

**Bien connaître les caractéristiques fondamentales de l'eau, c'est le gage de mieux diagnostiquer les problèmes qui se posent dans un système de chauffage central et de déterminer le traitement le plus adapté.**

### La molécule d'eau.

La molécule de l'eau possède une structure unique.

Dans la nature, elle est présente dans les trois états, à savoir solide (glace), liquide (eau) et gazeux (vapeur). Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- Une capacité calorifique élevée, ce qui en fait un moyen de transmission de la chaleur très efficace.
- Une propension à geler. Organisée en cristaux sous sa forme "glace", l'eau présente un volume plus important lorsqu'elle est solide que lorsqu'elle est liquide.

Deux conséquences : d'une part, la glace est moins dense que l'eau (c'est pourquoi elle flotte) et, d'autre part, comme chaque installateur l'aura constaté, le gel de l'eau dans les tuyaux peut fissurer ceux-ci, la fuite ne se constatant qu'au moment du dégel.

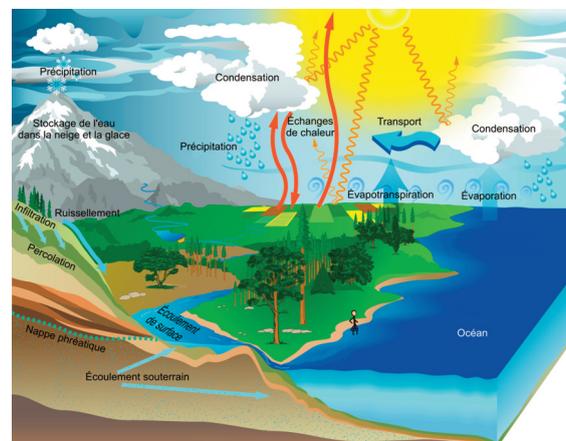
- Une tension de surface élevée. Une aiguille en acier, 7 fois plus dense que l'eau, peut flotter et, dans un tube de verre, un ménisque se forme tandis que l'eau remonte le long du bord en humidifiant la surface du verre. Cet effet contribue au phénomène de la "bouilloire".
- Une tendance à dissoudre toutes les matières avec lesquelles elle entre en contact. L'eau contient une faible concentration en solides et cherche à augmenter sa teneur en matières sèches. Les eaux les plus pures, dont la teneur en matières sèches est faible, sont beaucoup plus corrosives que les eaux riches en minéraux.

### Le cycle de l'eau.

Le cycle de l'eau désigne le processus ininterrompu d'évaporation et de condensation qui se produit sur Terre.

Les masses d'eau (mer, lacs, rivières,...) absorbent la chaleur du soleil et provoquent l'évaporation de l'eau. L'eau évaporée, en s'élevant, se condense en nuages de gouttes d'eau.

Lorsqu'ils atteignent une taille suffisante, ces nuages se mettent à tomber sous forme de pluie. En tombant, l'eau dissout tout ce qui se trouve dans l'atmosphère, notamment les gaz suivants : l'oxygène, le dioxyde de carbone et l'azote. L'azote, gaz inerte, ne réagit pas avec le métal et n'intervient pas dans le cadre du traitement de l'eau. Au contraire de l'oxygène et du dioxyde de carbone, qui constituent les principales causes de la corrosion.



### Composition de l'eau.

Facile d'utilisation et d'approvisionnement, l'eau est logiquement le fluide caloporteur le plus répandu dans les installations de chauffage et climatisation.

Toutefois, l'eau de remplissage utilisée ne se résume pas uniquement à sa molécule H<sub>2</sub>O, c'est une substance complexe qui résulte de sa formation et de son acheminement jusqu'à votre robinet.

#### Composition générique de l'eau de remplissage

- Molécule d'eau > H<sub>2</sub>O
- Gaz dissous non corrosifs > Azote, Di Hydrogène
- Gaz dissous corrosifs > Oxygène, Gaz carbonique, Di Chlore
- Minéraux dissous > Calcium, Magnésium, Fer, Cuivre
- Bactéries > Diverses et variées (BSR, filamenteuse, légionnelle...)

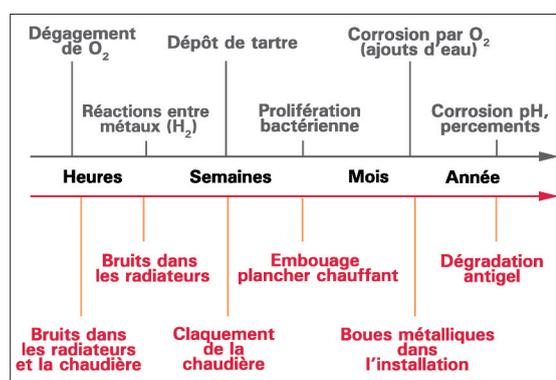
Par conséquent, lorsque l'installation de chauffage se trouve être remplie en eau, elle se charge aussi en minéraux, gaz dissous et bactéries.

