

Traitements pour la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

TABLE DES MATIÈRES

1. Retour d'expériences sur les dépassements de 10^5 UFC/L en légionelles	4
1.1 Contexte et objectif	4
1.2 Constats	4
1.2.1 Sur les traitements de nettoyage	4
1.2.2 Sur les traitements de désinfection	5
1.2.2.1 Désinfection avec biocide oxydant	5
1.2.2.2 Désinfection avec biocide non oxydant	6
1.2.3 Influence de la qualité de l'eau d'appoint	6
1.3 Conclusions du retour d'expérience	6
2. Définitions associées à la mise en œuvre des traitements	8
2.1 Installation de refroidissement et tour(s) aéroréfrigérante(s)	8
2.2 Les légionelles dans les installations de refroidissement	10
2.3 Les Traitements	11
2.3.1 Traitements préventifs et traitements curatifs	11
2.3.2 Traitements permanents	11
2.4 Nettoyage et désinfection	13
2.4.1 Le Nettoyage	13
2.4.1.1 Nettoyage Chimique	13
2.4.1.2 Nettoyage mécanique	15
2.4.2 La désinfection	15
2.4.2.1 Désinfection chimique avec des biocides oxydants	16
2.4.2.2 Désinfection chimique avec biocides non oxydants	17
2.4.3 Traitements complémentaires	17
2.4.3.1 Les matières en suspension et leur traitement	17
2.4.3.2 Le tartre et son traitement	17
2.4.3.3 La corrosion et son traitement	18
3. Bonnes pratiques de mise en œuvre des traitements	19
3.1 Installation en fonctionnement	19
3.1.1 Les traitements préventifs	19
3.1.1.1 Nettoyage chimique	19
3.1.1.2 Désinfection chimique	21
3.1.1.3 Traitements complémentaires	22
3.1.2 Traitement curatif	22
3.2 Installation à l'Arrêt	24
3.3 Gestion des Inconvénients liés à la mise en œuvre des traitements chimiques	26
3.3.1 Formation de mousse avec les biodispersants Biodetergents	26
3.3.2 Corrosion des matériaux	26
3.3.3 Rejets des traitements dans l'environnement	26

INTRODUCTION

Ce document, réalisé avec l'appui technique de M. Merchat , responsable du service Recherche & Développement et la contribution de l'INERIS, présente une synthèse des traitements couramment mis en œuvre pour gérer le risque de prolifération de légionelles dans les installations de refroidissement. Il est avant tout destiné aux différents acteurs français concernés par la gestion de ce risque : exploitants, bureaux d'études, administrations...

Il s'appuie le retour d'expériences établi à partir de l'examen d'analyses de risques élaborées en 2005 par des exploitants ayant constaté des dépassements de concentrations de 100 000 UFC/L en légionelles dans leurs installations. Cet examen, qui figure en préambule du document, montre que les principes de gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement ne sont à ce jour pas assimilés. Ce constat nous a conduit à préciser ces éléments à l'attention notamment des exploitants.

Dans ce cadre, la première partie du document, théorique, rappelle les bases¹ scientifiques et techniques des traitements mis en œuvre pour limiter la prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement, en particulier celles concernant les traitements chimiques qui sont les plus utilisés.

La seconde partie du document détaille les bonnes pratiques de mise en œuvre de ces traitements de façon plus opérationnelle, en s'appuyant notamment sur les conclusions de l'étude « Evaluation de l'efficacité des désinfections biocides dans les installations de refroidissement » réalisée par CLIMESPACE pour l'INERIS en 2006.

1 Ces bases peuvent être complétées par les éléments présentés dans le « Guide formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement », CLIMESPACE/MEDD, 2005, et le « Guide de recommandations présentant les avantages et les inconvénients des systèmes de refroidissement d'eau », CETIAT/MEDD, 2005.

1. Retour d'expériences sur les dépassements de 10^5 UFC/L en légionelles

1.1 CONTEXTE ET OBJECTIF

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

En 2005, près de 400 dépassements de la concentration de 100 000 UFC/L ont été portés à la connaissance de l'inspection. Sur la base d'une partie des analyses transmises, il a été décidé de réaliser un retour d'expériences dont les objectifs étaient :

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

L'examen permettant de réaliser ce retour d'expériences a porté sur 58 analyses de risques. Parmi celles-ci, seules 28 analyses de risques étaient rédigées de façon assez précise pour être exploitées. Il faut noter que 15 de ces analyses correspondaient à des installations du secteur industriel et 13 à des installations du secteur tertiaire.

1.2 CONSTATS

1.2.1 SUR LES TRAITEMENTS DE NETTOYAGE

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

79% des installations concernées, dont 100% des installations du secteur tertiaire, ne font pas l'objet d'un nettoyage chimique visant à lutter contre la formation du biofilm.

Il faut noter le cas d'une installation qui fait l'objet d'un nettoyage en continu et qui a présenté une contamination en légionelles. L'analyse de risque n'était pas assez précise pour déterminer dans ce cas l'origine de la contamination, car tous les facteurs de risques devaient être étudiés : modalités d'injection du biodispersant, modalités d'injection du biocide, qualité d'eau d'appoint (eau de forage) ou son traitement (filtre à sable), hydraulique (mise en service éventuelle d'un bras mort, ou déplacement d'un volume d'eau ayant stagné...)...

Exemple non exhaustif :

L'injection du biodispersant est-elle asservie au compteur d'appoint ?

Non : le biodispersant est-il sous dosé (débordement des tours, fréquence d'injection inadaptée) ?

Oui : y a-t-il un problème de circulation d'eau ?

Oui : mise en service d'un bras mort, remise en service d'un volume d'eau ayant stagné en même temps qu'une défaillance du traitement de désinfection

Non : l'injection du biocide oxydant est-elle asservie à la mesure de résiduel ? (non précisé)

Non : l'eau d'appoint est une eau de forage peu « protégée » puisqu'il y a aussi un filtre à sable. Le résiduel peut être nul par moment.

Oui : à quel niveau est injectée le biocide oxydant ? Le filtre à sable est peut être une piste ...

Et ... plusieurs choses sont à passer en revue ainsi ...

1.2.2 SUR LES TRAITEMENTS DE DESINFECTION

Désinfection préventive	Installations concernées
Avec du biocide oxydant	32% (9/28)
Avec du biocide oxydant et du biocide non oxydant	21% (6/28)
Avec du biocide non oxydant	46% (13/28)

1.2.2.1 Désinfection avec biocide oxydant

53% des installations concernées font l'objet d'une désinfection préventive par un biocide oxydant.

Sur la moitié d'entre elles, la concentration résiduelle en oxydant n'est pas mesurée, ce qui ne permet pas à l'exploitant de s'assurer l'efficacité de la désinfection.

En outre, deux de ces installations sont alimentées en eau d'appoint non potable (une eau de rivière et une eau de forage), ce qui constitue un facteur de risque dans la mesure où la teneur en éléments oxydables consommateurs de biocide varie dans l'eau de rivière², et annihile très probablement le pouvoir désinfectant du biocide pendant certaines périodes. Ce facteur de risque est majoré, dans ces deux cas, par l'absence de traitement de nettoyage.

