

RAPPORT D'ÉTUDE

juin 2006

N° DRC – 06 – 76471 - ERSA n°100

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

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

(Verneuil-en-Halatte, Oise)

Rapport réalisé pour le ministère de l'écologie et du développement durable

Par Laure DELERY, unité d'Evaluation des Risques Sanitaires (ERSA)

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	DELERY Laure	BONNARD Roseline	CICOLELLA André
Qualité	Ingénieur d'étude	Ingénieur d'étude	Responsable ERSA
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. GLOSSAIRE	5
2. INTRODUCTION	5
2.1 Contexte et objectifs	5
2.2 Contenu du document.....	7
2.3 Champ d'application.....	8
3. PLAN DE SURVEILLANCE	9
3.1 Indicateurs visuels	9
3.1.1 Environnement.....	9
3.1.2 Installation.....	10
3.2 Indicateurs de fonctionnement.....	11
3.2.1 Consommation d'eau d'appoint.....	11
3.2.2 Pré-traitement.....	12
3.2.3 Poste de deconcentration.....	12
3.2.4 Postes de dosage	13
3.2.5 Température	15
3.2.6 Pression du circuit d'eau.....	15
3.3 Indicateurs analytiques de suivi.....	16
3.3.1 Indicateurs physico-chimiques.....	16
3.3.2 Indicateurs biologiques	16
4. RÉFÉRENCES	17
5. LISTE DES ANNEXES	17

1. GLOSSAIRE

Eau brute : eau alimentant le circuit de refroidissement avant traitement éventuel (exemple : eau de surface, eau souterraine, eau de ville)

Eau d'appoint : eau alimentant le circuit de refroidissement après traitement éventuel (exemple : eau adoucie, eau décarbonatée)

Eau circuit : eau de l'installation de refroidissement circulant dans la tour, les canalisations, le bac de la tour

Indicateur : mesure ou observation permettant de gérer la maîtrise d'un point critique (Guide méthodologique pour l'analyse des risques, ICS Eau 2005)

Surveillance : séquence planifiée d'observations ou de mesures pour déterminer si un point critique est maîtrisé. Cette étape doit faire l'objet d'un enregistrement (Guide méthodologique pour l'analyse des risques, ICS Eau 2005)

2. INTRODUCTION

2.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Ce document a été réalisé dans le cadre d'un programme¹ que l'INERIS a mis en œuvre pour le ministère de l'écologie et du développement durable en ce qui concerne l'action légionelle du Plan National Santé Environnement.

A l'initiative du ministère, un groupe de travail intitulé « Surveillance des tours aéroréfrigérantes pour le risque de prolifération légionelle » a été réuni mi 2005 pendant 6 mois.

Il était chargé de rédiger un document pour l'élaboration des plans de surveillance destinés aux exploitants d'installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (rubrique n°2921) applicable dans le cadre réglementaire français sur la base d'un rapport INERIS (DRC - 06 - 76471 ERSA n°6).

Composition du groupe de travail (animation : L. Déléry et E. Tarnaud, INERIS)

- Jean BARON/ Pascale NEVEU contrôle des eaux de Paris)	CRECEP (Centre de recherche et d'expertise et de
- Bernard GRUSON/ Daniel DELSALLE	NALCO France
- Anne Marie BALOIS	Roquette Frères (ANIA)
- Monique REYROLLE	Centre National de Référence Légionelle (CNRL)
- Jean Marc HOEN/ Claire COURBET	CIBA SC
- Pierre BRIFFAUT/ Sandrine OBERTI	VEOLIA WATER STI
- E. BRIAND	CSTB
- Christophe PASCUAL	ELYO

¹ « Développement et validation de méthodes et d'outils pour la maîtrise des réservoirs, des sources de diffusion des légionelles et des contaminations humaines » DRC-20

- Francis MORAN	SYPRODEAU
- Michèle MERCHAT	Climespace
- Laurence HULIN	LECLERC
- Michel DOUSSE	ACCOR
- René LESAGE	MHS
- Cyrille GRIMAUD	Laboratoire Bouisson Bertrand
- Claude NOEL	Syndicat National des Fabricants de Sucre (SNFS)

Le présent document, issu des travaux du groupe, est destiné à servir d'appui pour l'élaboration d'un plan de surveillance en détaillant son contenu technique.

Le « plan de surveillance » des installations est défini dans les arrêtés du 13 décembre 2004 comme suit : « 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... »

« 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 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 ».

Le plan de surveillance fait partie intégrante de la mise en place de l'analyse de risque par l'exploitant d'une installation de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air exigée par les arrêtés du 13/12/2004.

Ce document s'appuie et complète deux documents de référence :

- Le guide méthodologique pour la réalisation d'une analyse de risque (ICS eau, 2005),
- Le guide de formation à la gestion du risque janvier 2005 (Climespace, 2005).

Il s'adresse à l'exploitant et plus particulièrement aux personnes en charge du suivi de l'installation. Le niveau de compétence requis pour l'utiliser est donc opérationnel et ne relève pas de l'expertise généralement assurée par le traiteur d'eau. Les indicateurs de surveillance dépendant de l'expertise (plus compliqués à mesurer et à interpréter) ne sont ainsi pas traités dans ce document.

Ce document vise à fournir des informations techniques et opérationnelles pour le suivi de différents indicateurs de surveillance.

Il a pour ambition de permettre une meilleure compréhension des enjeux du suivi de l'installation pour le risque de prolifération des légionelles.

Le plan de surveillance doit être adapté aux conditions de fonctionnement de l'installation suivie, en particulier pour le choix des indicateurs analytiques et de leurs valeurs cibles.

2.2 CONTENU DU DOCUMENT

Ce document propose des indicateurs de suivi pour contrôler l'efficacité des moyens mis en œuvre pour maîtriser le risque de prolifération des légionelles.

Les indicateurs de suivi présentés sont de plusieurs types, de façon à assurer une surveillance globale de l'installation :

- les indicateurs visuels,
- les indicateurs de fonctionnement de l'installation,
- les indicateurs analytiques physico-chimiques et microbiologiques mentionnés par l'arrêté.

Les indicateurs analytiques pertinents à surveiller ont été choisis par le groupe de travail sur les critères suivants :

- ✓ l'indicateur doit permettre d'anticiper une dérive du fonctionnement de l'installation et donc la prolifération des légionelles dans les circuits,
- ✓ l'indicateur doit permettre de suivre une évolution globale de l'installation,
- ✓ l'indicateur doit être mesurable facilement (opérationnel, simple, rapide et de coût modéré),
- ✓ l'indicateur doit pouvoir être interprété et utilisé (existence d'une plage de valeurs de référence),
- ✓ l'indicateur doit impliquer une action corrective si possible.

Un jeu de fiches est présenté en annexe pour plusieurs indicateurs physico-chimiques et microbiologiques proposés par le groupe de travail.

Une fiche sur le prélèvement pour les indicateurs physico-chimiques et une fiche sur les Bonnes pratiques de prélèvement pour la recherche des légionelles sont également fournies.

Indicateurs physico-chimiques	Indicateurs microbiologiques
Biocide oxydant n°B.1	Flore totale n°C.1
Turbidité/MES n° B.2	Légionelles par culture n°C.2
Facteur de concentration n° B.3	Légionelles par PCR quantitative -information-
Conductivité n° B.4	Bonnes pratiques de prélèvement des légionelles n°C.3
Chlorures n° B.5	
TA/TAC n° B.6	
TH n° B.7	
pH n° B.8	
Fer total n° B.9	
Prélèvement n° B.10	

Synthèse des indicateurs de suivi proposés

Ces fiches contiennent des informations simples mais essentielles à l'exploitant pour comprendre et assurer la surveillance de son installation.

Par exemple, pour les indicateurs analytiques, on trouvera les réponses aux questions telles que :

- ✓ Quelle est la signification de l'indicateur ?
- ✓ Où réaliser l'analyse de cet indicateur ?
- ✓ Quel est l'intérêt de la mesure de cet indicateur dans le cadre de l'exploitation de l'installation ?
- ✓ Quels types d'eau analyser ?
- ✓ Quelles sont les conditions particulières pour la réalisation de la mesure ?
- ✓ Comment le mesurer (volume, fréquence, méthode d'analyse) ?
- ✓ Quelle est la plage d'évolution admissible ?
- ✓ Quelles sont les actions correctives en cas de dérive ?

2.3 CHAMP D'APPLICATION

Ce document s'applique à toutes les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (rubrique n°2921).

Chaque exploitant reste libre du choix des bons paramètres de suivi en fonction de sa situation et des préconisations d'utilisation signalées dans les fiches dans le cadre de l'exploitation (notamment les rubriques « intérêt de la mesure » et « actions correctives »).

Ce document est destiné à évoluer en fonction des retours d'expérience des analyses de risques qui sont menées par les exploitants.

3. PLAN DE SURVEILLANCE

La mise en place du plan de surveillance consiste à suivre en parallèle 3 types d'indicateurs (visuels, fonctionnement, analytiques) dont le choix est à définir en fonction des caractéristiques propres à l'installation surveillée.

La marche à suivre consiste, avec l'aide des informations fournies par les fiches, à :

- ✓ Réaliser le suivi de l'indicateur (pour les indicateurs analytiques, les conditions de prélèvement et d'acheminement de l'échantillon au laboratoire doivent être clairement définies car elles affectent le résultat d'analyse),
- ✓ Interpréter les résultats,
- ✓ Etre réactif en cas de dérive en mettant en œuvre des actions correctives,
- ✓ Rechercher et identifier les évènements/facteurs à l'origine de la dérive de l'indicateur,
- ✓ Réviser si nécessaire les procédures préventives issues de l'analyse des risques.

Les résultats d'analyse interprétés et les actions mises en œuvre pour contrôler le risque sont consignés et datés dans le **carnet de suivi**.

3.1 INDICATEURS VISUELS

Il s'agit principalement de surveiller :

- l'environnement de l'installation,
- l'installation (propreté des surfaces humides, état physique des éléments de la tour).

3.1.1 ENVIRONNEMENT

Il est nécessaire de contrôler régulièrement la proximité :

- ✓ De sources potentiellement contaminantes en légionelles : autres tours aéroréfrigérantes, lagunes, filtres à bande etc...(localisation géographique, distance par rapport à l'installation et situation par rapport à la direction des vents dominants),
- ✓ De sources pouvant fournir des conditions favorables à la croissance de légionelles :
 - Extracteurs d'air chargés en effluents industriels et/ou rejets de cuisine, (localisation géographique, distance par rapport à l'installation et situation par rapport à la direction des vents dominants) ;
 - Travaux/chantiers ou toute activité pouvant générer ponctuellement de grandes quantités de poussières en suspension dans l'air (opérations de construction, d'excavation, démolition etc...) et provoquant l'accumulation de sédiments dans les installations ;
 - Fuites des procédés refroidis dans l'installation de refroidissement.

