

Recommandations concernant  
l'eau pour les échangeurs à  
plaques brasées installés sur  
réseau de chaleur.

## Introduction

Ce document vise à expliquer l'importance d'une bonne qualité de l'eau dans un réseau d'énergies urbaines. Il se concentre sur les paramètres qui aident à prévenir de la corrosion et de l'encrassement dans un échangeur thermique à plaques brasées (BPHE). Une bonne qualité de l'eau dans un réseau d'énergies urbaines entraîne un risque plus faible de corrosion, d'encrassement et d'entartrage. Cela réduira à son tour les coûts de maintenance pour l'ensemble du réseau.

## Contexte

Comme avec la plupart des choses, l'eau peut avoir des qualités différentes. Dans les réseaux d'énergies urbaines, les qualités d'eau les plus courantes utilisées sont non traitées, déminéralisées, partiellement déminéralisées ou adoucies. La qualité de l'eau est un facteur important car les concentrations de certaines substances peuvent changer avec la qualité de l'eau. La conductivité illustre cela. L'eau déminéralisée a une conductivité beaucoup plus faible que l'eau non traitée car la déminéralisation élimine les ions qui confèrent la conductivité. Il est important de comprendre toutes les qualités de l'eau dans le système, de l'eau du réseau circulante à l'eau d'appoint ajoutée. L'eau d'appoint peut être utilisée pour réguler dans une certaine mesure la qualité de l'eau dans le réseau d'énergies urbaines aux niveaux recommandés. Il n'est pas facile d'établir la qualité de l'eau du réseau d'énergies urbaines. Cependant, le contrôle régulier de l'eau maintient l'état de l'eau du réseau et réduit le risque de corrosion et de formation de particules.

L'annexe A, à la fin de ce document, comprend les recommandations de SWEP pour la qualité de l'eau lorsque nos BPHE sont utilisés. Le tableau couvre les différentes nuances d'acier inoxydable et les différents matériaux de brasage utilisés dans nos BPHE. Il est basé sur l'eau courante (eau de ville) à température ambiante et examine un certain nombre de composants chimiques importants. Cependant, la corrosion elle-même est un processus très complexe influencé par de nombreux facteurs différents en combinaison. L'Annexe A peut aider à décider si la qualité de l'eau convient aux BPHE de SWEP. Si vous avez des questions concernant ce document ou l'Annexe A, veuillez contacter un représentant commercial SWEP.

## Corrosion de divers matériaux

### Acier inoxydable

L'acier inoxydable a une bonne résistance à la corrosion et se rencontre fréquemment dans les réseaux d'énergies urbaines. Tous nos BPHE utilisent l'acier inoxydable pour leurs plaques de canaux, avec différentes nuances disponibles. Cependant, le chlorure à certains niveaux peut déclencher la corrosion de l'acier inoxydable. La forme la plus courante ici est la corrosion par piqûres, le chlorure n'attaquant qu'une petite surface de l'acier. La corrosion par piqûres est difficile à détecter avant qu'il ne soit trop tard et que l'unité ait commencé à fuir. Un autre type de corrosion commun et très similaire pour l'acier inoxydable est la corrosion caverneuse, lorsque la corrosion commence dans des fissures. Le tableau 1 montre l'acier inoxydable que nous recommandons pour les plaques de canaux pour une gamme de concentrations de chlorure.

8 novembre 2017

Tableau 1. Les recommandations de SWEP pour la qualité de l'acier inoxydable à utiliser à différentes températures et concentrations de chlorure.

