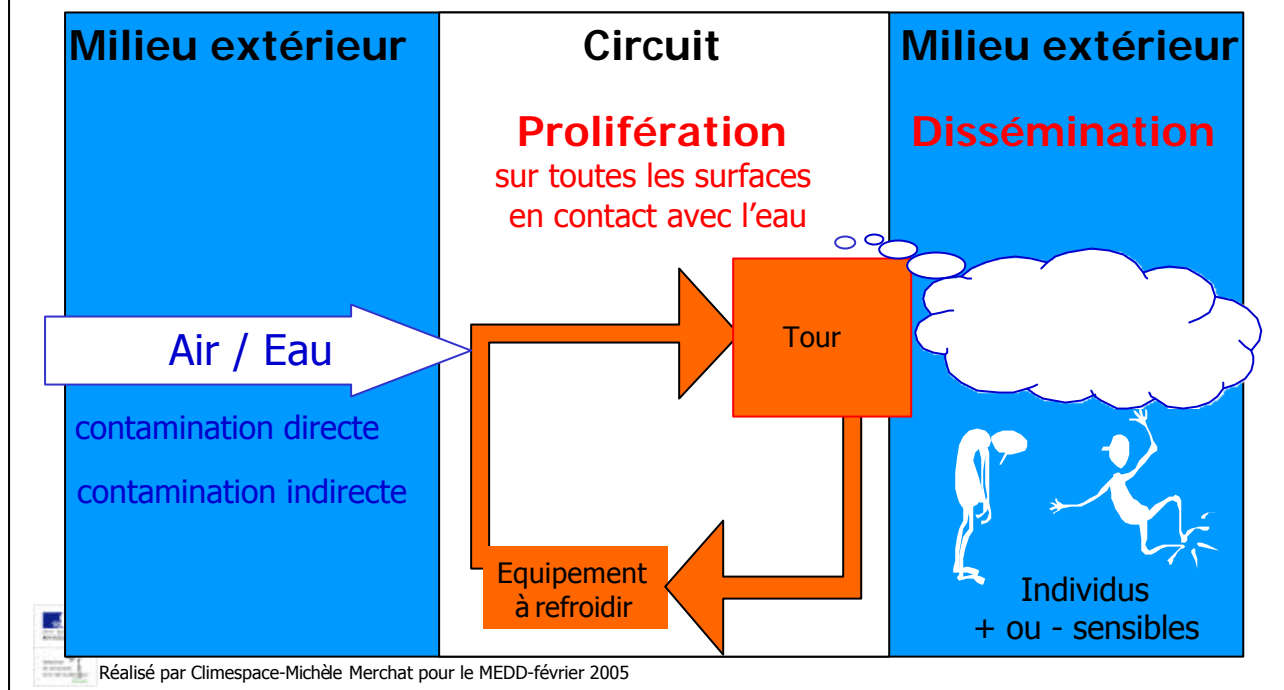
Certains matériaux favorisent l'attachement du biofilm (Polyéthylène, polypropylène, polybutylène, polychlorure de vinyle sur chloré...), néanmoins l'évaluation des matériaux en fonction de ce paramètre n'a pas encore été réalisée. L'état de surface des matériaux peut favoriser la formation du biofilm (aspérités, surfaces poreuses). Ainsi, les dépôts de tartre et la corrosion altérant l'état de surface favorisent l'attachement des micro-organismes au support. De plus les résidus de corrosion sont des nutriments pour les légionelles.

Schéma: d'après Y. Levi.

Installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Rappel

Localisation des risques



La contamination de l'installation à partir du milieu extérieur est possible via l'air à l'aspiration des tours ou via l'eau d'appoint.

- La contamination est directe : apport de légionelles,
- La contamination est indirecte : apport de nutriments ou autres micro-organismes.

Les légionelles prolifèrent sur l'ensemble des surfaces de l'installation qui sont en contact avec l'eau.

Elles sont disséminées dans l'environnement via les aérosols (entraînement direct de l'eau du circuit) à la sortie des tours de refroidissement.

Dans l'environnement des tours, les individus peuvent être contaminés par **inhalation** des gouttes. Les conséquences sanitaires dépendent de la relation dose/effet/temps d'exposition et de la sensibilité de l'individu.

Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

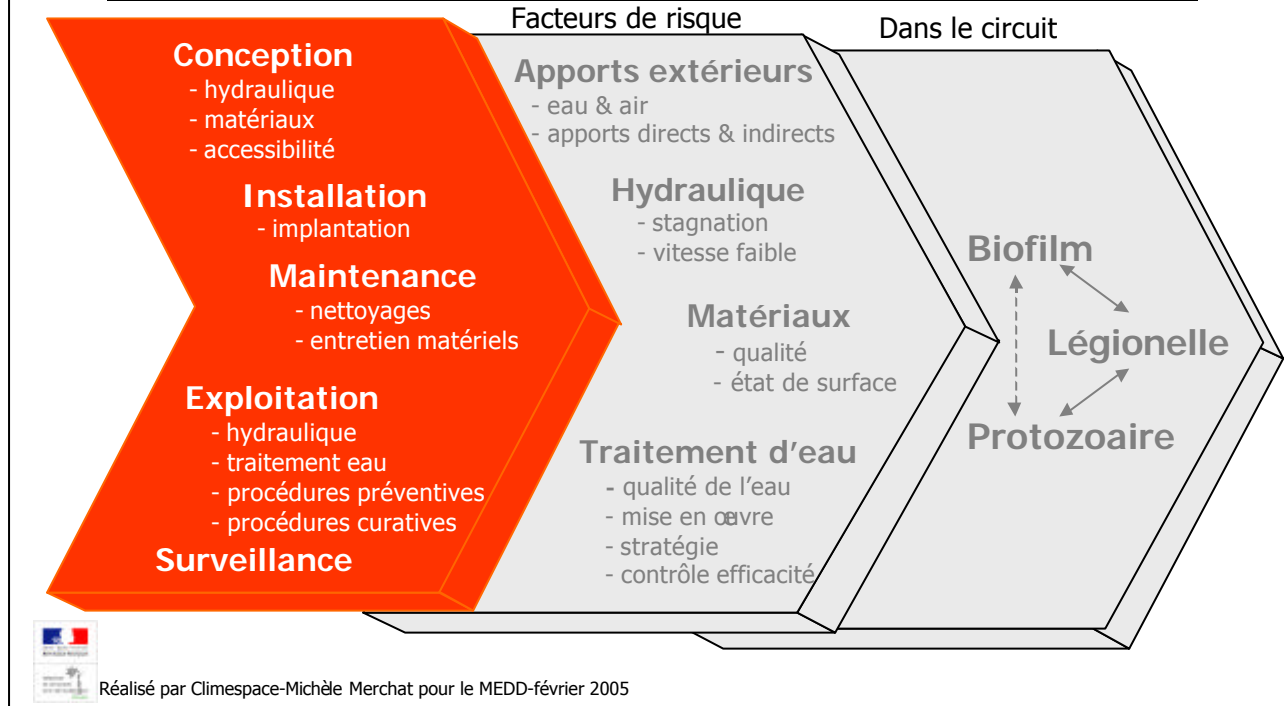
Les domaines d'action

L'eau dans le circuit
Stratégie de traitement
Lutte contre les « pathologies »



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Les domaines d'action



La zone rouge identifie les actions sur site pour maîtriser les paramètres ayant une incidence sur la formation du biofilm.

Conception:

Eviter tous les défauts de conception conduisant à un facteur de risque lié à l'hydraulique.

(bras morts, circulation de l'eau en régime turbulent dans l'installation, présence de matériaux qui favorisent l'attachement du biofilm, accessibilité de la tour pour les inspections visuelles et les nettoyages).

Des travaux de modification sont planifiés, et en attendant ou si les modifications sont impossibles, le risque sera géré en exploitation par la mise en œuvre de procédures préventives.

Installation des tours:

Outre, les obligations réglementaires concernant la présence d'ouvrants dans l'environnement des tours, l'implantation peut affecter le bon fonctionnement du système et favoriser le développements microbiologiques au dessus de la tour (et donc une contamination de l'eau dans l'installation).

Maintenance

Certaines interventions pour assurer la maintenance de l'installation génèrent un facteur de risque (les nettoyages mécaniques). Les inspections visuelles (dépôts, état des surfaces...), l'entretien des instruments de mesure (sondes, capteurs...) sont importantes dans la gestion du risque de prolifération.

Exploitation

L'exploitant d'une installation doit dans son mode de gestion, éviter de favoriser des facteurs de risques.

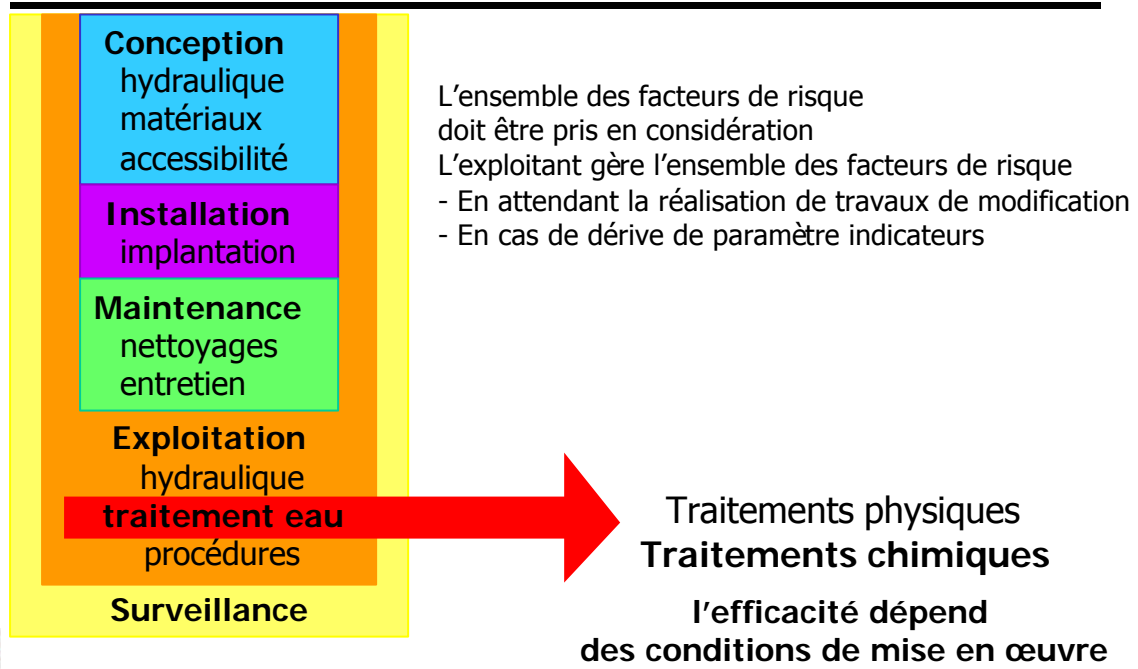
Gestion de l'hydraulique: période de marche/arrêt avec formation de bras morts temporaire, risque d'arrachement du biofilm présents dans une installation au moment des remises en services).

Gestion du traitement de l'eau: le traitement de l'eau quel qu'il soit est efficace si les conditions de mise en œuvre sont adaptées.

Pour chaque facteur de risque identifié, des travaux de modification sont planifiés et en attendant (où si les modifications ne sont pas techniquement possibles), des actions préventives sont mises en œuvre.

L'exploitant met en œuvre les mesures préventives et correctives préalablement déterminées lorsque un facteur de risque est identifié.

Moyens de lutte



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

Les domaines d'action

L'eau dans le circuit

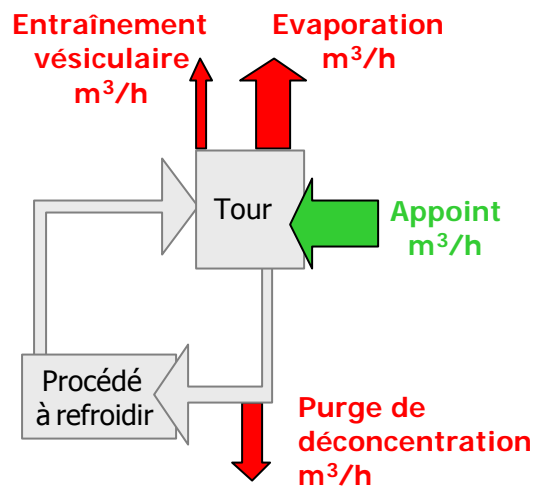
Stratégie de traitement

Lutte contre les « pathologies »



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

L'eau dans l'installation de refroidissement



Sorties d'eau

- Evaporation
- Purge de déconcentration
- Entraînement vésiculaire
- Fuites

Entrée d'eau

- Appoint

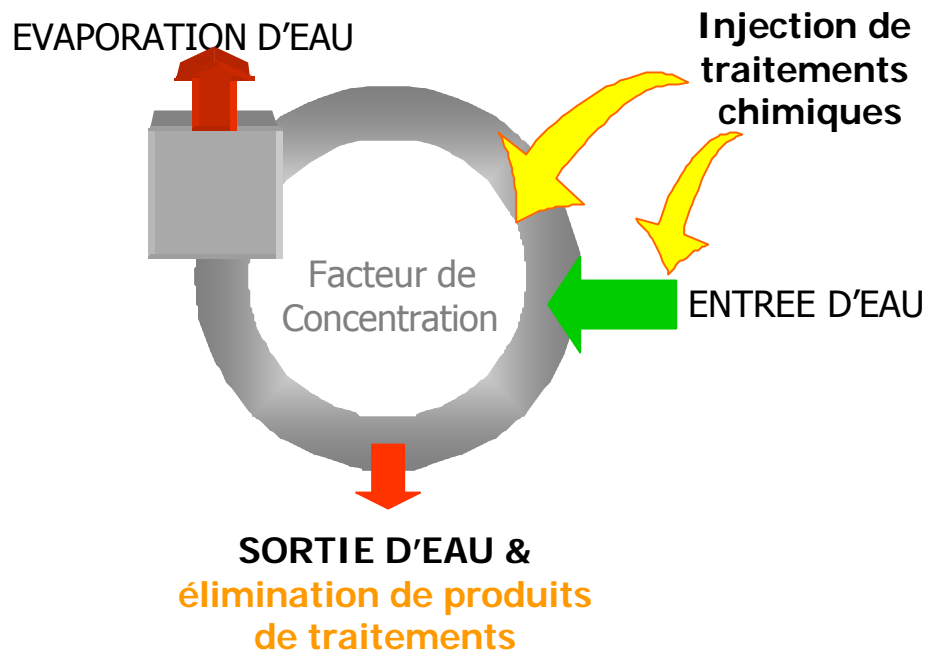
Facteur de concentration

$$F_c = \frac{\text{salinité circuit}}{\text{salinité appoint}}$$



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Bilan hydrique et traitements chimiques



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le temps de demi séjour de l'eau

Temps de demi-séjour « T_{1/2} »

Temps pour renouveler la moitié du volume d'eau de l'installation

A T_{1/2}: la concentration C₀ du produit injecté au temps t₀ est réduite de 1/2

$$\rightarrow T_{1/2} \text{ (en heures)} = 0,7 \times \frac{V}{P}$$

Avec:

V = volume du circuit en m³

P = débit des purges de déconcentration en m³/h



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

Les domaines d'action

L'eau dans le circuit

Stratégie de traitement

Lutte contre les « pathologies »



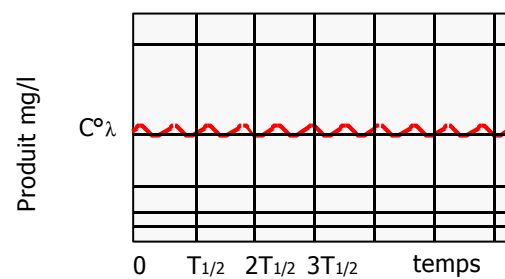
Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Traitement en permanence

Injection de produit en continu

Maintien d'une concentration résiduelle dans le circuit

- **Avec asservissement:**
 - sur le volume d'entrée d'eau (appoint)
OU
 - sur la mesure d'une concentration résiduelle
- **Sans asservissement:**
 - nécessite des analyses de terrain très régulièrement



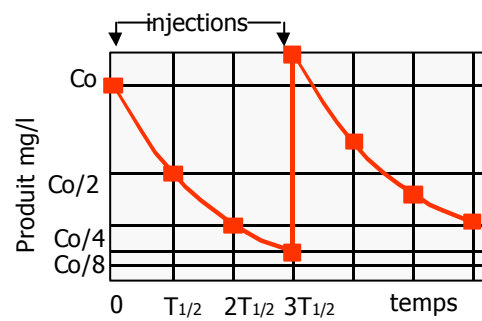
Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Traitement en permanence

Injection de produit en discontinu

Maintien d'une concentration résiduelle dans le circuit

- Basée sur le $T_{1/2}$ séjour
- Contrôles des volumes en entrée et en sortie indispensables
 - en cas de fuites: diminution du temps de séjour
 - ⇒ adaptation indispensable de la fréquence d'injection



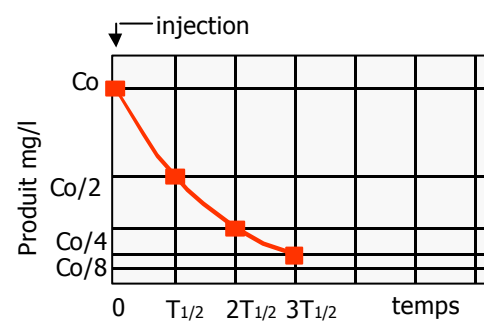
Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Traitement ponctuel

Injection de produit en choc

Injection d'une concentration définie en une seule fois

- Vitesse d'injection du produit rapide
- Arrêt des purges de déconcentration
 - ↳ pendant l'injection
 - ↳ pendant le temps nécessaire à la molécule pour agir



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Protection des réseaux

Le choix des produits de traitement est fonction:

- ✧ De la qualité de l'eau
- ✧ De la taille de l'installation
- ✧ De l'espace disponible
- ✧ Du mode de gestion

L'efficacité des traitements est affectée par:

- ✧ Les modifications brutales de la qualité d'eau d'appoint
- ✧ Les modifications de la qualité de l'air dans l'environnement des tours
- ✧ Le dysfonctionnement des systèmes de filtration
- ✧ Des incompatibilités entre produits (notamment avec des biocides non oxydants)
- ✧ L'absence d'asservissement et le manque de suivi



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

Les domaines d'action
L'eau dans le circuit
Stratégie de traitement

Lutte contre les « pathologies »



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Lutte contre l'entartrage

Différentes solutions

1- Eviter l'entartrage (préventif)

- ✧ Se placer à l'équilibre calco-carbonique
- ✧ Réglage du pH, du TH et du TAC dans les zones favorables de non précipitation

2- Dissoudre le tartre (curatif)

- ✧ Par utilisation de produits chimiques inhibiteurs
- ✧ Par mise en suspension du calcaire
 - Mise en suspension pendant l'utilisation de l'appareil, mais lors de l'arrêt de l'appareil le calcaire restant dans les circuits se redépose
- ✧ Par une cartouche de polyphosphates

3- Eliminer les carbonates

- ✧ Par un adoucisseur placé sur l'eau d'appoint
- ✧ Par un détartrage effectué lors d'un arrêt (maintenance)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Attention toute détection de TH à la sortie d'un adoucisseur présente un risque immédiat.

La précipitation des sels minéraux est rapide.

C'est pour cela qu'un détartrage annuel au minimum est conseillé, car le maintien d'un TH nul est un objectif rarement atteint.

Lutte contre la corrosion

Différentes solutions

1- Lutter contre la formation de dépôts (embouage, tartre, biofilm)

- ✧ Qualité de l'eau d'appoint
- ✧ Filtration dérivée sur le circuit

2- Traiter chimiquement

- ✧ Inhibiteurs de corrosion
 - Injectés en permanence
 - Asservissement au volume d'appoint

3- Traiter physiquement

- ✧ Peu ou pas de publications scientifiques ou de retour d'expérience



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Lutte contre l'embouage

Des solutions

1- Maintenir en suspension des éléments non dissous

- ✧ Éléments minéraux: dispersant
- ✧ Éléments biologiques: biodispersant ou biodétergent
L'injection doit être permanente (continue ou discontinue)

2- Eliminer les matières en suspension

- ✧ Filtration (eau d'appoint et eau du circuit)
En continue sur une partie du débit de recirculation.
- ✧ Les purges de déconcentration (continue ou discontinue)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Lutte contre le biofilm

Nettoyage mécanique

Surfaces accessibles (Tours, certains condenseurs...)

⇒ **Utilisation de jets à moyenne ou haute pression**

● dispersion d'aérosols dans l'environnement

Surfaces non accessibles (Certains échangeurs & canalisations...)

⇒ **Circulation d'eau à contre courant (vitesse \approx 1m/s)**

avec

des turbulences créées par soufflage d'air ou d'azote pour éviter la circulation de l'eau selon des circuits préférentiels

Cas particulier des dépôts de tartre

Le nettoyage est chimique mais s'effectue sur une tour à l'arrêt



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Lutte contre le biofilm

Nettoyage chimique

Nettoyage de toutes les surfaces en contact avec l'eau

Installation en fonctionnement

✧ **Nettoyage chimique:**

Seuls les **détergents alcalins** sont efficaces pour lutter contre le **biofilm**

↳ Biodispersants ou biodétergents

Les **produits acides** agissent sur le **tartre**.

✧ **Nettoyage selon d'autres procédés:**

Peu de données scientifiques publiées et peu de retour d'expérience



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le nettoyage chimique doit concerner toutes les surfaces en contact avec l'eau. Son efficacité est dépendante des conditions de mise en œuvre.

Lutte contre la contamination de l'eau

La désinfection

Utilisation de biocides

1- Les biocides oxydants

- ◇ Spectre d'action large
- ◇ Deux fonctions
 - Action oxydante: destruction de la matière organique
 - Action biocide: désinfection de l'eau circulante

Exemples: Chlore, Brome, Bromochlorodiméthylhydantoïne (BCDMH) ...

2- Les biocides non oxydants

- ◇ Spectre d'action réduit
- ◇ Molécules de synthèse

Exemples: DiBromoNitriloPropionAmide (DBNPA), Isothiazolones, Glutaraldéhyde, Ammonium quaternaire, etrakishhydroxyméthylphosphonium sulfate (THPS)...



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Mode d'action des biocides vis à vis des micro-organismes

1- Les biocides oxydants

Ils détruisent les micro-organismes par oxydation chimique en pénétrant la paroi cellulaire et en perturbant leur métabolisme.

Leur activité n'est pas sélective et dépend du pH de l'eau.

2- Les biocides non oxydants

Pas relation simple entre la structure chimique d'un biocide et son mode d'action

Mais

Différents types d'actions sont identifiés

Dont une action possible sur le matériel génétique (ADN)

Leur activité est sélective.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Mécanismes d'action des biocides oxydants :

Les mécanismes d'action des agents biocides oxydants ne sont pas spécifiques aux concentrations utilisées: ils agissent globalement sur les différentes structures cellulaires par des mécanismes physico-chimiques. Ils altèrent puis détruisent la membrane cytoplasmique, dénaturent les protéines structurales ou enzymatiques ainsi que les acides nucléiques, inhibent les enzymes...

Mécanismes d'action des biocides non oxydants:

Les mécanismes d'action des agents biocides non oxydants ne sont pas encore clairement identifiés. Ils varient d'un composé à l'autre.

Ils peuvent détruire les structures cellulaires mais aussi interférer avec le matériel génétique.

⚠ Attention

L'activité des biocides non oxydants est dite indépendante du pH de l'eau. En réalité, la qualité physico-chimique de l'eau affecte la durée de vie de la molécule et donc de façon indirecte son efficacité désinfectante.

Biocide oxydant

Les biocides oxydants réagissent avec les éléments contenus dans l'eau du circuit.