3.1.2 INSTALLATION

On évaluera régulièrement l'état physique des éléments de l'installation et la propreté des surfaces humides (absence de mousses, boues, sédiments, tartre, dépôts etc...) :

- ✓ Arrivée eau d'appoint : couleur, turbidité, état du dispositif anti-retour,
- ✓ Tour : absence de croissance végétale sur les parties ensoleillées,
- ✓ Bassin de récupération des eaux de ruissellement : niveau eau, absence de sédiments, d'algues, feuilles ; aspect et odeur de l'eau,
- ✓ Système de déconcentration,
- ✓ Points d'injection des produits de traitements,
- ✓ Corps d'échange (garnissage),
- ✓ Système de distribution,
- ✓ Dévésiculeur : bon état, encrassement et bon positionnement,
- ✓ Buses de pulvérisation,
- ✓ Baffles d'insonorisation,
- ✓ Ventilateur,
- ✓ Echangeur (dont état des joints),
- ✓ Points de prélèvement.

On s'appuiera pour cela sur la fiche proposée en annexe A.

On vérifiera, en outre, les dates de remplacement des éléments (données constructeur) et des filtres.

Exemples de périodicité de contrôle visuel :

- ✓ semestriel : système de distribution, corps d'échange, dévésiculeur, atténuateurs de son,
- ✓ hebdomadaire : bassin, installations de traitement.

Enfin, on veillera, au bon entretien et bon fonctionnement des équipements :

- ✓ installation de pré-traitement de l'eau d'appoint, compteur,
- ✓ poste de déconcentration,
- ✓ pompes d'injection des produits chimiques de traitement, niveau de remplissage des bacs de stockage,
- ✓ appareils de régulation (vérification des volumes injectés) ou de suivi (chloromètre, pHmètre...).

3.2 INDICATEURS DE FONCTIONNEMENT

Plusieurs paramètres de fonctionnement de l'installation de refroidissement sont à contrôler.

L'absence de contrôle de ces paramètres peut conduire à des conditions d'entartrage, de corrosion, de prolifération des micro-organismes et d'absence ou d'excès de produits de traitement.

Il s'agit de surveiller :

- ✓ la consommation d'eau d'appoint,
- ✓ le pré-traitement de l'eau brute,
- ✓ le poste de déconcentration,
- ✓ les postes de dosage,
- ✓ la pression de l'eau du circuit,
- ✓ la température de l'eau du circuit.

On veillera, de manière générale, à s'assurer de la calibration régulière des appareils asservis.

3.2.1 CONSOMMATION D'EAU D'APPOINT

L'eau d'appoint est la quantité d'eau ajoutée au circuit de refroidissement en compensation des pertes d'eau par les purges de déconcentration, par l'évaporation (environ 2 m³ d'eau évaporée par KW.h), par l'entraînement vésiculaire (généralement considéré comme négligeable dans les calculs) et par les fuites.

Ce volume est mesuré par un compteur (ce dernier doit être muni d'un disconnecteur ou dispositif de rupture de charge).

L'évaluation du ratio Eau consommée/durée fonctionnement de l'installation ou Eau consommée/Energie évacuée permet d'alerter sur le bon fonctionnement des purges de déconcentration,

L'évaluation de volume d'eau consommé permet de valider les niveaux de consommation des produits de traitements chimiques en particulier ceux qui sont injectés en continu sur l'appoint.

La fréquence de mesure recommandée a minima est d'une fois par semaine.

L'objectif du suivi de ce paramètre est l'absence de dérives importantes par rapport aux valeurs habituelles (qui peuvent naturellement varier en fonctionnement normal de l'installation : appel de puissance variable, marche/arrêt fréquent...).

L'observation de dérives doit être explicable par des conditions de fonctionnement particulières (vidanges plus fréquentes, fonctionnement momentané en eau perdue,...).

Les actions correctives sont les suivantes :

- ✓ Vérifier le bon état des éléments du système de déconcentration ;
- ✓ Vérifier le fonctionnement correct du compteur d'eau ;
- ✓ Si le volume d'appoint consommé est supérieur au volume des purges de déconcentration et de l'évaporation, rechercher les fuites probables ;

- ✓ Si le volume d'appoint consommé est inférieur au volume des purges de déconcentration et de l'évaporation, vérifier le facteur de concentration et vérifier le bon fonctionnement des vannes d'alimentation en eau appoint.

3.2.2 PRÉ-TRAITEMENT

Ces paramètres concernent le fonctionnement des installations de traitement de l'eau d'appoint :

- ✓ filtration,
- ✓ poste d'adoucissement, de décarbonatation,
- ✓ poste de chloration,
- ✓ etc...

Pour chaque type d'installation, il est nécessaire de définir les paramètres de fonctionnement :

- ✓ Fréquence de nettoyage des filtres et paramètres de régulation : compteur d'eau, perte de charge, autre.
- ✓ Cycle de l'adoucisseur, système de régulation des régénérations (chronométrique, volumétrique ou autre), système de désinfection éventuel et fréquence des désinfections, etc....
- ✓ En général, tous les paramètres de fonctionnement des matériels de traitement de l'eau d'appoint.

On définira, dans chaque cas, les paramètres de contrôle et les actions correctives.

3.2.3 POSTE DE DECONCENTRATION

Le facteur de concentration de l'eau du circuit par rapport à l'eau d'appoint est défini par les paramètres physico-chimiques maximaux admissibles pour l'eau du circuit, compte tenu de ceux de l'eau d'appoint traitée.

Ces paramètres sont fixés en tenant compte :

- du seuil d'entartrage des sels entartrants (carbonates, sulfates, silice), et du produit de traitement utilisé comme anti-tartre ou dispersant. Ces limites sont généralement fixées par le traiteur d'eau.
- des limites de salinité admissible compte tenu des matériaux présents dans l'installation : par exemple, teneur maximum en chlorures en cas de présence d'acier inoxydable.
- des limites contractuelles fixées par le fabricant de la tour ou d'autres éléments constitutifs du circuit (échangeurs de chaleur par exemple).

La déconcentration de l'eau du circuit pour maintenir le facteur de concentration N se fait généralement soit au volume, soit sur la mesure d'un paramètre de salinité de l'eau du circuit (conductivité, teneur en chlorures par exemple).

Le système permet généralement l'ouverture et la fermeture d'une électrovanne de purge permettant de réguler le facteur de concentration N.

Ce facteur de concentration (N) permet de définir le volume des purges P à maintenir, compte tenu du volume d'eau évaporée selon les formules :

$$P = \frac{E}{N - 1}$$

où E est la quantité d'eau évaporée.

La quantité d'eau d'appoint A sert à compenser l'évaporation et la purge selon la formule :

$$A = E + P$$

Les paramètres de fonctionnement et de contrôle des appareils ou automates doivent être clairement explicités ainsi que la conduite à tenir en cas de dérive.

3.2.4 POSTES DE DOSAGE

Le traiteur d'eau définit les produits chimiques de traitement à utiliser, leur système de dosage, les paramètres de régulation d'injection de ces produits, les paramètres de contrôle et leurs valeurs cibles, ainsi que la conduite à tenir en cas de dérive des valeurs cibles vers les valeurs critiques.

Selon les cas, on aura :

- un ou plusieurs postes de dosage pour les produits anti-tartre, dispersants et anti-corrosion.
- un ou plusieurs postes de dosage pour les produits biocides.

Le mode d'injection des produits chimiques de traitement doit être parfaitement défini :

- dosage pour chaque produit, par rapport à l'eau d'appoint et/ou l'eau du circuit,
- proportionnalité au volume des appoints ou au volume du circuit,
- fréquence des injections,
- etc...

Un bilan matière doit pouvoir être établi. Il définit la quantité de produits de traitement d'eau (inhibiteurs de tartre, de corrosion, biocides, sels, produits de nettoyage...liste à adapter en fonction des pratiques des sites) réellement utilisés, compte tenu du volume des appoints.

La mesure de produits consommés permet de vérifier le bon fonctionnement de l'installation de traitement d'eau.

En particulier pour les produits dont la concentration n'est pas mesurée dans l'eau du circuit (biodispersant ou biodétergent par exemple) : un fût dont le niveau ne diminue pas traduit une absence d'injection du produit, la cause du dysfonctionnement sera recherchée (désamorçage de la pompe, défaut de l'automatisme...).

Lors d'un traitement de choc curatif en cas de détection de fortes concentrations en légionelles, il est indispensable de vérifier que l'injection du produit a bien eu lieu.

Les modes de mesure seront adaptés au site : niveau dans un bac, consommation en litres, bidons, temps de fonctionnement de pompes doseuses,...

Le relevé des niveaux de consommation des produits sera réalisé une fois par semaine a minima.

L'objectif du suivi de ce paramètre est l'absence de dérives par rapport aux valeurs habituelles. Si des dérives sont observées, elles doivent être explicables par conditions de fonctionnement particulières.

Pour les produits injectés en continu avec asservissement sur l'appoint : la connaissance des consommations d'eau permet de faire un calcul théorique qui représente « la valeur cible » de consommation de produit, qui peut être vérifié sur le niveau du fût.

Pour les produits injectés en choc sur le volume de l'installation, le volume injecté étant toujours le même, il est possible de repérer la « hauteur » en cm que cette injection représente. Cette hauteur représente la « valeur cible » de consommation du produit lors du choc. Il est possible de vérifier le niveau du fût après injection.

Les actions correctives sont les suivantes :

- ✓ Surconsommation de réactif injecté en continu avec asservissement à l'appoint : faire un dosage du produit concerné dans le circuit.
 - Si la concentration est trop élevée : diminuer le débit des pompes.
 - Si la concentration est conforme aux préconisations : vérifier le facteur de concentration, le volume de purges de déconcentration, rechercher les fuites d'eau éventuelles.
- ✓ Produit injecté en continu avec asservissement à la mesure de résiduel (généralement le biocide oxydant) :
 - Surconsommation : faire un dosage du produit concerné dans le circuit.
 - * Si la concentration est trop élevée par rapport à la valeur cible: diminuer la valeur seuil déclenchant l'injection du produit (diminuer le seuil bas de chlore résiduel ou le redox²).
 - * Si la concentration est conforme aux préconisations : vérifier la qualité de l'eau d'appoint, rechercher toute trace de contamination biologique susceptible de consommer le biocide (présence d'algues, matières organiques, biofilm...) ou rechercher toute source possible de formation de biofilm susceptible de contaminer l'eau en permanence (recherche de stagnation d'eau, défaut de traitement ...).
 - Sous-consommation : faire un dosage du produit concerné dans le circuit.
 - * Si la concentration est trop faible par rapport à la valeur cible : augmenter la valeur seuil déclenchant l'injection du produit (augmenter le seuil bas de chlore résiduel ou le redox)..
 - * Si la concentration est conforme aux préconisations : la qualité de l'eau est particulièrement bonne.
- ✓ Produit injecté en choc sur le volume de l'installation :
 - Surconsommation: vérifier les paramètres de l'automatisme, réduire la durée ou le débit de l'injection.

² pour la définition de ces termes, voir la fiche biocide oxydant n°B.1

- Sous consommation : vérifier les paramètres de l'automatisme, augmenter la durée ou le débit de l'injection.