² Et dans l'eau de forage qui n'est pas protégée mais soumise aux influences extérieures.

1.2.2.2 Désinfection avec biocide non oxydant

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

68% des installations soit 19 sur 28 utilisent du biocide non oxydant. Pour 100% d'entre elles, les désinfections sont préventives alors qu'il est recommandé de limiter l'utilisation de ce type de biocides aux désinfections curatives³. L'injection du biocide par choc est basée sur une fréquence calendaire : 1 fois/2 mois, 1 fois/mois, 1 fois/semaine, 3 fois/semaine, 1 fois/48 h, 4 fois/jour...

1.2.3 INFLUENCE DE LA QUALITE DE L'EAU D'APPOINT

Installations du Appoint en	Secteur tertiaire	Secteur industriel	total
Eau potable	12/13	9/15	21/28
Eau de forage	1/13	2/15	3/28
Eau de surface	-	4/15	4/28

66% des installations concernées sont alimentées en eau potable. L'alimentation en eau potable est généralement considérée comme un moyen de maîtriser la qualité d'eau d'appoint, en procurant une eau de qualité stable, non soumise aux influences météorologiques. Or il apparaît que, à elle seule, cette mesure n'est pas suffisante pour maîtriser la prolifération des légionelles.

1.3 CONCLUSIONS DU RETOUR D'EXPERIENCE

En conclusion, il apparaît que :

1. 79% des installations ne faisaient pas l'objet de nettoyage chimique pour lutter contre le biofilm.
2. 18% des installations faisaient l'objet d'un nettoyage chimique de manière non permanente.
3. 67% des installations ne faisaient pas l'objet d'une désinfection préventive avec un biocide non oxydant.
4. 47% des installations faisant l'objet d'une désinfection par un biocide oxydant ne contrôlaient pas la concentration en oxydant résiduel.

³ « Evaluation de l'efficacité des désinfections biocides dans les installations de refroidissement » Etude Merchat M*, Deumier A*, Chaperon G** ; *Climespace, **Capsis, 2006.

5. 71% des installations mettaient en œuvre un traitement avec de l'eau de javel dans un domaine de pH où l'activité biocide de celle-ci est la moins efficace.

Ces constats montrent que, pour nombre d'exploitants, la stratégie de traitement d'une installation se réduit encore trop souvent aux seuls traitements anti-corrosion et anti-tartre et que ceux-ci s'avèrent tout à fait insuffisants pour maîtriser la concentration en légionelles. Ils montrent en outre que l'absence de nettoyage permanent de toutes les surfaces en contact avec l'eau dans l'installation (lutte contre le biofilm) et l'absence de maîtrise des conditions de mise en œuvre des désinfections conduisent à des proliférations importantes.

2. Définitions associées à la mise en œuvre des traitements

2.1 INSTALLATION DE REFROIDISSEMENT ET TOUR(S) AEROREFRIGERANTE(S)

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

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

Dans une installation de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air, les principaux constituants sont (Figure 1: Circuit de refroidissement ouvert (Source MEDD/Climespace)).

- Les appareils au travers desquels les calories sont transférées d'un procédé à refroidir à l'eau (condenseurs, échangeur, réfrigérant de fluide, compresseurs, moteurs...).
- La ou les tours de refroidissement qui permettent l'élimination des calories transférées à l'eau par contact direct avec l'air. Il existe différents types de tours de refroidissement classées selon le mode de circulation de l'air⁴ ou de circulation de l'eau⁵.
- Les canalisations qui amènent l'eau chaude de l'appareil transférant les calories vers la tour de refroidissement et les canalisations qui renvoient l'eau refroidie du bac de la tour vers le procédé à refroidir, l'ensemble constituant le circuit de refroidissement.
- Les équipements divers dans lesquels circule l'eau : les pompes, la filtration dérivée et ses canalisations, le matériel de secours....



Figure 1: Circuit de refroidissement ouvert (Source MEDD/Climespace)

4 Tour à tirage naturel, à tirage forcé ou à tirage induit.

5 Circulation de l'eau et de l'air à contre courant, à courant croisé, à flux laminaires.

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

- de l'évaporation d'eau au niveau de la tour, ce qui a pour effet de concentrer les sels minéraux dans le circuit. La quantité d'eau évaporée varie en fonction de la température extérieure, de l'hygrométrie de l'air, de la température d'entrée de l'eau et de la conception de la tour.
- des purges de déconcentration volontaires pratiquées pour éviter que la concentration des éléments minéraux dans l'eau ne s'accroisse au-delà de leur limite de solubilité provoquant des dépôts dans le circuit. Afin de réduire les consommations en eau, la concentration maximale tolérable en éléments minéraux est maintenue dans le circuit. Le facteur de concentration⁶ dans le circuit dépend donc de la qualité de l'eau d'appoint et des caractéristiques du circuit. L'efficacité des traitements de l'eau dans l'installation est notamment subordonnée à une purge de déconcentration bien réglée.
- des entraînements directs de l'eau du circuit au niveau de la tour de refroidissement, malgré la présence de pare gouttelette destiné à limiter ces entraînements dits vésiculaires ou « primage » (Figure 2). La quantité d'eau entraînée est négligeable au regard des autres sources de pertes, mais il s'agit d'eau de la même qualité que celle du circuit, dispersée dans l'environnement sous forme d'aérosol potentiellement contaminé par des légionelles.

La quantité d'eau perdue⁷ dans le circuit est compensée par un apport d'eau d'appoint.

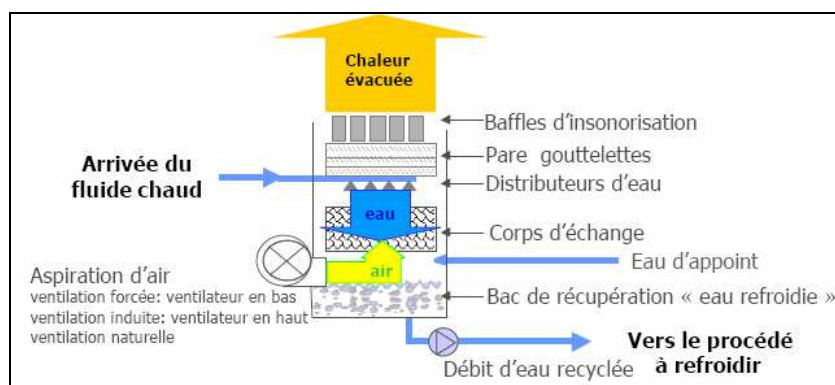


Figure 2 : Parties constitutives d'une Tour Aéroréfrigérante (Source MEDD/Climespace)

Les installations de refroidissement par dispersion d'eau sont des équipements qui peuvent être à l'origine d'un risque sanitaire de légionellose : il est indispensable d'éviter que leurs circuits ne deviennent des réservoirs à légionelles, qui pourraient être disséminées par les tours de refroidissement.

⁶ rapport entre la quantité de sels dissous dans l'eau en circulation et dans l'eau d'appoint

⁷ Toutes les fuites accidentelles constituent une perte en eau du circuit.