- ✧ Les matières minérales
- ✧ Les matières organiques
- ✧ Certains inhibiteurs d'entartrage ou de corrosion
- ✧ Certains biocides non oxydants (comme le DBNPA* ou le Glutéraldéhyde)

La destruction de micro-organismes n'est possible que:

- ✧ **Si la quantité d'oxydant disponible est supérieure à la quantité consommée par les matières organiques et autres composés oxydables apportés par l'eau.**
- ✧ **Si le pH de l'eau est adapté au type d'oxydant**

* DiBromoNitriloPropionAmide

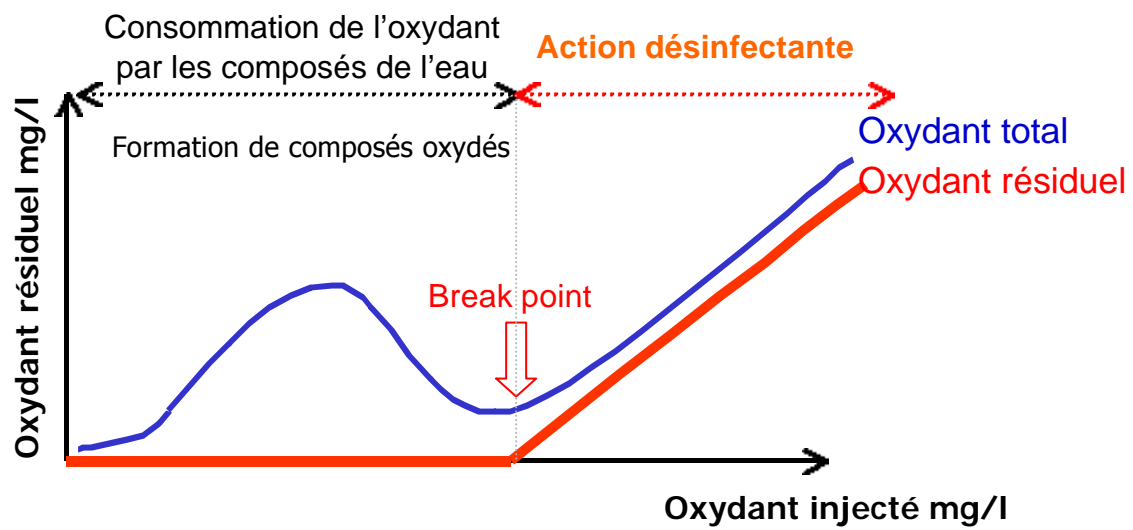


Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Les biocides oxydants détruisent la matière organique, élément nutritif des algues et des bactéries.
La consommation d'oxydant par la matière organique peut être très importante.

Biocides oxydants

Réaction avec les composés de l'eau



$$\text{Oxydant résiduel} = \text{Oxydant injecté} - \text{Oxydant total}$$



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

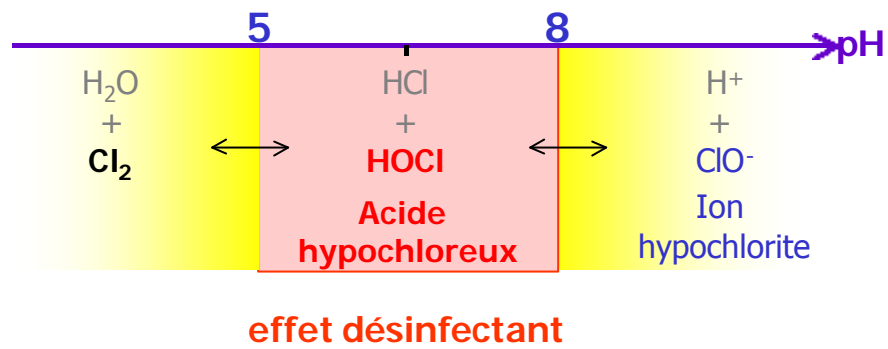
Effacité des biocides oxydants

Influence du pH

Exemple du chlore (eau de javel)

Dissociation du chlore dans l'eau en fonction du pH

- › Formation de sous produits
- › Action biocide = acide hypochloreux

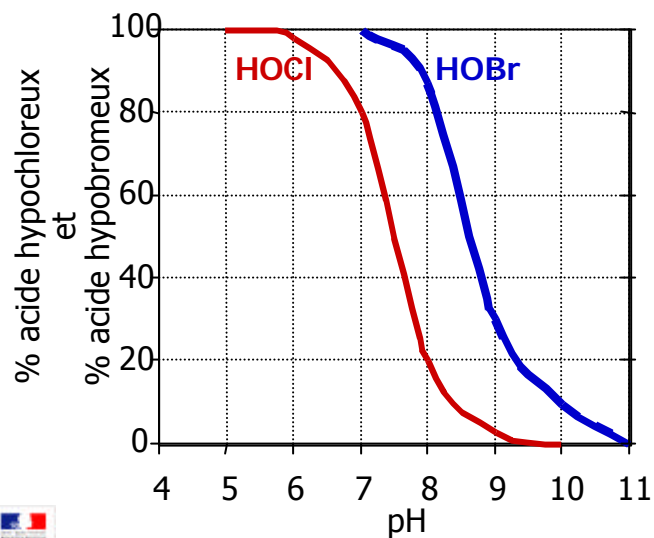


Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Effacité des biocides oxydants Différence entre le Chlore et le Brome

Effet biocide du **chlore** : $5 < \text{pH} < 8$

Effet biocide du **brome** : $6 < \text{pH} < 10$



Le pH de l'eau des circuits de refroidissement est généralement > 8
La Javel n'est pas efficace.

La Javel peut être utilisée:

- lors des arrêts de l'installation au moment du remplissage si le pH de l'eau est adapté.
- pour la désinfection locale des éléments internes de la tour de refroidissement



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le pH de l'eau dans les tours de refroidissement (en France) est généralement supérieur à 8,5

La Javel n'est pas un biocide efficace dans ce cas. En revanche son utilisation est possible lors des opérations de nettoyage et désinfection (si le pH de l'eau est adapté) ou lors de la désinfection des éléments de la tour.

La Javel lorsqu'elle est utilisée dans des conditions adaptées reste un des moyens de désinfection le moins onéreux.

Biocides non oxydants

Molécules de synthèse de stabilité variable

La décomposition de la molécule active en sous produits (rarement efficaces vis à vis de la désinfection) dépend de plusieurs facteurs notamment:

- du pH
- de la température
- de la présence de biocides oxydants

Ces molécules génèrent la formation de produits indésirables dans les rejets lors des purges de déconcentration.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le TH et le facteur de concentration affectent aussi l'efficacité de certains biocides non oxydants.

Effacité des biocides non oxydants

Concentration x temps de contact

L'activité désinfectante du biocide non oxydant est fonction

- ✧ de la **concentration (C)** et
- ✧ du **temps de contact (t)** entre la molécule et le micro-organisme

→ **C (mg/litre) x t (min.) = C.t en mg.min./l**

La notion de "C.t" permet de comparer l'efficacité de plusieurs biocides pour des conditions expérimentales définies:

- ✧ pH
- ✧ Température
- ✧ Qualité de l'eau (TH, MES, facteur de concentration, teneur en bactéries...)
- ✧ Type de micro-organisme (légalionelle, protozoaire, ...)

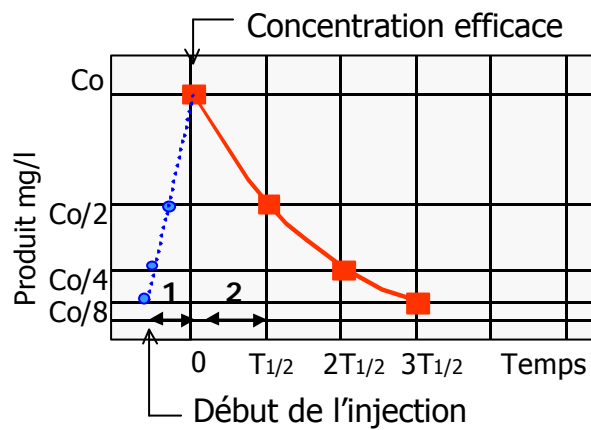


Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

L'efficacité du biocide non oxydant dépend du temps de contact entre une concentration déterminée et le micro-organisme. Tous les paramètres qui favorisent la dégradation de la molécule vont donc réduire la concentration du biocide présente dans le circuit et de ce fait affecter l'efficacité de la désinfection.

Effacité des biocides non oxydants

Vitesse d'injection



Temps nécessaire à l'injection du biocide : zone 1
→ le plus court possible

Action désinfectante: zone 2
→ la durée de désinfection dépend du **temps pendant lequel la concentration efficace est dans le circuit** (fonction de la vitesse de dégradation de la molécule)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La concentration injectée est déterminée par rapport au temps de renouvellement de l'eau dans l'installation, en admettant que:

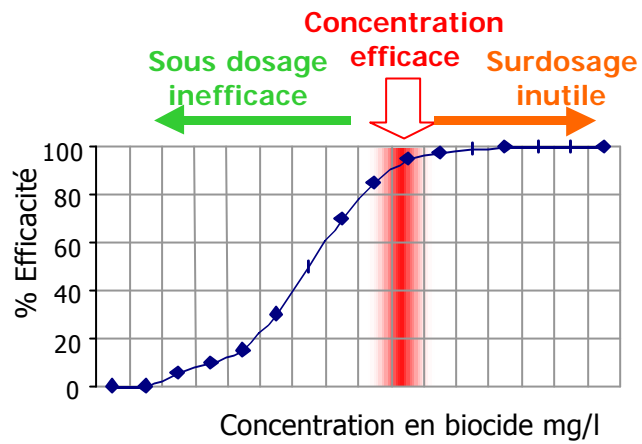
- La molécule n'est pas volatile,
- La molécule est stable,
- La molécule n'est pas consommée par les composants de l'eau.

Ce qui n'est pas vrai en pratique car la molécule n'est pas stable. Une fois dans l'eau la vitesse de dégradation dépend des propriétés physico-chimiques de l'eau.

Il est inutile d'augmenter la dose de biocide non oxydant injecté, mais l'injection doit permettre au biocide d'être efficace.

Effacité des biocides non oxydants

Concentration efficace



La concentration efficace est déterminée par une personne compétente dans le traitement de l'eau.

Cette concentration dépend de la molécule choisie.

Elle est déterminée en laboratoire pour des conditions de pH et température.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Biocides non oxydants

Stratégie de traitement

Comment ?

✧ En injection choc

- La concentration est déterminée en fonction du volume du circuit.
- La vitesse d'injection doit être rapide (généralement < 30 min.)
- La réalisation de deux injections chocs rapprochées dans le temps est plus efficace, pour retrouver la maîtrise du circuit.
- Privilégier dans la mesure du possible l'alternance de deux biocides, pour limiter le risque de sélection de souches de légionelles résistantes.

✧ L'efficacité n'est pas dose dépendante

- Inutile d'augmenter la concentration injectée.
- Respecter l'environnement.

☛ risques de corrosion

→ le moins souvent possible ...



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le choix des biocides est souvent un compromis entre:

- son efficacité vis à vis des légionelles,
- le respect de l'environnement (rejets de purges de déconcentration),
- le respect des installations : la maîtrise des risques de corrosion, les interférences entre les produits biocides et le fonctionnement de l'installation en toute sécurité (exemple : augmentation de la DCO induite par l'utilisation de biocides non oxydants sur un circuit où ce paramètre est un moyen de détecter les fuites process).

Attention, certains biocides non oxydants sont très corrosifs vis à vis de certains matériaux comme le cuivre.

Biocides oxydants

Stratégie de traitement

Comment ?

✧ En injection continue (préventif)

L'efficacité dépend de la concentration résiduelle d'oxydant dans le circuit.

→ asservissement de l'injection à la mesure d'oxydant résiduel en continu

✧ En injection choc (curatif)

- Maintien d'une concentration résiduelle d'oxydant pendant un nombre d'heures déterminé.

- La réalisation de deux injections chocs rapprochées dans le temps est plus efficace, pour retrouver la maîtrise du circuit.

●⚠ risques de corrosion



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La valeur cible en biocide oxydant dépend de la qualité de l'eau d'appoint.

Généralement, les concentrations en oxydant résiduel sont de l'ordre de:

- 0,2 à 0,5 mg/l en traitement continu préventif,

- 5 mg/l pendant 5 heures en traitement de choc sur un circuit en fonctionnement normal.

●⚠ Attention: la javel n'est pas efficace (même en choc) sur une eau ayant un pH >8.

Traitements chimiques

Inconvénients

- » **Impact sur la qualité des rejets dans l'environnement via les purges de déconcentration**
- » **Risque de corrosion sur l'installation**
 - ✧ Respecter les concentrations définies
 - ✧ Contrôler la vitesse de corrosion des matériaux (coupons, sondes)
 - ✧ Contrôler la qualité des rejets (réglementation)
- » **Risque de sélectionner des souches de légionelles résistantes**
 - ✧ Favoriser le nettoyage permanent des installations
 - ✧ Ne pas utiliser les biocides non oxydants de façon systématique
 - ✧ Garantir l'efficacité des traitements biocides



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Nettoyage & Désinfection

Méthodes physiques

Outre la filtration d'une partie de l'eau du circuit, différents systèmes sont proposés:

- Ultra violets
- Ultra sons
- Electro-Magnétisme
- ...

Avantage

- ✧ Pas d'impact sur l'environnement

Inconvénients

- ✧ Manque de données scientifiques et de retour d'expérience
- ✧ Pas d'action rémanente dans l'eau



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Un système de filtration placé en dérivation sur le circuit permet d'éliminer une partie des matières en suspension (filtration minimale recommandée d'environ 10 à 15% du débit de recirculation).

Partie 3

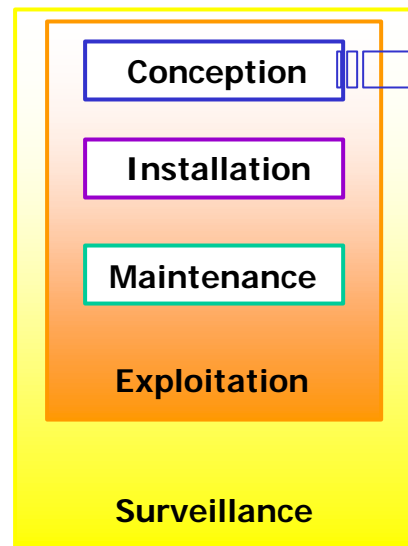
Identification & Gestion des facteurs de risques

Identification des facteurs de risques
Gestion des facteurs de risque



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Examen de la conception



Hydraulique
Matériaux
Accessibilité

Implantation
Nettoyages
Entretien
Hydraulique
Traitement eau
Procédures



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Conception

Facteur de risque lié à l'hydraulique

Stagnation d'eau

- ✧ Pied de colonne
- ✧ Canalisation (canalisation devenue inutile, alimentation des pompes de secours, canalisation desservant des groupes électrogènes utilisés ponctuellement...)
- ✧ Bypass

Ecoulements laminaires

- ✧ Sur-dimensionnement des canalisations



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le passage de l'écoulement laminaire à turbulent se fait pour un nombre de Reynolds égal à 2400

avec $Re = 4Q/\pi \cdot d \cdot \nu$

· Q=débit en m³/h

· $\pi=3,14159$

· d=diamètre du tube en m

· ν =viscosité de l'eau (0,01 cm².s)

Conception

Facteur de risque lié aux matériaux

Qualité

La formation du biofilm est favorisée par certains matériaux

Etat de surface

L'altération et la dégradation de la surface des matériaux favorisent l'attachement du biofilm:

- ✧ Matériaux sensibles à la qualité de l'eau
Exemples : bois dans les tours
béton dans les bassins
laine de verre des baffles d'insonorisation
- ✧ Matériaux généralement « oubliés » et sensibles à la corrosion
Exemple: les supports des baffles d'insonorisation



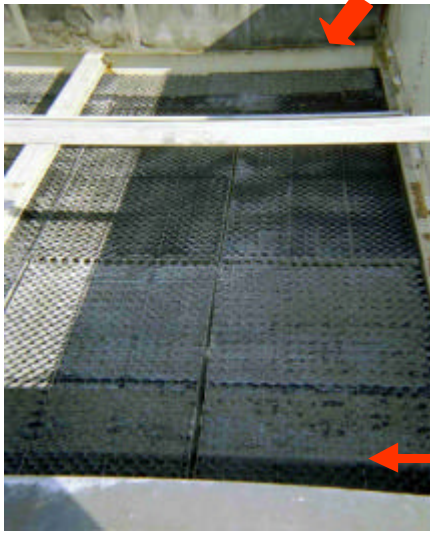
Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La formation du biofilm est favorisée par certains matériaux: le caoutchouc, le polychlorure de vinyle, le polyéthylène, le polypropylène, le polybutilène, le silicone ...

Néanmoins l'évaluation des matériaux sur la base de la formation de biofilm ou de sa prolifération n'a pas encore été réalisée.

Exemple

Les corniches de support des baffles



Seul élément en inox dans l'ensemble du circuit

→ Corniche de support des baffles d'insonorisation

Généralement négligé dans la liste qui énumère les matériaux de l'installation lors du choix des traitements d'eau.

⚠ Problème lors de l'utilisation de produits corrosifs pour ce matériau pendant les phases de nettoyages curatifs.

Pare gouttelettes



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

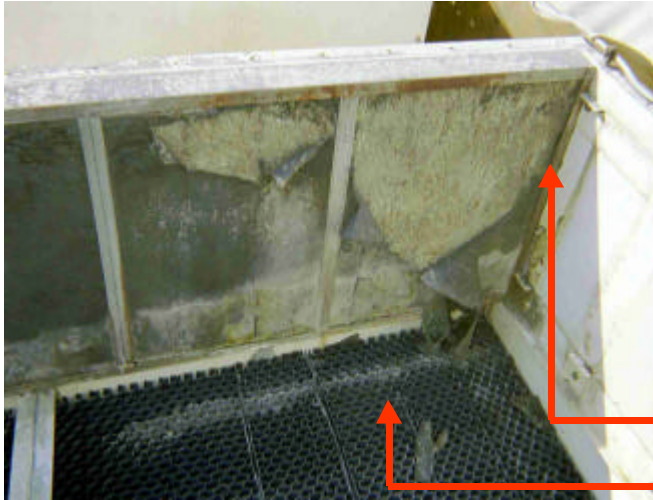
Lors du choix des produits de traitements d'eau pour la gestion du risque, mais en particulier lors du choix des traitements utilisés pour le nettoyage et la désinfection des tours à l'arrêt, il est important de notifier tous les matériaux présents.

Les corniches, supports de baffles d'insonorisation peuvent se corroder rapidement.

Photographie: Climespace.

Exemple

Les baffles d'insonorisation



Dégradation des baffles d'insonorisation lors de nettoyages pour éliminer des algues.

Composition:
Laine de roche acoustique
surfacée
d'une toile antidébrage

Baffle

Pare gouttelettes



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Photographie: Climespace.

Conception

Facteur de risque lié à l'accessibilité

La conception actuelle des tours ne permet guère les inspections (ou ne les facilite pas)

- ✧ L'inspection visuelle est souvent difficile faute d'accès
 - Dessus de la tour
 - Éléments internes (corps d'échange, rampe de distribution d'eau, pare gouttelettes)
- ✧ Le démontage/remontage des éléments constitutifs est délicat.
- ✧ La conception du bassin ne facilite pas toujours le nettoyage mécanique.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Exemple

Accessibilité de la tour



Trappe d'accès pour inspection visuelle des parties internes de la tour
↳ **inspection difficile voire impossible**

↳ Arrivée de l'eau d'appoint

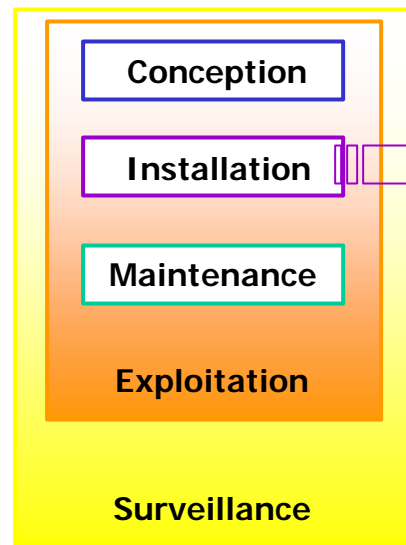
↳ Bac de la tour



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Photographie: Climespace.

Examen de l'installation du site



Hydraulique
Matériaux
Accessibilité

Implantation

Nettoyages
Entretien
Hydraulique
Traitement eau
Procédures



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Installation

Facteur de risque lié à l'implantation

Le confinement des tours favorise:

- ✧ La **mauvaise évacuation du panache** et sa **stagnation** au dessus des tours
- ✧ Le **recyclage du panache** (ré-aspiration du panache des tours)

→ **Risque de prolifération d'algues sur le dessus des tours**

La proximité d'une source potentielle de contamination de l'air présente un risque :

- ✧ Rejet de cuisine: apport de nutriments pour les micro-organismes.
- ✧ Carrière, émissions de groupes électrogènes: apport de matières en suspension et salissures.
- ✧ ...



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

L'implantation doit:

- permettre un accès facile à la tour et aux trappes de visites.
- être réalisée en tenant compte des vents dominants susceptibles d'influencer le panache à la sortie de la tour.

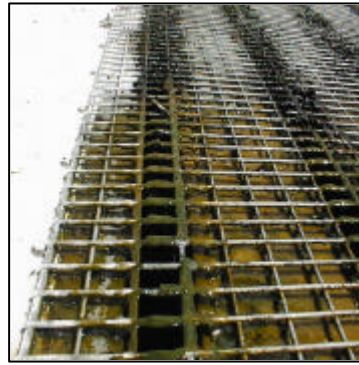
Le panache est susceptible de véhiculer des gouttelettes d'eau du circuit directement entraînées. Il ne devrait pas atteindre l'entrée d'air de la tour voisine ou les prises d'air neuf d'un bâtiment. Il est nécessaire de tenir compte de l'environnement des tours qui peut conditionner le parcours du panache (phénomènes de rabattements, déviation...).

Exemple

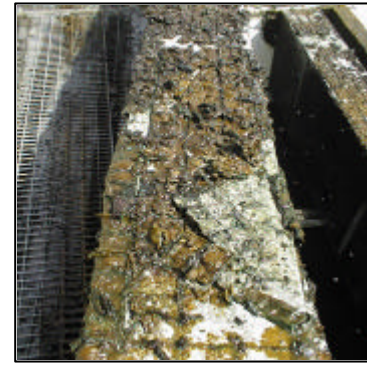
Prolifération d'algues



Avant



10 jours après



Baffle d'insonorisation

Concentration de légionelles dans les algues: $\sim 10^5$ UFC/gramme

Origine du problème

- Présence de grilles anti-volatiles
- Recyclage du panache
- Rejets de cuisine à l'aspiration des tours



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Dans cet exemple les algues se sont développées en 10 jours. Les analyses réalisées sur les algues ont révélé la présence de fortes concentrations en légionelles. Sur les 10 tours du site, seules deux étaient concernées.

Immédiatement:

Une procédure de traitement curative a été engagée :

→ arrêt des tours, nettoyage et désinfection.

Recherche de la source du problème :

Présence de **rejets de cuisine** à l'aspiration des tours

→ L'évacuation des rejets de cuisine d'une cantine qui se trouvait à l'aspiration, a été déplacée.

Des **grilles anti-volatiles** couvraient le dessus des tours: l'eau recondensait au niveau de la grille et stagnait au dessus des baffles d'insonorisation.