CHLORURE TENEUR	TEMPÉRATURE MAXIMALE				
	30 °C/86 °F	60 °C/140 °F	80 °C/176 °F	120 °C/248 °F	130 °C/266 °F
= 10 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316
= 25 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>
= 50 ppm	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316	254 SMO
= 80 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	254 SMO
= 150 ppm	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	254 SMO	254 SMO
= 300 ppm	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	254 SMO	254 SMO	254 SMO
> 300 ppm	254 SMO	254 SMO	254 SMO	254 SMO	254 SMO

<sup>[4]</sup> avec matériau de brasage en cuivre

## Cuivre

La majorité de nos BPHE utilise le cuivre comme matériau de brasage, qui a une bonne résistance à la corrosion dans la majorité des qualités d'eau de réseaux d'énergies urbaines rencontrées. Si la qualité de l'eau est très mauvaise, le cuivre peut commencer à se corroder ou à se dissoudre dans l'eau. Pour plus d'informations sur la compatibilité d'une unité à base de cuivre, veuillez consulter le tableau de l'Annexe A. La publication de l'Association danoise de chauffage collectif « *Traitement de l'eau et prévention de la corrosion* » recommande de maintenir la teneur en oxygène inférieure à 0,02 mg/l. Le cuivre est très sensible à l'ammoniac et au sulfure. L'ammoniac peut être utilisé dans les réseaux d'énergies urbaines pour réguler le pH. Si le cuivre est utilisé comme matériau de brasage, il est recommandé de maintenir le niveau d'ammoniac très bas. Nous recommandons d'utiliser un autre produit chimique pour réguler le pH, par exemple l'hydroxyde de sodium.

## Oxygène

Les facteurs qui accélèrent le processus de corrosion sont l'oxygène et / ou la température. Plus la température est élevée, plus la corrosion est rapide. La présence d'oxygène augmente le risque de début de corrosion, de sorte que la teneur en oxygène doit être maintenue aussi faible que possible. Lors de l'ajout d'eau d'appoint, il est important de s'assurer que l'eau est désoxygénée ou que des additifs pour lier les produits chimiques ont été utilisés. Comme mentionné précédemment, la concentration en oxygène du côté primaire (réseau) devrait être inférieure à 0,02 mg / l.

## Encrassement

L'encrassement se réfère à la tendance d'un fluide à former un film ou du tartre sur la surface de transfert de chaleur. Le terme encrassement comprend l'accumulation de matériaux organiques et inorganiques. Les matériaux inorganiques peuvent cristalliser sous forme de sels, ce qui entraîne un entartrage. Les dépôts organiques comprennent les biofilms ou les organismes microbiens. Si le matériau inorganique ou organique commence à s'accumuler à l'intérieur du BPHE, il en résultera un transfert de chaleur plus faible et une perte de charge plus élevée.

8 novembre 2017



Figure 1. Image de gauche : Référence visuelle, circuit d'eau courante. Image de droite : Circuit d'eau courante nettoyé

## Entartrage

L'entartrage est un type d'encrassement causé par des sels inorganiques dans le circuit d'eau des BPHE, qui peuvent précipiter et former du tartre sur la surface de transfert de chaleur. Cela se produit lorsque la vitesse du fluide est faible (écoulement laminaire) et que le liquide est réparti de façon inégale dans les passages sur la surface de transfert de chaleur. Cela dépend fortement de la température.

Le plus souvent, l'entartrage est dû à la précipitation du carbonate de calcium ou du sulfate de calcium. Certains sels inorganiques, notamment ces deux sels, ont une courbe de solubilité inversée, c'est-à-dire que la solubilité dans l'eau diminue avec l'augmentation de la température. Lorsque l'eau froide entre en contact avec la surface chaude, ces sels sont déposés sur la surface.

Les facteurs importants qui influent sur l'entartrage sont la qualité de l'eau, la température, la turbulence, la vitesse, la distribution du flux et la finition de la surface. L'estimation de la tendance de l'eau naturelle au tartre implique plusieurs paramètres qui doivent être analysés et déterminés :

- pH
- Teneur en calcium
- Alcalinité
- Force ionique de l'eau

Les trois premiers paramètres sont relativement simples à déterminer. Cependant, la force ionique dépend de la quantité totale de composés dissociés dissous, c'est-à-dire de sels et d'acides, ainsi que de leurs concentrations relatives.