3.2.5 TEMPÉRATURE

Il s'agit de suivre la température de l'eau qui a été refroidie en sortie de tour aéroréfrigérante et l'écart de température entrée/sortie tour si possible.

L'intérêt du suivi de ce paramètre est qu'il donne une bonne indication sur les performances de la tour.

Il permet de visualiser toute dérive provoquée par une perte de qualité des échanges (mauvaise pulvérisation, perte de débit, encrassement des surfaces d'échange...).

Le suivi est facile à réaliser si des capteurs sont implantés.

Le type d'eau concerné par le suivi est l'eau du circuit tour (écart eau chaude/eau froide, éventuellement avant et après échangeurs).

Si une seule température doit être mesurée, choisir préférentiellement le retour à la tour.

La mesure est réalisée à partir d'un capteur à lecture directe ou avec report d'information dans une GTC (gestion technique centralisée). Les résultats sont exprimés en degrés Celsius. Bien vérifier l'étalonnage des instruments et travailler en respectant les bonnes pratiques de laboratoire.

Si la mesure est réalisée par relevé GTC, prendre connaissance 1 fois par semaine des relevés. Si la mesure n'est pas enregistrée, saisir la mesure à chaque ronde.

L'objectif du suivi est l'absence de dérives par rapport aux valeurs habituelles. Si des dérives sont constatées, elles doivent être explicables par des conditions de fonctionnement particulières (température extérieure particulièrement élevée, demande en refroidissement trop importante par rapport à la capacité de la tour, ...).

La plage de valeurs cible variera selon les procédés refroidis et l'origine de l'eau (consulter l'historique et les spécificités des installations).

Les actions correctives sont les suivantes :

- ✓ vérifier le bon état de tous les éléments du circuit de refroidissement dont le fonctionnement peut influencer la qualité de l'échange de chaleur (échangeurs, canalisations, pompes, rampes et buses de pulvérisation, garnissage, ventilateurs, pare-gouttelettes, pièges à son,...)
- ✓ si dérive impossible à maîtriser adapter les conditions de fonctionnement et de contrôle pour prendre en compte l'augmentation du risque légionelle lié à un fonctionnement à plus haute température (adapter les traitements, les suivis,...).

3.2.6 PRESSION DU CIRCUIT D'EAU

Il s'agit de la pression à l'intérieur du circuit d'eau de refroidissement mesurée en aval des pompes de circulation.

La mesure est réalisée à partir d'un capteur à lecture directe ou déportée ou avec report d'information dans une GTC (gestion technique centralisée).

Toute augmentation de la pression, si le débit ne change pas, sera provoquée par une augmentation de la perte de charge sur le circuit, conséquence probable de l'encrassement de certains éléments du circuit de refroidissement (échangeur de chaleur, système de pulvérisation de la tour, canalisations,...).

Si la mesure est réalisée par relevé GTC, prendre connaissance 1 fois par semaine des relevés. Si la mesure n'est pas enregistrée, saisir la mesure à chaque ronde.

L'objectif de la surveillance de ce paramètre est de maintenir l'absence de dérives par rapport aux valeurs habituelles. Si des dérives sont observées, elles doivent être explicables par des conditions de fonctionnement particulières (augmentation du débit des pompes,...).

Les actions correctives consistent à vérifier le bon état des éléments du circuit de refroidissement qui peuvent augmenter la perte de charge (échangeurs, canalisations,, rampes et buses de pulvérisation,...).

3.3 INDICATEURS ANALYTIQUES DE SUIVI

3.3.1 INDICATEURS PHYSICO-CHIMIQUES

9 indicateurs sont proposés pour le suivi des installations :

- ✓ biocide oxydant,
- ✓ turbidité/MES,
- ✓ facteur de concentration,
- ✓ conductivité,
- ✓ chlorures,
- ✓ TA/TAC,
- ✓ TH,
- ✓ pH,
- ✓ fer total.

Ils font l'objet de fiches détaillées présentées en annexe B. Cette dernière contient également une fiche sur le prélèvement des échantillons.

3.3.2 INDICATEURS BIOLOGIQUES

Les 2 indicateurs proposés pour la surveillance des installations sont :

- ✓ la flore totale,
- ✓ les légionelles (recherche par culture NF T90-431).

Ils font l'objet de fiches présentées en annexe C.

Une fiche d'information est proposée sur un outil en développement dans le domaine de la quantification de légionelles, la PCR, dont les résultats sont difficilement interprétables en l'état des connaissances actuelles pour permettre de piloter des actions curatives.

Un document sur les Bonnes pratiques de prélèvement pour la recherche de légionelles est également proposé en annexe C.

4. RÉFÉRENCES

Arrêtés du 13 décembre 2004 relatif aux installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air soumises à autorisation et à déclaration au titre de la rubrique 2921 (Journal officiel du 31/12/2004 texte 133)

Guide des bonnes pratiques, *Legionella* et tours aéroréfrigérantes, ministère de l'emploi et de la solidarité, ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (2001)

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 (M Merchat) (2005)

5. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation
A	Fiche inspection de l'installation
B	<u>Fiches des indicateurs physico-chimiques :</u> biocide oxydant n°B.1 turbidité/MES n° B.2 facteur de concentration n° B.3 conductivité n° B.4 chlorures n° B.5 TATAC n° B.6 TH n° B.7 pH n° B.8 Fer total n° B.9 Fiche prélèvement n° B.10
C	<u>Fiches des indicateurs biologiques :</u> Flore totale n°C.1 Légionelle par culture n°C.2 Légionelle par PCR : <i>fiche d'information</i> Bonnes pratiques de prélèvement pour la recherche des légionelles dans les circuits de refroidissement n°C.3

ANNEXE A

FICHE INSPECTION DE L'INSTALLATION

Fiche élaborée à partir des travaux du groupe de travail Analyse de Risque légionelle³

Eau d'appoint		
Risques		
<ul style="list-style-type: none"> - Eau d'appoint potable : le risque de formation de biofilm avec prolifération de légionelles concerne la canalisation d'arrivée d'eau d'appoint (longueur avant entrée dans les tours) et l'adoucisseur si aucun moyen limitant le risque n'est mis en œuvre. - Eau d'appoint non potable ou eau de forage influencée par les conditions extérieures : la qualité de l'eau peut varier selon les conditions météorologiques (pluies, étiage l'été). 		
Vérifications		Commentaires
L'écoulement de l'eau d'appoint est-il normal ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Non	
L'eau d'appoint est-elle de bonne qualité visuelle ? (MES turbidité...)	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Non	
Les installations de traitement y compris l'adoucisseur fonctionnent-ils correctement ? (présence de fuites, remplissage des bacs, encrassement des systèmes de filtration)	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Non	

³ Membres du groupe de travail Analyse de Risque légionelle :
 Michèle Merchat, Climespace ; Gilles Chaperon, Capsis ; Michel Riou, Renault ; Emmanuel Béranger, Cofathec ; Davy Dalmar, Veritas ; Damien Page, OFIS ; Fabienne Lapierre, OFIS ; Rémi Aubry, SNFS ; Franck Chaventré, CSTB ; Marc Durif, INERIS ; Anne Bélastian, INERIS ; Eric Tarnaud, INERIS

Bassins de l'installation (bassins de reprise, chaud, froid, réservoirs...)		
Risques		
Possibilité d'accumulation de matières créant un milieu favorable à la prolifération des légionelles		
Vérifications		Commentaires
Le bassin a-t-il un aspect visuel propre : eau claire, surfaces sans trace de corrosion, d'entartrage ou de dépôts, pas de feuilles mortes ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
L'eau a-t-elle une odeur suspecte ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Est-ce que le fond du bassin est recouvert de divers dépôts ou de boues ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Des algues se sont-elles formées sur les parties ensoleillées ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Les entrées d'air sont-elles propres ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Circuits d'eau		
Risques		
Dégradation des états des surfaces du circuit favorisant le développement des légionelles et du biofilm		
Vérifications		Commentaires
Les flotteurs à corps creux sont-ils en bon état ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Le réseau est-il en bon état (contrôle des manchettes témoins, des échangeurs, buses, présence de fuites...) ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
La purge fonctionne-t-elle correctement ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Corps d'échange (Garnissage⁴)		
Risques		
Développement de milieu favorable aux légionelles		
Vérifications		Commentaires
Le garnissage est-il propre et en bon état ? (encrassement/dégradation)	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Y-a-t-il des parties du garnissage qui sont colmatées ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
L'écoulement de l'eau est-il homogène ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Dévésiculeur		
Risques		
Cet élément représente le seul rempart à la dispersion des légionelles dans l'atmosphère. Son efficacité peut très vite se dégrader du fait de défauts d'entretien ou de montage, augmentant ainsi l'entraînement vésiculaire.		
Vérifications		Commentaires
Le dévésiculeur est-il :	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Dégradé	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Encrassé	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Mal positionné	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Baffles d'insonorisation		
Risques		
Développement de milieu favorable aux légionelles		
Vérifications		Commentaires
Les baffles d'insonorisation (en particulier celles positionnées en sortie de la tour) sont-elles propres et en bon état ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

⁴ packing

Traitement d'eau		
Risques		
Dérive par rapport aux conditions nominales de mise en œuvre (perte importante d'efficacité)		
Vérifications	Commentaires	
L'installation de dosage (pompes, stockages, tuyauteries,) fonctionne-t-elle correctement ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Les stocks des produits de traitement chimiques/biocides sont-ils suffisants ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Autres Risques		
Vérifications	Commentaires	
Est-ce que le panache s'évacue correctement de la tour ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Est-ce que les dispositifs de protection (grillage feuilles, volatiles etc...) sont encrassés/dégradés ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

ANNEXE B

FICHE N°B.1

BIOCIDE OXYDANT

1. Définition

La directive européenne CE 98/8 donne la définition suivante :

Sont appelées « Biocides » toutes « *les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives ... qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière...* ».

Les biocides sont des composés « toxiques » pour les micro-organismes qui :

- détruisent la matière organique, élément nutritif des micro-organismes. La consommation d'oxydant par cette matière organique peut être très importante,
- détruisent les micro-organismes par oxydation chimique en pénétrant la paroi cellulaire et en perturbant leur métabolisme.

L'action désinfectante est déterminée par la concentration minimale de la molécule biocide nécessaire pour tuer tous les micro-organismes. L'efficacité du biocide dépend de la concentration du biocide, du temps de contact (entre la bactérie et le biocide) et du pH de l'eau pour certains oxydants. Cette destruction n'est possible que si la quantité d'oxydant disponible est supérieure à la quantité consommée par les matières organiques.

Les biocides généralement les plus utilisés pour les circuits de refroidissement sont le chlore (sous différentes formes) et le brome. Le dioxyde de chlore et le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée) sont moins répandus.

Les principales caractéristiques des biocides oxydants sont :

- Une vitesse d'action élevée,
- Une quantité suffisante à mettre en œuvre pour suppléer à la demande en oxydant,
- Un pouvoir oxydant qui influence la vitesse de corrosion,
- Une efficacité dépendante du pH.

2. Lieu d'analyse

La mesure est réalisée *in situ* ou en laboratoire externe.

3. Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

S'assurer qu'il subsiste une concentration résiduelle en actif ce qui permet de maintenir l'action désinfectante du biocide oxydant (la quantité d'oxydant disponible est alors supérieure à la quantité consommée par les matières organiques).

4. Type d'eau à analyser

L'analyse est réalisée sur tous types d'eau traitée par injection de biocide oxydant (eau brute, eau d'appoint, eau du circuit).

5. Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf. Bonnes Pratiques de Laboratoire

La mesure doit être réalisée **immédiatement** après avoir prélevé de l'eau (l'oxydant peut être « consommé » par l'eau dans le flacon).

Vérifier la date de péremption des réactifs utilisés.

En cas de désinfection curative de la tour avec des concentrations importantes de biocide oxydant (> 500 ppm), le dosage par colorimétrie est impossible sans avoir réalisé une dilution de l'échantillon.

Il n'est pas pertinent de mesurer la concentration en biocide oxydant en cas de vidange ou de remplissage de la tour.

6. Prélèvement

Cf. fiche prélèvement.

L'eau analysée doit être représentative : ne pas prélever au point d'injection du biocide ou juste à l'arrivée de l'appoint ou sur une eau qui ne circule pas même depuis seulement quelques heures.

Volume minimal nécessaire à l'analyse : 50 mL

7. Fréquence d'analyse a minima

En absence d'automatisation de l'injection (permettant de stabiliser la concentration en oxydant résiduel quelles que soient les variations de qualité de l'eau), la fréquence est à adapter selon la fréquence et l'importance de la variation de la qualité de l'eau d'appoint.

Cette fréquence est a minima :

- Journalière à hebdomadaire si l'eau d'appoint est une eau brute (eau de surface, eau de forage influencée par les conditions extérieures).
- Bimensuelle si l'eau brute est de l'eau de ville ou une eau brute non influencée (eau de forage protégé).

Dans tous les cas une régulation est fortement recommandée.

8. Analyse

Normes de référence pour le dosage du chlore (utilisables pour le brome) :

- **NF T 90-038** : Dosage du Chlore libre et du Chlore total par la méthode colorimétrique à la DPD (diéthyl-paraphénylène diamine ou diéthylaniline)
- **NF T 90-037** : Dosage du Chlore libre et du Chlore total par la méthode titrimétrique à la DPD.

Chlore libre : dans l'eau, le chlore se trouve sous trois formes en équilibre : le chlore dissous (Cl_2), l'acide hypochloreux (HOCl), l'ion hypochlorite (ClO^-). Les concentrations respectives de ces trois formes dépendent du pH.

Chlore total : il s'agit de la somme des formes du chlore libre et du chlore combiné (en particulier avec l'ammoniaque) : les chloramines.

Expression des résultats : les résultats sont exprimés en mg de Chlore libre ou total par Litre.

Il existe des tests colorimétriques avec comparateur pour une détermination facile et rapide de la concentration en oxydant (se rapprocher du traiteur d'eau).

Le *potentiel redox* permet également de quantifier la présence d'oxydants (ou de réducteurs) dans certaines conditions. La présence d'oxydant se traduit par une valeur positive. Le pH influence la mesure, et le signal se sature une fois que la concentration a atteint une certaine valeur. Cette valeur est exprimée en milliVolts.

9. Plage indicative des valeurs cibles

La fourchette préconisée est de 0,1 à 1 mg/L d'oxydant libre résiduel.

Il y a un risque de vitesse de corrosion accrue au-delà de cette valeur.

10. Actions correctives

Rechercher la cause de l'absence d'oxydant résiduel :

- apport anormal en matières organiques -via l'eau d'appoint, via des proliférations d'algues...-,
- dysfonctionnement au point d'injection du biocide (état de la pompe, niveau du bidon, fuites éventuelles),
- remise en circulation d'un « bras mort temporaire »...

Ajuster les quantités injectées et effectuer des mesures de suivi dans les 24 h.

FICHE N°B.2

TURBIDITÉ / MATIÈRES EN SUSPENSION (MES)

1 Définition

La turbidité caractérise un liquide contenant des matières en suspension difficilement décantables et qui en atténuent la transparence. Elle est due à la présence par exemple de limons, argiles, colloïdes, micro-organismes...

Lorsque la taille des éléments en suspension permet leur rétention sur un filtre, il s'agit de matières en suspension.

2 Lieu d'analyse

La mesure est réalisée *in situ* ou en laboratoire externe.

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

Appréciation rapide de la qualité de l'eau brute et de l'eau d'appoint, en particulier quand elle est traitée.

Appréciation rapide de la qualité des eaux en circulation : indique la présence de matières insolubles dans l'installation (pollution externe par l'eau d'appoint ou le lavage d'air à la tour, dysfonctionnement des filtres ...).

Les matières en suspension qui ne sont pas éliminées dans les purges, se déposent dans les échangeurs ou sédimentent dans le bassin où elles sont le siège de prolifération de micro-organismes.

Les traitements avec les biocides, les biodispersants ou les biodétergents peuvent provoquer une augmentation transitoire de la turbidité et des matières en suspension.

Il peut s'agir de paramètres de contrôle lors d'un nettoyage.

4 Type d'eau à analyser

- Eau brute (eau de surface et eau de forage, eau industrielle)
- Eau d'appoint (l'eau de ville possède une turbidité faible généralement inférieure à 1 FNU)
- Eau du circuit

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf Bonnes Pratiques de Laboratoire

L'analyse doit être effectuée rapidement après le prélèvement.

6 Prélèvement

Cf. fiche prélèvement

Volume minimal nécessaire à l'analyse : 25 mL

7 Fréquence d'analyse *a minima*

Mensuellement

Ponctuellement :

- Lors d'évènements susceptibles de modifier ces paramètres (pluies fortes, période d'étiage),
- Pour le suivi d'un nettoyage. Lors de la remise en eau, si la turbidité est anormalement élevée, il faut re-vidanger l'installation.

NB : L'analyse de la turbidité doit figurer sur le rapport d'analyse *Legionella* des eaux de l'installation.

8 Analyse

TURBIDITE

Norme de référence :

Néphélométrie (NF EN ISO 7027), un néphélomètre est nécessaire.

Autres techniques d'analyse de la turbidité:

- Turbidimétrie (nécessite un turbidimètre)
- Absorption optique pour les valeurs plus élevées (un spectrophotomètre de terrain permet l'analyse à 450 nm).

Expression des résultats :

- FNU (*Formazin Nephelometric Unit*) : c'est l'unité de la norme 7027, retenue par la législation française,
- NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*),
- FTU (*Formazine Turbidity Unit*).

On admet généralement la relation : 1 FNU = 1 FTU = 1 NTU

MATIERES EN SUSPENSION

Norme de référence :

Filtration sur filtre en fibres de verre NF EN 872 (T 90-105-1).

Autres techniques d'analyse des MES :

Réf. : INERIS – DRC – 76471 – ERSA n° 100 Aide surveillance TAR final.doc

Absorption optique pour les valeurs plus élevées (un spectrophotomètre de terrain permet l'analyse à 810 nm).

Expression des résultats :

milligramme de matières en suspension par litre (mg/L)

9 Plage indicative des valeurs cibles

Les valeurs sont dépendantes de la nature des eaux d'appoint.

Peu de variations doivent être observées.

Matières en suspension : < 20 à 30 mg/L

10 Actions correctives

Si la turbidité augmente significativement :

- Adapter la qualité de l'eau d'appoint
- Vérifier la filtration dérivée
- Purger davantage si l'eau d'appoint est convenable

FICHE N°B.3

FACTEUR DE CONCENTRATION

1 Définition

Par convention, on appelle facteur de concentration (ou « nombre de cycles de concentration ») le rapport entre la quantité de sels dissous dans l'eau en circulation et dans l'eau d'appoint.

L'eau en circulation est plus concentrée en minéraux que l'eau d'appoint (à cause de l'évaporation).

2 Lieu d'analyse

Il n'y a pas d'analyse du « facteur de concentration », ce paramètre étant calculé par le rapport du résultat de mesures effectuées sur l'eau du circuit et sur l'eau d'appoint (mesure de conductivité ou des chlorures)

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

Elle permet d'ajuster le taux de purge de l'installation (volume et fréquence).

La détermination du rapport TH en circuit / TH de l'appoint permet par comparaison avec le facteur de concentration d'apprécier l'absence d'entartrage important.

La mesure du facteur de concentration permet également de limiter la consommation d'eau (il y a plusieurs passages de l'eau pour refroidir).

Des valeurs trop élevées peuvent conduire à de l'entartrage, de la corrosion ou à la formation de dépôts et les économies d'eau deviennent faibles.

4 Type d'eau à analyser

- Eau d'appoint
- Eau du circuit

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf Bonnes Pratiques de Laboratoire

Cf. fiche chlorure ou fiche de conductivité

6 Prélèvement

Cf. fiche de prélèvement

Cf. fiche chlorure ou fiche de conductivité

7 Fréquence d'analyse *a minima*

1 fois par jour à 2 fois par mois

8 Analyse

Le facteur de concentration peut être déterminé de plusieurs manières :

- $F_c = \text{conductivité de l'eau du circuit} / \text{conductivité de l'eau d'appoint.}$

Attention : non valable si le pH est régulé

- $F_c = \text{concentration d'un ion soluble dans l'eau de l'installation} / \text{concentration de cet ion dans l'eau d'appoint.}$

Par exemple les chlorures si les traitements en apportent peu.

- $F_c = \text{débit moyen d'appoint (m}^3/\text{h)} / \text{débit moyen de purge (m}^3/\text{h)}$

9 Plage indicative des valeurs cibles

Dépend de la qualité de l'eau d'appoint :

- Eaux dures : 1,5 à 2
- Eaux douces : 2 à 5

10 Actions correctives

Adapter le taux de purge

FICHE N°B.4

CONDUCTIVITÉ

1 Définition

La conductivité électrique traduit la teneur en sels dissous de l'eau.
Elle augmente avec la teneur en sels dissous (salinité) et la température.

2 Lieu d'analyse

La mesure est réalisée *in situ* (de préférence) ou en laboratoire externe.

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

L'eau du circuit de refroidissement se concentre en sels minéraux du fait de l'évaporation au niveau de la tour de refroidissement (évaporation d'eau pure).

La mesure de conductivité permet de suivre rapidement mais approximativement la minéralisation ou la salinité globale d'une eau et d'en suivre l'évolution.

La conductivité sert à calculer le facteur de concentration.

Le résultat peut être affecté par l'apport des produits de conditionnement et des désinfectants qui apportent de la salinité. La régulation du pH provoque une légère augmentation de la conductivité. Le facteur de concentration calculé sera alors légèrement sous-estimé.

L'absence de contrôle de ce paramètre peut conduire à des conditions d'entartrage ou de corrosion.