→ Les grilles ont été enlevées

Le **panache** des tours était **recyclé**:

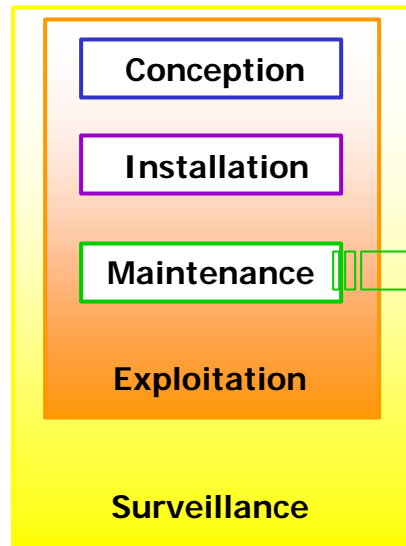
- mauvaise circulation de l'air (trop d'obstacles à l'aspiration)

- l'architecture favorisait la stagnation du panache au dessus des tours

→ Une étude de modélisation a permis de déterminer les modifications à engager sur le site pour éliminer le recyclage du panache et lui assurer une meilleure évacuation.

Photographies: Climespace.

Examen de la maintenance



Hydraulique
Matériaux
Accessibilité

Implantation

Nettoyages
Entretien

Hydraulique
Traitement eau
Procédures



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Maintenance

Facteur de risque lié au nettoyage

Le nettoyage réalisé sur l'installation (ou une partie de l'installation) à l'arrêt

- ✧ Ne concerne généralement que les **surfaces accessibles**
- ✧ Génère un **risque de projection d'aérosols contaminés**
→ Si utilisation de jets à moyenne ou haute pression
- ✧ **Ne permet pas d'éliminer 100 % du biofilm**

↪ **Risque de contamination de l'eau du circuit**
à la remise en service de la partie nettoyée



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le **nettoyage mécanique** concerne seulement les surfaces accessibles (tours, certains équipements à refroidir).

Les jets d'eau haute pression sont généralement utilisés. Il est indispensable de «protéger» l'environnement (et le personnel) car le risque de dispersion d'aérosols contaminés est important.

L'action mécanique (brosse, jet moyen haute & pression) bien que responsable de la production d'aérosols contaminés, est reconnue comme étant performante pour l'élimination du biofilm. Toutefois, la réduction par décrochement de la contamination microbienne est de l'ordre de 1 à 2 puissance de 10.

Compte tenu des populations initiales rencontrées, jusqu'à 10^7 UFC/cm², cela signifie que les contaminations après nettoyage sont, en réalité, loin d'être négligeables.

Maintenance

Facteur de risque lié à l'entretien

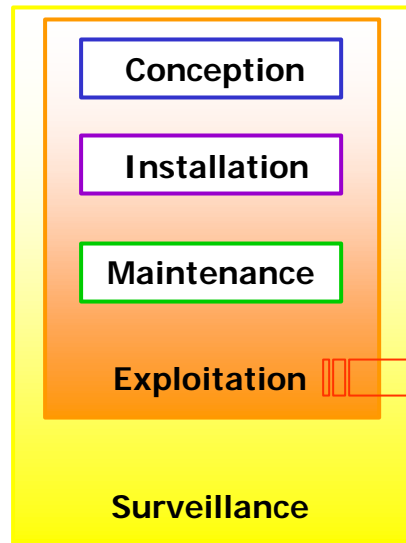
L'entretien peut impliquer l'arrêt complet ou partiel de l'installation, source:

- ✧ d'erreurs à la remise en service **du traitement d'eau** (oubli, mise en service « forcée », ...)
- ✧ de dérive des appareils de mesure (exemple: capteurs de pression) qui nécessitent un ré-étalonnage.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Examen de l'exploitation



Hydraulique
Matériaux
Accessibilité

Implantation

Nettoyages
Entretien

Hydraulique
Traitement eau
Procédures



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Exploitation

Facteur de risque lié à l'hydraulique

☛ Les problèmes hydrauliques liés à la conception sont gérés en exploitation

ET

La conduite de l'installation ne doit pas générer d'autres problèmes hydrauliques liés cette fois à l'exploitation.

Exemple:

- **Marche/Arrêt de l'installation** ou d'une partie de l'installation (une tour, une machine, un adoucisseur...)
- **Matériel de secours** (pompes) ou bypass utilisés ponctuellement
- **Appareils à l'arrêt pour entretien** : machine, adoucisseur...
- **Equilibrage d'un réseau de tours**
- **Mise en service partielle de l'installation**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La mise en service d'un nombre de tours et/ou de machines sur une installation est souvent adaptée aux besoins de production. La vitesse de circulation d'eau dans les canalisations peut de ce fait être réduite et favoriser les dépôts.

Exploitation

Facteur de risque lié au traitement d'eau

**L'efficacité des traitements chimiques dépend
des conditions de mise en œuvre**

→ Le non respect de ces conditions **est un facteur de risque**

→ Le dysfonctionnement d'appareillage **est un facteur de risque**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Exploitation

Facteur de risque lié aux procédures

Les procédures destinées au personnel exploitant, sont:

- ✧ Inexistantes
- ✧ Souvent incomplètes
- ✧ Inadaptées aux difficultés de mise en œuvre



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Bien trop souvent, les procédures sont rédigées par des personnes n'ayant que des connaissances partielles des difficultés de mise en œuvre ou bien pour qui certains détails sont parfois évidents.

Partie 3

Identification & Gestion des facteurs de risques

Identification des facteurs de risques

Gestion des facteurs de risque



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Gestion des problèmes hydrauliques liés à la conception

Planifier les travaux pour éliminer le facteur de risque lié à la conception

ET, EN ATTENDANT

OU, si travaux impossibles

Mettre en place des vannes de purges au point bas des zones stagnantes ou de faibles circulation (lorsque c'est possible)

ET

Définir une procédure préventive de gestion du risque

→ Gestion en Exploitation



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Les bras morts temporaires présentent un risque important.

Si l'élimination est impossible, ou en attendant les travaux pour modifier la conception du circuit, la procédure mise en œuvre est destinée à maîtriser le risque de prolifération et de contamination de l'eau circulante.

Eviter les problèmes hydrauliques liés à l'exploitation

● sont des zones de stagnation:

- les canalisations d'alimentation des pompes secours,
- les bypass,
- les canalisations assurant le refroidissement de procédés ou machines utilisées ponctuellement (exemple: groupes électrogènes),
- les appareils à l'arrêt temporaire (exemple : adoucisseur).

**EN ATTENDANT la réalisation des travaux planifiés
OU, si travaux impossibles**

↪ **Définir et mettre en œuvre une procédure préventive**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Exemple **Bras mort temporaire**

Arrêt d'un adoucisseur

Remise en service d'un adoucisseur à l'arrêt 1 semaine

Mise en œuvre des procédures préventives

Exemple :

- ⊕ Vidange de l'adoucisseur
- ⊕ Remise en service

ET

- ⊕ Mise en œuvre d'une procédure de désinfection en choc
- ⊕ Analyses micro-biologiques au moins 48 heures après le choc biocide.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Cette procédure sous entend qu'un nettoyage permanent est mis en œuvre.

● Le poste d'adoucissement doit :

- être protégé par un filtre en amont et des clapets anti-retour en amont et en aval.
- être équipé de deux adoucisseurs et d'un compteur à impulsions permettant l'automatisation du cycle de fonctionnement et la réalisation de régénérations automatiques.

Le contrôle du TH en sortie adoucisseur permet de s'assurer du bon fonctionnement des appareils.

En cas d'incident sur un adoucisseur, il est conseillé de basculer sur l'autre adoucisseur, de provoquer une régénération forcée et d'éviter d'utiliser le bypass (entrée d'eau d'appoint non adoucie dans l'installation).

Il est alors indispensable de prévenir la personne en charge du traitement de l'eau, qui pourra éventuellement proposer un mode de gestion provisoire.

Exemple

Bras mort temporaire

Mise en service ponctuelle d'une canalisation

Procédure 1 : basée sur la désinfection

Mise en œuvre d'un traitement biocide en injection choc lors de la mise en circulation d'eau dans la canalisation

OU

Procédure 2 : basée sur le nettoyage

Valable seulement si le traitement de nettoyage (biodispersant ou biodétergent) est injecté en continu.

Assurer la circulation de tous les volumes d'eau de l'installation en mettant en service toutes les pompes, machines et tours de l'installation.

Il est généralement impossible de faire fonctionner toutes les pompes en même temps:

→ Organiser une rotation: définir la fréquence et la durée de fonctionnement de chaque pompe.

(Exemple: chaque pompe en service 2h minimum toutes les 24 heures)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Mode de gestion 1:

La procédure 1 permet de désinfecter l'eau en circulation au moment de la mise en service du bras mort. Cette procédure est efficace si la teneur en matières en suspension dans l'eau n'est pas trop importante.

Mode de gestion 2:

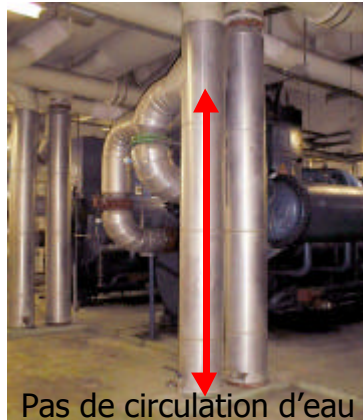
La procédure 2 prévoit la mise en circulation de tous les volumes d'eau.

La mise en service de toutes les pompes de l'installation en même temps n'est pas possible. Il est donc conseillé d'assurer une rotation des pompes qui sont mises en service.

Par exemple: chaque pompe doit être en service au minimum 2 heures par période de 24 heures.

Le mode de gestion 2 consomme davantage d'énergie pour le fonctionnement des pompes mais présente l'avantage d'utiliser moins de produits chimiques que le mode de gestion 1.

Exemple **Bras mort permanent** Pied de colonne



Eliminer le pied de colonne

OU

Prévoir une purge en points bas & vidanger régulièrement

Risque plutôt faible si pas de remise en suspension des dépôts



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Bien que les dépôts en pied de colonne soient plutôt défavorables à la légionelle, en l'absence d'oxygène), l'écologie particulière de cette bactérie (relation avec les protozoaires, organismes capables de former des kystes résistants) ne permet pas d'affirmer que le risque est nul.

Toutefois, le pied de colonne présente un risque faible tant que les éléments déposés ne sont pas remis en suspension.

Une purge placée en point bas, permet d'éliminer les dépôts formés.

Photographie: Climespace.

Exemple

Faible circulation Ecoulement laminaire

Planifier les travaux pour éliminer le facteur de risque lié à la conception

ET, EN ATTENDANT

OU, si travaux impossibles

Définir une procédure préventive de gestion du risque

→ Gestion en Exploitation

ET si arrêts annuels possibles & dans la mesure du possible

Réaliser un nettoyage mécanique de la zone

(fonction de l'accessibilité et faisabilité)

- ne pas générer un facteur de risque lié à la maintenance (nettoyage mécanique)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Si l'arrêt annuel est possible, deux cas se présentent :

- la zone identifiée est accessible (ouverture d'un échangeur par exemple) : le nettoyage mécanique est possible
- la zone identifiée n'est pas accessible (échangeur, canalisation...) : alors, dans la mesure du possible, il faut prévoir des piquages pour circuler en eau à contre courant et de préférence avec turbulences (soufflage d'air ou d'azote).

Gestion du risque lié à la conception

Qualité des matériaux

✧ Eviter l'utilisation de matériaux favorables aux dépôts en particulier dans les parties inaccessibles (sauf pour le piquage d'injection des produits chimiques)

✧ Identifier la nature de **tous** les matériaux présents dans l'installation

✧ Identifier les conditions défavorables à la tenue des matériaux

ET

✧ Adapter les matériaux et la qualité de l'eau

ET/OU

✧ Utiliser un moyen de protection (s'il existe)

ET

✧ Prévoir l'inspection de l'état de surface régulièrement (en particulier si des paramètres de qualité d'eau dérivent souvent)
Eviter les concentrations en biocide supérieures à la valeur cible



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Qualité des matériaux :

Les piquages sur lesquels sont injectés les produits chimiques sont généralement en PVC. A ce niveau, la concentration en produit toxique est telle que le risque est considéré nul.

En revanche une attention particulière peut être apportée à la rampe de corrosion en PVC (contient des coupons représentatifs des matériaux présents dans l'installation afin de déterminer la vitesse de corrosion)...

Dégradation des matériaux:

Certains matériaux comme le bois ou le béton semblent incontournables dans certains cas. Il convient de rester vigilant sur l'évolution de l'état de surface.

- Le béton des bassins présente une surface poreuse qui peut favoriser la formation de biofilm. Le risque est d'autant grand que généralement le béton est présent dans les bassins (tour ou bassin tampon). Les vitesses d'écoulement dans ces bassins sont relativement plus faibles que sur le reste des circuits.

Si l'eau est agressive, le carbonate de calcium du béton aura tendance à passer en solution ce qui aura pour effet d'accentuer la porosité et les aspérités.

- Le bois dans les tours est soumis aux détériorations chimique (teneur résiduelle en oxydant, variation de pH), biologique et physique (les composés naturels qui permettent au bois de résister à la pourriture sont très hydrosolubles).

- La plupart des biocides sont très corrosifs pour les installations.

Exemple

Qualité des matériaux



Exemple:

La rampe contenant les coupons témoins de contrôle de la vitesse de corrosion est:

- ✧ en PVC
- ✧ placée en dérivation sur l'installation (un % d'eau la traverse et retourne dans le circuit).

Sur une installation nettoyée en permanence :

→ le risque est maîtrisé.

Sur une installation nettoyée ponctuellement :

→ elle peut être un facteur de risque.

En cas de doute:

Réaliser une analyse au niveau de la rampe (eau ou dépôt)

- ↪ **Solution provisoire :** en sortie de rampe, l'eau part à l'égout
- ↪ Modifier rapidement la stratégie de traitement (nettoyage permanent)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La rampe de corrosion contient les coupons de métaux représentatifs des métaux de l'installation et contrôlés régulièrement afin d'évaluer la vitesse de corrosion.

La rampe en PVC est placée en dérivation sur l'installation. L'eau du circuit qui la traverse retourne dans le circuit.

Sur une installation nettoyée en permanence, le risque est maîtrisé.

Sur une installation nettoyée ponctuellement (donc ... imparfaitement nettoyée), le risque est présent. Si la concentration en légionelle à ce niveau est importante (analyse d'eau ou de dépôts), l'eau qui a traversé la rampe est éliminée. Elle est récupérée dans un fût, désinfectée et éliminée à l'égout.

Cette solution est provisoire :

Elle induit :

- la surconsommation de produits chimiques
- la surconsommation d'eau.

Photographie: Climespace.

Gestion du risque lié à l'installation Implantation des tours

Stagnation du panache au dessus des tours

ET/OU

Phénomènes de recyclage

ET/OU

Formation du panache visible « dans les tours »

- ↳ Etudier la possibilité de modifier l'environnement des tours (dégagement des entrées d'air, élimination d'un obstacle ...)
- ↳ Adapter la vitesse de ventilation (dans la plage définie par le constructeur) pour que le panache se forme « au dessus des tours »

Qualité de l'air à l'aspiration des tours

- ↳ Planifier les travaux pour éliminer rapidement la source du problème (exemple: modifier l'emplacement du rejet de cuisine)
- ↳ Surveiller l'environnement des tours afin d'identifier toute modification susceptible d'encrasser ou de contaminer le circuit (travaux de bâtiment, source d'aérosols contaminés, groupes électrogènes...).



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Implantation des tours

Il est recommandé:

- de veiller à ce que le panache ait une éjection verticale par rapport à la tour.
- d'éloigner les entrées et sorties d'air de la tour.
- de ne pas placer une paroi verticale plus haute que la tour à proximité de cette dernière.
- de respecter une distance minimale entre la sortie de la tour et les ouvrants les plus proches.
- de réaliser une étude des effets des vents dominants sur la dispersion du panache.

Qualité de l'air à l'aspiration des tours

Les travaux dans l'environnement des tours (bâtiments, excavation...) augmentent la concentration en matières en suspension de l'air aspiré par les tours. La tour se comporte comme un « laveur d'air ». Les matières en suspension se déposent dans le circuit et peuvent affecter l'efficacité des traitements mis en œuvre.

Gestion du risque lié à la maintenance

Nettoyage mécanique (1/3)

Objectif: éliminer les dépôts

- ❖ **Identifier les types de dépôts & adapter le mode de nettoyage**
 - Dépôts incrustants minéraux
 - Dépôts non incrustants
 - Dépôts biologiques
- ❖ **L'utilisation de produits chimiques adaptés:**
 - ↗ de l'efficacité du nettoyage mécanique
- ❖ **Coordination avec le personnel d'exploitation indispensable**

Mise en œuvre une procédure préventive de traitement biocide en choc à la remise en service de la partie nettoyée pour gérer le risque de contamination de l'eau en circulation



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Chaque type de dépôt nécessite une intervention spécifique. Un traitement chimique en complément ne peut qu'augmenter l'efficacité de l'intervention.

Gestion du risque lié à la maintenance

Nettoyage mécanique (2/3)

La fréquence d'intervention est spécifique à chaque installation

✧ **A l'occasion d'un arrêt annuel** de l'installation ou sur des parties de l'installation isolées successivement

OU

✧ **Lorsqu'un facteur de risque est identifié**

- Lorsque des paramètres de fonctionnement (puissance thermique ∇ , Δ pression π , ...) suggèrent un encrassement
- Si sur une installation en eau d'appoint adoucie, la dérive du paramètre TH est souvent constatée.
- Si certains matériaux sont présents (bois ou béton)
- Si la turbidité de l'eau du circuit varie
- Si les légionelles sont détectées de façon récurrente

✧ Favoriser l'utilisation de produits chimiques adaptés lors des opérations de nettoyages mécaniques



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La procédure technique est mise à jour par les opérateurs lors des interventions pour nettoyage, afin de gagner en précision, efficacité et temps.

Les dérives des paramètres de suivi de l'installation doivent être considérées sur une période. Par exemple, plus le % de temps pendant lequel le paramètre TH est hors de la plage cible admissible plus le risque d'entartrage est important.

Gestion du risque lié à la maintenance

Nettoyage mécanique (3/3)

Nettoyage aux jets moyennes et hautes pressions

- ✧ Protéger l'environnement de l'envol d'aérosols
- ✧ S'assurer que les bâtiments adjacents sont vides

OU

- ✧ Fermer les prises d'air pendant l'opération



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Afin de faciliter le nettoyage mécanique du bassin de la tour, la conception doit prévoir un point bas pour les opérations de vidange.

Gestion du risque lié au traitement d'eau

Efficacité du nettoyage chimique

Le nettoyage chimique n'est pas efficace:

- ✧ Lors d'une seule injection isolée
L'action chimique détache environ 90% de la contamination
- ✧ lorsque la concentration est trop faible (sous dosage)

Le nettoyage chimique est efficace s'il est injecté en permanence

- ✧ Injections continues avec asservissement au volume d'eau d'appoint
 - en absence d'asservissement: ↘ efficacité en cas de fuites d'eau
- OU**
- ✧ Injections discontinues (basées sur le temps de 1/2 séjour)
 - ↘ efficacité en cas de fuites d'eau incontrôlées
- ET**
- ✧ Utilisation **en complément des nettoyages mécaniques**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Si l'injection est discontinue (selon le calcul théorique du temps de demi-séjour) attention aux fuites d'eau incontrôlées : un sous dosage rend le produit inefficace.
Il en est de même si l'injection est continue sans asservissement.

Il n'est à ce jour pas proposé de moyen de dosage pour contrôler la concentration de biodispersant ou biodétergent résiduelle.

Exemple

Sous dosage des biocides

Cas des Biocides non oxydants

Concentration injectée insuffisante

OU

temps de contact insuffisant

- Vitesse d'injection du biocide trop lente
- Purge de déconcentration ouverte pendant le traitement
- Fuites d'eau incontrôlées (☹️ fonctionnement en eau perdue)
- Circulation des volumes d'eau insuffisant

Cas des Biocides oxydants

Concentration en résiduel insuffisante

- pas d'asservissement de l'injection à la mesure de résiduel
- variation incontrôlée de la qualité de l'eau
- interaction des produits (biocides non oxydants)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

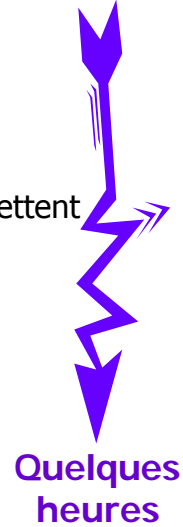
Nettoyage ponctuel : insuffisant

Que se passe-t-il lors d'une injection isolée de biodispersant ou de biodétergent ?

(= Nettoyage non permanent)

Au moment de l'injection:

- ✧ Mise en suspension des dépôts
 - ↗ de la turbidité de l'eau du circuit
 - Formation de mousses
 - Les purges de déconcentration et la filtration dérivée ne permettent pas d'éliminer les matières en suspension.
 - ↘ de l'efficacité des traitements biocides dans ces conditions
- ✧ Elimination de la partie superficielle du biofilm
Fragilisation, le biofilm est + sensible aux forces hydrauliques
- ✧ Elimination du produit de nettoyage avec les purges
- ✧ Re-formation de dépôts jusqu'à l'injection suivante
- ✧ Contamination possible de l'eau par le biofilm fragilisé



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

La formation de mousses est souvent éliminée par introduction d'antimousse dans le circuit, ce qui a pour effet d'inhiber le produit de nettoyage.

Nettoyage permanent : efficace


Circulation de tous les volumes d'eau INDISPENSABLE

Injection permanente de biodispersant ou biodétergent

Première injection

- ✧ **Mise en suspension des dépôts**
 - ↗ de la turbidité de l'eau du circuit
 - Formation de mousses
- ✧ **Fragilisation du biofilm**
 - ↗ de la concentration en bactéries dans l'eau (y compris légionelles)
- ✧ **Chute de turbidité de l'eau qui reste stable**
 - * Pas de corrélation avec la concentration en bactéries dans l'eau
- ✧ **Elimination progressive des dépôts biologiques**
 - Réduction de la formation de mousses
- ✧ **Elimination des éléments en suspension**
 - Via le renouvellement d'eau et la filtration

Circuit nettoyé: la maîtrise du risque de prolifération facilitée



**Environ
2 mois**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le nettoyage d'une installation en fonctionnement est possible par le biais des traitements de nettoyage chimique injectés en permanence.

Ils éliminent par « érosion » les dépôts présents et limitent la formation de nouveaux dépôts.

La diminution de la turbidité de l'eau n'est pas un témoin d'absence de légionelle.

La présence de bactéries dans l'eau est importante pendant environ 2 mois \pm 1 (ce temps dépend de l'encrassement du circuit, de l'hydraulique de l'installation, du respect des dosages ...)

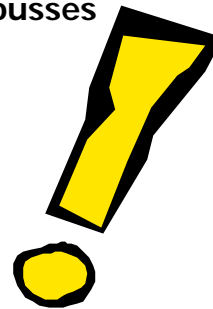
La gestion est ensuite beaucoup plus simple et exige moins de traitement biocide.

Phase de nettoyage suivi de paramètres

Turbidité de l'eau : ↗ dès la première injection
 ↘ en quelques jours

Analyses microbiologiques : ↗ dès la première injection,
 ↘ après 1 à 2 mois
 ↘ de la formation de mousses

**Cet équilibre est fragile
il faut le contrôler en permanence**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Le traitement de nettoyage doit être permanent pour lutter contre la formation de nouveaux dépôts biologiques

L'arrêt du traitement permanent entraîne la re-formation des dépôts biologiques très rapidement.

Contrôle efficacité

Turbidité de l'eau: ↗ dès la première injection,
 ↘ en quelques jours

analyses microbiologiques: ↗ dès la première injection,
 ↘ après 1 à 2 mois
 ↘ de la formation de mousses

Phase de nettoyage gestion du risque

Le risque est élevé pendant toute la durée du nettoyage

Une désinfection permanente pendant cette période est indispensable

Exemple de moyens pour réduire le risque:

✧ Réalisation du nettoyage ventilateur à l'arrêt avant le redémarrage d'une installation

OU

- ✧ Réalisation du nettoyage sur une installation en service
 - nettoyage mécanique préalable de parties de l'installation pouvant être isolées et particulièrement encrassées.
 - désinfection **soutenue et permanente**
 - ↗ de la fréquence des analyses réalisées
 - limiter si possible l'accès dans l'environnement des tours



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Il est indispensable d'adapter à la fois le mode de fonctionnement de l'installation et le traitement d'eau.