Les sels inorganiques qui se traduisent par du tartre proviennent habituellement de l'eau potable, en raison d'une fuite ou du côté de l'eau courante si le BPHE est utilisé dans une sous-station pour le chauffage de l'eau courante. Ils peuvent également provenir de l'eau d'appoint.

Pour réduire le risque d'entartrage, utilisez la perte de charge d'eau la plus élevée possible. Une perte de charge élevée implique des contraintes de cisaillement plus élevées, ce qui est toujours bénéfique en cas d'entartrage. Les contraintes de cisaillement fonctionnent comme détartrant en appliquant constamment des forces sur le matériau encrassé qui retient le matériau particulaire de la surface, comme le montre la figure 2. Les contraintes de cisaillement contribuent également à prévenir le dépôt de particules en suspension. Pour un BPHE avec une température supérieure à 70 °C (158 °F) sur le côté chaud et / ou de l'eau très dure (et un risque élevé d'entartrage), la perte de charge devrait être augmentée autant que possible du côté eau froide et réduite du côté chaud. Cela réduit la température de la paroi du côté eau de refroidissement et augmente les contraintes de cisaillement, ce qui rend plus difficile l'adhérence des composés du tartre. La pratique habituelle est que l'eau froide entre dans le port inférieur F4 chaque fois que possible, car si elle pénètre dans le port supérieur, elle peut encourager les débris à entrer dans les canaux.

8 novembre 2017



Figure 2. Une illustration de la façon dont le flux turbulent et les contraintes de cisaillement permettent de garder le BPHE propre.

### Dépôts organiques / biofilms

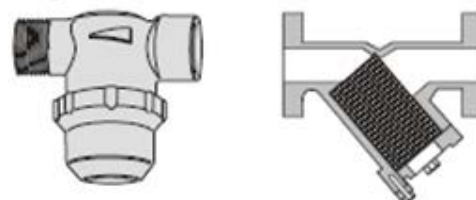
Si les bactéries entrent dans les réseaux d'énergies urbaines, leur petite taille (environ 1  $\mu\text{m}$ ) leur permet de pénétrer dans tous les systèmes techniques. Elles peuvent entrer dans les systèmes de différentes façons, par exemple :

- Eau d'appoint
- Contamination suite aux ruptures des tuyaux
- Manque de nettoyage des installations nouvelles et modernisées
- Mélange avec de l'eau de chauffage central à partir d'installations nouvellement connectées
- BPHE qui fuient et réservoirs d'eau chaude

Les dépôts organiques / biofilms peuvent réduire le transfert de chaleur dans le BPHE. Ils peuvent également encrasser des canaux entiers dans le BPHE, ce qui augmente également la perte de charge. Les dépôts peuvent également entraîner une corrosion microbienne.

### Filtres ou crépines

Les canaux côté eau dans un BPHE peuvent être encrassés si on n'empêche pas des particules telles que le limon, les scories de tuyaux, la matière biologique, etc., d'entrer dans l'unité. Ces particules pourraient autrement bloquer les canaux, causant de mauvaises performances et une perte de charge accrue. Dans un système en boucle fermée, le système de tuyauterie doit être correctement rincé avant que le BPHE ne soit connecté pour s'assurer qu'aucun matériau supplémentaire susceptible de provoquer un encrassement ne pénètre dans le système. Pour les systèmes en boucle ouverte et pour augmenter la sécurité dans les systèmes en boucle fermée, les composants nécessaires pour filtrer les particules doivent être installés avant le BPHE.



Pour réduire le risque de formation de boues particulaires à l'intérieur du BPHE, un filtre ou une crépine doit être installé.

Les filtres peuvent fournir la protection nécessaire contre les dépôts et bouchons. Si l'un des supports contient des particules de plus de 1 mm, à modifier nous vous recommandons d'installer un filtre avec maille de 0.8 - 1mm (nombre d'ouvertures par pouce) avant le BPHE.