4 Type d'eau à analyser

- Eau d'appoint
- Eau du circuit

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf. Bonnes Pratiques de Laboratoire

6 Prélèvement

Cf. fiche de prélèvement

Volume minimal nécessaire à l'analyse : 50 mL

7 Fréquence d'analyse *a minima*

1 fois par jour à 2 fois par mois

8 Analyse

La mesure de conductivité électrique est effectuée par un conductivimètre. (NF EN 27888)

Expression des résultats : microSiemens (μS) par cm à 25°C.

La conductivité s'exprime toujours en précisant la température de référence.

9 Plage indicative des valeurs cibles

À pH libre : conductivité en circuit = $F_c \times$ conductivité de l'appoint

En circuit de refroidissement, les valeurs généralement rencontrées varient de 800 à 1200 μS par cm

10 Actions correctives

Adapter le taux de purge : l'augmenter pour diminuer la conductivité et inversement.

FICHE N°B.5

CHLORURES

1 Définition

Exprime la teneur en anion Cl⁻ quel que soit le cation associé (majoritairement le sodium Na⁺).

2 Lieu d'analyse

La mesure est réalisée *in situ* (de préférence) ou en laboratoire externe.

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

Le rapport de la mesure des chlorures de l'eau du circuit et des chlorures de l'eau d'appoint est un moyen d'évaluer le facteur de concentration dans le circuit (le facteur de concentration permet de gérer le volume et la fréquence des purges de déconcentration).

L'absence de contrôle de ce paramètre peut conduire à une mauvaise maîtrise du taux de purge entraînant un dysfonctionnement de l'ensemble du traitement de l'eau.

De fortes teneurs en chlorures peuvent entraîner des phénomènes de corrosion notamment sur certaines types d'acier inox.

L'analyse des chlorures peut permettre de contrôler le bon fonctionnement de l'adoucisseur éventuellement présent sur l'appoint (notamment la phase rinçage) sous réserve que cette mesure soit faite immédiatement en fin de rinçage lors de la régénération en comparant les chlorures de l'eau brute avec les chlorures de l'eau de rinçage.

4 Type d'eau à analyser

- Eau brute
- Eau d'appoint
- Eau circuit tour

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf Bonnes Pratiques de Laboratoire

Mesure inutile en cas de régulation de pH par l'acide chlorhydrique.

6 Prélèvement

Cf. fiche de prélèvement

Volume minimal nécessaire à l'analyse : 250 mL

7 Fréquence d'analyse a minima

- Eau brute : 2 fois par an
- Eau d'appoint et eau circuit : 1 fois par jour à 2 fois par mois

8 Analyse

Référence Normes

NF EN ISO 10304-1 (juin 1995)

Qualité de l'eau - Dosage des ions fluorure, chlorure, nitrite, orthophosphate, bromure, nitrate et sulfate dissous, par chromatographie des ions en phase liquide - Partie 1 : méthode applicable pour les eaux faiblement contaminées

NF EN ISO 15682 (décembre 2001)

Qualité de l'eau - Dosage des chlorures par analyse en flux (CFA et FIA) et détection photométrique ou potentiométrique

Expression Résultats : mg/L ou encore en degrés français (° f).

1 degré français de chlorures est égal à 7,1 mg/L

9 Plage indicative des valeurs cibles

La teneur en circuit recommandée est généralement de 4 à 8 °f.

10 Actions correctives

Limiter le facteur de concentration de l'installation de refroidissement en jouant sur le taux de purge.

FICHE N°B.6

TA (TITRE ALCALIMÉTRIQUE) TAC (TITRE ALCALIMÉTRIQUE COMPLET)

1 Définition

Le TA correspond à la somme des ions hydroxyles (OH^-) et de la moitié des ions carbonates (CO_3^{2-}) -qui sont entièrement transformés en bicarbonates (HCO_3^-) à un pH de 8,3- en solution dans l'eau.

Le TAC exprime l'alcalinité totale de l'eau. Il correspond en première approximation, à la quantité totale d'hydroxyles (OH^-), de carbonates alcalins (CO_3^{2-}) et de bicarbonates (HCO_3^-) en solution dans l'eau.

2 Lieu d'analyse

L'analyse est réalisée *in situ* ou en laboratoire externe.

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

Avec le TH et le pH, le TA et TAC permettent de déterminer le caractère entartrant ou agressif d'une eau.

La maîtrise de l'entartrage dans l'installation de refroidissement passe par le maintien d'un TAC de consigne de l'eau de l'installation fixé par le traiteur d'eau. Le dépassement de cette valeur entraîne la formation de dépôts qui seront autant de zones favorables au développement des légionelles.

Le TAC de l'eau brute, s'il est trop élevé, peut imposer un pré-traitement éventuel de l'eau d'appoint par décarbonatation ou une régulation de pH de l'eau de l'installation de refroidissement, ces deux techniques étant, habituellement, réservées aux installations industrielles de forte puissance.

4 Type d'eau à analyser

- Eau brute
- Eau d'appoint (facultatif si eau adoucie)
- Eau circuit tour

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf. Bonnes Pratiques de Laboratoire

6 Prélèvement

Cf. fiche prélèvement

Volume minimal nécessaire à l'analyse : 100 mL

7 Fréquence d'analyse a minima

- Eau brute : 2 fois par an
- Eau d'appoint et eau circuit tour : 1 fois par jour à 2 fois par mois

8 Analyse

Référence Normes :

✓ NF EN ISO 9963-1 (février 1996)

Qualité de l'eau - Détermination de l'alcalinité - Partie 1 : détermination de l'alcalinité totale et composite

✓ NF EN ISO 9963-2 (janvier 1996)

Qualité de l'eau - Détermination de l'alcalinité - Partie 2 : détermination de l'alcalinité carbonate

Le TA et le TAC sont mesurés par ajout d'une solution titrée acide (liqueur alcalimétrique) en présence d'indicateurs colorés (ou d'un pH-mètre : plus rarement dans la pratique quotidienne de chantier) dont le changement de couleur indique leur neutralisation.

Le TA et le TAC se mesurent après détermination du pH de l'eau.

La mesure du TAC succède à celle du TA sur le même échantillon.

Expression Résultats : Degrés français (° f) ou mg/L de CaCO₃ (1° f = 10 mg/L) ou en ppm de CaCO₃ (1 ppm = 1 mg/L)

Limite de quantification⁵ : 2° f

9 Plage indicative des valeurs cibles

La plage de valeurs de TA conseillée est de 2 à 10 ° f

La plage de valeurs de TAC conseillée est de 20 à 40 ° f

Dans tous les cas, tenir compte des données des constructeurs des installations de refroidissement et des consignes d'exploitation de la tour.

10 Actions correctives

Cf. consignes d'exploitation

Si le pH de l'eau n'est pas régulé :

- Vérifier le bon fonctionnement ou rechercher une défaillance sur le système de décarbonatation
- Adapter la purge de déconcentration pour réduire le facteur de concentration des sels minéraux dans le circuit et donc réduire le risque de formation de dépôts

Si le pH est régulé : agir sur la régulation de pH

⁵ La limite de quantification est la plus petite valeur à partir de laquelle il existe un résultat de mesure avec une fidélité suffisante. Elle doit être calculée selon le paragraphe 5.1.3.3 de la norme française XP T 90-210 de décembre 1999.

FICHE N°B.7

TH (TITRE HYDROTIMÉTRIQUE)

1 Définition

Le TH correspond à la dureté d'une eau.

Plus le TH est élevé, plus l'eau est "dure" ou "calcaire".

La dureté de l'eau est principalement causée par la présence d'ions Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}) et Bicarbonate (HCO_3^-) dans l'eau.

On distingue :

- le TH total : somme des concentrations en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}), c'est cette valeur qui est utilisée lorsque l'on parle couramment du TH ou de la dureté de l'eau.
- le TH calcique : concentration en ion calcium seul (Ca^{2+})
- le TH magnésien : concentration en ion calcium seul (Mg^{2+})

2 Lieu d'analyse

L'analyse de TH doit être réalisée *in situ*, car ce paramètre est sensible aux conditions de milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'il n'est pas mesuré sur site.

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

Le TH reflète la concentration en éléments minéraux qui, au delà d'une certaine valeur, précipitent pour former des dépôts durs (tartre), des dépôts mous (boues).

Ainsi, une eau dure peut poser des problèmes d'entartrage des canalisations d'eau.

Plusieurs techniques permettent de lutter contre le risque d'entartrage :

- l'adoucissement de l'eau brute (appauvrissement de l'eau en calcium et magnésium),
- la décarbonatation de l'eau (élimination des bicarbonates)
- ou la lutte contre la formation du dépôt.

Si l'eau est « adoucie », la mesure de TH en sortie adoucisseur ou dans le circuit permet de vérifier le bon fonctionnement du système d'adoucissement de l'eau.

L'analyse du TH sur l'eau adoucie immédiatement avant une régénération de l'adoucisseur (en fin de cycle) permet de vérifier la pertinence des réglages de l'adoucisseur (fréquence des régénérations et consommation de sel).

Si l'eau n'est pas adoucie, la comparaison entre le facteur de concentration du TH ($FC_{TH} = TH \text{ circuit} / TH \text{ appoint}$) et le facteur de concentration des chlorures ($FC_{Cl} = Cl \text{ circuit} / Cl \text{ appoint}$) permet de suivre l'absence d'entartrage :

- ✓ $FC_{TH} = FC_{Cl} \Rightarrow$ pas d'entartrage
- ✓ $FC_{TH} < FC_{Cl} \Rightarrow$ entartrage
- ✓ $FC_{TH} > FC_{Cl} \Rightarrow$ remise en solution de dépôt de tartre (« détartrage »)

4 Type d'eau à analyser

- Eau brute
- Eau d'appoint
- Eau circuit tour

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf Bonnes Pratiques de Laboratoire

6 Prélèvement

Cf. fiche prélèvement

Volume minimal nécessaire à l'analyse : 100 mL

7 Fréquence d'analyse a minima

Eau d'appoint et eau circuit tour : 1 fois par jour à 2 fois par mois

8 Analyse

Référence Normes :

NF EN ISO 11885 (mars 1998)

Qualité de l'eau - Dosage de 33 éléments par spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction

NF EN ISO 14911 (octobre 1999)

Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie ionique, des ions Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} et Ba^{2+} dissous - Méthode applicable pour l'eau et les eaux résiduaires

NF EN ISO 7980 (mars 2000)

Qualité de l'eau - Dosage du calcium et du magnésium - Méthode par spectrométrie d'absorption atomique

La mesure de TH sur le terrain se fait par spectrométrie, colorimétrie ou titrométrie.

La méthode d'analyse peut être mise en défaut lorsque les eaux sont riches en cuivre et/ou en fer dissous.

Expression Résultats : Degrés français (° f) ou mg/L de CaCO₃ (1°f = 10 mg/L) ou en ppm de CaCO₃ (1 ppm = 1 mg/L)

Limite de quantification⁶ : 2° f

9 Plage indicative des valeurs cibles

Un degré français correspond à 4 mg/L de calcium ou à 2,4 mg/L de magnésium.