La solution identifiée doit garantir l'efficacité des traitements (respect des conditions permettant aux traitements d'être efficaces) et ne pas être nuisible au fonctionnement normal de l'installation (immobilisation de longue durée).

Formation de mousses lors du nettoyage chimique

La formation de mousses perturbe le bon fonctionnement de l'installation

- » Fractionner le volume injecté sur la journée
- Ne pas injecter d'antimousse**
(ou exceptionnellement pour des raisons de sécurité afin d'éviter l'arrêt de l'installation)



Formation de mousse dans le détecteur de niveau d'eau du bac des tours
→ Faussement interprété « niveau haut »
→ L'appoint ne compense plus les pertes d'eau



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

L'injection d'antimousses doit être réservée à une utilisation pour des raisons de sécurité puisque cette « nuisance » peut entraîner l'arrêt des installations. Mais il ne s'agit en aucun cas d'un mode normal de régulation, puisque l'efficacité du produit de nettoyage est affectée.

Photographie: Climespace.

Gestion du risque lié au traitement d'eau

Désinfection : choix du biocide

En fonction des caractéristiques du site

- ✧ **Qualité physico-chimique de l'eau**
En particulier le pH
- ✧ **Temps de 1/2 séjour**
Exemple: L'isothiazolone nécessite un temps de contact long
(minimum 4h) → (incompatible avec des temps de séjour trop courts)
 - * généralement les molécules dites à action rapide ont une durée de vie courte (attention aux injections trop lentes)
- ✧ **Des consignes d'exploitation**
Gestion des purges, traitement oxydant ...



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

L'utilisation de l'isothiazolone sur un circuit dont le renouvellement de l'eau est très rapide ne peut être efficace car le temps de contact nécessaire entre le biocide non oxydant et la légionelle dans l'eau ne serait pas respecté.

Gestion du risque lié au traitement d'eau

Interactions entre biocides

Injection d'un biocide non oxydant sur une installation traitée en continu avec un oxydant

Incompatibilité de certains biocides non oxydants avec les oxydants

Exemple : DBNPA*, Glutéraldéhyde

Dans ce cas, une procédure de traitement choc peut être :

- 1- Provoquer une purge de déconcentration
- 2- Arrêter l'injection de biocide oxydant
- 3- Injecter le biocide non oxydant
Contrôler l'absence de purge de déconcentration
- 4- Attendre le temps nécessaire à l'action du biocide
(spécifique de chaque molécule mais ~ 4 heures)
- 5- Remettre en service l'injection du biocide oxydant & la purge de déconcentration

* 2,2-dibromo-3-nitrilopropionamide



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Gestion du risque lié au traitement d'eau

Interactions entre biocides

Cas particulier

- ❖ **Pas d'asservissement** de l'injection du biocide oxydant à la mesure de résiduel dans le circuit
 - ❖ **Impossibilité de stopper l'injection du biocide oxydant** pour des raisons de sécurité propres à l'installation
- Réduire au minimum le volume de biocide oxydant injecté
Pendant la durée de traitement



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

En cas d'impossibilité d'arrêter l'injection du biocide oxydant pour des raisons de sécurité propres à l'installation :

L'important est de réduire la concentration en oxydant résiduel au minimum pendant l'action du biocide non oxydant.

Certains biocides non oxydants sont compatibles avec l'oxydant mais souvent, le choix est limité pour plusieurs raisons :

Liées au process :

L'utilisation de certains biocides génèrent une augmentation de Carbone Organique Degradable, alors que ce paramètre COD est un indicateur de fuite au niveau du process.

Liées à l'environnement :

Certains biocides génèrent des sous produits toxiques pour les rejets en lagunes d'épuration.

Gestion du risque lié aux procédures techniques

Définition des objectifs et de la méthodologie

- Fréquences d'intervention (spécifiques à chaque installation)
- Choix des produits, stockage avant l'intervention
- Séquences des interventions (description précise)
- Précautions particulières (Personnel, environnement, jet haute moyenne & pression: **risque de dissémination d'aérosols contaminés**)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Les procédures techniques doivent être adaptées et comprises par les personnes réalisant les interventions.

Elles doivent définir clairement les éléments indispensables pour garantir l'efficacité des moyens mis en œuvre (conditions de mises en œuvre, produit utilisé, séquence des actions ...). En outre, les procédures doivent identifier étape par étape comment se déroulent les différentes opérations pour respecter les paramètres clés, garantissant l'efficacité des moyens.

Lors de la mise en œuvre d'une procédure pour la première fois (procédure d'arrêt d'urgence, procédure de détartrage...) il est important que le personnel puisse contacter rapidement les personnes compétentes afin de résoudre leurs éventuelles difficultés.

Gestion du risque lié à la surveillance

Observation & suivi

Plans de l'installation

- ↪ A jour
- ↪ Représentation schématique de l'installation avec les lieux d'injection de produits, les lieux de prélèvement ...

Matériel d'injection des produits chimiques

- ↪ Tenir compte des problèmes de surpression sur le réseau
- ↪ Identifier les points d'injection et de prélèvement pour analyses

Localisation des sondes & analyseurs

- ↪ Sur canalisation où l'eau circule en permanence
- ↪ En amont des points d'injection des produits chimiques
- ↪ Environnement protégé des paramètres externes (température, soleil...)



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Localisation

Les sondes et analyseurs permettent de vérifier la maîtrise de l'installation. Ces appareils sont «plutôt sensibles» et délicats.

Appareils et lieux d'injection

Les piquages pour injections de produits chimiques sont souvent réalisés trop rapidement... et doivent être déplacés.

Les points de prélèvements sur l'installation et sur les plans (outre l'identification sur les flacons de prélèvement et sur les bulletins d'analyses) sont rarement identifiés et peuvent varier selon la personne en charge du prélèvement.

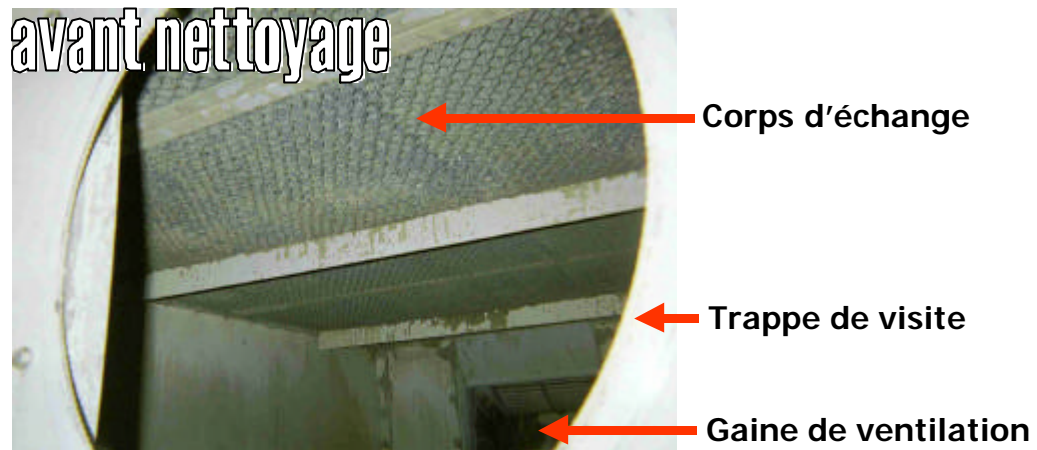
Plans

Toute modification doit être reportée sur les plans, ou tout au moins sur un schéma.

Exemple

Entartrage de la tour (1/3)

Corps d'échange vu de dessous (par la trappe de visite)
Dépôt carbonaté généralisé de 2 à 3 dixièmes de millimètres d'épaisseur



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

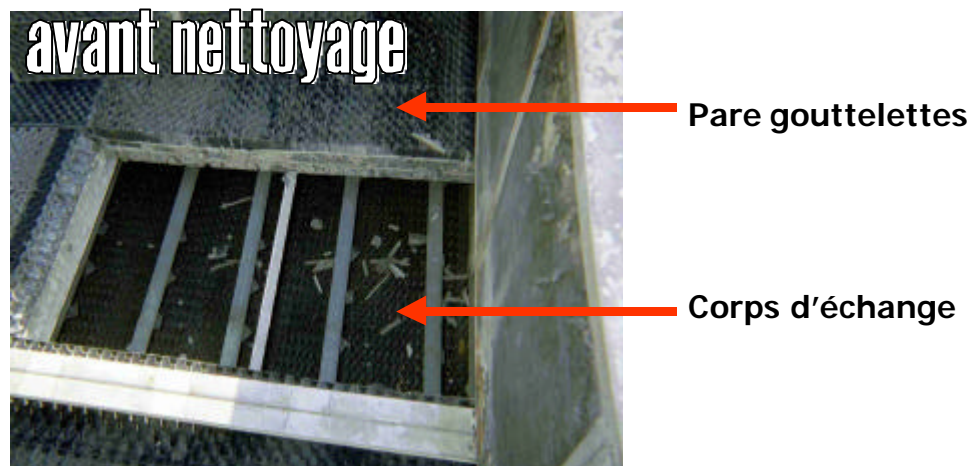
Photographie: Climespace.

Exemple

Entartrage de la tour (2/3)

Pare gouttelettes et corps d'échange vus de dessus

Des dépôts de tartres « tombent » du pare gouttelettes lorsqu'il est retiré.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Généralement, lorsque l'entartrage des tours est visible, il est « trop tard », c'est à dire que les dépôts sont difficiles à éliminer (coûts en traitements et temps importants).

Photographie: Climespace.

Exemple

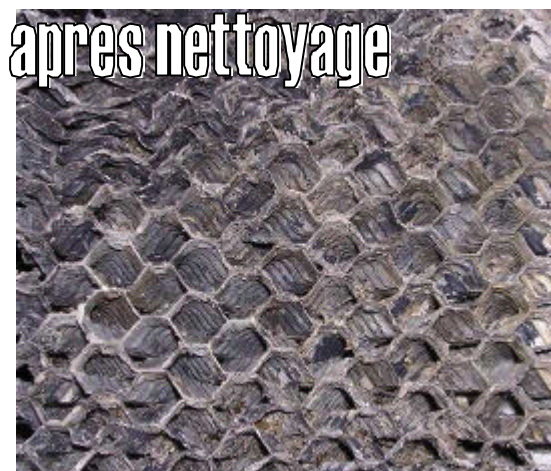
Entartrage de la tour (2/3)

Observation du corps d'échange après détartrage.

Avant nettoyage: le poids a triplé

Après nettoyage: le poids reste le double

Le nettoyage a été réalisé trop tardivement



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Cette photo représente le même corps d'échange que le précédent mais après un nettoyage chimique.

Il doit être changé.

Photographie: Climespace.

Carnet de suivi

Outil d'aide à la gestion du risque légionelle

Objectifs

- ✧ Reporter l'historique des événements

ET

- ✧ Base de données exploitable pour une meilleure gestion
- ✧ Outil d'aide
 - à l'interprétation et compréhension des dérives
 - à la révision et adaptation des procédures préventives
 - à la révision de l'analyse de risque
 - à l'intégration routinière de la gestion du risque « légionelle » sur une installation



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance

Prélèvements pour analyses

Analyses de légionelles

Autres indicateurs

Sécurité



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Plan de surveillance

Suivi des paramètres indicateurs de dérives

- **Représentativité des analyses**
(lieu de prélèvement, modalités, ...)
- **Interprétation des résultats** et réactivité en cas de dérive
- **Identification des événements** à l'origine de la dérive
- **Révision éventuelle des procédures** préventives



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Outre la surveillance, il est indispensable de coordonner toutes les interventions sur le site (traitement d'eau, maintenance, conduite..)

Exemples :

Ne pas intervenir sur les tours lors de traitement biocide en choc

→ Information du personnel de maintenance

Mettre en œuvre de procédures de traitement préventif lors de la remise en service d'une tour après nettoyage mécanique

→ Information du responsable du traitement de l'eau

→ Informer le responsable du traitement de l'eau (entre 2 visites) d'un défaut pouvant affecter l'efficacité des traitements chimiques

Paramètres indicateurs

Identification de paramètres indicateurs
de l'efficacité des actions mises en œuvre



Etablir les **limites critiques** pour chaque paramètre
valeur cible - valeur d'alerte - valeur d'action



Identification des **actions correctives**
à mettre en œuvre si un paramètre dérive
Rédaction de **procédures préventives & curatives**



Surveillance de l'évolution des paramètres indicateurs



Mise en œuvre immédiate des procédures en cas de dérive



Recherche de l'**origine de la dérive**
Retour d'expérience



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance

Prélèvements pour analyses

Analyses de légionelles

Autres indicateurs

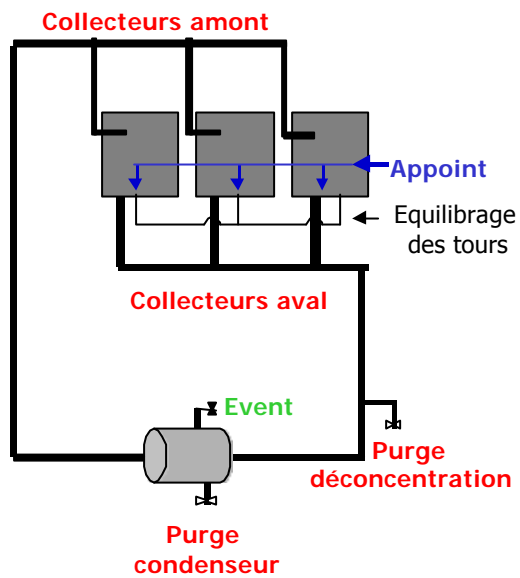
Sécurité



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Lieu de prélèvement pour analyses

Objectif: avoir un prélèvement représentatif de l'eau en circulation



REPRESENTATIFS

- Collecteurs (amont ou aval des tours)
- Purge de déconcentration
- Purge du condenseur

- Bac de tour: après contrôle de la conductivité de l'eau du bac/réseau

NON REPRESENTATIFS

- Event

→ Réalisation du prélèvement sur une installation et un équipement en service



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses microbiologiques

Méthode de prélèvement

- ✧ **Flaconnage : 1 litre**
 - ↳ Stérile contenant un inhibiteur de biocide oxydant
- ✧ **Réalisation du prélèvement**
 - ↳ Sur installation et équipement en service
 - ↳ Sur un point représentatif de l'eau en circulation
 - piquage, vanne, purge...
 - dans un bac de tour (●^{sc} contrôle conductivité)
- ✧ **Identification du prélèvement**
 - ↳ Nom du site
 - ↳ Lieu de prélèvement
 - ↳ Date et heure
 - ↳ Nom du préleveur
 - ↳ Indications sur les traitements biocides
- ✧ **Acheminement au laboratoire**
 - ↳ Conditions de transport



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses microbiologiques

Prélèvement à partir d'une vanne

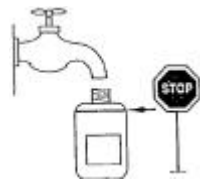
A partir d'un robinet, d'une vanne, d'un piquage, d'une purge



Ouvrir et laisser couler la purge



Ouvrir le flacon
Poser le bouchon à l'envers ou
le tenir sans poser le doigt à l'intérieur
Passer le flacon sous le flux d'eau
ne pas toucher le robinet avec le goulot



Arrêter la purge
Ne pas faire déborder le flacon



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses microbiologiques

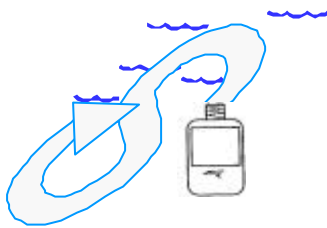
Prélèvement dans un bac

A partir d'un bac de tour



Ouvrir le flacon
Poser le bouchon à l'envers ou le tenir sans poser
le doigt à l'intérieur

Ne pas toucher le robinet avec le goulot



Plonger le flacon dans l'eau verticalement
Remplir le flacon en réalisant un 8 dans l'eau
→ le flacon est toujours vertical
Sortir le flacon sans le renverser
Reboucher



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses microbiologiques

Conservation et transport de l'échantillon

Conditions de prélèvement et d'acheminement au laboratoire

- ✧ Si réception immédiate (< 3h): transport à température ambiante
- ✧ Si réception le lendemain du prélèvement: transport en glacière
Eviter le choc thermique
- ✧ Si réception le surlendemain du prélèvement (exceptionnel): transport en glacière réfrigérée

**Délai entre prélèvement et le début de l'analyse
< 48 heures**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance
Prélèvements pour analyses

Analyses de légionelles

Autres indicateurs

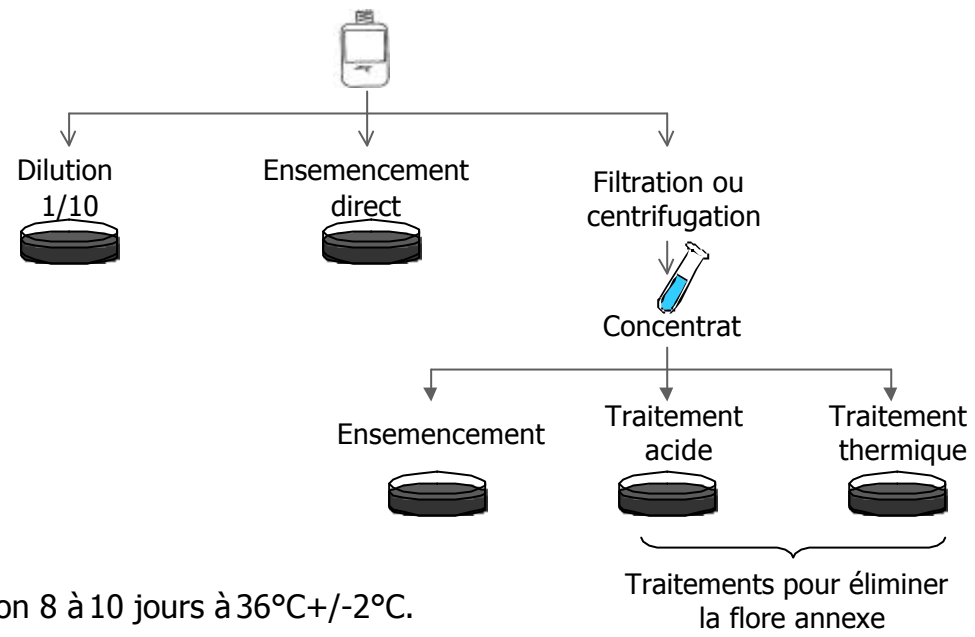
Sécurité



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses de légionelles

Méthode par culture NFT 90-431 (2003)



Incubation 8 à 10 jours à 36°C+/-2°C.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

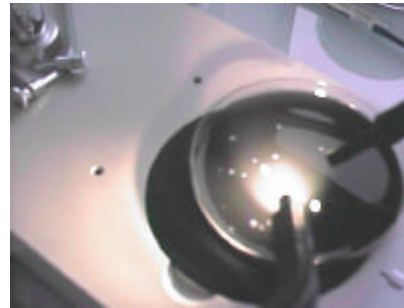
Analyses de légionelles

Méthode par culture NFT 90-431 (2003)

Incubation pendant 8 à 10 jours à 37°C ± 1

Examen des boîtes au moins à 3 reprises

→ à partir de 3-4 jours jusqu'à la fin de la période d'incubation



Comptage des colonies caractéristiques
Résultats exprimés en Unité Formant Colonies/Litre



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Il s'agit de compter n , le nombre de colonies caractéristiques et de distinguer les différents types.

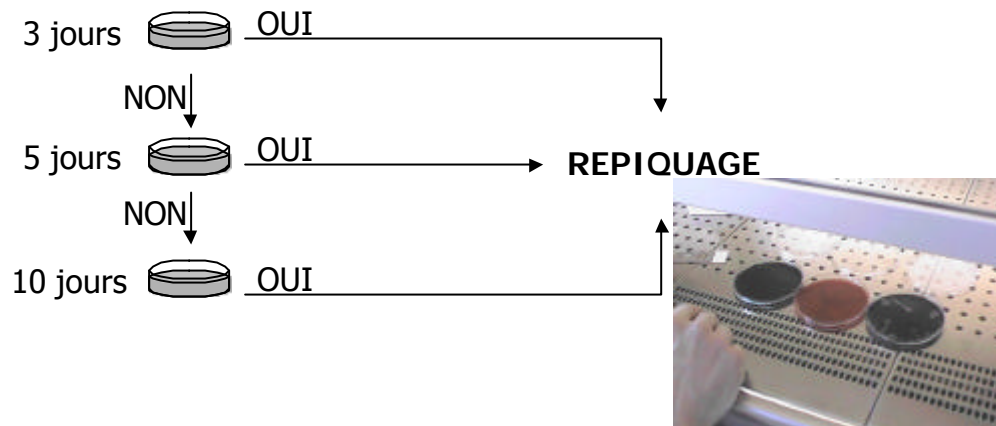
Colonies caractéristiques: colonies présentant après incubation une coloration générale gris-bleu claire mais assez variable: parfois jaune, verte, blanche, marron, violette, rose. Elles peuvent devenir blanchâtre en vieillissant, ont un bord plus ou moins net et rosé, et ont le plus souvent un aspect de verre fritté à la loupe binoculaire.

(Photographies et données, Capsis).

Analyses de légionelles

Lecture des résultats

Lecture des boîtes : croissance de colonies typiques?



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Les colonies suspectes sont repiquées et après 2 à 4 jours d'incubation à 36 +/- 2°C. Il faut ensuite observer les boîtes et noter la présence ou l'absence de culture sur les 3 milieux.

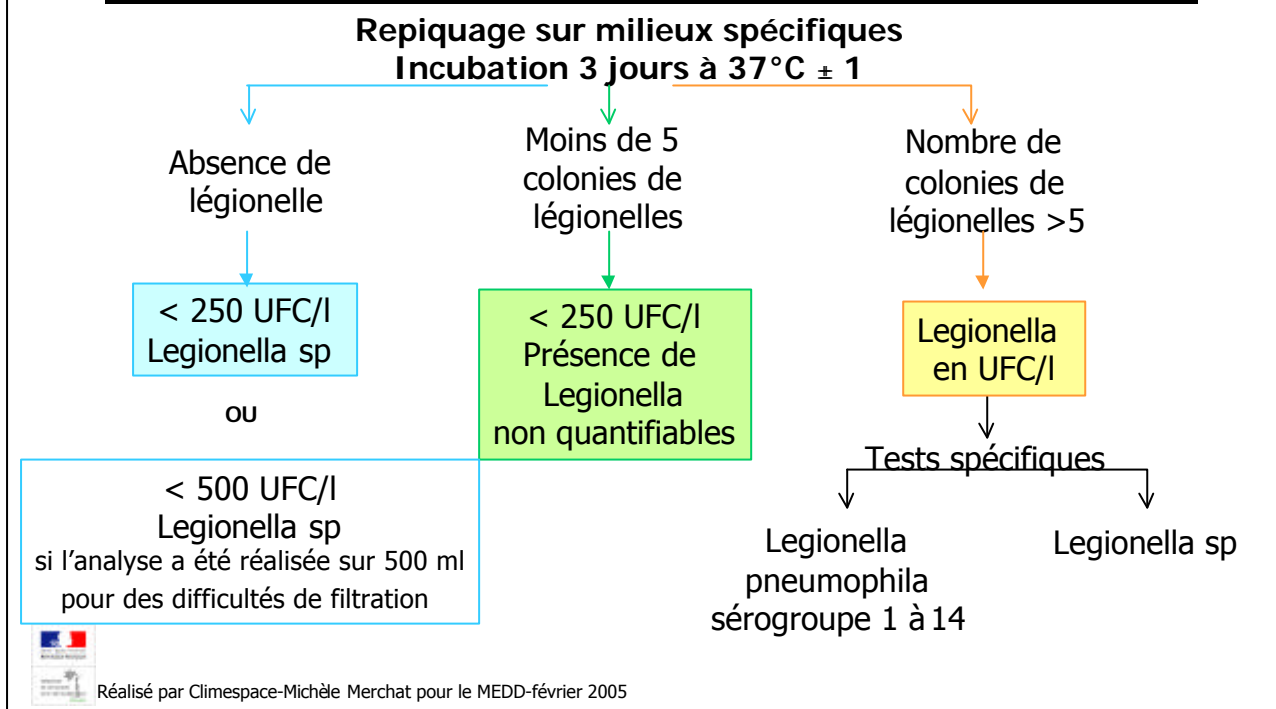
Colonies confirmées Legionella si :

- Absence de culture sur gélose au sang ou GN et sur gélose BCYE sans cystéine,
- Présence de culture sur gélose BCYE avec cystéine.