2.2 LES LEGIONELLES DANS LES INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT

Les légionelles sont des bactéries naturellement présentes dans l'environnement (sols humides et eau). Elles trouvent dans les circuits artificiels comme les réseaux d'eau chaude ou les installations de refroidissement les conditions favorables à leur prolifération.

Les légionelles se multiplient activement :

- au niveau du biofilm, qui constitue un dépôt biologique quasi-imperméable formé par l'adhésion de toute sorte de microorganismes (dont des légionelles) sur les parois en contact avec l'eau.
- à l'intérieur de micro-organismes protozoaires (amibes ou ciliés) qui se nourrissent de biofilm. Au lieu d'être digérées, les légionelles y sont stockées. Elles sont ainsi protégées de l'action des traitements chimiques, en particulier si le protozoaire est sous forme de kyste de résistance (Figure 3).

Dans une installation de refroidissement, le risque sanitaire est lié à :

- L'augmentation du nombre de légionelles dans l'eau, à partir du biofilm qui colonise toutes les surfaces en contact avec l'eau.

ET

- La dissémination d'aérosols d'eau susceptibles de contenir des légionelles, au niveau de la tour de refroidissement.

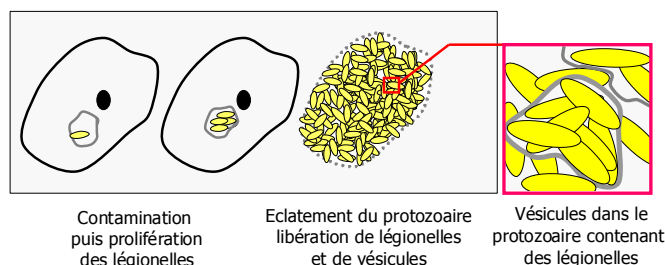


Figure 3 : prolifération de légionelles dans les amibes (Source CLIMESPACE/MEDD)

Le biofilm se forme sur toutes les parois en contact avec l'eau. Il contient de nombreux micro-organismes parmi lesquels des légionelles et des protozoaires et constitue une source de contamination permanente de l'eau en circulation. Seul un traitement permettant de réduire au minimum son épaisseur, puis de limiter sa reformation garantit la maîtrise du risque.

Les stratégies de traitement par chocs répétés (nettoyage ou désinfection) fragilisent le biofilm sans le combattre, en favorisant le relargage aléatoire de bactéries dans l'eau, et ne sont pas efficaces vis-à-vis des amibes qui hébergent et protègent des légionelles.

2.3 LES TRAITEMENTS

2.3.1 TRAITEMENTS PREVENTIFS ET TRAITEMENTS CURATIFS

Le **traitement préventif** a pour objectif d'éviter l'apparition d'un facteur de risque sur l'installation par la mise en œuvre d'un ensemble de moyens efficaces. Afin de s'assurer de l'efficacité des moyens mis en œuvre, des paramètres indicateurs pertinents sont mesurés et maintenus à leur valeur cible.

Exemple : lutte préventive contre la formation de tartre par adoucissement continu de l'eau d'appoint. Le paramètre suivi sera le TH. Sa valeur cible sera de 0 en sortie adoucisseur et 5 °F dans le circuit.

Le **traitement curatif** a pour objectif de corriger une situation constituant un facteur de risque détectée par la dérive de la mesure d'un paramètre au-delà d'une valeur d'alerte. L'efficacité de l'action curative est vérifiée par le retour du paramètre mesuré à sa valeur cible.

Exemple : désinfection en choc avec un biocide non oxydant pour ramener la concentration en légionelles < 1000 UFC/L.

2.3.2 TRAITEMENTS PERMANENTS

La réglementation française impose aux exploitants des installations de refroidissement de procéder à un traitement régulier à effet permanent de leurs installations. Cet effet est assuré par le maintien d'une concentration résiduelle d'un produit de traitement autour d'une valeur cible (concentration minimale active d'un agent chimique pour qu'il exerce une action efficace). Pour maintenir ce résiduel, les produits peuvent être injectés:

- **en continu** par asservissement à une concentration résiduelle ou au compteur d'eau d'appoint. *Exemple : injection du biocide oxydant asservie à la concentration résiduelle ou au REDOX, injection du produit anticorrosion ou du biodispersant asservie au compteur d'appoint.*
- **en discontinu (chocs répétés)**, la fréquence des injections devant être adaptée et garantir le maintien de la concentration dans une plage de valeurs cibles, en fonction du temps de renouvellement de l'eau du circuit.

Le temps de renouvellement de l'eau dans le circuit est donné par le temps de demi-séjour⁸ dont la formule est :

$$t_{1/2} = 0.7 \times \frac{V}{P}$$

V = volume du circuit en m³

P = débit de purge de déconcentration en m³/h

⁸ Temps nécessaire au renouvellement de 50% du volume d'eau du circuit.

Dans la pratique, cette valeur est généralement définie une fois pour toutes⁹ la purge étant considérée comme une constante calculée à partir d'une moyenne de données enregistrées pour la même période de l'année. Toutefois, ce temps de demi-séjour dépend du volume de purge de déconcentration, lequel, sur les installations qui ne sont pas en purge continue, n'est pas fixe mais varie en fonction des conditions météorologiques et des besoins en froid. Il est donc nécessaire de recalculer le temps de demi-séjour quotidiennement, pour définir la concentration résiduelle théorique et adapter les injections qui garantissent un traitement permanent.

Pour éviter cette opération fastidieuse, il est recommandé d'injecter les produits chimiques du type biodétergent ou biodispersant ou le biocide oxydant, en continu avec asservissement à la mesure d'un résiduel dans le circuit ou au compteur d'eau d'appoint.

⁹ Un calcul est quelquefois réalisé pour les périodes hiver et été.

2.4 NETTOYAGE ET DESINFECTION

Le **nettoyage** consiste à éliminer les dépôts biologiques (biofilm) puis à limiter sa formation.

La **désinfection** permet d'éliminer ou de réduire la concentration en légionelles dans l'eau en circulation.

Le traitement préventif d'une installation de refroidissement a pour objectif de maintenir en permanence la concentration des légionelles à une concentration inférieure à 1000 UFC/L **en associant le nettoyage et la désinfection. Ces deux opérations n'ayant pas la même finalité, il n'est pas possible de substituer l'une à l'autre. La circulation régulière de tous les volumes d'eau de l'installation est une condition essentielle pour assurer l'efficacité du traitement.**

Opération	But	Type de traitement	Type de produits	Modalités de mise en oeuvre
Nettoyage	lutter contre le biofilm	Préventif	Produit tensio actif type biodétergent	En permanence
Désinfection	Éliminer ou réduire la concentration en légionelles dans l'eau	Préventif	Biocide oxydant	En permanence
		Curatif	Biocide oxydant	En choc
			BNO	En choc

Tableau 1 : Types de traitements et modalités de mise en œuvre

2.4.1 LE NETTOYAGE

Le nettoyage correspond à une action :

- **mécanique** sur les parois accessibles ou rendues accessibles lorsque l'installation ou une partie de l'installation est vidangée (par exemple au niveau de la tour, de bacs ou de certains échangeurs).

et/ou

- **chimique** sur l'ensemble des parois de l'installation en contact avec l'eau par l'utilisation adaptée de produits chimiques¹⁰ ayant des propriétés tensioactives, comme les biodétergents ou biodispersants.

