

→ Contenu technique à l'attention des organismes de formation

Extrait du syllabus « rappels techniques »

CHAPITRE 9 NOTIONS DE TRAITEMENT D'EAU

**Pour professionnels de la climatisation : contrôleurs,
technicien climatisation PEB**



Version septembre 2013

Plus d'infos : www.bruxellesenvironnement.be

→ Professionnels

→ Performance Energétique des Bâtiments

→ Installations techniques

Bruxelles Environnement-IBGE
Département chauffage et climatisation PEB
Email : climPEB@environnement.irisnet.be

ÉNERGIE



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT



TABLE DES MATIERES

Chapitre 9	Notions de traitement d'eau	3
9.1	But du traitement des eaux	3
9.2	Principaux paramètres à surveiller	3
9.3	Résumé des principales sources de corrosion	7
9.4	Principaux traitements des eaux appliqués aux installations de climatisation	9
9.5	Les détartrages	12

CHAPITRE 9 NOTIONS DE TRAITEMENT D'EAU

9.1 BUT DU TRAITEMENT DES EAUX

Les fluides caloporteurs utilisés dans les installations de climatisation sont principalement les fluides frigorigènes, l'air et l'eau.

L'eau présente l'avantage d'être, dans notre région, facilement disponible et de bonne qualité. De plus, sa chaleur massique élevée permet de l'utiliser comme fluide caloporteur.

Cependant, son utilisation requiert toute notre attention.

En effet, les phénomènes suivants peuvent apparaître :

- corrosion : oxydation, érosion, corrosion sous dépôt ...
- croissance biologique : bactéries, algues, films biologiques
- dépôt de sels : entartrage, ...
- une combinaison des 3

Ces phénomènes peuvent avoir pour conséquence :

- des risques pour la santé : dans le cas de développement de Legionella pneumophila, par exemple
- des baisses de rendement : par exemple, entartrage d'un échangeur
- des pannes : exemple, percement d'un ventilo-convecteur
- un accroissement des coûts et du temps de maintenance : exemple, nettoyage d'un échangeur.

Il est donc recommandé de maîtriser la qualité d'eau d'appoint d'une application, ainsi que l'évolution de la qualité d'eau dans chaque application.

9.2 PRINCIPAUX PARAMÈTRES À SURVEILLER

9.2.1 LA DURETÉ DE L'EAU

Le Titre Hygrométrique (TH = Total Hardness) ou dureté totale est la teneur totale en ions calcium et magnésium dans l'eau. Ces ions sont susceptibles de former du tartre en combinaison avec les carbonates. Elle est exprimée en degré français : $1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$.

Il est également possible de ne mesurer que la concentration en calcium, il s'agit alors de la dureté calcique TCa (également exprimée en $^{\circ}\text{F}$)

Ces valeurs sont obtenues par une analyse (titration en laboratoire ou kit portatif. Certains kits donnent des degrés allemand $\rightarrow 1^{\circ}\text{F} = 1,78 \text{ }^{\circ}\text{dH}$)

Valeurs typiques de TH :	eau de ville à Bruxelles	30 à 40 $^{\circ}\text{F}$
	sortie adoucisseur	< 1 $^{\circ}\text{F}$
	eau mitigée	7 à 15 $^{\circ}\text{F}$

Mesure utile pour les applications suivantes : adoucisseurs, bacs d'humidification, tours de refroidissement, eau chaude sanitaire, circuit de chauffage, chaudière vapeur ...

9.2.2 LA CONDUCTIVITÉ

La conductivité est une mesure rapide de la teneur en sels (sans distinction) dans l'eau. Plus l'eau contient des sels, plus elle conduit l'électricité.

Cette propriété est utilisée pour la mesure à l'aide d'un conductivimètre. L'unité généralement utilisée est le micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La teneur en sels dissous exprimée en mg/l est de l'ordre de $0,5\text{-}0,6 \times$ la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Valeurs typiques de conductivité :

eau de ville à Bruxelles
sortie osmose inverse

650 à 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
< 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$

sortie adoucisseur

l'adoucissement
change peu la
conductivité = moyen
de contrôle



La conductivité permet également de calculer un facteur de concentration dans une application = conductivité de l'eau dans l'application / conductivité de l'eau d'appoint.

Les facteurs de concentrations appliqués aux tours de refroidissement et bacs d'humidification dépendent de la qualité d'eau d'appoint et du type de traitement appliqué, mais sont généralement situés entre 2 et 3. Ce facteur est également appliqué aux installations qui produisent de la vapeur (chaudière vapeur, bûche ...).