(Photographie et données, Capsis).

Analyses de légionelles

Lecture des résultats



Identification des espèces prédominantes de Legionella: Test par immunofluorescence directe ou test d'agglutination au latex

Permet l'identification séparée de Legionella pneumophila en fonction du sérotype.

Les particules de latex sensibilisées par des anticorps agglutinent en présence des antigènes de paroi de Legionella formant des agrégats bien visibles.

Analyses de légionelles

Flore annexe interférente

Si la boîte de culture est envahie par des colonies autres que légionelle, le résultat rendu par le laboratoire peut être :

→ analyse non interprétable

OU

<250 UFC/I, Absence de légionelle

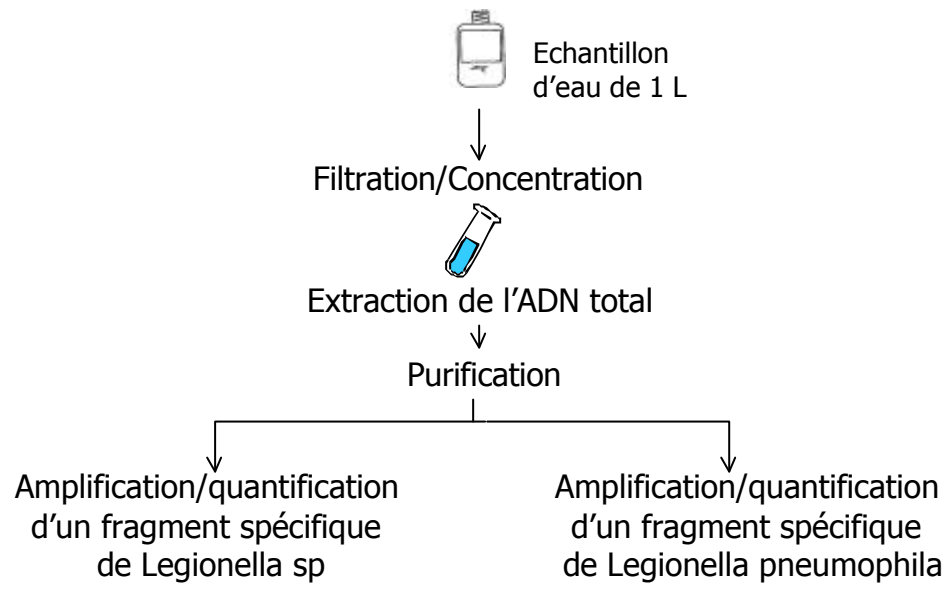
Commentaire : flore annexe abondante



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses de légionelles

la PCR - principe



Résultat en 1 jour : légionelles **Unité Génome/Litre**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses de légionelles

Culture / PCR

Deux méthodes complémentaires

- ✧ Les résultats PCR et Culture ne sont pas comparables entre eux (unités différentes).
- ✧ Par PCR les légionelles viables mais non cultivables sont quantifiées
Le résultat PCR est supérieur au résultat par culture.
- ✧ Les seuils réglementaires définis pour la méthode par culture ne s'appliquent pas à la méthode PCR.
L'interprétation d'une série de résultats PCR est un outil permettant d'anticiper le risque de prolifération



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance
Prélèvements pour analyses
Analyses de légionelles

Autres indicateurs

Sécurité



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Indicateurs biologiques

Flore totale

Appelée aussi à défaut: flore annexe ou bactéries totales ou germes totaux
Représente une fraction de bactéries:

- ✧ Aérobie (besoin d'oxygène)
- ✧ Mésophile (revivifiables à 22°C)

- ✧ Concentration en flore totale (par rapport au niveau de base)
 - ↳ Défaut de traitements chimiques
 - Dysfonctionnement d'un appareillage,
 - Modification de la qualité de l'eau sans adaptation du traitement,
 - Mise en circulation d'un bras mort ...

Avantages

- ✧ Coûts < à l'analyse de légionelle
- ✧ Analyses effectuées en laboratoire ou sur site
 - définir une méthodologie toujours identique

Inconvénient

- Pas de corrélation avec la présence ou l'absence de légionelle



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Indicateurs biologiques

ATP

Mesure de la quantité d'Adénosine Triphosphate (ATP)

- ✧ Evaluation de l'activité microbienne,
- ✧ Test de terrain.

Avantage

- ✧ Résultat obtenu en quelques minutes.

Inconvénients

- ✧ Peu fiable sur les eaux de circuit de refroidissement.
- ✧ La corrélation avec la flore aérobie revivifiable est difficile.
Elle dépend du milieu de culture.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Analyses physico-chimiques

Prélèvement & conservation de l'échantillon

Mêmes modalités de prélèvement que pour les paramètres biologiques

MAIS

- ✧ **Pas d'inhibiteur de biocide oxydant**
- ✧ **Flacon propre mais non stérile**
Le flacon est rincé avec l'eau à analyser avant prélèvement
 - * certaines analyses (sur les rejets en particulier) exigent des flacons spéciaux avec ou sans réactifs
- ✧ **Conditions de transport**
Aucune sauf cas particuliers à définir avec le laboratoire



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Indicateurs d'efficacité

Lutte contre l'entartrage

- ✧ Mesure des paramètres physico-chimiques (TH, TAC...),
- ✧ Contrôle des pertes de charges
- ✧ Contrôle des performances thermiques de la tour...
- * des pics de concentrations en TH sur un site alimenté en eau adoucie (dysfonctionnement de l'adoucisseur) = **risque d'entartrage fort**



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Lorsqu'une dérive est enregistrée en sortie adoucisseur, EVITER le bypass ...

Forcer la régénération et contacter la société en charge du traitement de l'eau pour déterminer l'origine du problème.

Le suivi du % des dérives est important car il déterminera la planification d'une intervention pour détartrage chimique (exigeant l'arrêt de la tour nettoyée).

Indicateurs d'efficacité

Lutte contre la corrosion

- ◇ Analyses des coupons témoins représentatifs de la métallurgie de l'installation,
- ◇ Suivi en continu avec un appareil en ligne (sondes électrochimiques),
- ◇ Dosage de la teneur en produit de traitement dans le circuit,
- ◇ Inspection visuelle des parties accessibles,
- ◇ Mesure de la DCO*, provenant de fuite process au niveau de fissurations du circuit
 - * les injections de biocides non oxydants augmentent la DCO et masquent le marqueur corrosion

* Demande Chimique en Oxygène



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Les différents moyens mis en œuvre permettent de contrôler la vitesse de corrosion dans l'installation (analyseurs en continu, coupons témoins). Dans certaines installations industrielles, les fuites process liées à des fissurations au niveau de l'échangeur, sont détectées par l'analyse de la DCO dans l'eau. La DCO (Demande Chimique en Oxygène) permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. La plupart des biocides non oxydants utilisés augmentent la DCO dans l'eau. De ce fait, les fuites process ne peuvent plus être détectées par le suivi de ce paramètre. La lecture de ce paramètre est essentielle lors de la remise en service de l'installation, un redémarrage en "aveugle" pourrait présenter un risque sur certaines installations. Il est donc plus que nécessaire, en particulier dans ce cas, de baser la gestion du risque sur le nettoyage de l'installation en permanence et non sur les traitements biocides successifs.

Exemple

Contrôle de la vitesse de corrosion

Rampe de corrosion placée
en dérivation sur le circuit



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005



Cupon cuivre

Cupon acier

Contrôles en laboratoire

- lavage des coupons
- observation (état de surface)
- pesée (perte de poids)



Photographies:

gauche: Climespace

droite: GEBetz

Exemple

Dérive d'un indicateur

La turbidité

Installation en appoint d'eau non potable sous influence externe

Pendant les périodes de fortes pluies ou l'été à l'étiage : ↗ Teneurs en MES

Risque : **formation de dépôts & ↘ de l'efficacité des traitements**

Basculer en eau potable (si c'est prévu en appoint secours)

- Adapter les consignes de traitement d'eau :
 - Changer le quota de régénération de l'adoucisseur
 - Modifier les valeurs cibles (Biocide oxydant par exemple)
 - Vérifier les dosages des dispersants
 - Refaire la procédure inverse lorsque le risque est passé

OU

Augmenter les purges de déconcentration

Contrôler le bon fonctionnement du filtre dérivé

- ↗ des fréquences de rétrolavages (compteur de rejets d'eau)

Vérifier les dosages des dispersants



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Indicateurs d'efficacité

Désinfection : Biocide oxydant

Mesure continue via analyseurs

- ◇ Mesure de la concentration en oxydant: colorimétrie, ampérométrie
- ◇ Mesure du potentiel d'oxydo réduction « Redox »
 - un étalonnage de l'appareil Redox est fortement conseillé, la corrélation Redox/Oxydant résiduel est spécifique de la qualité d'eau de chaque site.

Prélèvement d'échantillon pour analyse

Analyse effectuée sur site:

- ◇ Avantage: résultat immédiat
- ◇ Inconvénient: besoin d'un minimum d'équipements et réactifs

Effectuées au laboratoire:

- ◇ Avantage: pas de matériel sur place
- ◇ Inconvénient: pas de résultat immédiat



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Indicateurs d'efficacité

Lutte contre le biofilm: Nettoyage chimique

- ✧ Pas de moyens de dosage simple
- ✧ La formation de mousse reflète souvent soit une présence de matière vivante soit un sur-dosage du produit
- ✧ Une augmentation anormale de la turbidité au moment de l'injection du biocide (qui peut contenir un biodispersant selon la formulation) peut traduire **un nettoyage insuffisant**

- ✧ Si l'injection du biodispersant ou biodétergent est
 - en continu: ↗ la concentration injectée
 - en discontinu: ↗ la fréquence d'injection
 - en choc: corriger pour nettoyer en permanence

- ☛ Pas de corrélation entre une turbidité stable et faible et l'absence ou la présence de légionelle



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Carnet de suivi

Outil d'aide à la gestion du risque légionelle

Objectifs

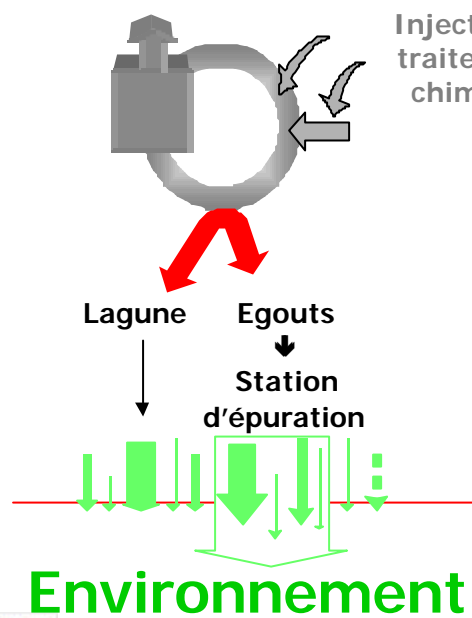
- ◇ Reporter l'historique des événements
- ET
- ◇ Base de données exploitable pour une meilleure gestion
- ◇ Outil d'aide
 - à l'interprétation et la compréhension des dérives
 - à la révision et l'adaptation des procédures préventives
 - à la révision de l'analyse de risque
 - à l'intégration routinière de la gestion du risque « légionelle » sur une installation



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Impact sur l'environnement

Les rejets de purges de déconcentration



Injection de
traitements
chimiques

La purge de déconcentration
contient
les
Produits de traitements

Contrôles quantitatifs et qualitatifs
pH, DCO, DBO₅, MES, AOX, THM ...



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

DCO: Demande Chimique en Oxygène
DBO₅: Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours
MES: Matières En Suspension
COT: Carbone Organique Total
AOX: Composés organohalogénés.
THM: Tri halométhane

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance
Prélèvements pour analyses
Analyses de légionelles
Autres indicateurs

Sécurité



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Protection du Personnel

Identification des risques

Risques liés aux légionelles

- Protections individuelles

Risques liés aux produits chimiques

- Etiquetage des fûts
- Stockage: identification du produit, indicateur de remplissage, alarme niveau haut, évent « chapeauté », cuve de rétention avec point bas...
- Protections individuelles: gants, lunettes, bottes
- Fiches de Sécurité disponibles
- Elimination des déchets (fûts vides, boues après nettoyages mécaniques...)
- Consignes en cas d'accident, d'incendie ou de fuite de produit
- Premiers secours



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005



Protection individuelle

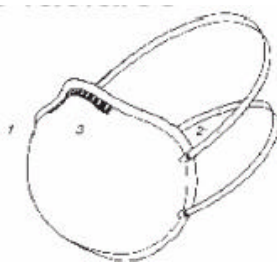
Filtres anti-aérosols

Norme NF EN 143: 3 classes de protections faciales

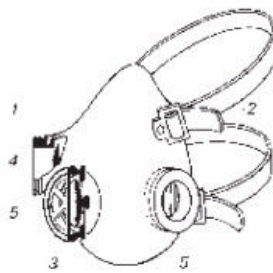
- ✧ Testé sur aérosol de NaCl de diamètre médian 0,6 μm et
- ✧ Aérosol d'huile de paraffine
 - P1 (faible efficacité): pénétration < 20%
 - P2 (efficacité moyenne): pénétration < 6%
 - P3 (haute efficacité): pénétration < 0.05%

Inconvénient: colmatage progressif

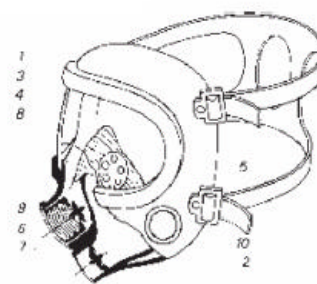
Demi masque filtrant



Demi masque



Masque complet



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Demi masque filtrant

- 1-pièce faciale
- 2-jeu de brides
- 3-pince nez

Demi masque

- 1 -jupe de masque
- 2- jeu de brides
- 3- soupapes expiratoires
- 4- soupapes inspiratoires
- 5- raccord

Masque complet

- 1 -jupe de masque
- 2- bordure d'étanchéité
- 3- oculaire
- 4-demi masque intérieur
- 5- jeu de brides
- 6-raccord
- 7- soupapes expiratoires
- 4- soupapes inspiratoires

Conclusion (1/2)

Le management du risque légionelle doit:

- ✧ Être intégré à la vie de l'exploitation,
- ✧ Devenir un critère de bonne gestion, au même titre que les performances thermiques ou financières.

La lutte efficace contre le biofilm exige un nettoyage permanent de toutes les surfaces en contact avec l'eau.

Il est nécessaire de considérer tous les aspects de l'installation susceptibles de générer un risque...

...Conception, Implantation, Exploitation, Maintenance et Surveillance



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005

Conclusion (2/2)

L'efficacité des traitements dépend:

- ✧ Des conditions de mise en œuvre des biocides,
- ✧ De la surveillance des paramètres indicateurs,
- ✧ De la coordination des intervenants,
- ✧ De la mise en place d'actions préventives adaptées.

Il est nécessaire de:

- ✧ Former les opérateurs,
- ✧ Réaliser une « analyse des risques » méthodique sur les installations.



Réalisé par Climespace-Michèle Merchat pour le MEDD-février 2005



GUIDE DE FORMATION

Guide de formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Réalisé par Climespace - Michèle Merchat

La réalisation de ce guide a été financée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable



Module 3

Analyse des risques de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

⊕ **Partie 1** : L'analyse de risque

⊕ **Partie 2** : Mauvaises pratiques et actions à mener



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Le module 3 décrit une approche méthodique pour évaluer les risques et identifier les points critiques d'une installation.

En outre, au travers d'un exemple, il permet d'identifier et de rédiger une procédure technique. Enfin, quelques exemples de "mauvaises pratiques" permettent d'acquérir certains automatismes nécessaires pour gérer le risque en exploitation.

Ce module s'appuie sur la méthodologie présentée dans le "Guide méthodologique pour la réalisation d'une analyse de risque de prolifération de légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air" réalisé par ICS'eau & LHE pour le MEDD, février 2005..

Partie 1

L'analyse de risque

Objectifs et principes de la méthode

Identification des facteurs de risque

Exemples de mesures préventives

Surveillance des mesures préventives

Exemples d'actions correctives

Révision de l'analyse de risque



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Objectifs de la méthode

- ◇ **Identifier les conditions favorables au développement des légionelles et à la formation de biofilm lors des phases de**
 - Conception/Installation
 - Exploitation
 - Maintenance
 - Surveillance

- ◇ **Mettre en œuvre devant chaque facteur de risque (=points critiques)**
 - ↳ des **actions curatives** (pour éliminer le facteur de risque)

 - ET/OU**
 - ↳ des **mesures préventives** (pour maîtriser le facteur de risque)
(procédures préventives, procédures curatives)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

La méthode d'analyse de risque doit permettre d'identifier les facteurs de risques susceptibles d'engendrer une prolifération des légionelles lors du fonctionnement de l'installation et ainsi d'en déduire les mesures appropriées pour en assurer la prévention et la maîtrise.

Principes de la Méthode (1/2)

1- Analyser les dangers

Identifier sur l'installation les risques de **prolifération & dissémination des légionelles** dans tous les modes de fonctionnement de l'installation

2- Identifier les « points critiques »

Dans le cas des circuits/tours, tous les facteurs de risques de **prolifération & dissémination des légionelles** sont des points qui doivent être surveillés et maîtrisés : on dit qu'ils sont **critiques**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Les principes présentés ci-dessus sont les 7 principes de la méthode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). Mais il existe d'autres méthodes qui peuvent être développées : la méthode AMDEC (analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités) ou la méthode HAZOP (HAZard ans OPerability studies).

QUELLE QUE SOIT LA METHODE CHOISIE, LES OBJECTIFS RESTENT LES SUIVANTS :

- Une meilleure connaissance de son installation et des facteurs de risques générés par celle-ci,
- La mise en place d'améliorations en terme de conception, d'entretien et de surveillance afin de minimiser les risques de prolifération des légionelles,
- La mise en place de documents de suivi (procédures, modes opératoires, fiches d'enregistrement, d'actions correctives) pour les opérations d'entretien, de surveillance de l'installation (prélèvements/analyses),
- La rédaction de documents permettant la mise en place d'actions correctives en cas de contamination avérée.

L'objectif final est de maintenir un niveau de contamination en légionelles < 1 000 UFC/L dans l'installation.

Principes de la Méthode (2/2)

3- Définir les paramètres indicateurs de la maîtrise du système

- Définition pour chaque paramètre : Valeur cible, valeur d'alerte, valeur critique
- Lieux & mode de contrôle de l'installation

4- Définir un système de surveillance

Observations régulières de l'évolution des paramètres indicateurs

5- Définir les actions correctives

Définir et planifier les actions destinées à éliminer ou réduire le risque

6- Vérifier la mise en œuvre des actions correctives (validation)

7- Établir un système documentaire (carnet de suivi)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

En résumé, cette méthode expose différents moyens permettant de conduire à la maîtrise de la gestion du risque de prolifération des légionelles dans l'installation :

- l'analyse des dangers,
- la maîtrise des points critiques,
- la rédaction de procédures spécifiques accompagnées de fiches d'enregistrement permettant de renseigner la méthodologie à employer, les outils, les qualifications du personnel... pour la réalisation des entretiens, des surveillances ou encore des actions correctives en cas de dérive,
- la surveillance des conditions d'exécution des opérations d'entretien et de suivi par la mise en place de procédures et documents d'enregistrement (traçabilité des opérations réalisées sur l'installation),
- la vérification de l'efficacité du système documentaire mis en place pour le suivi des risques de prolifération de légionelles sur l'installation (procédures d'entretien, de surveillance, correctives en cas de dérive, plans de surveillance, d'entretien, de formation, etc. ...),
- l'implication des différents acteurs à tous les stades de la démarche.

Description de l'installation et de son utilisation

Créer une équipe de travail



Rassembler l'ensemble des documents existants

✧ Décrire l'installation (Plans à jour)

- Vérification sur place !!
- Localisation des équipements (pompes, machines, ...)

✧ Décrire les modes de fonctionnement de l'installation

- Fonctionnement normal et modes dégradés
- Réaliser un logigramme de fonctionnement des installations
- Historique analyses, procédures ...



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Il est de la responsabilité de l'exploitant d'organiser la réalisation de l'analyse de risques. Il doit pour cela désigner un animateur qui aura en charge le pilotage d'un groupe de travail et le suivi des étapes. Cet animateur, formé à la méthode HACCP, peut être choisi au sein même de l'entreprise (responsable technique ou toute autre personne désignée par l'exploitant), mais il peut aussi être fait appel à une société extérieure (prestataire de service en charge des installations ou bureau d'études). Si cette mission est sous-traitée, une implication totale du personnel en charge de la gestion de cet équipement doit être maintenue.

Il est nécessaire de définir, dans un premier temps, le champ de l'étude, à savoir l'installation concernée par l'analyse des risques, en précisant son point de départ et son point final. Il convient d'établir un schéma de principe qui englobe la totalité de l'installation et des procédés mis en œuvre :

- l'installation de refroidissement avec le système d'échangeur, la production de panache, le bac de récupération des eaux de ruissellement ;
- le réseau de recirculation de l'eau refroidie, dont les pompes et les échangeurs ;
- les éventuels stockages d'eau ;
- les rejets d'eaux usées.

Les différents modes de fonctionnement de l'installation doivent également être formalisés dans le logigramme de fonctionnement.

Partie 1

L'analyse de risque

Objectifs et principes de la méthode

Identification des facteurs de risque

Exemples de mesures préventives

Surveillance des mesures préventives

Exemples d'actions correctives

Révision de l'analyse de risque



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Identification des facteurs de risque de prolifération (1/2)

Etape la plus importante de la démarche

→ Identification des facteurs propices à la prolifération de légionelles

Pour être efficace cette étape :

- doit être menée de la façon la plus exhaustive possible avec méthode
- requiert l'ensemble des compétences des intervenants (exploitant de l'installation, personnel d'entretien et de maintenance, traiteur d'eau, laboratoire d'analyse...)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette étape consiste à répertorier tous les **facteurs de risques** de façon exhaustive. Ce listing permettra alors, de poursuivre l'analyse des risques et d'identifier les étapes critiques du fonctionnement de l'installation, pour lesquelles il faudra impérativement mettre en place un programme d'amélioration, de mesures préventives et de surveillance.

Identification des facteurs de risque de prolifération (2/2)

Mémo: Prolifération des légionelles « présence de biofilm

✧ Paramètres influençant la formation de biofilm

- Apports extérieurs (appoint, air)
- Hydraulique (Stagnation d'eau ou vitesse faible)
- Matériaux (Qualité État de surface Dépôts)
- Qualité de l'eau (traitements chimiques)

✧ Éléments qui contribuent à l'apparition des facteurs propices à la prolifération des légionelles

- Conception/Installation
- Exploitation
- Maintenance
- Surveillance

✧ Identification d'un facteur de risque à la prolifération

▶ Détermination de points critiques



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Afin d'établir une liste la plus exhaustive possible, on pourra travailler autour de quatre thèmes (conception, exploitation, maintenance et surveillance) et identifier de quelle manière ils agissent sur les paramètres influençant la formation de biofilm et la prolifération des légionelles.