Pour les applications avec une forte concentration de magnétite dans l'eau, comme en boucle ouverte ou en boucle fermée avec un taux de fuite élevé, un filtre avec une fonction magnétique est fortement recommandé. Cela empêchera non seulement le BPHE de s'encrasser mais protégera également la pompe à eau contre l'érosion.

## Séparateur de saletés

Outre les filtres, les sous-stations doivent être également proposées avec des séparateurs de saletés à la pointe de la technologie qui suppriment même les plus petites particules de saleté, réduisant les besoins de maintenance et améliorant encore les performances.

Meilleures pratiques pour prévenir et éliminer les dépôts/bouchons et l'entartrage

La protection contre les dépôts/bouchons et l'entartrage commence par un bon manuel d'installation qui fournit des conseils sur le moment et la façon de nettoyer le BPHE. La seule façon de nettoyer les dépôts avant un bouchon, à moins de remplacer le BPHE, est par lavage à contre-courant. La seule façon d'effectuer un lavage à contre-courant est d'avoir les orifices et les vannes nécessaires pour isoler le BPHE et permettre à l'eau de s'écouler pendant le lavage à contre-courant. Nos BPHE peuvent être équipés de ports sur l'unité elle-même pour le nettoyage.

S'il y a une réticence à avoir ces ports sur le BPHE, l'installateur devra ajouter les purges et les vannes.

Un autre conseil utile est de fournir des tableaux de débit d'eau / perte de charge couvrant le BPHE et le système de tuyauterie d'eau interne. Ils aideront les techniciens de site à déterminer si le lavage à contre-courant ou le détartrage est nécessaire.

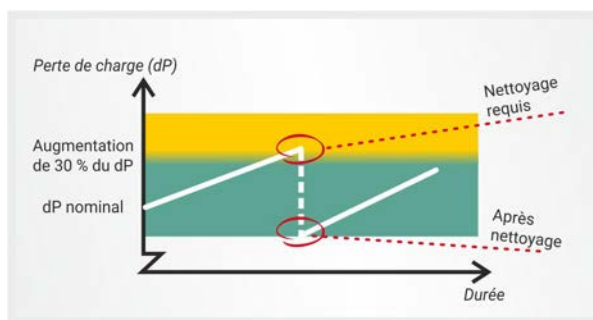


Figure 3. Une augmentation de 30 % de la perte de charge indique que le nettoyage est nécessaire.

8 novembre 2017

5

## Annexe A - Recommandations sur l'eau

Le guide ci-dessous indique la résistance à la corrosion des aciers inoxydables et des matériaux de brasage dans l'eau de réseaux d'énergies urbaines à température ambiante. Le tableau énumère un certain nombre de composants chimiques importants. Cependant, la corrosion est un processus très complexe influencé par de nombreux facteurs différents en combinaison. Ce tableau est donc une simplification considérable et ne doit pas être considéré comme définitif.

### EXPLICATIONS :

- + Bonne résistance dans des conditions normales
- 0 Problèmes de corrosion possibles surtout lorsque plusieurs facteurs ont une valeur de 0
- Utilisation non recommandée