La mesure est effectuée à 20 °C. Une température plus élevée augmente le résultat de la mesure (certains conductivimètres disposent d'une correction de la température).

9.2.3 LE PH

Le pH (potentiel Hydrogène) est un nombre entre 0 et 14 fonction de la concentration en ions H^+ (acide) dans l'eau ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$).

Valeurs guides :



0	valeur minimale dans l'eau = très acide
0-1	acides forts : acide sulfurique, chlorhydrique, ...
2-3	certaines boissons gazeuses : Coca cola ...
7	neutre
7-8	eau de ville à Bruxelles
7-8	valeur généralement conseillé pour un circuit qui contient de l'aluminium (ex : échangeur)
8-10,5	valeur généralement conseillée pour un circuit d'eau glacée classique constitué d'acier
9,5-10,5	valeur généralement conseillée pour un circuit de chauffage classique constitué d'acier
10,5-12	valeur généralement conseillée pour une chaudière vapeur
13-14	bases fortes : soude caustique ...
14	valeur maximale dans l'eau = très basique

Le pH se mesure à l'aide d'un pHmètre qui doit être régulièrement entretenu et étalonné à l'aide de solutions tampon et de manière moins précise ou pour des valeurs extrêmes (détartrages → cf. paragraphe consacré aux détartrages), à l'aide de bandelettes de test.

9.2.9 MICROBIOLOGIE

germes totaux : concentration totale en bactéries aérobies déterminée généralement en laboratoire à 37°C pendant 48h (Unités Formant Colonie : UFC/100 ml). Des tests rapides basés sur la concentration en ATP (molécule utilisée par tous les êtres vivants) permettent également d'avoir un évaluation rapide de la contamination microbienne d'une application (par exemple : bac d'humidification ou tour de refroidissement)

autres germes de test : pour les applications alimentaires, les teneurs en bactéries suivantes sont généralement déterminées → coliformes, E. Coli, Streptocoques fécaux, Staphylocoques dorés, Pseudomonas aeruginosa. (lorsqu'une corrosion par des bactéries anaérobies est suspectée, une recherche de bactéries sulfato-réductrices peut être effectuée)

La Legionella pneumophila est une bactérie qui peut être présente dans les eaux sanitaires stagnantes et dans les tours de refroidissement. Son analyse doit être faite par un laboratoire agréé.

9.2.10 CONCENTRATION EN OXYGÈNE DISSOUS

L'oxydation est une des principales sources de corrosion.

L'eau de ville à Bruxelles peut contenir jusqu'à 12 mg O₂/l (critère de goût). On veillera à limiter tout apport d'oxygène dans les circuits fermés (compteur sur l'appoint d'eau, vases d'expansion fermés ...)

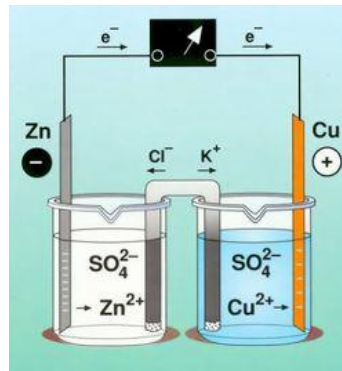
9.2.11 TEMPÉRATURE

Les différentes températures de l'eau dans une application influencent fortement les phénomènes associés : développement bactériologique, entartrage, corrosion, présence d'oxygène dissous ...

9.3 RÉSUMÉ DES PRINCIPALES SOURCES DE CORROSION

9.3.1 OXYDO-RÉDUCTION

En présence d'oxygène dissous, des ions vont intervenir dans un phénomène de pile : un élément va s'oxyder et l'autre être réduit. Par exemple, un circuit d'eau glacée qui contient des ventilateurs en cuivre, des vannes en laiton, des conduites en acier, de l'oxygène dissous et qui ne contient pas de produit de traitement contre la corrosion : le cuivre va être réduit et l'acier va s'oxyder. Plus la quantité de métaux différents, plus la concentration en oxygène est élevée, plus ce phénomène va s'accroître. On veillera donc à limiter l'apport d'oxygène dissous (vase d'expansion fermé, limiter les appoints d'eau), à uniformiser les métaux dans un circuit ou à prendre des mesures afin de suivre et maîtriser l'oxydo-réduction.



9.3.2 EROSION

La présence de bulles (dus par exemple, à la cavitation ou à la présence de poches de gaz) ou de particules (exemples : résidus de corrosion, matières en suspension dans l'eau d'appoint ...) en mouvement engendre une érosion.