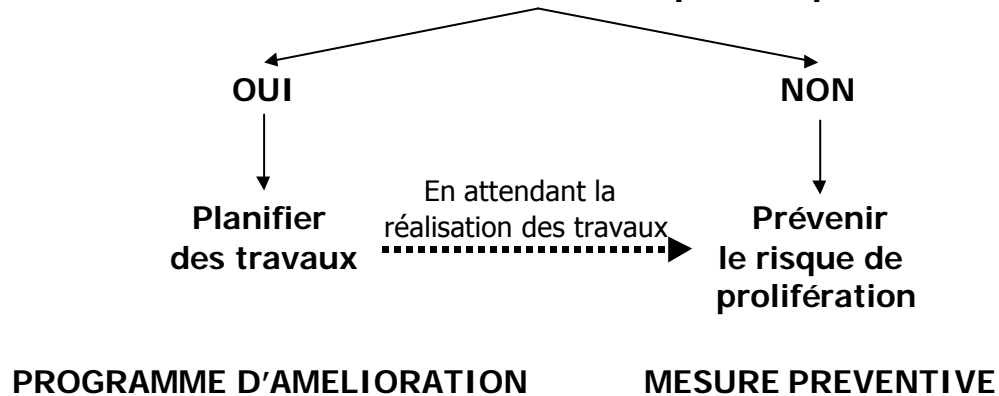
Tous ces facteurs de risques sont définis comme des points critiques. Certains pourront être gérés en mettant en place une action ponctuelle (action corrective comme des travaux par exemple), les autres seront gérés en mettant en place des actions préventives sous forme d'une surveillance avec la mise en place d'indicateurs (observations ou mesures).

Lorsque les indicateurs indiquent une dérive, des actions curatives et correctives sont mises en œuvre.

☛ En attendant la réalisation des actions correctives (travaux), il est indispensable de gérer le risque avec les actions préventives.

Gestion des facteurs de risque

Possibilité d'éliminer le facteur de risque / le point critique ?



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Il convient donc non seulement de lister les facteurs de risque, mais aussi de les classer en fonction de leur gravité et ceci afin d'entreprendre en priorité les actions correctives nécessaires à leur élimination (programme d'amélioration) ou les actions préventives nécessaires à leur maîtrise.

Ces actions sont décidées en fonction de la fréquence d'apparition du facteur de risque et sa gravité. On peut ainsi définir trois classes de facteurs de risques : majeur, notable et mineur.

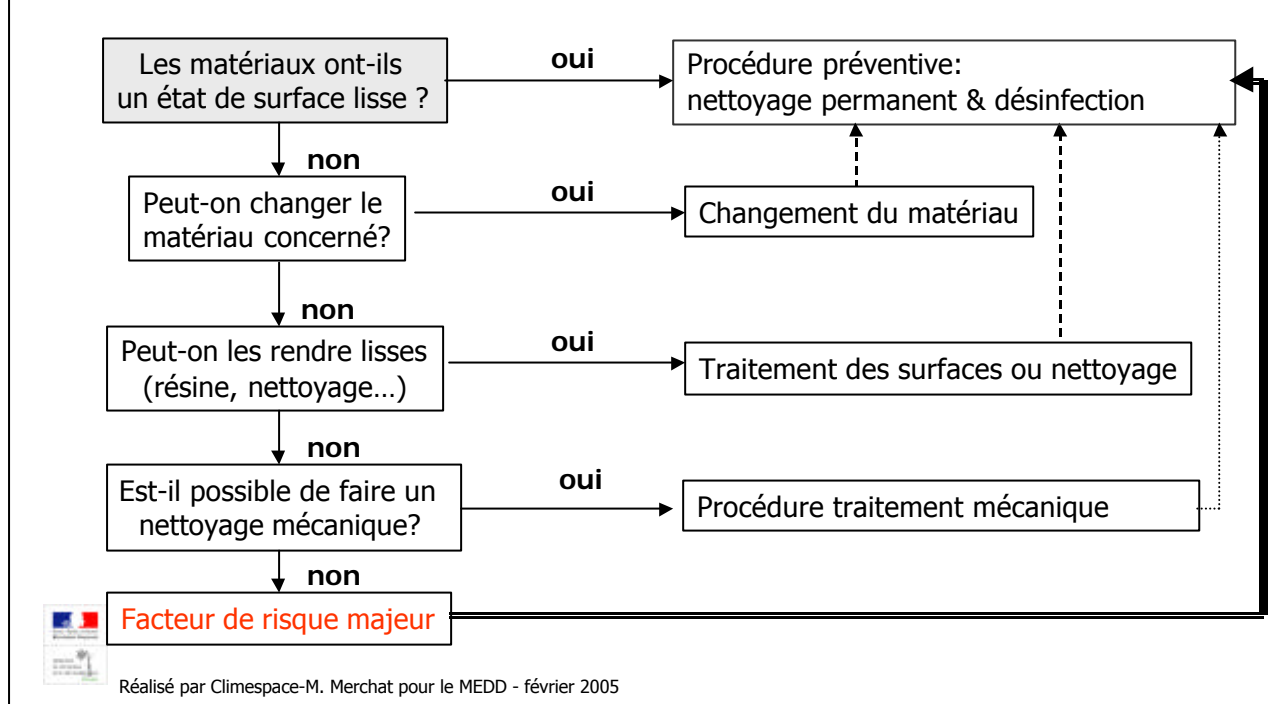
De l'analyse précédente résulte une liste de facteurs de risques qu'il est possible de classer par importance.

On peut distinguer alors :

- les facteurs de risques générant des points critiques ponctuels qui peuvent être corrigés par des actions ponctuelles ;
- les facteurs de risques dont la maîtrise est plus complexe et qui constituent des points critiques nécessitant un suivi et une évaluation constante (par exemple : suivi du TH, de la concentration en légionelles, etc...).

Facteur de risque lié à la conception

Exemple: Matériaux



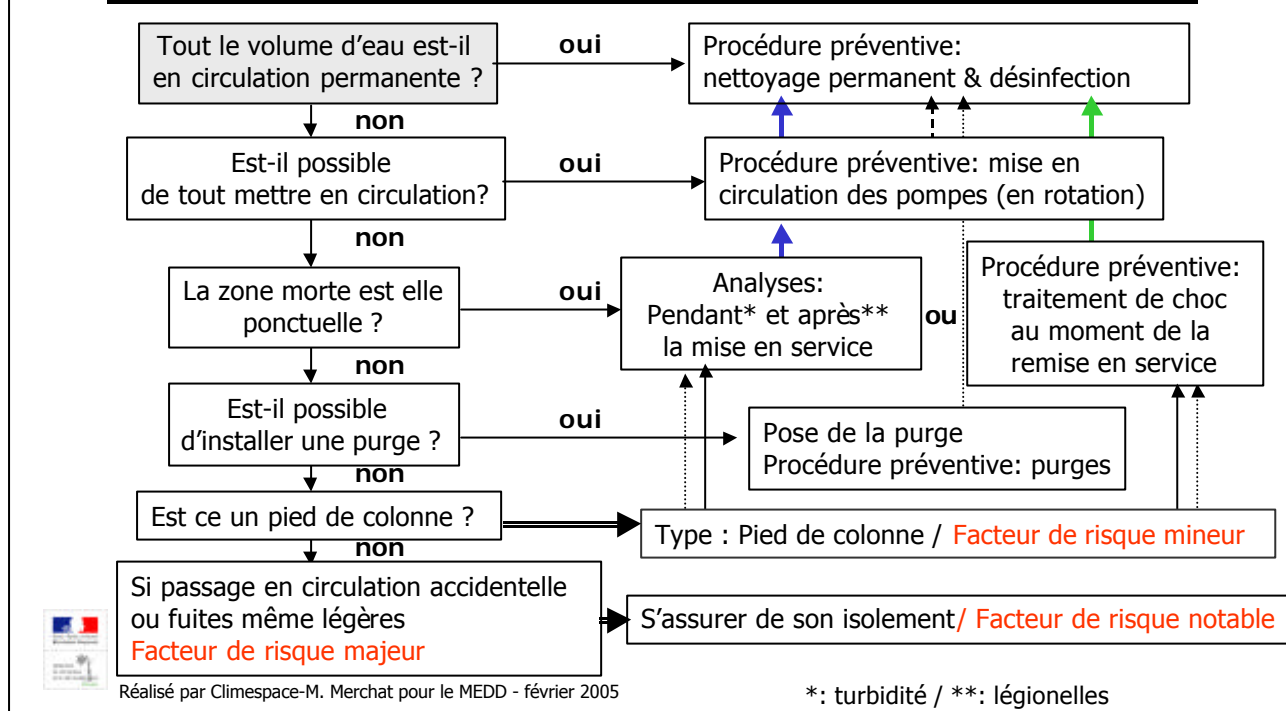
Les exemples ci-après proposent **une liste non exhaustive** de facteurs de risques pouvant apparaître sur une installation donnée.

Il est indispensable que chaque exploitant applique la méthode d'analyse de risque sur son installation pour pouvoir déterminer l'ensemble des facteurs de risques spécifiques de cette installation.

Ceci est un exemple de facteur de risque lié à la conception de l'installation qui doit être maîtrisé.

Facteur de risque lié à la conception

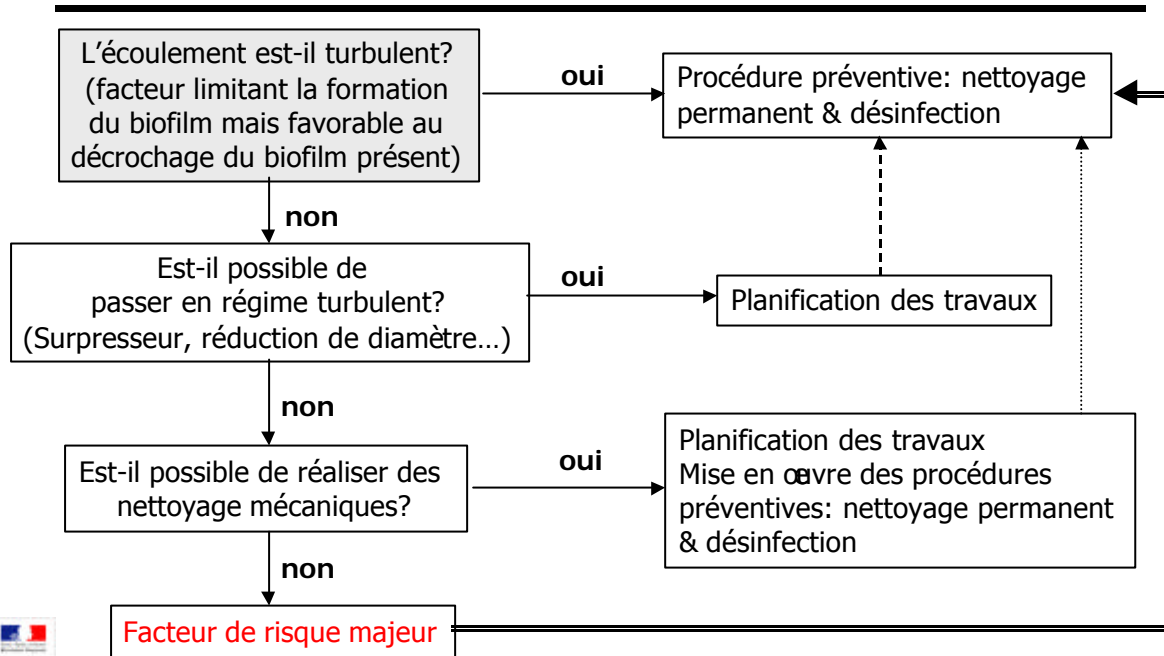
Exemple : Hydraulique



Ceci est un exemple de facteur de risque lié à la conception de l'installation qui doit être maîtrisé.

Facteur de risque lié à l'exploitation

Exemple : Hydraulique

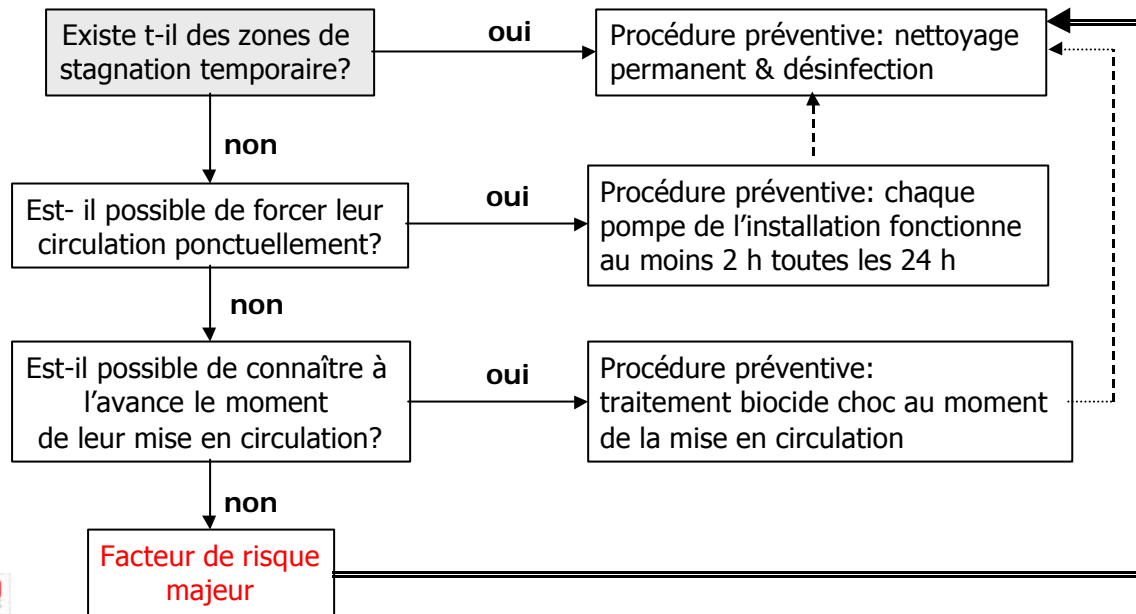


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Ceci est un exemple de facteur de risque lié à l'exploitation de l'installation qui doit être maîtrisé.

Facteur de risque lié à l'exploitation

Exemple : Hydraulique

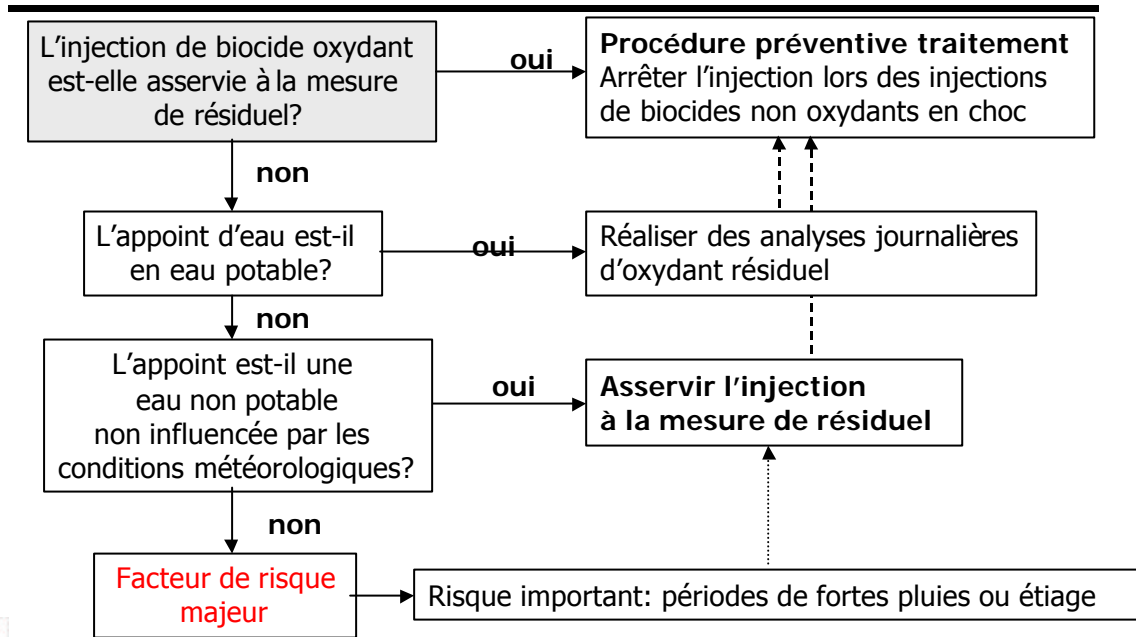


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Ceci est un exemple de facteur de risque lié à l'exploitation de l'installation qui doit être maîtrisé.

Facteur de risque lié à l'exploitation

Exemple : Traitement d'eau



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

* Eau de surface, forage ...

Ceci est un exemple de facteur de risque lié à l'exploitation de l'installation qui doit être maîtrisé.

Partie 1

L'analyse de risque

Objectifs et principes de la méthode

Identification des facteurs de risque

Exemples de mesures préventives

Surveillance des mesures préventives

Exemples d'actions correctives

Révision de l'analyse de risque



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Exemples de mesure préventive à mettre en place en présence d'un bras mort

Facteur de risque/Point critique:

Mise en service hebdomadaire d'une canalisation d'eau stagnante.

Motif: mise en service des groupes électrogènes et pompes de secours.

Jour des essais: le mercredi de 8h à 11 h.

2 façons de maîtriser le risque:

- mesure préventive basée sur la désinfection
- mesure préventive basée sur le nettoyage



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Les mesures préventives liées à chacun des facteurs de risques identifiés doivent être définies par l'exploitant. Les exemples suivants présentent deux mesures préventives qui peuvent être associées au même facteur de risque.

L'ensemble des mesures préventives mises en œuvre sur une installation constitue le plan de nettoyage et de désinfection de l'installation.

Mesure préventive basée sur la désinfection

→ Injection d'un traitement biocide en choc

- Quand? : Le jour de la mise en service du bras mort
- 7h30 : Arrêt de l'injection biocide oxydant
Injection du biocide non oxydant (durée de l'injection
30 min, volume injecté 30 litres, pour un circuit de
volume: 300 m3)
- 8h00 : Vérification du bon déroulement de l'injection choc
- Entre 8h et 12 h : Mise en circulation de tout le volume d'eau de
l'installation.
Chaque pompe doit fonctionner pendant au moins 1h.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Ceci est un exemple de mesure préventive qui peut être proposée.

Mesure préventive basée sur le nettoyage

→ **Injection d'un nettoyage chimique permanent de TOUTES les surfaces en contact avec l'eau**

Valable seulement si le traitement de nettoyage (biodispersant ou biodétergent) est injecté en continu.

Assurer la circulation de tous les volumes d'eau de l'installation en mettant en service toutes les pompes, machines et tours de l'installation (y compris le matériel de secours).

Il est généralement impossible de faire fonctionner toutes les pompes en même temps :

→ Organiser une rotation : définir la fréquence et la durée de fonctionnement de chaque pompe.

Exemple : chaque pompe en service 2h minimum toutes les 24 heures



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Ceci est un exemple de mesure préventive qui peut être proposée.

Partie 1

L'analyse de risque

Objectifs et principes de la méthode

Identification des facteurs de risque

Exemples de mesures préventives

Surveillance des mesures préventives

Exemples d'actions correctives

Révision de l'analyse de risque



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Surveillance des mesures préventives

Suivi des paramètres indicateurs

- ✧ Mesures manuelles (lieux de prélèvements représentatifs)
- ✧ Contrôles « on line » (via analyseurs en continu)

Rapport de visite du traiteur d'eau

- ✧ Bilan des résultats d'analyses
- ✧ Interprétation des résultats
- ✧ Identification des actions à mettre en œuvre
- ✧ Bilan des consommations produits

Contrôles divers

- ✧ Dépend du type de traitement d'eau

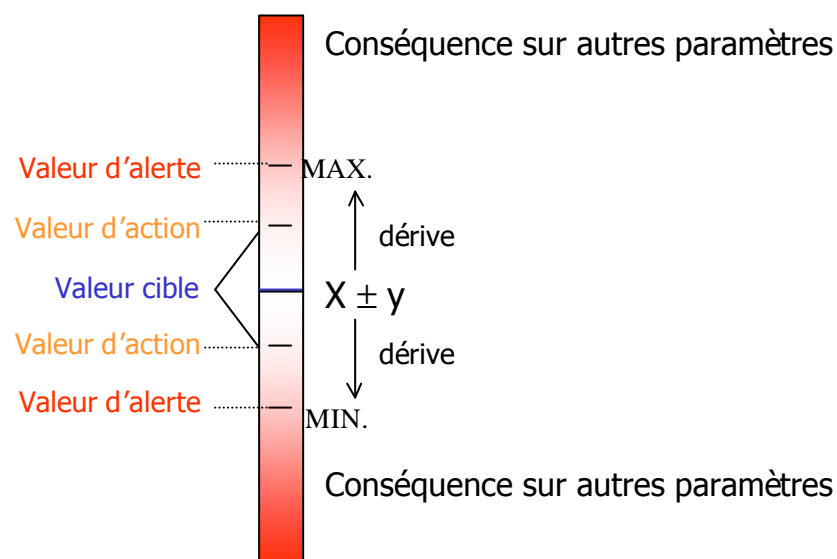


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Le plan d'entretien mis en œuvre doit être constamment évalué par un plan de surveillance. L'exploitant définit son plan de surveillance comme la liste des paramètres permettant de suivre l'efficacité du plan d'entretien.

Plan de surveillance de l'efficacité des moyens mis en œuvre

Identifier des **paramètres indicateurs** et des valeurs cibles à maintenir pour garantir la maîtrise du risque



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Il est nécessaire d'identifier pour chaque indicateur de facteur de risque, des valeurs dans le plan de surveillance analytique :

- **la valeur cible** : niveau établi par l'utilisateur qui doit être obtenu ou maintenu dans des conditions normales de fonctionnement.
- **la valeur d'alerte** : niveau établi par l'utilisateur qui détecte précocement une dérive potentielle des conditions normales de fonctionnement. Lorsque ce seuil d'alerte est dépassé, des recherches supplémentaires doivent être mises en œuvre afin de s'assurer que le procédé est toujours maîtrisé.
- **La valeur d'action** : niveau établi par l'utilisateur qui doit immédiatement déclencher, lorsqu'il est passé, un examen de l'installation et des actions correctives fondées sur cet examen.
- **La valeur d'arrêt** : elle est définie dans la gestion du risque légionelles lorsque la concentration en légionelles est supérieure ou égale à 100 000 UFC/L.