Le nettoyage peut être réalisé sur une installation en service ou à l'arrêt.

A Noter : Tous les autres dépôts présents dans l'installation, incrustants minéraux (tartre) ou non incrustants (boues, Matières En Suspension MES), sont favorables à la formation du biofilm et peuvent donc rendre plus difficiles les opérations de nettoyage.

2.4.1.1 Nettoyage Chimique

Le nettoyage chimique met en œuvre des produits de type biodispersant ou biodétergent. Ce sont des tensioactifs qui provoquent la rupture des liaisons entre les dépôts biologiques et

¹⁰ Il existe des procédés physiques (comme les ultrasons, l'électromagnétisme) proposés pour la lutte préventive et permanente contre la formation de biofilm, cependant le retour d'expérience fait défaut.

les supports¹¹. De ce fait, ils facilitent l'élimination des dépôts par l'eau en circulation et permettent, par la suite, de lutter contre leur reformation.

La molécule de biodétergent ou biodispersant est dotée d'une partie qui est miscible à l'eau¹² et d'une autre partie qui est miscible aux éléments constituant du biofilm¹³. Les molécules du produit peuvent donc s'insérer à l'interface eau-biofilm et détacher progressivement des parties de biofilm de la surface durant la phase de nettoyage, et éviter l'adhésion des micro-organismes durant la phase de lutte contre la reformation du biofilm. Le mode d'action de ces deux produits diffère, mais conduit à un résultat final similaire.

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

1. **les produits anioniques** : chargés négativement. Ils sont les plus courants, principalement utilisés dans les lessives et produits de nettoyage.

Les principaux sont des alkylsulfates, alkylsulfonates, alkylarylsulfates, sulfonates, des phénolates, des dithiophosphates, des sulfosuccinates, des sels de phosphate, monoéthanolamine, des sels de phosphate, et des polymères polymétacryliques ou acryliques.

2. **les produits cationiques** : chargés positivement. Ils sont principalement utilisés dans les milieux industriels et hospitaliers, en raison de leur propriété désinfectante, qui cependant ne dispense pas d'un traitement de désinfection.

On trouvera des amines alkyl-polyéthylène et des amines alicycliques (ammonium quaternaires).

3. **Les produits ampholytes**, s'ionisant négativement (anions) ou positivement (cations), selon les conditions du milieu ;

4. **Les produits non ioniques** : la molécule ne comporte aucune charge nette.

Les principaux sont des polymères d'oxyde d'éthylène et les alkyls glucosides. Ils sont utilisés dans l'industrie textile, la métallurgie et en cosmétologie en raison d'une moindre agressivité et d'un faible pouvoir moussant. Il semble qu'il s'agisse de l'un des meilleurs détergents.

Les produits non ioniques de la famille des alkyl glucosides ont plusieurs avantages:

- matières premières peu coûteuses et renouvelables
- biodégradabilité complète en aérobie¹⁴ et en anaérobie¹⁵
- molécules présentant une assez faible toxicité et sans caractère irritant
- large gamme de structures disponibles

En dehors des ammoniums quaternaires (cationiques) qui peuvent associer une action biocide à leur pouvoir tensioactif, les tensioactifs d'une manière générale n'ont pas de propriété biocide.

¹¹ Ils modifient la tension superficielle entre deux surfaces

¹² Partie dite hydrophile (soluble dans l'eau mais insoluble dans un corps gras).

¹³ Partie dite hydrophobe ou lipophile quand il est soluble dans les corps gras, mais insoluble dans l'eau. Les éléments constitutifs du biofilm sont des corps gras.

¹⁴ En présence d'oxygène

¹⁵ En absence d'oxygène

Il ne faut pas confondre les produits « biodispersants » avec les produits « dispersants » par exemple les acides polyacryliques ou de polyacrylamides, qui sont souvent intégrés aux produits de traitements inhibiteurs d'entartrage ou de corrosion. Ces derniers permettent d'éviter la formation de dépôts minéraux sur les parois du circuit, en maintenant ces minéraux en suspension.

2.4.1.2 Nettoyage mécanique

Le nettoyage mécanique concerne toutes les surfaces accessibles (tour, échangeurs...) : il peut être réalisé sur une installation à l'arrêt ou sur une partie de l'installation à l'arrêt (la tour étant isolée électriquement et hydrauliquement par exemple), notamment lorsque l'installation ne peut faire l'objet d'un arrêt annuel pour nettoyage pour des raisons techniques ou économiques.

L'utilisation des jets haute ou moyenne pression doit prendre en compte la production d'aérosols susceptibles de contenir des légionelles. Plusieurs possibilités permettent de limiter l'envol des aérosols, le choix pouvant être réalisé sur des critères de faisabilité liés à la localisation de l'installation. Le bâchage de l'installation par exemple permet d'éviter la dispersion de gouttes mais peut être difficile à réaliser sur des toits pour des raisons de prise au vent. Il convient en outre de prendre des précautions pour assurer la protection du personnel (port du masque adapté aux opérations).

Des dispositifs de nettoyage mécanique par éponges en caoutchouc ou par brosses peuvent être préférés aux jets moyenne et haute pression.

Pour les parties non accessibles qui nécessitent un nettoyage mécanique, sur certains échangeurs par exemple, il est possible de faire circuler l'eau à contre-courant en régime très turbulent (vitesse et soufflage d'air ...).

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

2.4.2 LA DESINFECTION

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

Il y a différents types de biocides dont certains ont un large champ d'actions (c'est à dire qu'ils ont des effets sur beaucoup de types de bactéries différents). On distingue parmi eux les agents oxydants et les agents non oxydants.

L'efficacité de la désinfection dépend :

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

Les bactéries dans le biofilm ne sont pas affectées par l'injection ponctuelle d'un désinfectant même si elle est simultanée à l'injection d'un produit de nettoyage type biodispersant ou biodétergent¹⁶.

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

¹⁶ Nettoyage non permanent

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

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

Un traitement quel qu'il soit n'est efficace que si les conditions de mise en œuvre sont définies et respectées.

- des micro-organismes présents

Les micro-organismes n'ont pas la même sensibilité en présence des désinfectants. Les légionelles « à l'état libre » y sont plutôt sensibles, alors que les légionelles enfermées dans les amibes sont protégées. Par ailleurs, certains genres d'amibe¹⁷ sont résistants aux biocides. Ainsi, l'utilisation répétée de biocides non oxydants en choc peut conduire à un risque plus fort par sélection d'un genre amibien hébergeant des légionelles et résistant aux désinfections¹⁸.

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

L'activité désinfectante est fonction :

- de la concentration (C) du biocide dans le circuit, qui dépend de la quantité de produit injectée et de la vitesse de dégradation de la molécule, donc de la durée nécessaire à l'injection du produit¹⁹.