TENEUR EN EAU	CONCENTRATION (mg/l ou ppm)	LIMITES DE TEMPS Analyser avant	Matériau de plaque			Matériau de brasage		
			AISI 304	AISI 316	254 SMO	CUIVRE	NICKEL	ACIER INOXYDABLE
Alcalinité (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 70	Dans les 24 h	+	+	+	0	+	+
	70-300		+	+	+	+	+	+
	> 300		+	+	+	0/+	+	+
Sulfate <sup>[1]</sup> (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	< 70	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	70-300		+	+	+	0/-	+	+
	> 300		+	+	+	-	+	+
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	> 1,0	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	< 1,0		+	+	+	0/-	+	+
Conductivité électrique	< 10 µS/cm	Pas de limite	+	+	+	0	+	+
	10-500 µS/cm		+	+	+	+	+	+
	> 500 µS/cm		+	+	+	0	+	+
pH <sup>[2]</sup>	< 6,0	Dans les 24 h	0	0	0	0	+	0
	6,0-7,5		+	+	+	0	+	+
	7,5-10,0		+	+	+	+	+	+
	>10,0		+	+	+	0	+	+
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	< 2	Dans les 24 h	+	+	+	+	+	+
	2-20		+	+	+	0	+	+
	> 20		+	+	+	-	+	+
Chlorures (Cl <sup>-</sup> ) <i>Consultez également le tableau ci-dessous</i>	< 100	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	100-200		0	+	+	+	+	+
	200-300		-	+	+	+	+	+
	> 300		-	-	+	0/+	+	-
Chlore libre (Cl <sub>2</sub> )	< 1	Dans les 5 h	+	+	+	+	+	+
	1-5		-	-	0	0	+	-
	> 5		-	-	-	0/-	+	-
Oxygène	< 0,02 ou aussi bas que possible		+	+	+	+	+	+
Sulfure d'hydrogène (H <sub>2</sub> S)	< 0,05	Pas de limite		+	+	+	+	+
	> 0,05			+	+	0/-	+	+
Libre (agressif) dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	< 5	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	5-20		+	+	+	0	+	+
	> 20		+	+	+	-	+	+
Dureté totale (°dH)	4,0-8,5	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
Nitrate <sup>[1]</sup> (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 100	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	> 100		+	+	+	0	+	+
Fer <sup>[3]</sup> (Fe)	< 0,2	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	> 0,2		+	+	+	0	+	+
Aluminium (Al)	< 0,2	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	> 0,2		+	+	+	0	+	+
Manganèse <sup>[3]</sup> (Mn)	< 0,1	Pas de limite	+	+	+	+	+	+
	> 0,1		+	+	+	0	+	+

8 novembre 2017

[1] Les sulfates et les nitrates inhibent la corrosion par piqûres causée par les chlorures dans des environnements neutres en pH

[2] En général, le faible pH (inférieur à 6) augmente le risque de corrosion ; le pH élevé (supérieur à 7,5) diminue le risque de corrosion

[3] Fe<sup>3+</sup> et Mn<sup>4+</sup> sont des oxydants forts et peuvent augmenter le risque de corrosion localisée sur les aciers inoxydables

[4] en combinaison avec du matériau de brasage en cuivre SiO<sub>2</sub> supérieur à 150 ppm augmente le risque d'entartrage

Le tableau ci-dessous couvre une gamme de concentrations et de températures de chlorure et montre le matériau de brasage et la qualité en acier inoxydable requise pour différentes combinaisons de concentration / température de chlorure.

CHLORURE TENEUR	TEMPÉRATURE MAXIMALE				
	30 °C/86 °F	60 °C/140 °F	80 °C/176 °F	120 °C/248 °F	130 °C/266 °F
= 10 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316
= 25 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>
= 50 ppm	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316	Ti / 254 SMO
= 80 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	Ti / 254 SMO
= 150 ppm	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO
= 300 ppm	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO
> 300 ppm	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO

[4] avec matériau de brasage en cuivre



SWEP est le principal fournisseur mondial d'échangeurs thermiques compacts à plaques brasées (BPHE). Ces produits sont utilisés lorsqu'il est nécessaire de transférer efficacement la chaleur dans les applications de climatisation, réfrigération, chauffage et autres industries. SWEP est proche de ses clients, avec une présence dans plus de 50 pays, ainsi que sa propre force de vente dédiée dans plus de 20 pays. Ses unités de production très efficaces en Suède, aux États-Unis, en Malaisie, en Slovaquie et en Chine permettent à SWEP de servir ses clients dans les quatre coins du monde. SWEP fait partie du groupe international Dover Corporation qui est un fabricant diversifié de plusieurs milliards de dollars, coté au NYSE. Dover produit un large éventail de produits et de composants à des fins industrielles et commerciales.