Paramètres indicateurs

Quelques exemples

MESURES EFFECTUEES	EAU D'APPOINT	EAU ADOUCIE	EAU DU CIRCUIT	VALEUR CIBLE	FREQUENCE ANALYTIQUE
pH	X	X	X		hebdomadaire
Conductivité 25°C, $\mu\text{S}/\text{cm}$	X	X	X	< 2500	hebdomadaire
TA en °F	X	X	X	< 10	hebdomadaire
TAC en °F	X	X	X	< 120	hebdomadaire
TH en °F	X	X	X	< 5	hebdomadaire
Chlore libre	X	X	X	0,8	continu
Facteur de Concentration			X	< 4	hebdomadaire
Produit anticorrosion/tartre, g/cm ³			X		hebdomadaire
Turbidité, NTU	X		X	Selon qualité appoint	hebdomadaire
Bactéries aérobies à 30°C, ufc/ml	X		X	< 10 ⁴	hebdomadaire
Legionella sp, ufc/l			X	ND	Cf réglementation
Taux de corrosion Cuivre			X	10	trimestriel
Taux de corrosion acier			X	50	trimestriel



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Quelques exemple de paramètres qui peuvent être suivis sur une installation :

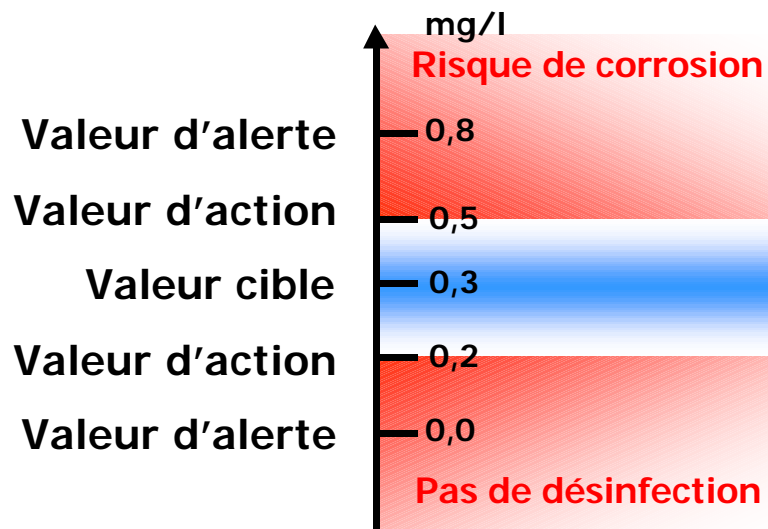
- Indicateurs physico-chimiques comme le pH, la conductivité, le TA, le TAC, le TH, le chlore résiduel, le facteur de concentration, la turbidité, la vitesse de corrosion ...
- Indicateurs microbiologiques comme la concentration en flore totale, en légionelles ...

Les analyses peuvent être réalisées en laboratoire et sur site. Dans ce cas, cela nécessite un minimum d'appareillages.

Paramètres indicateurs

Exemple: suivi de l'oxydant résiduel

Injection d'oxydant en continu
Analyses réalisées en amont du point d'injection sur l'eau circuit



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

La concentration en oxydant résiduel est un exemple d'indicateur pour lequel des valeurs cible, d'alerte et d'action peuvent être définies pour une installation.

Paramètres indicateurs

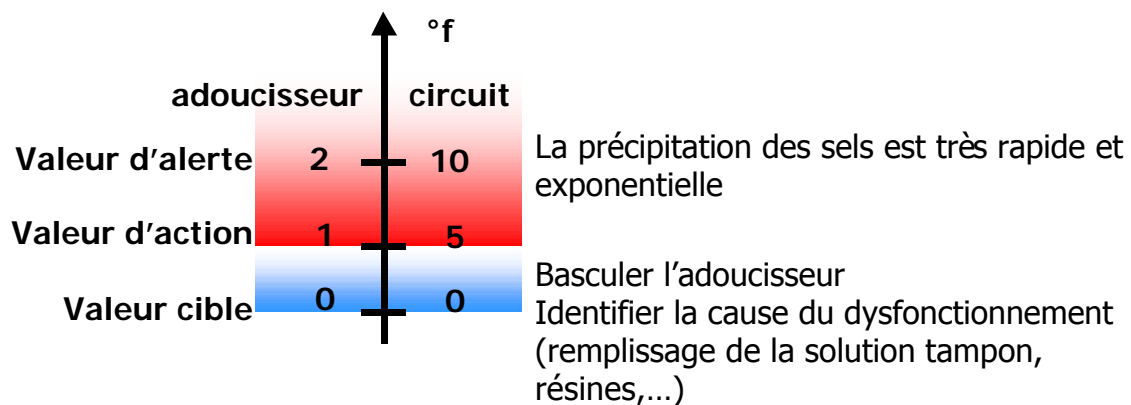
Exemple : évolution du TH

Appoint : eau potable adoucie

Température entrée tour: 32°C

Température sortie tour: 38°C

Analyses réalisées sur le circuit



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Le TH est un exemple d'indicateur pour lequel des valeurs cible, d'alerte et d'action peuvent être définies pour une installation.

Rapport analyses chimiques Exemple (1/4)

DATE : xx/xx/xxxx		AUTEUR :Mr LAMBDA		tél: 00 00 00 00 00	
Nom du site:					
TITRES	APPOINT Eau ville	Sortie ADOUCEUR A	Sortie ADOUCEUR B	CIRCUIT TOUR	VALEURS CIBLES
pH	7,7	A L A R R E T	8	9,3	libre
TH °f	27,4		0	10,2	<5
TA °f	0		0	18,5	<10
TAC °f	26		26	80	<120
Oxydant résiduel mg/l	0,09		0	0,35	0,4
Anticorrosion cm3/m3				68	60
Conductivité à 25°C µs/cm	490		492	1920	2500
Facteur de concentration			3,1		
Compteur d'eau m3		77794			



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette feuille est un exemple de le bulletin d'analyse généralement laissé par la personne en charge du traitement de l'eau.

Y figurent : les résultats d'analyse des paramètres indicateurs de suivi.

Rapport analyses chimiques Exemple (2/4)

REACTIFS	Ancien dosage			Nouveau dosage		
	durée d'injection	réglage % course pompe	impulsions/minute	durée d'injection	réglage % course pompe	impulsions/minute
Antitartre anticorrosion	25 sec.	100	100	idem	idem	idem
Biodétergent	2X7 mn /jour à 10 et 20h	100		idem	idem	
Biocide non Oxvdant	30 min.	100		A l'ARRET		
Appoint moyen m3/h		13.9				
Purge moyenne m3/h		4.5				
Temps de 1/2 Séjour h		47				



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

La feuille d'analyse reporte aussi le bilan des réactifs et des volumes d'eau consommés.

Il est important de noter les modes de réglage des différents systèmes d'injection (nombre d'impulsions ou réglage du % de course des pompes).

Rapport analyses chimiques

Exemple (3/4)

Rapport de visite du XX/XX/XXXX

Nom du technicien réalisant la visite & coordonnées

Personne remplaçante à joindre en cas de congés & coordonnées

Destinataires : Mr Responsable du site

Observations & Commentaires

Analyses des résultats physico-chimiques

Identification des dérives



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Rapport de visite

Le rapport d'analyse rappelle les coordonnées de la personne en charge du traitement de l'eau et les coordonnées de la personne susceptible de la remplacer en cas d'absence.

Il est indispensable que l'exploitant puisse contacter la personne en charge du traitement d'eau entre les visites.

Observations & commentaires

Les résultats d'analyses réalisées sur le site le jour même doivent impérativement être interprétés.

Cela signifie que toutes les dérives de paramètre indicateur et tous les défauts observés doivent être identifiés.

Rapport analyses chimiques

Exemple (4/4)

Préconisations

Identification des actions à mettre en œuvre pour le contrôle d'un point critique :

- ★ actions à la charge de la société de traitement d'eau
- ★ actions à la charge de l'exploitant du circuit

Date prochaine visite: XX/XX/XXXX

Prochain prélèvement pour analyse légionelle : le YY/XX/XXXX



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Au regard de l'interprétation des résultats l'analyse, la personne en charge du traitement donne des préconisations (en tenant compte dans la mesure du possible des contraintes d'exploitation du site).

Ainsi, si des modifications sont fortement conseillées (par exemple l'achat d'une pompe d'injection à débit plus important, le remplacement des résines d'un adoucisseur...), elles doivent être justifiées par les anomalies détectées.

La répartition des différentes actions entre les deux parties (exploitant, traiteur d'eau) doit être clairement identifiée. Pour chaque action, un délai de réalisation doit être défini.

Chaque bulletin d'analyse reprend les commentaires de la visite précédente, qui n'ont pas été pris en compte.

Exemple:

Rapport de visite du 10/02/04

Action en charge de l'exploitant : commande pour achat d'une pompe d'injection pour biocide non oxydant à débit adapté.

Rapport suivant: Commande de la pompe lancée, réception fin mai.

En attendant: injecter le biocide non oxydant manuellement, directement dans le bac d'une tour en service.

[pour assurer l'efficacité du biocide non oxydant il est indispensable de garantir la concentration en biocide oxydant le plus rapidement possible dans le circuit : mieux vaut une injection manuelle qu'une injection automatisée de trop longue durée].

A FAIRE

Partie 1

L'analyse de risque

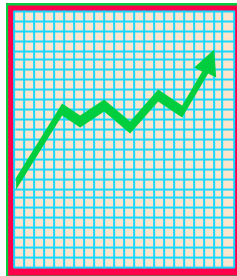
Objectifs et principes de la méthode
Identification des facteurs de risque
Exemples de mesures préventives
Surveillance des mesures préventives
Exemples d'actions correctives
Révision de l'analyse de risque



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Action à mener en cas de dérive des indicateurs

**Une dérive des indicateurs
(dépassement des valeurs d 'alerte)**



**→ Mise en œuvre d'une action corrective
immédiate**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Une dérive d'un ou de plusieurs indicateurs du plan de surveillance est le témoin d'un dysfonctionnement du plan de nettoyage et de désinfection de l'installation.

Une action corrective doit être immédiatement mise en œuvre.

Exemple 1 : détection de légionelles

Action corrective si $C^{\circ} > 1000$ ufc/l

Désinfection immédiate de l'eau en circulation

- ★ Mettre en **circulation** tous les volumes d'eau de l'installation
- ★ **Arrêter l'injection de biocide oxydant**
- ★ Injecter le biocide non oxydant (t=0)
- ★ **Validation:** volume injecté & et durée de l'injection
- ★ Remettre en service l'injection du biocide oxydant (t=4h)
- ★ **Analyse des événements** avant la détection de légionelles: identification de l'origine de la prolifération
- ★ Réaliser une **analyse légionelle 48 heures après le traitement**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Dans le cas des indicateurs « concentration en légionelles toutes espèces », la législation prévoit les actions correctives à mettre en œuvre en fonction des concentrations mesurées.

1000 UFC/L est une valeur d'action qui nécessite la mise en œuvre immédiate d'une désinfection de l'eau en circulation dans l'installation.

Il convient en outre d'analyser les facteurs de risques qui sont à l'origine de cette dérive.

Exemple 2: détection de légionelles

Action corrective si $C^{\circ} > 100\ 000$ ufc/l

- La détection de legionella sp. en concentration supérieure à 100 000 UFC/L nécessite la mise en œuvre d'une action corrective immédiate.
- L'action consiste à nettoyer et désinfecter toutes les surfaces de l'installation en contact avec l'eau (tour, condenseur, tuyauterie) après arrêt complet.
- L'exploitant doit avoir écrit **la procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection** de son installation.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

100 000 UFC/L est une valeur d'action qui nécessite la réalisation immédiate d'une vidange, d'un nettoyage et d'une désinfection de l'installation.

Cette procédure doit être formalisée.

Cas particulier

Dans le cas des installations dont l'arrêt immédiat présenterait des risques importants pour le maintien de l'outil ou la sécurité de l'installation et des installations associées, la mise en œuvre de la procédure d'arrêt sur plusieurs jours pourra être stoppée, sous réserve qu'il n'y ait pas d'opposition du préfet à la poursuite du fonctionnement de l'installation de refroidissement **et** si le résultat selon la norme NF T90-431 d'un prélèvement effectué pendant la mise en œuvre de la procédure d'arrêt est inférieur à 100 000 unités formant colonies par litre d'eau.

La remise en fonctionnement de l'installation de refroidissement ne dispense pas l'exploitant de la réalisation de l'analyse de risques, de la mise en œuvre d'une procédure de nettoyage et désinfection et du suivi de son efficacité. Les prélèvements et les analyses en Legionella specie selon la norme NF T90-431 sont ensuite effectués tous les 8 jours pendant trois mois.

En fonction des résultats de ces analyses, l'exploitant met en œuvre les dispositions suivantes :

- En cas de dépassement de la concentration de 10 000 unités formant colonies par litre d'eau, l'exploitant réalise ou renouvelle les actions menées et soumet ces éléments à l'avis d'un tiers expert dont le rapport est transmis à l'inspection des installations classées dans le mois suivant la connaissance du dépassement de la concentration de 10 000 unités formant colonies par litre d'eau ;
- En cas de dépassement de la concentration de 100 000 unités formant colonies par litre d'eau, l'installation est arrêtée dans les meilleurs délais. Le préfet pourra autoriser la poursuite du fonctionnement de l'installation, sous réserve que l'exploitant mette immédiatement en œuvre des mesures compensatoires soumises à l'avis d'un tiers expert choisi après avis de l'inspection des installations classées.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (1/12)

1- OBJET

Cette procédure présente la méthode de nettoyage et désinfection de toutes les surfaces en contact avec l'eau (tour, condenseur, tuyauterie) après arrêt complet de l'installation lorsque la concentration en legionella est \geq à 100 000 ufc/l sur un résultat définitif d'analyse.

2 - DOMAINE D'APPLICATION

Les dispositions qui suivent concernent tous les intervenants (Personnel de quart, chef de site, chef d'exploitation, responsable environnement, service maintenance et sous traitants...) pour s'assurer:

- ♦ du bon déroulement des opérations de vidange de la totalité du circuit,
- ♦ de nettoyage et désinfection de toutes les surfaces en contact avec l'eau, après arrêt de l'installation.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (2/12)

3 - PRECAUTIONS A PRENDRE ET SECURITE

- ♦ La tour concernée doit être consignée (électriquement et hydrauliquement isolée).
- ♦ Le nettoyage sera réalisé dans le respect des règles de sécurité du travail.

4 - PERSONNEL ET TEMPS NÉCESSAIRE

- ♦ Fonction du site concerné.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (3/12)

5 - CONTRÔLE ET COMPTE RENDU D'INTERVENTION

- ♦ Check list à valider.
- ♦ L'intervention est notée dans le carnet de suivi (et la GMAO si elle existe)

6 - FRÉQUENCE DE L'OPÉRATION

Lors de détection de concentrations en légionelles au delà de 10^5 UFC/l



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (4/12)

7 - MATERIEL NECESSAIRE

- ♦ Pulvérisateur avec lance équipée d'une poignée à gâchette
- ♦ Hypochlorite de sodium, NaOCl (Eau de javel, 47/50° chlorométrique soit 150 g.l-1 Cl2 actif).
- ♦ Eau à proximité (adoucie ou non) avec raccordement d'un jet.
- ♦ **Ne pas prendre de l'eau du circuit condenseur.**
- ♦ Biodétergent ou biodispersant
- ♦ Biocide non oxydant
- ♦ Gant, masque FFP3SL, combinaison jetable.

Si l'intervention est réalisée par une entreprise extérieure, l'exploitant s'assure que le déroulement des opérations s'effectue correctement



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (5/12)

7 - METHODOLOGIE

7.1 Arrêter des installations.

7.2 Injecter le biodispersant ou biodétergent (nettoyage chimique):

x g/m³ soit y litres pour 100m³ de volume du circuit.

Ne pas injecter d'antimousse, fractionner plutôt l'injection.

7.3 Mettre en service toutes les pompes pour assurer la circulation de **tout le volume d'eau** dans l'installation (fonctionnement en ruissellement dans les tours, ventilateurs à l'arrêt) [[cf. procédure « gestion des pompes »](#)]

(si toutes les pompes ne peuvent pas fonctionner en même temps, l'alternance est possible mais chacune doit circuler pendant au moins deux heures consécutives).

7.4 Faire circuler l'ensemble au minimum 3 heures.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (6/12)

7.5 Injecter le biocide non oxydant en choc

[cf. [procédure « traitement biocide en choc »](#)]

7.6 Laisser en service toutes les pompes pour assurer la circulation de **tout le volume d'eau** dans l'installation (fonctionnement en ruissellement dans les tours, ventilateurs à l'arrêt) [cf. [procédure « gestion des pompes »](#)]

(si toutes les pompes ne peuvent pas fonctionner en même temps, l'alternance est possible mais chacune doit circuler pendant au moins deux heures consécutives).

7.7 Faire circuler l'ensemble au minimum 3 heures.

7.8 Ouvrir le maximum de piquages pendant au minimum 3 minutes chacun.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (7/12)

7.9 Arrêter toutes les pompes et vidanger totalement l'installation, purger les points bas [cf. [procédure « purge et vidange des points bas »](#)].

7.10 Nettoyer mécaniquement les tours

[cf. [procédure nettoyage mécanique des tours](#)]

La tour est parfaitement isolée électriquement et hydrauliquement.

ATTENTION : éviter la dissémination d'aérosols dans l'environnement lors des opérations de nettoyage avec un jet basse, moyenne ou haute ou pression.

7.11 Remettre en eau potable adoucie le circuit, la purge de déconcentration doit être fermée.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (8/12)

7.12 Vérifier le bon fonctionnement des appareils d'injections de produits de traitement (biodispersant ou biodétergent, biocide oxydant).

7.13 Mettre en service toutes les pompes pour assurer la circulation de **tout le volume d'eau** dans l'installation (fonctionnement en ruissellement dans les tours, ventilateurs à l'arrêt) [[cf. procédure « gestion des pompes »](#)]

(si toutes les pompes ne peuvent pas fonctionner en même temps, l'alternance est possible mais chacune doit circuler pendant au moins deux heures consécutives).

7.14 Doser la turbidité de l'eau - à réaliser sur site à l'aide d'un spectromètre) toutes les 60 min. après l'injection de biodispersant ou biodétergent.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (9/12)

7.15 Injecter en choc le biocide non oxydant

(X mg/l soit Y litres en 30 minutes maximum).

Laisser en service toutes les pompes pour assurer la circulation de **tout le volume d'eau** dans l'installation (fonctionnement en ruissellement dans les tours, ventilateurs à l'arrêt) [cf. [procédure « gestion des pompes »](#)]

(si toutes les pompes ne peuvent pas fonctionner en même temps, l'alternance est possible mais chacune doit circuler pendant au moins deux heures consécutives).

7.16 Faire Circuler au minimum 3 heures.

7.17 Arrêter toutes les pompes et vidanger totalement l'installation, en purgeant les points bas [cf. [procédure « purge et vidange des points bas »](#)].



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (10/12)

7.18 Remettre en eau potable adoucie, purge de déconcentration fermée.
Vérifier le bon fonctionnement des appareils d'injections de produits de traitement (anticorrosion, biodispersant ou biodétergent, biocide oxydant).

7.19 Remettre en service toutes les pompes pour assurer la circulation de **tout le volume d'eau** dans l'installation (fonctionnement en ruissellement dans les tours, ventilateurs à l'arrêt) [[cf. procédure « gestion des pompes »](#)]

(si toutes les pompes ne peuvent pas fonctionner en même temps, l'alternance est possible mais chacune doit circuler pendant au moins deux heures consécutives).

7.20 Doser de la turbidité de l'eau - à réaliser sur site à l'aide d'un spectromètre) toutes les 30 min. après l'injection de biodispersant ou biodétergent pendant 3 heures. Et **réaliser un prélèvement pour analyses de légionelles**.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (11/12)

7.21 Si la turbidité dans le circuit augmente fortement (> facteur 10):

répéter la phase de vidange, remplissage avec biodisperant ou biodétergent, circulation au minimum pendant 3 heures, désinfection, vidange et remplissage avec contrôle de la turbidité.

Refaire un prélèvement pour **analyses de légionelles**.

7.22 Si après 3 heures de circulation la turbidité est stable, et si le résultat légionelle présumé à J5 indique: « non détection de légionelle », **remettre l'installation en service normal (y compris des ventilateurs)**.

7.23 Réaliser immédiatement une injection en choc du biocide non oxydant (X mg/l soit Y litres en 30 minutes maximum).



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

exemple

Procédure d'arrêt pour nettoyage et désinfection (12/12)

7.24 Vérifier le bon fonctionnement des traitements:

Nettoyage en permanence, désinfection.

Réaliser 2 injections biocides en choc par semaine pendant 15 jours, en alternant deux types de biocides.

7.24 Réaliser un prélèvement par semaine pour analyses de légionelles pendant trois mois. Les prélèvements sont réalisés au minimum 48 heures après le traitement biocide en choc.

Si **trois analyses consécutives sont « non Détectées »**, reprendre la stratégie de traitement normale.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Cette procédure d'arrêt est donnée à titre d'exemple.

Partie 1

L'analyse de risque

Objectifs et principes de la méthode
Identification des facteurs de risque
Exemples de mesures préventives
Surveillance des mesures préventives
Exemples d'actions correctives
Révision de l'analyse de risque



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Révision de l'analyse de risque

Fréquence

» Annuelle

- * Obligatoire pour les installations soumises à Autorisation
- * Conseillée pour les installations soumises à Déclaration

» Si dépassement de seuils de concentration en légionelles

- * Légionelle $\geq 10^5$ UFC/l
- * Trois analyses consécutives Légionelle $\geq 10^3$ UFC/l



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Révision de l'analyse de risque Intérêt

- * Enseignement sur le retour d'expérience : amélioration continue
- * Valorisation de l'expérience acquise et des résultats obtenus
- * Correction des points qui présentent des imperfections
- * Adaptation des procédures techniques
- * Mise à jour des modifications apportées à l'installation (réalisation des travaux planifiés)
- * Identification du manque d'informations récoltées (dans le carnet de suivi)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Partie 2

Mauvaises pratiques, actions à mener

Conception / Implantation

Exploitation

Maintenance

Surveillance



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

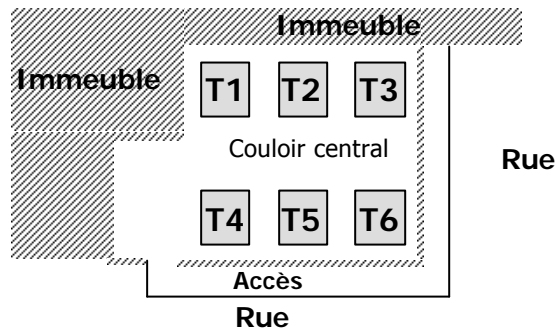


Mauvaise pratique d'implantation

Description

Site au 4ème étage d'un immeuble

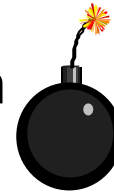
Autour d'un couloir central se répartissent 6 tours sur 2 rangées
Dans chacune des rangées les tours sont accolées les unes aux autres
L'ensemble est bordé de 2 murs plus hauts que les tours



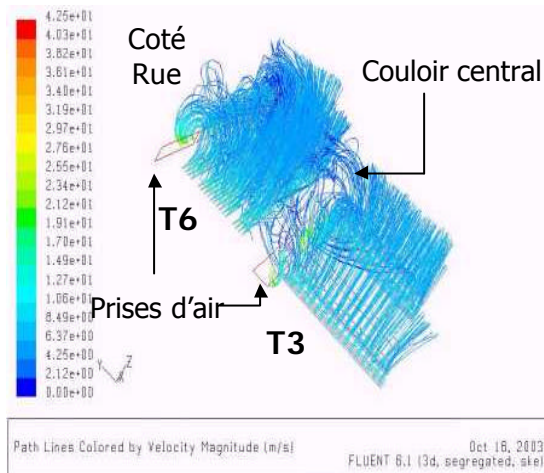
Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Mauvaise pratique d'implantation

Facteur de risque



Simulation numérique



L'implantation favorise:

- le recyclage de l'air émis par les tours
 - au niveau du couloir central
 - coté rue
 - la stagnation du panache sur les tours
 - coté bâtiments
- dégradation des performances de la tour
→ pertes énergétiques

Conséquence:

- risque de prolifération d'algues



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

L'orientation de la figure qui représente une simulation numérique, permet de visualiser le recyclage du panache. Les lignes bleues représentent le flux d'air : elles devraient être rectilignes. Or elles présentent des directions orientées vers l'aspiration de la tour (schématisée par un rectangle). La mauvaise circulation d'air liée à un confinement des tours entraîne une dépression entre les tours, qui induit les phénomènes de recyclage du panache des tours.

Action à mener



Eloigner les entrées & les sorties d'air

Utiliser:

- des entrées larges à faible vitesse
- des sorties puissantes et directionnelles
(☉ pare gouttelettes adapté)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

La solution, préalablement validée par simulation, a été de réaliser des ouvertures dans deux des murs autour des tours.