- du temps de contact (t) entre les molécules et les micro-organismes, déterminé par le temps de fermeture de la purge.

L'efficacité de la désinfection s'apprécie au moyen du « C x t », qui est le produit de ces deux paramètres. La désinfection est efficace si le micro-organisme visé est en contact pendant un temps suffisant avec la dose de biocide.

2.4.2.1 Désinfection chimique avec des biocides oxydants

Les biocides oxydants altèrent le mécanisme de la respiration des bactéries, en oxydant des composés essentiels à l'intérieur des micro-organismes, après diffusion à travers les membranes cellulaires.

Ce type de désinfection peut être utilisé en traitement préventif ou curatif. Seule la dose résiduelle de biocide oxydant change. Elle est beaucoup plus élevée lors d'un traitement curatif en choc.

Il est essentiel de rappeler que le choix du biocide oxydant doit être réalisé en fonction des paramètres suivants :

- pH de l'eau du circuit : par exemple le chlore est efficace pour un pH < 8, le brome sera utilisé lorsque le pH est supérieur, l'efficacité du dioxyde de chlore est indépendante du pH.
- contraintes liées à la prévention des risques accidentels associés au stockage du produit sur site : par exemple le dioxyde de chlore est un gaz explosif que l'on doit produire sur place.

¹⁷ Acanthamoeba

¹⁸ Etude « Evaluation de l'efficacité des désinfections biocides dans les installations de refroidissement » Climespace, 2006

¹⁹ La durée de l'injection doit être la plus faible possible, certains biocides ayant une faible durée de vie dans leurs conditions d'utilisation (pH, température, ...).

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

2.4.2.2 Désinfection chimique avec biocides non oxydants

Les biocides non oxydants sont des molécules organiques de synthèse. Selon le type de biocides non oxydants, différents mécanismes à l'intérieur de la bactérie sont affectés, ce qui conduit à une suppression du pouvoir de reproduction de la bactérie, ou à sa mort. L'action du produit nécessite un temps plus ou moins long.

Ils sont utilisés essentiellement pour la désinfection curative, dès lors que la concentration en légionelle est supérieure à 1000 UFC/L ou lorsqu'un facteur de risque est identifié.

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

- L'efficacité du désinfectant vis-à-vis des légionelles : l'évaluation de l'efficacité du désinfectant sur site n'est possible que si les conditions de mise en œuvre sont rigoureuses.
- L'impact du produit sur les rejets de déconcentration : par exemple les valeurs limites de rejets sont différentes dans le réseau d'assainissement ou dans le milieu.
- L'impact possible du produit sur certains paramètres liés au process : par exemple, l'injection de DBNPA augmente considérablement la teneur en DCO de l'eau ; or, ce paramètre peut être un indicateur de suivi pour détecter une fuite au niveau des échangeurs de certains procédés industriels.

2.4.3 TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES

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

2.4.3.1 Les matières en suspension et leur traitement

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

Par ailleurs, si l'eau d'appoint est une eau non potable, il est recommandé de mettre en place une série de filtres au niveau de l'arrivée d'eau d'appoint. En pratique, un à trois filtres peuvent être installés, du tamis le plus grossier au tamis plus fin.

Dans tous les cas, le dimensionnement des filtres tient compte du volume et débit d'eau à traiter, mais aussi du « seuil de coupure » souhaité (finesse du tamis), lequel est évalué à partir d'une analyse des matières en suspension dans l'eau (taille des particules et vitesse de sédimentation).

2.4.3.2 Le tartre et son traitement

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

La formation de tartre dans un circuit dépend :

- des conditions hydrauliques (en cas de courants de circulation d'eau trop faibles),
- de la minéralisation de l'eau (le Titre Hydrotimétrique ou « TH » qui représente la teneur en calcium et magnésium, et le Titre Alcalimétrique Complet « TAC », qui représente la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} , et HCO_3^-),
- de la température (la formation de tartre augmente lorsque la température s'élève),
- du pH.

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

- *Prévention physique* : par réduction ou élimination des sels de l'eau par un adoucisseur ou par décarbonatation à la chaux ou sur résine.
- *Prévention chimique* : par adjonction d'acide (ou « vaccination acide ») ou par adjonction de composés chimiques inhibiteurs de la formation du tartre de type complexant ou chélatant et produits dispersants.

On retiendra principalement que l'adjonction d'acide entraîne une baisse du pH de l'eau du circuit, ce qui a des implications à deux niveaux :

- les eaux traitées à l'acide ont un pH inférieur aux eaux non traitées, et sont donc plus corrosives : un traitement ultérieur rigoureux contre la corrosion est alors requis,
- le choix des biocides est conditionné par cette baisse du pH, car certains, comme le chlore, ou encore certains biocides non-oxydants comme le DBNPA²⁰, peuvent voir leur efficacité réduite dans des eaux trop basiques.

2.4.3.3 La corrosion et son traitement

La corrosion est un phénomène d'oxydation du matériau métallique constituant les parois des éléments du circuit de refroidissement. Les phénomènes de corrosion sont multiples et complexes, car ils dépendent d'un grand nombre de facteurs (matériau, pH, température, composition de l'eau...). Les matériaux sujets à corrosion sont, par ordre croissant de résistance : l'acier au carbone, l'acier galvanisé, le cuivre, le laiton, l'aluminium, le cupronickel, l'acier inoxydable, le titane.

De façon analogue au tartre, la corrosion, engendrant une rugosité des parois, favorise l'adhésion de micro-organismes au support et la formation d'un biofilm. De plus, la corrosion libère des ions métalliques (Fe^{2+} et Fe^{3+}) qui sont ensuite utilisés par les micro-organismes, dont la légionelle, pour leur croissance.

On a presque toujours recours à un traitement par des inhibiteurs de corrosion.

Il existe des méthodes de suivi de la corrosion, notamment les « coupons de corrosion », ou les sondes électrochimiques qui ne seront pas détaillées ici.

20 2,2 Dibromo 3 nitrilopropinamide

3. Bonnes pratiques de mise en œuvre des traitements

3.1 INSTALLATION EN FONCTIONNEMENT

Les traitements sont efficaces si l'injection des produits permet de traiter tous les volumes d'eau de l'installation, et si tous ces volumes d'eau sont régulièrement mis en circulation.

La circulation du produit est assurée par la mise en service de chaque pompe de l'installation (y compris le matériel de secours) au moins x heures par période de 24 heures. Le temps de circulation est défini par l'exploitant et varie en fonction du volume d'eau de l'installation, du nombre de pompes ou de certaines contraintes d'exploitation.

3.1.1 LES TRAITEMENTS PREVENTIFS

La stratégie de traitement préventif doit, outre la circulation régulière de tous les volumes d'eau, être basée sur une lutte permanente contre le biofilm et éviter les chocs de produits biocides²¹.

3.1.1.1 Nettoyage chimique

Pour nettoyer en permanence toutes les surfaces en contact avec l'eau, un produit de type biodispersant/biodétergent est injecté :

- **en continu avec asservissement** au compteur d'appoint ou à la concentration résiduelle dans le circuit²².
- **en chocs sur la base du temps de demi-séjour** de l'eau dans l'installation. Ce temps de séjour doit être calculé quotidiennement sur les installations qui ne sont pas en purge continue.