La dureté des eaux brutes françaises se situe généralement à :

- 0 à 5 °f pour une eau très douce (pouvant être corrosive)
- 6 à 10 °f pour une eau douce
- 11 à 15 °f pour une eau peu calcaire
- 16 à 25 °f pour une eau calcaire (moyennement dure)
- 26 à 50 °f pour une eau très calcaire (très dure)

Dans le circuit de refroidissement, la valeur cible du TH est déterminée en collaboration avec le traiteur d'eau : 25 à 30 °f maximum, mais 0 à 10 ° f est préférable.

Si l'eau d'appoint est adoucie (TH=0 en sortie adoucisseur), la valeur cible dans le circuit est < 5 °f , la valeur d'alerte est 10 °f.

10 Actions correctives

Si l'eau d'appoint est «dure », Il est possible de réduire la dureté de l'eau en l'adoucissant par avec un système d'échangeur d'ions par exemple.

Si la valeur de TH dans le circuit est supérieure à la valeur cible :

- Vérifier le bon fonctionnement ou recherche une défaillance sur l'adoucisseur.
- Augmenter éventuellement la purge de déconcentration pour réduire le facteur de concentration des sels minéraux dans le circuit et donc réduire le risque de formation de dépôts.

⁶ La limite de quantification est la plus petite valeur à partir de laquelle il existe un résultat de mesure avec une fidélité suffisante. Elle doit être calculée selon le paragraphe 5.1.3.3 de la norme française XP T 90-210 de décembre 1999.

FICHE N°B.8

pH

1 Définition

Le pH (potentiel hydrogène) d'une eau caractérise son acidité ou son alcalinité.

Il indique la concentration en ions hydrogène $[H^+]$ de l'eau.

Le pH varie de 1 à 14.

Un pH = 7 correspond à un pH neutre, pH<7 signale un pH acide et un pH>7 indique un pH basique.

2 Lieu d'analyse

L'analyse de pH doit être réalisée *in situ* car ce paramètre est sensible aux conditions de milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'il n'est pas mesuré sur site.

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

La mesure régulière n'est utile que si le pH est régulé, mais la valeur du pH de l'eau est à prendre en considération lors de la majorité des opérations de traitement de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique (le pH influence l'efficacité ou la vitesse de dégradation de certains biocides par exemple).

Vérifier les données du constructeur de la tour (pH de l'eau recommandé pour la durée de vie des matériaux).

4 Type d'eau à analyser

- Eau du circuit

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf. Bonnes Pratiques de Laboratoire

Sans objet en dehors du mode d'emploi de l'appareillage utilisé.

6 Prélèvement

Cf. fiche prélèvement.

Volume minimum nécessaire à l'analyse : 100 mL

7 Fréquence d'analyse a minima

1 fois par jour (si régulation) à 2 fois par mois

8 Analyse

La mesure sur le terrain est réalisée par sonde portative électrochimique.

Normes de référence :

- **NF T90-008** : Mesure électrométrique du pH avec l'électrode de verre (norme applicable dans le cas de mesures sur des eaux dont la température est comprise entre 0 et 60°C. Elle n'est pas applicable avec les électrodes de verre habituelles pour la détermination de valeurs de pH supérieures à 11 unités ou inférieures à 1 unité).
- **NF T90-006** : Mesure colorimétrique du pH

Dans les cas nécessitant une mesure précise et fiable, il est recommandé d'avoir recours à la norme **NF T90-008**.

Expression des résultats : les résultats sont exprimés en unités de pH, à la température de 20°C, sous la forme :

pH à 20°C = xx.xx (la deuxième décimale est arrondie au 0 ou au 5 le plus proche).

9 Plage indicative des valeurs cibles

Elle est à définir à partir des données fournies par le constructeur de la tour et par le traiteur d'eau.

10 Actions correctives

Si la valeur de pH s'éloigne de la valeur cible, vérifier le bon fonctionnement de la régulation de pH.

FICHE N°B.9

FER TOTAL / FER DISSOUS

1 Définition

Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH situé entre 6,5 et 9, le fer présent dans les eaux est généralement à l'état ferreux, soluble dans l'eau. Mais, sous l'action de l'air ou d'un autre oxydant, le fer passe à l'état ferrique peu soluble.

Le fer peut également exister à l'état colloïdal et sous forme de complexes organiques et minéraux dans les eaux.

2 Lieu d'analyse

La mesure est réalisée *in situ* ou en laboratoire externe.

Les dosages du fer sont très influencés par les conditions de prélèvement et de stockage de l'échantillon.

Le dosage du fer dissous (fer ferreux) doit se faire immédiatement après prélèvement sur un échantillon filtré.

Pour stabiliser le fer ferreux pendant le stockage et le transport, on acidifie les échantillons.

Le dosage du fer total se fait directement sur l'échantillon après homogénéisation et acidification.

3 Intérêt de la mesure dans le cadre de l'exploitation

Les mesures du fer dissous et du fer total dans l'eau de l'installation de refroidissement sont des indicateurs de suivi de la corrosion des installations.

Ses mesures servent également ponctuellement en cas de changement dans le mode de fonctionnement de l'installation et dans le cas d'une modification dans le traitement de l'eau.

Dans le cas d'eaux brutes ferrugineuses, le traiteur d'eau peut être amené à prescrire un traitement de déferrisation⁷ et/ou une filtration dérivée sur le circuit de l'installation de refroidissement.

⁷ Déferrisation : Traitement d'élimination du fer dissous par oxydation pour former un précipité d'hydroxyde de fer séparé ensuite de l'eau par simple décantation et/ou par filtration. Les modalités d'oxydation peuvent être variables

La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer ou corrodent les canalisations.

4 Type d'eau à analyser

- Eau brute et eau d'appoint (sauf si eau de ville)
- Eau circuit

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Cf. Bonnes Pratiques de Laboratoire

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées (cf.rubrique 8).

6 Prélèvement

Cf. fiche prélèvement.

Volume minimum nécessaire à l'analyse : 50 mL

7 Fréquence d'analyse a minima

- Eau brute/appoint de ville : pas nécessaire (limite de qualité < 0,2 mg/L)
- Eau brute ferrugineuse (eau de forage) : 1 fois par an
- Eau d'appoint (hors alimentation en eau de ville) et eau du circuit : 2 fois par mois

8 Analyse

- ✓ Méthode colorimétrique

Le fer réduit à l'état ferreux est dosé colorimétriquement après formation d'un sel ferreux rouge. La limite de détection par cette méthode est de 0,1 mg/L.

- ✓ Méthode par adsorption atomique

NF EN ISO 11885 (mars 1998) : Qualité de l'eau - Dosage de 33 éléments par spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction

Expression des résultats : les résultats sont exprimés en mg/L de Fer dissous ou total selon le mode opératoire utilisé.

9 Plage indicative des valeurs cibles

Dans l'eau d'appoint et l'eau du circuit de refroidissement, il est recommandé de maintenir des concentrations en dessous de la valeur de 0,2 mg/L.

Les eaux d'appoints brutes ferrugineuses doivent être déferrisées avant utilisation.

10 Actions correctives

Si la concentration en Fer total ou dissous augmente dans le réseau, il est indispensable de vérifier si cela est lié à l'augmentation de la vitesse de corrosion dans l'installation :

- Contrôler la mise en œuvre du traitement anti-corrosion
- Contrôler le fonctionnement de la déferrisation

- Contrôler la filtration dérivée sur l'installation de refroidissement (?P, fréquence et paramétrage des contre lavages)
- Limiter le facteur de concentration de l'installation de refroidissement en jouant sur le taux de purge.
- Contrôler visuellement les coupons témoins de corrosion.

FICHE N°B.10

PRÉLÈVEMENT D'EAU POUR ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Les prélèvements doivent être réalisés par un opérateur formé.

1. Eau brute

Le prélèvement peut être réalisé sur un piquage quelconque sur la conduite mais avant pré-traitement éventuel.

2. Eau d'appoint

Le prélèvement doit être réalisé sur un piquage quelconque de la conduite d'alimentation de l'installation de refroidissement, après le pré-traitement éventuel.

Cas particulier eau adoucie : après et après mitigeage éventuel

3. Eau du circuit

Les prélèvements d'eau doivent permettre de recueillir une eau **représentative** de l'eau du circuit hors de toute influence de l'eau d'appoint.

Les points de prélèvements courants sont :

- le bassin de la tour : Dans ce cas, vérifier l'éloignement d'une éventuelle arrivée d'eau d'appoint. Le principal inconvénient de cette solution est que la circulation d'eau doit être arrêtée pour réaliser le prélèvement. Pour s'assurer que le prélèvement n'est pas dilué par l'eau d'appoint, il faut vérifier que la conductivité du prélèvement soit bien la même que celle de l'eau du circuit, ou à défaut, que leur température soit identique.
- un piquage sur le circuit : Dans ce cas la distance doit être quasi nulle entre la vanne d'arrêt et l'eau en circulation, et le prélèvement doit se faire directement derrière la vanne d'arrêt après flambage si la vanne le supporte, et purge suffisante.
- sur la ligne de déconcentration continue : par exemple au point de rupture de charge ; dans ce cas, vérifier que la conduite d'évacuation, qui n'est pas en charge, est propre pour éviter toute contamination.

EVITER :

- de prélever juste après un traitement choc,
- un point de prélèvement trop près de l'arrivée de l'eau d'appoint : eau prélevée diluée donc concentrations mesurées artificiellement basses,
- un point de prélèvement sur un bras mort (ligne de prélèvement longue avec vanne d'arrêt) l'eau prélevée peut avoir stagné si la purge préalable n'est pas assez longue, et, si la purge est suffisante, des décrochages de micro-organismes des parois peuvent apparaître et contaminer artificiellement le prélèvement.

Remarque : la réglementation oblige à repérer le point de prélèvement sur l'installation.

Attention : Il ne faut pas réaliser de prélèvement d'eau du circuit trop tôt après une vidange de l'installation, sinon l'eau analysée aura des caractéristiques proches de celles de l'eau d'appoint. Un délai minimum de plusieurs jours est à respecter (dépendant du temps de séjour de l'eau dans le circuit : on conseille un minimum de 3 temps de séjour) entre la vidange et le prélèvement. Pour s'assurer de la représentativité du point choisi, s'assurer que la conductivité ou la concentration en chlorures du circuit a une valeur habituelle.

ANNEXE C

FICHE N°C.1

DÉNOMBREMENT DE LA FLORE TOTALE

1 Définition

Cet indicateur permet d'apprécier la propreté biologique de l'installation (eau d'appoint et eau du circuit). Il consiste à dénombrer les microorganismes (bactéries aérobies, levures, moisissures) revivifiables à 22°C, 37°C ou à température définie.

Remarque : « flore totale » et « flore aérobie revivifiable » sont des synonymes

2 Lieu d'analyse

In situ ou laboratoire externe suivant la technique employée

3 Intérêt de la mesure par rapport à l'écologie de la légionelle

Il n'existe aucune corrélation directe entre la flore totale et la concentration en légionelles.

4 Type d'eau à analyser

Eau d'appoint et eau du circuit

5 Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Il est impératif que les mesures soit toujours réalisées dans les mêmes conditions : même milieu de culture, même température d'incubation, même protocole mis en œuvre, même opérateur.