9.3.3 CORROSION SOUS DÉPÔT

Un dépôt (tartre, magnétite, ...) génère des conditions différentes sous, au-dessus et à côté de ce dépôt : différence de température, de vitesse du fluide, de concentration en oxygène, de potentiel redox. Ces différences provoquent un phénomène appelé corrosion sous dépôt.



9.3.4 CORROSION DUE À L'ACIDITÉ

Lorsque la valeur du pH est trop basse pour l'application (cf. point 1.2.3), les métaux ont tendance à se dissoudre et les surfaces métalliques subissent donc une corrosion.

9.3.5 CORROSION D'ORIGINE BIOLOGIQUE

Certaines bactéries peuvent être à l'origine de corrosions spécifiques (exemple : bactéries sulfato-réductrices). Tout film biologique est généralement source de corrosion.

9.3.6 CORROSION PAR PIQÛRES DES SULFATES OU DE CHLORURES

Dans certaines conditions des concentrations élevées en sulfates ou en chlorures peuvent amener à des corrosions par piqûres ou pitting.

Il s'agit des principales sources de corrosion rencontrées dans les circuits d'eau des installations de climatisation. La corrosion est un vaste sujet. D'autres causes existent, mais ne seront pas développées dans ce chapitre : vibrations, stress thermiques, H₂S, courant électrique ...

On observe souvent un phénomène « boule de neige » : un type de corrosion, peut entraîner d'autres et ainsi obtenir un phénomène d'accélération des vitesses de corrosion.

La maîtrise de la corrosion et des dépôts joue un rôle essentiel dans la diminution des taux de pannes et de maintien le rendement des installations. Les vitesses de corrosion des installations peuvent être évaluées notamment à l'aide de coupons de corrosion (morceaux de métal qui sont retirés, pesés et examinés après quelques mois en contact avec l'eau d'une installation).

9.4 PRINCIPAUX TRAITEMENTS DES EAUX APPLIQUÉS AUX INSTALLATIONS DE CLIMATISATION

9.4.1 FILTRATION

La filtration peut être utilisée en prétraitement de l'eau d'une application (filtration sur cartouche de différentes finesses de filtration, sur filtre à sable) ou placée au sein d'un circuit. Lorsqu'elle est placée au sein d'un circuit, il est recommandé de suivre la quantité de particules retenue par ce filtre qui peut fournir des informations sur les vitesses de corrosion de cette application

9.4.2 ADOUCISSEMENT

Un adoucisseur d'eau remplace les ions calcium et magnésium (à l'origine du tartre) présents dans l'eau par des ions sodium.

A surveiller : dureté < 1 °F en sortie (l'eau mitigée est obtenue par mélange avec de l'eau dure après l'adoucisseur)
 conductivité entrée = ± conductivité sortie
 consommation de sel : comprise entre 0,7 et 1kg/m³ à Bruxelles

Valeurs guides : tour de refroidissement eau mitigée – dureté en fonction
 du facteur de concentration appliqué
 eau glacée, 7-15 °F
 eau chaude sanitaire 7-15 °F
 chauffage, chaudière vapeur < 1 °F

9.4.3 OSMOSE INVERSE

Le procédé d'osmose inverse fait intervenir des membranes et permet un dessalement de l'eau traité. Il permet d'abaisser la conductivité de plus de 95 % de sa valeur initiale. Donc à Bruxelles, d'obtenir des valeurs inférieures à 20-30 µS/cm.

Une faible conductivité est souvent recommandée dans les systèmes d'humidification par atomisation/brumisation.

9.4.4 DÉCONCENTRATION AUTOMATIQUE

Il s'agit d'une purge automatique (électrovanne ou vanne motorisée) commandée par une mesure en continu de la conductivité de l'eau.

Ce type d'installation est utilisé pour maintenir un facteur de concentration constant dans les installations où l'eau s'évapore : tours de refroidissement (souvent compris entre 2 et 3), bacs d'humidification, chaudières vapeur.

9.4.5 PRODUITS DE TRAITEMENT DES EAUX

9.4.5.1 Contre la corrosion et les dépôts

Il existe beaucoup de produits de traitement contre la corrosion et les dépôts adaptés à chaque application.