L'absence d'asservissement génère un risque de prolifération des légionelles car le produit peut être sous dosé en cas de pertes d'eau non contrôlées comme les débordements des tours, de réduction du temps de demi-séjour...

Phase de nettoyage du circuit

Lorsque le produit de type biodispersant ou biodétergent est injecté pour la première fois dans l'installation, on observe d'abord une phase de nettoyage durant laquelle le biofilm est progressivement érodé jusqu'à atteindre une épaisseur minimale.

Cette phase constitue un risque puisque les bactéries du biofilm se retrouvent en circulation dans l'eau. La teneur en légionelles²³ est alors nécessairement élevée. Cette étape est toutefois indispensable et dure de quelques jours à quelques mois suivant la taille du circuit, son hydraulique, la qualité du biofilm (plus ou moins compact ou élastique selon les conditions hydrauliques) la qualité de l'eau et le type de produit. Si l'injection est interrompue, le biofilm se reforme très rapidement.

Il est recommandé au cours de cette phase :

²¹ Ils ne permettent pas de réduire le risque, bien au contraire dans certains cas.

²² Les produits biodispersants/biodétergents ne sont pas mesurables en l'état actuel des connaissances.

²³ Dénombrées par culture ou par méthode PCR

- de ne pas mettre les ventilateurs en service pendant la durée du nettoyage si l'exploitation de l'installation le permet (ce qui signifie que cette phase doit être effectuée de préférence avant la mise en service d'une installation)

ET/OU

- d'augmenter les purges de déconcentration²⁴ et la fréquence des analyses microbiologiques.
- de prévoir la mise en œuvre de désinfections curatives en choc, en cas de dérive de la concentration en légionelles.

Phase de lutte contre la reformation du biofilm

Lorsque le biofilm est réduit à une épaisseur minimale, le maintien d'une concentration résiduelle en produit de type biodispersant ou biodétergent permet de lutter efficacement contre sa reformation. Comme précédemment, l'arrêt de l'injection du produit actif entraîne « l'épaississement » du biofilm.

Lorsque le biofilm est maintenu à son épaisseur minimale, le circuit est dit « stabilisé ». Cela n'exclut pas la détection temporaire de légionelles dans l'eau du circuit, mais cette dérive peut rapidement être maîtrisée par un traitement de désinfection curatif (choc biocide)²⁵.

C'est pendant cette phase stabilisée que pourront être déterminées :

- les valeurs cibles de teneur en légionelles caractéristiques d'un bon état de propreté de l'installation par des méthodes d'analyses complémentaires (PCR, coloration vitale²⁶).
- les valeurs cibles des autres indicateurs physico-chimiques de suivi (teneur en MES, valeur de la turbidité ...).

Précautions et recommandations

Lors de la mise en œuvre d'un nettoyage permanent pour la première fois dans un circuit, la teneur en MES et la turbidité de l'eau, augmentent considérablement. Toutefois, l'absence de MES ou de turbidité quelques jours après le début de la phase de nettoyage, n'indique pas que le circuit est « propre ». C'est la diminution répétée des détections de micro-organismes (légionelles ou autres) qui indique que le circuit est en phase stabilisée.

Le biofilm qui se reforme entre deux injections lorsque le nettoyage n'est pas permanent (fréquence des injections en chocs de biodispersant ou biodétergent trop espacée) est plus fragile et le risque de contamination de l'eau circulante plus important.

Les produits de type biodispersants ou biodétergents génèrent des mousses dès que l'eau est agitée (chute d'eau, barbotage, turbulences ...). La présence de mousse peut perturber le fonctionnement de l'installation, voire conduire à l'arrêter²⁷. Cependant, la formation de

²⁴ Et donc réduire le facteur de concentration

²⁵ L'origine de la dérive de la concentration en légionelles doit être identifiée dans la mesure du possible. Cette pratique permet de mieux maîtriser le risque.

²⁶ cf. Etude « Evaluation de l'efficacité des désinfections biocides dans les installations de refroidissement » Climespace, 2006

²⁷ En effet, la mousse peut induire un désamorçage des pompes ou même perturber le fonctionnement du flotteur de niveau d'eau dans la tour qui relevé par la mousse, indique alors un faux « niveau haut »

mousse en quantité excessive²⁸ témoigne soit d'un encrassement biologique important du circuit, soit d'un surdosage du produit. Il convient de gérer cet inconvénient²⁹.

Certains biodispersants ou biodétergents cationiques, ne doivent pas être utilisés en même temps que d'autres produits anioniques (comme des dispersants minéraux ou des inhibiteurs de corrosion). De même les biodispersants ou biodétergents anioniques ne doivent pas être mélangés à d'autres types de produits cationiques.

Les biodispersants sont parfois proposés dans un seul produit prêt à l'emploi, avec un biocide non oxydant. Ce type de produit doit être évité car il est recommandé d'injecter le biodispersant en permanence (traitement préventif) et le biocide non oxydant en choc (traitement curatif).

3.1.1.2 Désinfection chimique

La désinfection chimique consiste à injecter un biocide oxydant (BO) en permanence, de manière à ce qu'une concentration résiduelle soit maintenue dans le circuit³⁰. La concentration résiduelle en biocide oxydant est inférieure à la concentration de biocide injectée et dépend de la qualité de l'eau. Seule cette concentration résiduelle a une action désinfectante.

Cette injection peut être :

- asservie à la mesure automatique de la concentration résiduelle en oxydant ou du ReDox. Ainsi, le désinfectant résiduel est maintenu à une concentration efficace quelle que soit la qualité d'eau d'appoint.

Ce mode d'injection est de loin, le plus recommandé, en particulier pour les circuits alimentés en eau d'appoint non potable, de grands volumes ou situés en milieu dont l'air est pollué. Dans ces trois cas, la concentration en éléments oxydables consommateurs de biocide oxydants est susceptible d'évoluer.

- réalisée sur la base d'une mesure manuelle³¹ du résiduel d'oxydant (injection sans asservissement). Dans ce cas, si la qualité de l'eau d'appoint varie (eau non potable soumises aux influences extérieures³²) ou celle du circuit (augmentation accidentelle du nombre de micro-organismes, prolifération d'algues...), il sera nécessaire d'adapter la quantité injectée.

Il est important de noter que les variations ponctuelles de la qualité de l'eau induisent de fortes consommations de biocides et que celles-ci ne sont pas toujours détectées en exploitation en raison de l'espacement des fréquences de mesure réalisées en manuel.

- réalisée par utilisation de formulations sous forme de doses solides. Les palets sont placés dans un système flottant (de type piscine) pour éviter les surconcentrations locales, qui auraient un effet corrosif.

Ce moyen peut conduire à de grandes fluctuations de la concentration en oxydant résiduelle dans le temps ou dans le circuit et doit être évité autant que possible.

28 En l'absence de produits ammoniacés ou d'amines.

29 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 » Climespace/MEDD 2005.