6 Prélèvement

Voir le guide de prélèvement.

L'analyse doit être réalisée :

- soit immédiatement après le prélèvement (technique par lame gélosée, par exemple),
- soit au plus tard dans les 12 heures qui suivent le prélèvement quand l'analyse est réalisée selon la norme NF EN ISO 6222.

7 Fréquence d'analyse a minima

Il est conseillé de retenir la même fréquence d'analyses à minima que celles utilisées pour la recherche de légionelles par culture (cf fiche C.1), voir plus souvent, suivant la situation (par exemple 1 fois/semaine en suivi préventif).

8 Analyse

Il existe plusieurs méthodes d'analyse de la flore totale :

- par culture en milieu gélosé (norme NF EN ISO 6222 : 1 millilitre d'eau, incubation à 22°C et à 37°C),
- par lame gélosée.

Quelle que soit la technique retenue, un facteur essentiel pour qualité de l'analyse est la maîtrise de la température d'incubation.

L'opérateur doit n'en choisir qu'une afin de pouvoir déterminer une valeur de référence pour son installation. Tout écart à cette valeur de référence pourra être le signe d'un dysfonctionnement de l'installation ou d'une contamination ponctuelle.

Délai maximum entre le prélèvement et le résultat de l'analyse :

Norme NF EN ISO 6222 22°C : 72 heures

Norme NF EN ISO 6222 37°C : 48 heures

Autres : 48 heures

Les résultats sont exprimés en UFC/mL.

9 Plage indicative des valeurs cibles

Comme pour la PCR, il faut établir une valeur de référence pour chaque installation, à partir d'analyses répétées de la flore totale.

Une augmentation de 2 unités Log par rapport à cette valeur de référence est le signe d'un dysfonctionnement de l'installation.

10 Actions correctives

En cas de dérive de la concentration en flore totale, il faut :

- Confirmer cette dérive par une autre analyse de la flore totale et vérifier les autres paramètres de suivi
- se reporter à l'analyse de risques pour les procédures à suivre qui seront par exemple :
 - ✓ Vérifier l'absence de contamination extérieure (sédiments, feuilles),
 - ✓ Eviter toute stagnation de l'eau dans l'installation,
 - ✓ Vérifier une contamination possible de l'eau d'appoint,
 - ✓ Contrôler qu'il n'y a pas un dysfonctionnement du traitement biocide de l'eau,
 - ✓ Vérifier qu'il n'y a pas une fuite sur l'installation de refroidissement,

Si aucune cause n'est identifiée qui puisse justifier l'augmentation de la flore totale, procéder à un nettoyage et à une désinfection de l'installation.

Fiche n°C.2

RECHERCHE DE *LEGIONELLA* PAR CULTURE

1. Définition

La recherche de *Legionella* par culture est réalisée selon la technique normative : NF T90-431 (2003). Elle est obligatoire selon la législation en cours.

2. Lieu d'analyse

Dans un laboratoire accrédité.

3. Intérêt de la technique par culture pour les légionelles

Deux intérêts majeurs :

- 1- Pour les enquêtes épidémiologiques lors de cas groupés de légionellose : circulaire DGS 2005/323 ;
- 2- Pour mesurer la concentration en légionelles viables dans l'eau afin d'évaluer l'efficacité des traitements mis en œuvre et les actions à entreprendre en fonction des seuils législatifs.

4. Type d'eau à analyser

- ✓ Eau d'appoint
- ✓ Eau du circuit

5. Prélèvement

Suivre l'annexe C « Bonnes pratiques de prélèvement pour la recherche de légionelles dans les circuits de refroidissement ».

6. Fréquence d'analyse

Elle est à adapter en fonction de l'analyse de risque propre à l'installation et des arrêtés préfectoraux qui sont pris dans chaque département.

Les arrêtés ministériels du 13-12-2004 recommandent pour l'eau de circuit :

- une fréquence mensuelle (F12) pour les installations soumises à autorisation,
- une fréquence bimestrielle (F6) pour les installations soumises à déclaration,
- une fréquence trimestrielle (F4) pour les installations dont le résultat de l'analyse est inférieur à 1000 UFC/L pendant 12 mois continus.

Le suivi de l'eau d'appoint sera réalisé au moins deux fois par an dont une fois pendant la période estivale.

7 Analyse

La technique de recherche de légionelles par culture est décrite dans la norme NFT 90-431. Pour rappel : 1 litre d'eau à analyser est filtré ou centrifugé puis le concentrat estensemencé sur des milieux de culture spécifiques pour les légionelles.

Généralement, pour les eaux des circuits de refroidissement, la limite de quantification est de 250 UFC/L (si on filtre 1 L) ou 500 UFC/L (si on centrifuge ou filtre 500 mL).

- Avantages : technique normalisée et réglementaire, identification et possibilité de génotypage des légionelles cultivables pour trouver les sources de contamination. Possibilité d'utiliser les résultats provisoires confirmés (5 j) avant le résultat définitif.
- Limites: le rendement de l'analyse est faible, sous-estimation de la concentration en légionelles totales (les légionelles viables non-cultivables ne sont pas prises en compte, ni les légionelles «intra-amibes »). Bien que les résultats provisoires confirmés soient fiables, le résultat définitif n'est obtenu qu'après 10 jours de culture.

8 Plage indicative des valeurs cibles

La concentration en *Legionella specie* dans l'eau du circuit doit être en permanence inférieure à 1000 UFC/L selon NF T 90-431.

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. S'il ne s'agit pas d'un traitement chimique, l'exploitant devra avoir démontré que cet autre traitement est efficace sur son installation.

9 Actions correctives

- ✓ Si présence de flore interférente : nettoyage & désinfection ;
- ✓ Si concentration en *Legionella sp.* > à 10^3 UFC/L et < à 10^5 UFC/L : nettoyage & désinfection et nouvelle analyse dans les 15 jours qui suivent ;
- ✓ Si concentration en *Legionella sp.* > à 10^3 UFC/L et < à 10^5 UFC/L 3 fois de suite : nettoyage & désinfection, nouvelle analyse dans les 15 jours qui suivent plus révision de l'analyse des risques ;
- ✓ Si concentration en *Legionella sp.* > à 10^5 UFC/L :
 - Information immédiate de l'IIC
 - Arrêt immédiat de l'installation selon procédure spécifique, réalisée préalablement à l'incident, nettoyage et désinfection. Nouvelle analyse 48 heures après la remise en service
 - 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 concentration en *Legionella sp.* > 10^4 dans les 3 mois suivants
 - Conservation des souches (par le laboratoire) pendant 3 mois

RECHERCHE DE *LEGIONELLA* PAR PCR QUANTITATIVE EN TEMPS RÉEL

1. Définition

La PCR (Polymerase Chain Reaction) est une technique de biologie moléculaire qui permet de détecter et quantifier l'ADN de *Legionella sp.* et/ou *Legionella pneumophila* d'échantillons d'eau. Elle repose sur l'amplification rapide de gènes spécifiques.

La détection d'ADN de *Legionella* par PCR quantitative en temps réel est réalisée selon une technique normative expérimentale : XPT90-471.

2. Lieu d'analyse

Laboratoire externe ou in situ, ayant fait l'objet d'un dossier de validation de la technique recommandé par l'AFNOR.

3. Intérêt de la technique par PCR

L'intérêt essentiel est la rapidité d'obtention du résultat : 24 à 48 h.

4. Type d'eau à analyser

- ✓ Eau du circuit
- ✓ Eau d'appoint (éventuellement)

5. Conditions particulières pour la réalisation de la mesure

Précautions à prendre par rapport aux chocs avec des biocides :

- ✓ la PCR peut être inhibée (produits chimiques, matière organique...contenu dans l'eau);
- ✓ un contrôle d'inhibition est obligatoire pour chaque échantillon testé.

6. Prélèvement

Suivre l'annexe C « Bonnes pratiques de prélèvement pour la recherche de légionelles dans les circuits de refroidissement ».

7. Fréquence d'analyse a minima

Aucune fréquence ne peut être définie en l'état actuel des connaissances.

8. Analyse

De nombreux appareils de PCR avec ou sans KITS dédiés existent.

La norme XPT 90-471 définit :

- ✓ des critères afin d'évaluer la sensibilité, la spécificité, la répétabilité, le rendement, les limites de détection et de quantification (LD⁸, LQ⁹), et la justesse de la quantification en fonction de l'étalonnage,
- ✓ Les témoins d'extraction, de quantification, d'inhibition, positif et négatif de PCR, etc...

Toutes ces données doivent être calibrées pour rendre un résultat en Unités Génome par Litre (UG/L) de *Legionella sp.* et/ou *Legionella pneumophila* selon la norme expérimentale XPT90-471.

9. Plage indicative des valeurs cibles

Il n'existe pas de seuils en UG/L dans la législation, une analyse est positive si le résultat est supérieur à la Limite de Quantification (LQ).

Dans la plupart des cas, un résultat PCR négatif garanti, en principe, un résultat également négatif par culture.

En général, les résultats obtenus par PCR sont supérieurs aux résultats obtenus par culture.

La corrélation avec la culture de légionelles n'est pas établie, il s'agit de 2 techniques différentes.

10. Interprétation des résultats

En l'état des connaissances actuelles, on ne sait pas interpréter un résultat de mesure ponctuelle par PCR quantitative.

La PCR détecte sans distinction les légionelles intracellulaires (dans les protozoaires ou les algues), les légionelles viables non cultivables, les légionelles viables cultivables et les légionelles mortes, d'où la difficulté d'établir un seuil corrélé avec le risque.

Dans un contexte d'enquêtes épidémiologiques la culture NPT90-431 reste indispensable.

Attention, la PCR peut ou pourrait être utilisée pour le suivi des tours si l'exploitant a la connaissance et l'historique des résultats PCR sur son ou ses installations. Les résultats obtenus par PCR ne permettant pas pour l'instant de déclencher des actions curatives (le résultat n'est pas comparable au résultat par culture) cela même pouvant engendrer des surconsommations de biocides.

⁸ LD : plus petit nombre d'Unités de Génomes (UG) générant un signal positif dans au moins 90% des cas

⁹ LQ : plus petit nombre d'UG permettant une répétabilité de quantification avec un coefficient de variation (CV) inférieur à 25 %

Informations complémentaires sur la détection et quantification des *Legionella* dans l'eau PCR en temps réel

M. Reyrolle (24/01/2006)

La recherche des légionelles dans l'eau est réalisée depuis 1993 avec une technique normalisée NFT 90431, les limites de cette technique sont : la détection de légionelles cultivables avec LQ 250 UFC/L, et surtout le résultat définitif à 10 jours, ce qui explique le développement de la PCR pour les légionelles depuis les années 2000.

Il existe aujourd'hui de nombreux appareils avec ou non des kits spécifiques pour réaliser la recherche d'ADN de *Legionella* dans l'eau, mais peu de publications scientifiques existent et elles concernent principalement les Eaux Chaudes Sanitaires (ECS) (1-2).