Partie 2

Mauvaises pratiques, actions à mener

Conception / Implantation

Exploitation

Maintenance

Surveillance



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Mauvaise pratique d'exploitation

Description

Installation de refroidissement avec 3 tours

- ✧ Une tour est consignée pour nettoyage & désinfection
- ✧ Intervention d'une société externe choisie par l'exploitant
- ✧ Remise en service à la fin des opérations
- ✧ Reprise normale du fonctionnement



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Mauvaise pratique d'exploitation

Facteur de risque



- › Remise en circulation de « matières en suspension » provenant des dépôts éliminés des tours
- › Mise en circulation de fragments de biofilm

Conséquences:

- **Chute de la concentration en biocide oxydant résiduel**
 - si pas d'asservissement de l'injection du biocide oxydant à la mesure de résiduel
- **Contamination de l'eau en circulation par des légionelles**



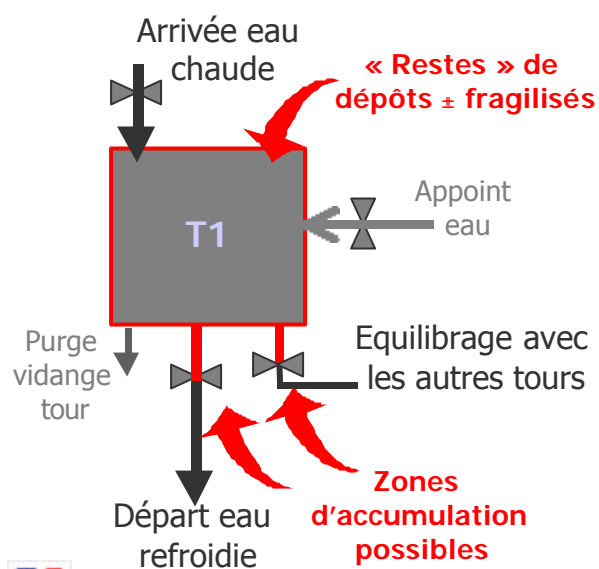
Défaut de coordination entre intervenants
Absence de procédure préventive



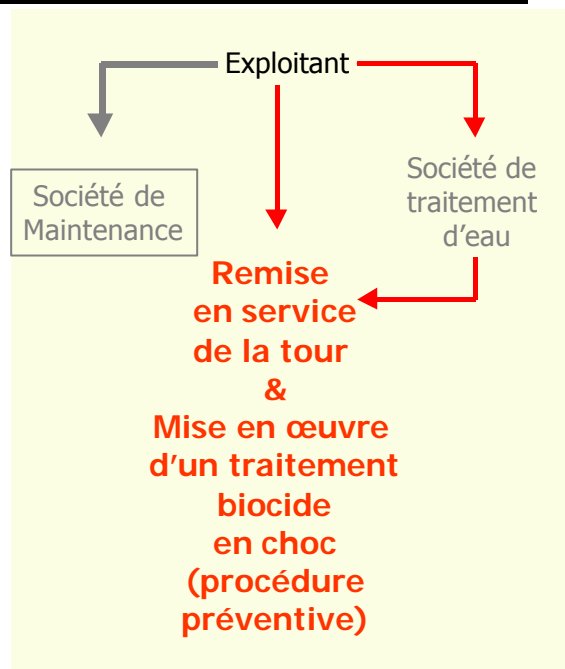
Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Action à mener

Lors de la remise en service de la tour



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Le nettoyage mécanique ne permet pas l'élimination de 100% du biofilm.

En outre, dans certains cas, des dépôts peuvent s'accumuler au moment du nettoyage (lors de la phase de rinçage) dans certaines canalisations, juste en amont de la vanne d'isolement.

Il s'agit d'un facteur de risque lié à la conception : la vanne devrait être située le plus près possible de la tour et être en point bas.



Mauvaise pratique d'exploitation

Description

Stratégie de lutte contre le risque de prolifération des légionelles & du biofilm:

- ↪ Nettoyage en permanence des surfaces en contact avec l'eau + désinfection dans des conditions de mises en œuvre adaptées
- ↪ Gestion des marches/arrêts des condenseurs & des tours

Observation: chaque pompe est doublée par une pompe de secours, utilisée seulement en cas de panne



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Mauvaise pratique d'exploitation

Facteur de risque



Formation de biofilm dans les pompes & leur canalisations d'alimentation pendant les phases d'arrêt

Conséquences:

→ Contamination de l'eau du circuit par les légionelles au moment de la mise en service des pompes de secours et des canalisations les desservant

↗ du risque avec ↗ des surfaces à l'arrêt



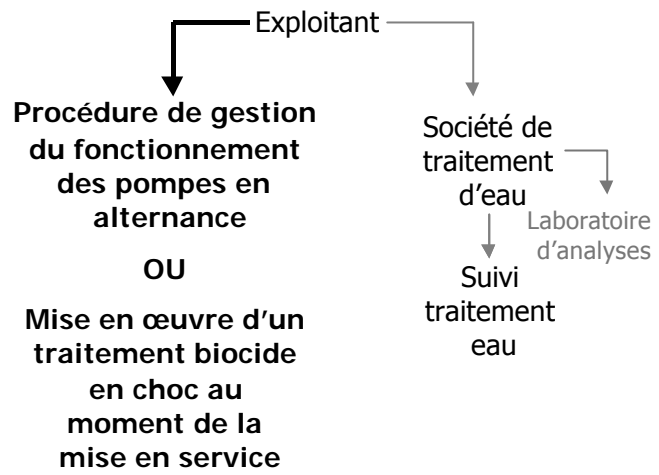
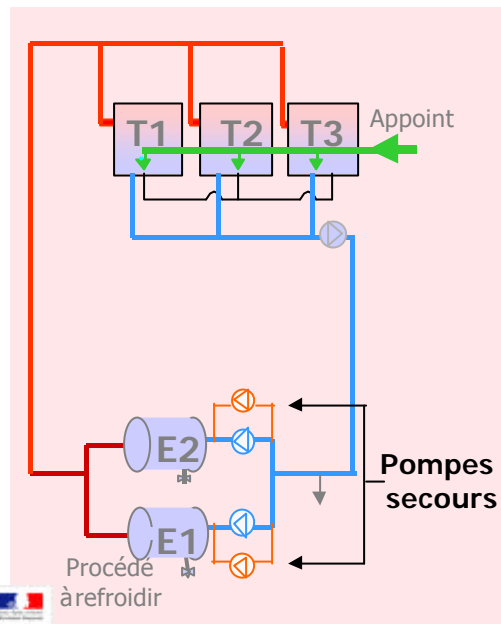
Défaut de gestion d'un bras mort permanent
Absence de procédure préventive



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Action à mener

Procédure de gestion d'un bras mort permanent



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Mauvaise pratique d'exploitation

Description

Stratégie de traitement

Installation de 300 m³

Temps de 1/2 séjour= 20 h

Injection permanente

- ✧ Adoucissement de l'eau d'appoint
- ✧ Injection d'anticorrosion avec asservissement au volume d'appoint
- ✧ Injection de biocide oxydant asservie à la mesure de résiduel

1 fois/semaine

Chaque mardi:

- ✧ Essais de démarrage de groupes électrogènes secours
 - ✧ Injection de Biodispersant en choc
- ET
- ✧ 3 heures après injection de biocide non oxydant en choc (avec arrêt de l'injection du biocide oxydant pendant ~4 heures)



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

La présence de biofilm dans la canalisation & les pompes qui alimentent les groupes électrogènes (GE) est un facteur de risque qui doit être pris compte.

Il nécessite la mise en œuvre d'une procédure préventive pour lutter contre la contamination de l'eau, au moment de la mise en service des GE.

La démarche présentée est bonne, mais les conditions de mise en œuvre des traitements ne sont pas adaptées.

Mauvaise pratique d'exploitation

Facteur de risque



- › Pas de nettoyage permanent
- › Injection du biocide dans eau turbide: ↘ efficacité
- › Interaction entre les biocides (efficacité faible voire nulle)

Conséquences:

- Mise en suspension des dépôts (↗ MES, ↗ turbidité)
- Re-formation des dépôts : quelques heures après l'injection du biodispersant
- Pas de désinfection choc efficace



Défaut de mise en œuvre du traitement d'eau



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Les traitements de nettoyage en choc trop espacés dans le temps ne permettent pas le contrôle de la prolifération du biofilm et des légionelles. Les matières en suspension qui ne sont pas éliminées par les purges de déconcentration ou par la filtration dérivée, se redéposent après quelques heures dans le circuit jusqu'au traitement suivant.

Le biocide non oxydant associé à ces traitements de nettoyage ponctuels, se trouve dans une eau turbide, ce qui affecte son efficacité (la durée de vie de la molécule est affectée).

Action à mener

Procédure de nettoyage en permanence



Stratégie de traitement

En permanence

- ✧ adoucissement de l'eau d'appoint
- ✧ injection d'anticorrosion avec asservissement au volume d'appoint
- ✧ injection de biocide oxydant avec asservissement à la mesure de résiduel
- ✧ **injection de biodispersant ou biodétergent (en continu ou discontinu)**

En choc 1 fois/semaine

- ✧ **arrêt du biocide oxydant**
- ✧ **injection du biocide non oxydant rapidement en une seule fois**
- ✧ **mise en circulation de tous les volumes d'eau**
- ✧ **remise en service de l'injection de biocide oxydant (~4 h après)**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Mauvaise pratique d'exploitation

Description

Tours consignées

- J0 Isolement hydraulique et électrique
Injection biocide
- J1 Nettoyage mécanique des tours
- J3 Vidange de l'installation
Remise en eau
Injection de biodispersant / Formation de mousses
Injection d'antimousse
- J4 Injection de Biocide
Vidange de l'installation
- J5 Remise en eau
Analyse Légionelle
- J13 Légionelle ND
Remise en service



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Mauvaise pratique d'exploitation

Facteur de risque



Tours consignées

- J0 Isolement hydraulique et électrique
Injection biocide
 - J1 Nettoyage mécanique des tours
 - J3 Vidange de l'installation
Remise en eau
Injection de biodispersant / Formation de mousses
Injection d'antimousse
 - J4 Injection de Biocide
Vidange de l'installation
Remise en eau
 - J5 Analyse Légionelle
 - J13 Légionelle ND
Remise en service
- ↳ **Pas de nettoyage efficace**
l'anti mousse entrave l'action du biodispersant
- ↳ **Fragilisation du biofilm**
- Conséquences:**
→ **Risque de contamination de l'eau circulante**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Action à mener



Pour limiter la formation de mousse

- **NE PAS UTILISER d'antimousse**
- **Fractionner l'injection de biodispersant ou biodétergent**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

La mousse générée par le biodispersant ou le biodétergent, peut provoquer le dysfonctionnement puis l'arrêt de l'installation : les capteurs détectent « niveau haut » dans le bac de tour à cause des mousses ; le circuit n'est pas réalimenté en eau d'appoint comme il devrait l'être pour compenser les purges de déconcentration. Pour des raisons de sécurité, l'exploitant peut être amené à utiliser ponctuellement de l'antimousse. En aucun cas cette utilisation ne doit être systématique.

Partie 2

Mauvaises pratiques, actions à mener

Conception / Implantation

Exploitation

Maintenance

Surveillance



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Mauvaise pratique de maintenance

Description

- › Arrêt des installations
- › Adoucisseurs à l'arrêt en « eau »
- › Nettoyage & désinfection du circuit à l'arrêt
- › Durée de l'intervention: 1 semaine

- › Remise en eau du circuit à la fin des opérations
- › Mise œuvre d'une procédure désinfection en choc



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Mauvaise pratique de maintenance

Facteur de risque



- Prolifération de micro-organismes (bactéries, protozoaires, ...) dans les adoucisseurs à l'arrêt

Conséquences:

- **Contamination de l'eau au moment de la remise en service**
- **Chute de la concentration en biocide oxydant résiduel**
 - si pas d'asservissement de l'injection du biocide oxydant à la mesure de résiduel



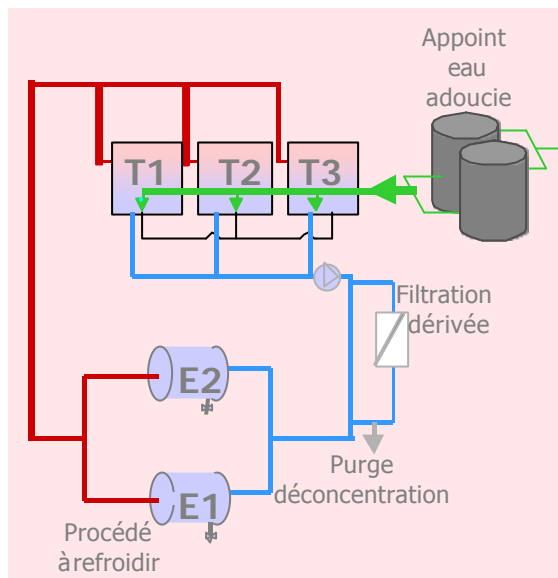
Défaut de gestion d'un bras mort temporaire
Absence de procédure préventive



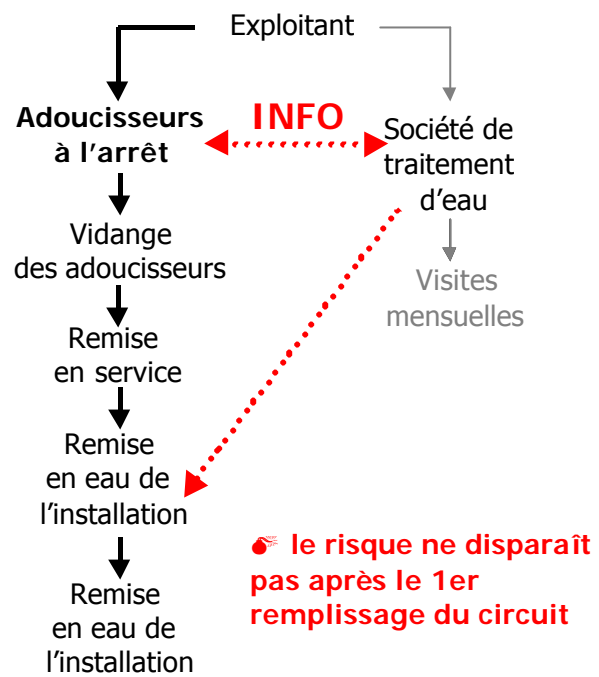
Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Action à mener

Procédure de gestion d'un bras mort temporaire



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005





Mauvaise pratique de maintenance

Description

- **Mesure du TH à la sortie d'un adoucisseur ~ 7°F (valeur cible = 0)**
- **Attente de la prochaine visite du technicien en charge du traitement d'eau → dans 15 jours**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Mauvaise pratique de maintenance

Facteur de risque



- › Augmentation du TH dans l'eau du circuit

Conséquence:

- Entartrage des parties les plus chaudes et de la tour
- Réduction de l'efficacité de certains traitements

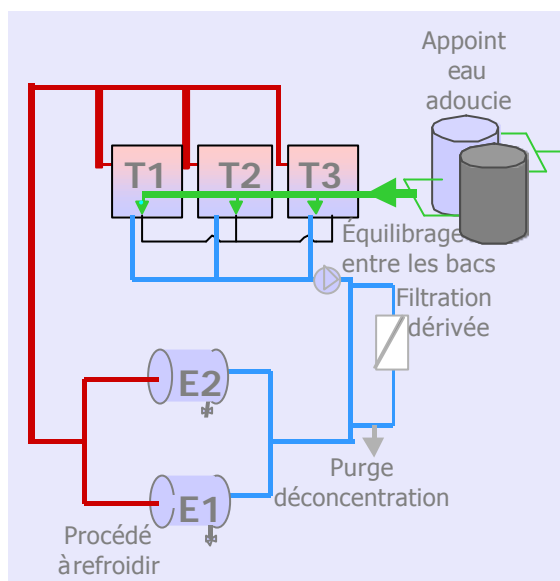


Défaut de coordination entre intervenants
Absence d'action corrective

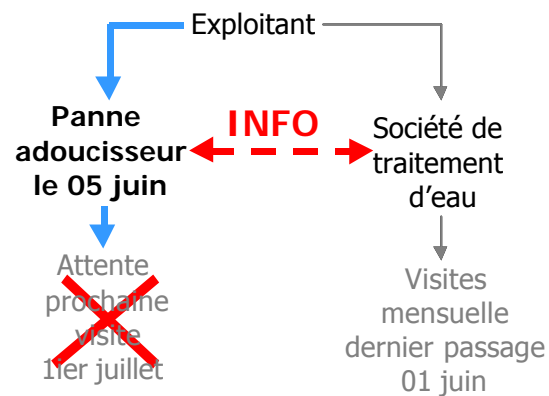


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Action à mener Intervention immédiate



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Intervention immédiate

Adoucisseur à l'arrêt:

- **modification du traitement d'eau et/ou**
- **➔ débit de purges de déconcentration et/ou**

Dès qu'un défaut est constaté sur l'adoucisseur des mesures préventives doivent être prises pour éviter l'entartrage.

Exemple:

- Changer d'adoucisseur et lancer une régénération de l'adoucisseur défaillant...
- Basculer l'appoint d'eau non potable en eau potable en modifiant les paramètres cibles de gestion des purges de déconcentration.
- ...

Le nombre de fois pendant lequel la valeur de TH dans le circuit dérive est un indicateur pour déclencher le détartrage des tours. Attendre que le tartre soit visible implique des traitements plus importants, se révélant quelquefois inefficaces, et conduisant finalement au changement des parties internes de la tour.

Partie 2

Mauvaises pratiques, actions à mener

Conception / Implantation

Exploitation

Maintenance

Surveillance



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Mauvaise pratique de surveillance

Description

- › **Surveillance de paramètres indicateurs**

- Légionelle (en laboratoire)
- Flore totale (en laboratoire)
- ATP (sur le terrain avec un kit portable)

- › **Détermination des injections préventives en choc en fonction des résultats de l'analyse ATP**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

L'ATP (Adénosine Tri Phosphate) est la forme de stockage de l'énergie dans les cellules vivantes.

L'activité microbienne est évaluée par mesure de la quantité d'ATP dans l'eau. Si le prélèvement est représentatif, le résultat de la mesure est proportionnel à l'activité microbienne dans l'échantillon considéré.

Les termes " flore totale " ou " germes totaux " ou " bactéries totales " désignent une fraction de la population bactérienne (dont ne fait pas partie la Legionella). Ces bactéries sont aérobies (elles ont besoin d'oxygène) et mésophiles (elles préfèrent les températures tièdes ~22°C).

Mauvaise pratique de surveillance Facteur de risque du 22/02/01



Analyses réalisées en laboratoire - Prélèvements réalisés & résultats reçus par le responsable traitement d'eau

Analyses réalisées sur site par le responsable du traitement d'eau

Date	Flore totale UFC/ml		Legionella UFC/l		Commentaire Laboratoire	ATP cible : <100 rlu	Commentaire Frateur d'eau
	à 22°C	à 36°C	L. sp	L. p			
20/09/00	240	60	75000	75000	aucun	42	MICROBIO OK
16/11/00	360	640	<50	<50	aucun		Pas de mesure
22/02/01	128000	104000	4500	4500	aucun	40	MICROBIO OK
28/03/01	8000	5800	<50	<50	aucun	36	MICROBIO OK
13/06/01	80000	47000	<50	<50	flore annexe importante 300 ml filtrés	47	MICROBIO OK
21/06/01	16000	11000	15000	15000	aucun	60	MICROBIO OK

- › Aucune corrélation entre les résultats ATP et la concentration « Flore totale »
- › Le 22/02/01: Concentration en Flore x 1000 - Résultat ATP : Stable

→ **Conséquence: pas de maîtrise du risque**



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Mauvaise pratique de surveillance Facteur de risque du 13/06/01



Analyses réalisées en laboratoire - Prélèvements réalisés & résultats reçus par le responsable traitement d'eau

Analyses réalisées sur site par le responsable du traitement d'eau

Date	Flore totale ufc/ml		Legionella ufc/l		Commentaire	ATP	Commentaire
	à 22°C	à 36°C	L. sp	L. p	Laboratoire	cible : <100 rlu	Fraieur d'eau
20/09/00	240	60	75000	75000	aucun	42	MICROBIO OK
16/11/00	360	640	<50	<50	aucun		Pas de mesure
22/02/01	128000	104000	4500	4500	aucun	40	MICROBIO OK
28/03/01	8000	5800	<50	<50	aucun	36	MICROBIO OK
13/06/01	80000	47000	<50	<50	flore annexe importante 300 ml filtrés	47	MICROBIO OK
21/06/01	16000	11000	15000	15000	aucun	60	MICROBIO OK

› Commentaire du laboratoire: ignoré

→ **Conséquence: inhibition possible des légionelles par la flore**

Défaut de surveillance

Analyse non représentative



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Action à mener



A réception des résultats d'analyse :

- Vérifier que chaque indicateur est dans sa plage de valeur cible**
- Associer les résultats des indicateurs avec les modalités de fonctionnement de l'installation**

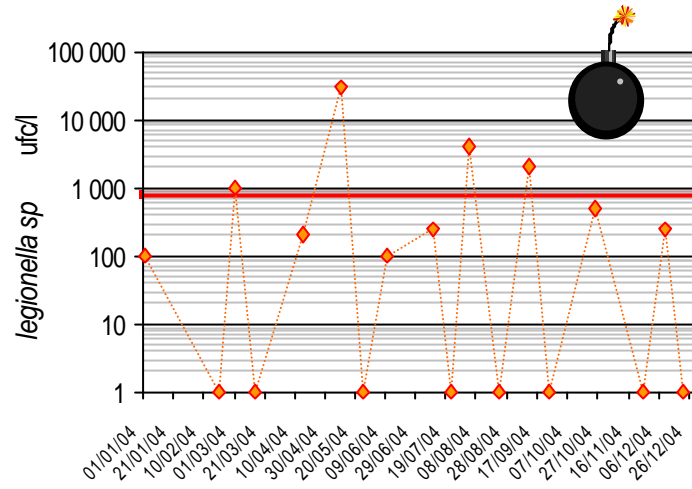


Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005



Exemple: interprétation d'une série de résultats d'analyses légionelles

Les résultats d'analyse sont à considérer dans leur ensemble.



Ce qu'il faut lire ici :

Le biofilm est présent dans l'installation et le risque de prolifération n'est pas géré.

Le nettoyage mis en œuvre n'est pas efficace.

Il faut revoir le plan d'entretien et le plan de surveillance.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Conclusions (1/3)

L'analyse de risque est un outil qui permet sur une installation

- ✧ d'identifier les dangers et d'évaluer le risque lié à une installation,
- ✧ de définir les moyens nécessaires à la maîtrise du risque sanitaire,
- ✧ de s'assurer que ces moyens sont mis en œuvre de façon effective et efficace.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Conclusions (2/3)

En outre, cet outil permet

- ✧ de rationaliser les différentes actions (outil pédagogique),
- ✧ d'organiser les données disponibles,
- ✧ d'identifier les conditions multi-factorielles conduisant aux risques,
- ✧ d'éviter « l'oubli » d'éléments conduisant aux risques,
- ✧ de définir les responsabilités,
- ✧ d'étaler la gestion des difficultés dans le temps.

☛ La méthode est spécifique à chaque installation et ne doit pas être considérée comme l'énumération des moyens techniques mis en œuvre



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005

Conclusions (3/3)

Pour être efficace, la gestion du risque doit

- être intégrée de façon routinière à la vie de l'exploitation,
- faire partie intégrante des autres outils et règles quotidiennes,
- impliquer tous les intervenants de façon régulière.

Les traitements désinfectants préventifs & curatifs

- ne sont pas mis en œuvre seulement selon une fréquence calendaire mais sur la base de l'identification d'un facteur de risque,
- ne sont pas des solutions systématiques → Aucun point critique ne peut être négligé.



Réalisé par Climespace-M. Merchat pour le MEDD - février 2005