30 L'injection de biocide non oxydant n'est pas recommandée dans ce cas.

31 Cf. rapport « aide pour l'élaboration d'un plan de surveillance des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (rubrique n° 2921) pour le risque de prolifération des légionelles », INERIS, 2006

32 Augmentation des MES, travaux à proximité, pluie etc.

Précautions et recommandations

Les BO n'ont pas de pouvoir de pénétration du biofilm, à l'exception du dioxyde de chlore, mais cette propriété ne suffit pas à nettoyer les surfaces d'une installation sur laquelle le biofilm n'est pas maîtrisé.

L'augmentation de la dose résiduelle d'oxydant ne conduit pas à une meilleure gestion du risque. En revanche, il est indispensable de distinguer l'activité spécifique de chaque produit et ses conditions de mise en œuvre pour garantir son efficacité.

L'oxydation des composés de l'eau forme des sous produits indésirables (AOX dans les rejets, dégazage de substances organohalogénées au niveau de la tour).

3.1.1.3 Traitements complémentaires

Concernant l'adoucissement qui est couramment utilisé pour lutter contre le tartre, quelques bonnes pratiques peuvent être rappelées :

Les adoucisseurs doivent être placés sur l'eau d'appoint ; la régénération de la résine échangeuse d'ions est déclenchée sur la base :

- d'un temps écoulé,
- d'un volume d'eau traité,
- d'une combinaison des deux,
- d'une consigne de TH en sortie d'adoucisseur.

Il est conseillé d'avoir deux adoucisseurs en parallèle, de manière à basculer de l'un sur l'autre au moment des régénérations (l'eau n'est plus adoucie lors de la régénération de la résine) : cette utilisation alternée permet de produire de l'eau adoucie en permanence.

En cas d'arrêt prolongé de l'adoucisseur, des amibes susceptibles de contenir des légionelles peuvent se développer dans celui-ci, il est donc recommandé de pratiquer avant toute remise en route, une vidange de l'adoucisseur ainsi qu'une régénération de la résine.

Le suivi de l'efficacité du bon fonctionnement des adoucisseurs doit être réalisé par une mesure du TH en sortie d'adoucisseur.

3.1.2 TRAITEMENT CURATIF

La désinfection curative a pour objectif de tuer les légionelles ou de réduire leur concentration dans l'eau du circuit.

Elle est mise en œuvre lorsque des légionelles sont détectées dans l'eau du circuit ou lorsque des légionelles sont susceptibles d'être détectées parce qu'un facteur de risque est identifié (dysfonctionnement des traitements préventifs, mise en circulation d'un volume d'eau ayant stagné, remise en service d'une tour après nettoyage mécanique sur un circuit resté en fonctionnement...).

Le produit chimique utilisé est un BO ou un BNO³³. La quantité de BNO à injecter est définie par la société de traitement d'eau alors que la quantité de BO dépend de la mesure de résiduel³⁴. Attention, certains BNO sont corrosifs, s'ils sont surdosés.

Dans le cas d'une injection de BNO, il convient de l'injecter:

- après avoir interrompu l'injection du BO en continu. Il est possible d'attendre que la concentration résiduelle en oxydant ait chuté avant l'injection de BNO ou à défaut injecter le BNO après l'arrêt de l'injection du BO.
- le plus rapidement possible. En l'absence d'une pompe d'injection adaptée, il est préférable de « verser » le BNO (dont la quantité est définie par rapport au volume de l'installation) directement dans le bac d'une tour en service, plutôt que de prolonger la durée de l'injection³⁵.

Dans tous les cas, il convient:

- de fermer les purges de déconcentration pendant la désinfection pour garantir le temps de contact entre les légionelles et le biocide.
- de contrôler et valider la bonne injection du produit biocide dans le circuit (absence de désamorçage de pompe ou de tout autre problème pouvant empêcher l'injection).
- d'ouvrir la purge de déconcentration après le temps de contact, jusqu'à ce que le facteur de concentration retrouve une valeur normale et s'assurer que le volume d'eau du circuit est renouvelé dans les meilleurs délais³⁶.
- de réaliser un prélèvement d'eau pour analyse de légionelles dès que tout le volume d'eau de l'installation a été renouvelé (en l'absence de contrôle de la vitesse de renouvellement de l'eau, l'analyse sera faite 48 h après l'injection de biocide).

33 Le biocide non oxydant peut être plus efficace et radical si les conditions de mise en œuvre sont respectées.

34 Qui dépend de la qualité de l'eau. La concentration résiduelle est inférieure à la concentration de biocide oxydant injectée.

35 Il est essentiel que la durée de l'injection soit inférieure à la durée de vie de la molécule.

36 Pour limiter la formation de sous produits non biodégradables. « Evaluation de l'efficacité des désinfections biocides dans les installations de refroidissement » Etude Merchat M*, Deumier A*, G. Chaperon** ; *Climespace, **Capsis , 2006

3.2 INSTALLATION A L'ARRÊT

Le nettoyage de l'installation à l'arrêt est réalisé lors d'un dépassement de la concentration en légionelles 100 000 UFC/L, en présence d'un facteur de risque identifié (prolifération d'algues par exemple), avant une mise ou remise en service saisonnière, ou encore lors de l'arrêt annuel.

Ce nettoyage consiste à :

- injecter en mode forcé de produit type biodispersant ou biodétergent (nettoyage chimique), en concentration supérieure à celle utilisée en préventif (2 à 10 fois plus importante), sans y adjoindre de l'anti-mousse.
- mettre en service toutes les pompes disponibles pour assurer la circulation de tout le volume d'eau dans l'installation (fonctionnement en ruissellement dans les tours, ventilateurs à l'arrêt).

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).

- injecter du BO ou le BNO en choc, selon la même procédure que pour une installation en service.
- mettre en service toutes les pompes disponibles pour assurer la circulation de tout le volume d'eau dans l'installation (fonctionnement en ruissellement dans les tours, ventilateurs à l'arrêt).

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).

- ouvrir les piquages et les vannes pendant au moins 3 min.
- arrêter toutes les pompes, vidanger totalement l'installation et purger les points bas.
- effectuer un nettoyage mécanique de la tour, la tour étant parfaitement isolée électriquement et hydrauliquement.

Le nettoyage des tours implique la dépose des baffles d'insonorisation en sortie de tour. En revanche, les éléments constitutifs (corps d'échange, diffuseurs d'eau, pare gouttelettes) sont démontés si nécessaire (la répétition des démontages et remontages peut altérer les performances et les caractéristiques des tours).

Attention :

Il est préférable d'effectuer un détartrage avant que les dépôts minéraux ne soient visibles pour limiter le volume de produits chimiques utilisés et surtout pour que l'opération soit efficace³⁷.

Le nettoyage de la tour est fait depuis les éléments du haut vers le bas : pare gouttelettes, diffuseurs, corps d'échange, ventilateurs. Le bac de réception de la tour est décrassé et abondamment rincé en dernier.

- remettre le circuit en eau, purge de déconcentration fermée.

³⁷ En présence de dépôts importants, les opérations de détartrage sont difficiles à réaliser ce qui conduit finalement au changement du corps d'échange.