Une étude collaborative entre les laboratoires des CHU de Lyon (Etude1) et de Grenoble (Etude2) a concerné 220 ECS et 36 eaux de tours aérorefrigérantes (TAR). Les eaux ont été analysées par culture NF T90-431 et PCR en temps réel selon la technique XP T90-471 avec les amorces décrites (1) et un appareil Lightcycler (Roche)1.2 (étude1) et 2.0 (étude2).

Les résultats montrent une différence entre la LD et la LQ dans les 2 études (tableau 1).

Limites de détection (LD) et limites de quantification (LQ)					
ETUDE 1			ETUDE 2		
	LQ (UG / L)	LD (UG / L)		LQ (UG / L)	LD (UG / L)
PCR Duplex 16S	5000	250	PCR Duplex 16S	500	30
PCR Duplex mip	5000	250	PCR Duplex mip	1000	300

 Meilleures performances du LightCycler 2.0

Tableau 1

Les questions qui se posent sont :

- ✓ la corrélation entre les résultats PCR et CULTURE,
- ✓ et l'établissement d'un seuil PCR correspondant au seuil législatif 1000 UFC/L.

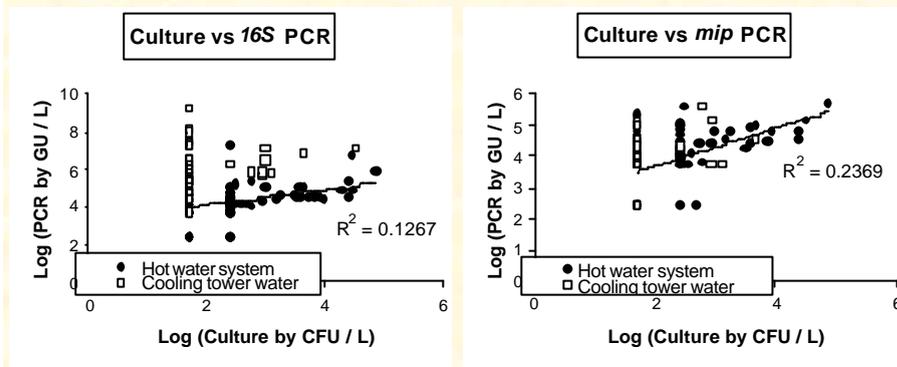
Existent-ils ?

Un tableau 2, réalisé à partir des résultats des études 1 et 2, permet de répondre à certaines de ces questions (3).

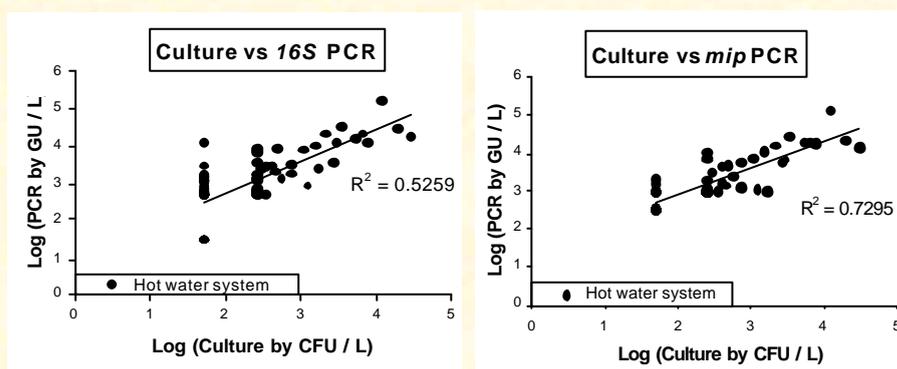
Peut-on définir des seuils d'alerte en PCR pour la sélection des eaux = 10^3 UFC / L ?

Corrélation numérique 'Culture – PCR' ?

Etude 1



Etude 2



TAR : absence totale de corrélation - Définition seuils impossible



**ECS : corrélation acceptable pour les valeurs hautes de culture
Définition seuils PCR possible**

Tableau 2

En conclusion , le protocole de PCR pour la recherche d'ADN de légionelles dans les eaux est valide. Il est indispensable d'utiliser une technique standardisée : la norme XP T90-471 .

La PCR 16S dans nos études (3) permet en 24h le criblage des eaux non quantifiables en culture, ce qui représente 2,8% des TAR et environ 35% des ECS de nos études.

Un seuil de PCR en UG/L est à établir en fonction des sites et des techniques des laboratoires pour pouvoir interpréter des résultats en PCR.

Il n'existe pas de corrélation directe avec la technique par culture NF T90-431, ce qui explique la définition de seuils en PCR qui sont variables selon les sites.

Dans les conditions définies, le suivi d'un site par PCR est possible, la culture est réalisée lorsque le seuil PCR défini varie.

La culture reste indispensable dans le cadre d'enquêtes épidémiologiques pour le génotypage des souches environnementales comparativement aux souches cliniques pour identifier la source de contamination.

Références :

- 1 Appl Environ Microbiol 2001;67:3985-93 Wellinghausen *et al.*
- 2 Appl Environ Microbiol 2005;71:3433-4 Yanez *et al.*
- 3 Appl Environ Microbiol 2006;publication en cours Joly *et al.*

BONNES PRATIQUES DE PRELEVEMENT POUR LA RECHERCHE DE LEGIONELLES DANS L'EAU DANS LES TOURS AEROREFRIGERANTES

1 Rappel (arrêtés ministériels du 13 décembre 2004)

Le prélèvement d'eau est réalisé par un opérateur formé à cet effet sur un point du circuit d'eau de refroidissement où l'eau est représentative de celle en circulation dans le circuit et hors de toute influence directe de l'eau d'appoint. Ce point de prélèvement, repéré par un marquage, est fixé sous la responsabilité de l'exploitant de façon à faciliter les comparaisons entre les résultats de plusieurs analyses successives.

2 Détermination du point de prélèvement

Objectif : avoir un prélèvement représentatif de l'eau en circulation.

Le prélèvement doit être **représentatif** de l'eau en circulation. Il faut donc éviter les eaux stagnantes des parties de l'installation à l'arrêt, l'eau du bac des tours après un remplissage en eau d'appoint, les piquages de petit diamètre en hauteur (par exemple : évent des condenseurs, ligne de mesure physico-chimique en continu (pH, conductivité...), piquage de diamètre réduit et de grande longueur sur une canalisation principale ...)

Le point de prélèvement doit être maintenu dans un état de propreté excellent. Toute trace de dépôt minéral ou biologique au niveau du robinet doit être soigneusement éliminée.

Bassin (bac de tour)

Points représentatif par ordre de priorité :

LOCALISATION	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Collecteurs (amont de la pulvérisation) « retour eau chaude »	- Non arrêt de l'installation	- Accessibilité
Pompe de circulation « départ eau froide »	- Non arrêt de l'installation - Facilité d'accès	
Purge de déconcentration	- Non arrêt de l'installation	- Parfois difficilement accessible - Ne fonctionne pas toujours en continu : alors point de prélèvement à éviter
Bassin (bac de tour)	- Parfois facilité d'accès	- Obligation de l'arrêt des ventilateurs si tour fermée - Proximité possible de l'arrivée de l'eau d'appoint - Proximité de l'arrivée du biocide - Existence de zones non représentatives, à faible renouvellement d'eau.

3 Mode opératoire

3.1 Matériels utilisés

- Flacons stériles de 1L contenant un inhibiteur de biocide oxydant (thiosulfate de sodium)
- Masque de type P3 si le point de prélèvement se situe dans l'environnement immédiat de la tour.
- Récipient (pour les mesures annexes) sans thiosulfate de sodium
- Thermomètre
- Enceinte isotherme (type glacière) avec accumulateurs de froid si l'acheminement au laboratoire d'analyse >24h
- Matériel de mesure de l'oxydant libre (chlore libre)
- pH-mètre si mesure faite sur site
- Conductivimètre si mesure faite sur site
- Turbidimètre si mesure faite sur site

3.2 Réalisation du prélèvement

Opérations préliminaires au prélèvement :

- **Lavage et désinfection des mains** : ces opérations doivent être réalisées avant toute série de prélèvements.
- S'assurer que le dernier traitement biocide en choc a été réalisé depuis au **minimum 48 heures** (en tout état de cause, le prélèvement doit être réalisé lorsque le volume d'eau de l'installation a été entièrement renouvelé)

Modalités de prélèvement :

Pour la manipulation des flacons stériles : si possible, conserver le couvercle dans votre main disponible. Ne pas toucher la partie inférieure (qui sera en contact avec l'échantillon)

Si vous devez poser le couvercle, veuillez à le faire sur une surface propre et sèche ; la partie inférieure du couvercle dirigée vers le haut.

Le flacon doit être rempli jusqu'à la base du col du flacon, et non au-delà. Cette précaution permet de mélanger l'échantillon avant analyse.

a) *Cas du prélèvement avec robinet ou tuyau /purge/retour eau chaude*

- Désinfecter le col (par exemple par trempage avec une solution désinfectante)¹⁰
- Laisser couler l'eau
- Ouvrir le flacon stérile

¹⁰ NB : dans certains cas, on peut réaliser la désinfection par flambage à l'aide d'un chalumeau à condition de posséder un permis feu sur l'installation

- Recueillir 1 litre d'eau en veillant **à ne pas toucher ou souiller le col du flacon** et à ne pas faire déborder l'eau du flacon (**présence de thiosulfate de sodium**)
- Fermer rapidement et hermétiquement le flacon

b) *Cas du prélèvement dans le bac de réception (bassin)*

- Ouvrir le flacon stérile
- Pour éviter les pertes de thiosulfate de sodium, introduire verticalement le flacon dans l'eau en s'écartant du point d'arrivée de l'eau d'appoint.
- Plonger le flacon à environ (10 cm sous la surface de l'eau afin d'éviter le prélèvement de la flore de surface).
- Recueillir 1 litre d'eau
- Fermer rapidement et hermétiquement le flacon
- Essuyer le flacon

c) *Analyses annexes*

Voir fiches paramètres physico-chimiques.

4 Identification du prélèvement

Doivent figurer sur les échantillons les renseignements suivants (arrêté ministériel du 13/ décembre 2004) :

- Les coordonnées de l'installation
- Date, heure de prélèvement,
- Température de l'eau,
- Nom du préleveur présent
- Référence et localisation des points de prélèvement
- Aspect de l'eau prélevée : couleur, dépôt (si mesure in situ)
- pH, conductivité et turbidité de l'eau au point de prélèvement (si mesure in situ)
- Nature et concentration des produits de traitements (biocides, bio dispersant etc)
- Date de la dernière désinfection choc.

5 Transport des échantillons

- Si réception immédiate (~3h) : transport à température ambiante
- Si réception le lendemain du prélèvement : transport en glacière (Eviter le choc thermique¹¹)

L'acheminement vers le laboratoire doit se faire préférentiellement, dans les 24 heures, de préférence à une température de 6 à 18°C.

Le délai entre le prélèvement et la mise en culture de l'échantillon ne doit pas excéder 48h.

¹¹ Le choc thermique est le passage brutal de l'eau qui est prélevée chaude à une température réfrigérée.