Molécules souvent rencontrées :

- le tolyltriazole (inhibiteur corrosion cuivre)
- les molybdates (inhibiteur de corrosion multimétaux)
- les posphonates (inhibiteur de corrosion et complexant)
- les phosphates (inhibiteur de corrosion, correcteur de pH, action sur le tartre ...)
- les silicates (inhibiteur de corrosion et complexant)
- les dérivés de zinc (inhibiteur de corrosion)
- les réducteurs d'oxygène (sulfites, acide ascorbique, DEHA ...)
- les correcteurs de pH (soude caustique, ...)
- les polymères (dispersants, complexants tels que par exemple les poly-acrylates)

9.4.5.2 Les biocides

Il existe plusieurs façons de classer les biocides, par exemple :

- biocides oxydants : dérivés de chlore, de brome, ozone ...
- biocides non-oxydants : isothiazolines, DBNPA ...

Le choix d'un biocide fera intervenir différentes données : sélectivité par rapport aux microorganismes, compatibilité avec les installations, paramètres environnementaux, risques pour la santé notamment lors des manipulations ...

Exemple de tableau qui facilite la sélection :

BIOCIDE	EFFECTIVENESS AGAINST			COMMENTS
	BACTERIA	FUNGI	ALGAE	
Oxidizing Biocides				
Chlorine (Cl ₂)	E	G	G	Usable pH range 5 to 8 Effective at neutral pH (pH = 7) Less effective at high pH Reacts with -NH ₂ groups
Chlorine Dioxide (ClO ₂)	E	G	G	Insensitive to pH levels Insensitive to presence of -NH ₂ groups
Bromine	E	G	P	Usable pH range 5 to 10 Effective over broad pH range Substitute for chlorine
Ozone	E	G	G	pH range 7 to 9
Non-Oxidizing Biocides				
Carbamate	E	E	G	pH range of 5 to 9 Good in high suspended solids systems In-compatible with chromate treatment programs
Organo-Bromide (DBNPA)	E	P	P	pH range 6 to 8.5
Methylenebis-Thiocyanate (MBT)	E	P	P	Decomposes above a pH of 8
Isothiazoline	E	G	G	Insensitive to pH levels Deactivated by HS and -NH ₂ groups
Quaternary Ammonium Salts	E	G	G	Tendency to foam Surface active Ineffective in organic-fouled systems
Organo-Tin/Quaternary Ammonia Salts	E	G	E	Tendency to foam Functions best in alkaline pH
Glutaraldehyde	E	E	G	Effective over broad pH range Deactivated by -NH ₂ groups
Dodecylguanidine (DGH)	E	E	G	pH range of 6 to 9
Triazine	N	N	E	pH range of 6 to 9 Specific for algae control Must be used with other biocides

Biocide Control
E=Excellent
G=Good
P=Poor
N=No

Une désinfection à l'aide de rayons UV peut également remplacer ou compléter l'action de biocides.

Il est important de sélectionner avec précaution tout produit, de maîtriser, et limiter son utilisation (consommation, temps de séjour, fréquence de dosage), ainsi que de prendre toutes les précautions indiquées sur les fiches MSDS (Material Safety Data Sheet).

9.5 LES DÉTARTRAGES

Lorsqu'un dépôt dans une installation est constaté, un détartrage peut être envisagé. Avant d'effectuer un détartrage, il faut s'assurer qu'il s'agit bien de tartre : d'autres solutions existent lorsqu'il s'agit de boues métalliques ou de dépôts biologiques (dispersants ...).

Ci-joint un tableau qui facilite la sélection de l'acide de détartrage :

ACIDE	PASSIBEL <i>(acide chlorhydrique passivé)</i>	ACIDE SULFAMIQUE	ACIDE PHOSPHORIQUE	ACITOL SZN
MATERIAUX				
ACIER	Accepté	Accepté	Accepté	Accepté
ACIER INOX	Interdit	Accepté	Accepté	Interdit
CUIVRE et alliages	Déconseillé	Accepté	Accepté	Accepté
GALVANISE	Interdit	Interdit	Interdit	Accepté
ALUMINIUM	Interdit	Déconseillé	Accepté	Interdit
FONTE	Accepté	Déconseillé	Accepté	Accepté

Il est recommandé de suivre une procédure pour le détartrage de l'installation qui mentionne :

- les équipements à prévoir : pompe de circulation, moyens de contrôle ...
- le dosage
- les moyens de protection individuelle
- les moyens de suivi du pH
- le temps de contact
- la procédure de neutralisation du rejet

Un détartrage présente toujours un risque pour l'installation. Il est donc vivement conseillé de rechercher des moyens préventifs pour limiter au maximum la formation de dépôts dans une installation.