- vérifier le bon fonctionnement des appareils d'injections de produits de traitement (produit de type biodispersant ou biodétergent, biocide oxydant, antitartre, anticorrosion).
- doser la turbidité de l'eau (à l'aide d'un appareil de mesure sur site). Faire une première mesure avant l'injection de produits de traitement d'eau, puis toutes les 60 min. En cas d'augmentation entre chaque analyse, il peut être recommandé de renouveler l'opération de nettoyage et désinfection, puis vidange de l'installation.

Lors des nettoyages réalisés en curatif, il est recommandé :

- D'établir la liste du matériel indisponible (équipements dans lesquels la circulation d'eau n'est pas possible suite à une panne ou un dysfonctionnement). Cette partie peut être consignée au moment de la remise en eau puis en service du circuit pour être « nettoyée » séparément avant sa remise en service.
- De ne pas vidanger les capteurs de pression. Bien qu'ils contiennent de l'eau stagnante, ils présentent un faible risque de contamination : il est préférable de les vidanger régulièrement lors de leurs visites de maintenance³⁸.

Lors des nettoyages réalisés en préventif, en particulier lors de l'arrêt annuel, il est recommandé de :

- Réaliser l'inspection et l'entretien éventuel de tous les éléments du circuit (pompes, machines, bassin de stockage, échangeurs).
- Réaliser la maintenance de tous les éléments de mesure (débitmètres, analyseurs...) et d'éventuels travaux prévus (élimination de bras morts....)
- Réaliser un bilan des résultats de surveillance de l'installation (nombre de détections de légionelles, identification des défaillances ayant conduit à une dérive des résultats....)

Dans tous les cas, il est rappelé que :

L'utilisation d'eau chlorée avec des jets à moyenne ou haute pression ne permet pas de réduire le risque d'émission d'aérosol susceptible de contenir des légionelles.

Le nettoyage mécanique ne permet pas d'éliminer tout le biofilm : la remise en service de l'installation constitue une période critique, pendant laquelle des légionelles peuvent être détectées dans l'eau circulante. Une désinfection en choc curatif est recommandée.

Les surfaces non accessibles comme les canalisations doivent être nettoyées par un nettoyage chimique.

³⁸ Ces appareils de mesure sont fragiles et il est préférable d'éviter les manipulations en dehors des périodes de maintenance.

3.3 GESTION DES INCONVENIENTS LIES A LA MISE EN ŒUVRE DES TRAITEMENTS CHIMIQUES

3.3.1 FORMATION DE MOUSSE AVEC LES BIODISPERSANTS BIODETERGENTS

La formation de mousse peut être limitée³⁹ :

- en fractionnant l'injection du produit en petites quantités au départ, quitte à être en sous dosage tant que les mousses sont excessives.
- en choisissant un produit de type biodétergent non ionique qui produit moins de mousses.

3.3.2 CORROSION DES MATERIAUX

Le risque de corrosion lié à l'utilisation des BO est notoire. Certains BNO sont également corrosifs en particulier pour le cuivre.

Le respect de la plage de concentrations cibles du biocide, l'utilisation d'un anticorrosion et le suivi de la vitesse de corrosion permettent de gérer ce risque.

3.3.3 REJETS DES TRAITEMENTS DANS L'ENVIRONNEMENT

Pour limiter les rejets des produits chimiques dans le milieu, il est recommandé de :

- Lutter en permanence de façon efficace contre le biofilm par un nettoyage permanent et la mise en circulation régulière de tout le volume d'eau de l'installation (la fréquence des détections en légionelles et désinfections en choc diminue dès la première année de mise en œuvre).
- Respecter les doses de produits chimiques recommandées.
- Eviter l'injection simultanée de BO et BNO, car ils génèrent plus de sous produits de désinfection.
- Eviter l'injection simultanée de produits dont les effets s'annulent (BO et BNO, produits cationiques et produits anioniques).
- Renouveler le volume d'eau de l'installation au minimum dans les 24 heures qui suivent l'injection du BNO en choc⁴⁰.

39 Pendant la phase de nettoyage du circuit, la mousse est inévitable. L'usage d'un produit anti mousse doit être exclusivement réservé pour éviter l'arrêt de l'installation.

40 « Evaluation de l'efficacité des désinfections biocides dans les installations de refroidissement » Etude Merchat M*, Deumier A*, G. Chaperon** ; *Climespace, **Capsis, 2006.

CONCLUSION

Les bonnes pratiques de traitement et recommandations présentées ici sont applicables à la plupart des installations. Il est toutefois possible que, dans certains cas particuliers, liés par exemple à la conception de l'installation ou à la nature du procédé refroidi, ces bonnes pratiques ou recommandations ne puissent être mises en œuvre. Dans ce cas, l'exploitant se rapportera à l'analyse méthodique des risques de l'installation pour définir non seulement les traitements adaptés à son installation, mais également les conditions particulières de mise en œuvre de ces traitements.

Par ailleurs, ce document porte essentiellement sur les traitements chimiques qui restent à ce jour les plus couramment utilisés pour gérer le risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement. Il existe cependant d'autres traitements de nettoyage ou de désinfection mettant en œuvre des produits ou des procédés ayant une action similaire à celles de tensioactifs ou à celles des biocides. Par exemple, des complexes enzymatiques ou des systèmes électromagnétiques à ultra sons sont proposés pour le nettoyage, ainsi que des procédés d'électrolyse comme l'ionisation cuivre/argent ou des procédés physiques comme les systèmes à rayons UV pour la désinfection. Ces nouveaux traitements présentent l'avantage de limiter les rejets des traitements chimiques dans l'environnement. Mais, on ne dispose encore que peu de retour d'expériences sur l'efficacité de ces produits ou procédés, qui devront faire l'objet d'études in situ à l'avenir.

Enfin, il faut noter que la gestion du risque de prolifération des légionelles repose non seulement sur le choix cohérent des traitements mis en œuvre, mais également sur la surveillance de leur efficacité. Celle-ci n'étant pas spécifiquement abordée dans ce document, le lecteur est invité à consulter le rapport « aide pour l'élaboration d'un plan de surveillance des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (rubrique n°2921) pour le risque de prolifération des légionelles », INERIS, 2006. Car seule une stratégie globale de traitement de l'installation, constituée par le plan d'entretien et le plan de surveillance établis sur la base de l'analyse des risques, permet de maîtriser efficacement le risque de prolifération des légionelles dans l'installation et de respecter une concentration en légionelles inférieure à 1000 UFC/L en permanence.

BIBLIOGRAPHIE

« Aide pour l'élaboration d'un plan de surveillance des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (rubrique n°292 1) pour le risque de prolifération des légionelles », INERIS, 2006.

« Evaluation de l'efficacité des désinfections biocides dans les installations de refroidissement » Etude Merchat M*, Deumier A*, Chaperon G** ; *Climespace, **Capsis , 2006.

« 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 » Climespace/MEDD 2005.

« Guide de recommandations présentant les avantages et les inconvénients des systèmes de refroidissement d'eau », CETIAT/MEDD, 2005.