Le réchauffement de l'eau dans l'installation va alors engendrer des désagréments et des détériorations par :

- Formation du calcium et magnésium sous forme de tartre.
- Oxydation des parties métalliques par les gaz dissous corrosifs, avec formation de boues métalliques.
- Développement d'un bio film en basse température.

### Chronologie des phénomènes liés à l'eau.

On considère aujourd'hui qu'une installation neuve sans action préventive pour lutter contre ces phénomènes reste neuve et pleinement efficace les 6 premiers mois.



### Pourquoi traiter l'eau de l'installation ?

Qu'il s'agisse d'un dépôt de tartre dans l'échangeur de la chaudière, d'un dépôt de boue d'oxyde métallique dans la chaudière et les radiateurs ou de la formation d'un bio film (qui va obstruer les tubes des planchers chauffants), ces phénomènes sont extrêmement consommateurs en énergie.

#### Dans le cadre d'une installation neuve.

Le traitement préventif va permettre d'éviter non seulement toute surconsommation énergétique, mais aussi de prévenir contre les casses de matériel dues à la dégradation de l'installation par l'eau.

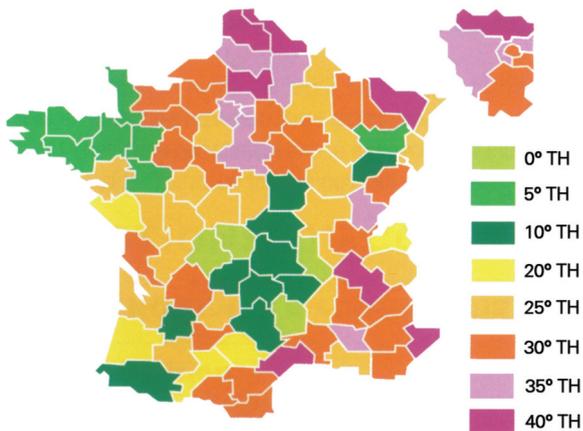
#### Dans le cadre d'une installation existante.

Le nettoyage ou le désembouage va permettre de rétablir le bon fonctionnement de l'installation de chauffage et rétablir un coût énergétique non faussé par les dépôts de tartre, oxydes ou bactéries.

Le traitement qui suivra va lui permettre de maintenir le bilan énergétique de l'installation.

### Eaux douces et eaux dures.

- Les eaux douces ont ruisselé sur des roches très peu ou pas solubles. Faiblement chargées en minéraux, elles sont corrosives vis-à-vis des métaux.
- Les eaux dures ont traversé des couches de roches tendres et se sont chargées en calcium et en magnésium. Lorsqu'elles sont chauffées, elles forment un dépôt calcaire qui se concentre sur des points chauds (corps de chauffe, échangeur, ...).



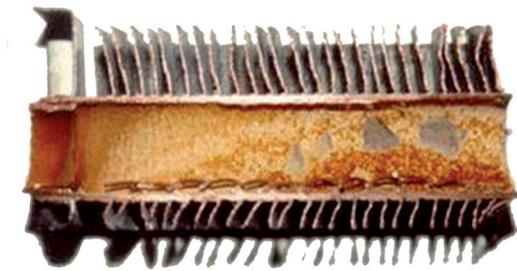
### Principes.

Dans les systèmes de chauffage central, le tartre est constitué de carbonate de calcium (calcite) avec des quantités moins importantes d'autres sels de calcium comme les sulfates. Il arrive parfois que les dépôts de tartre contiennent des débris de corrosion qui ont été emprisonnés.

Lorsqu'une eau souterraine rencontre du calcaire, elle se charge en bicarbonates de calcium et de magnésium. A température ambiante, les sels de calcium et de magnésium sont solubles dans l'eau. Mais lorsque l'eau de l'installation est chauffée, un dépôt de tartre composé de carbonates de calcium (majoritaire) et de magnésium (minoritaire) se forme et se dépose aux endroits les plus chauds de l'installation tels que la chaudière ou le rotor du circulateur.

Ainsi, le calcium et le magnésium formeront du tartre sur les surfaces d'échange thermique si l'eau n'est pas traitée avant son utilisation dans un circuit de chauffage central.

Dans une installation de 100 litres et pour une eau contenant 300 mg par litre de dureté calcique, la quantité potentielle de tartre formée est de 30 grammes.



### Conséquences.



La formation de tartre dans une installation de chauffage présente trois effets importants :

- bruits de chaudière,
- réduction de l'efficacité,
- augmentation des contraintes thermiques.

Les bruits de chaudière sont généralement causés par la surchauffe localisée de l'eau de recirculation qui entraîne la production de vapeur d'eau.

Si la vitesse de l'eau est trop faible, l'eau en contact avec le métal va bouillonner ou bouillir. Lorsque les bulles de vapeur d'eau qui en résultent atteignent l'eau du refroidisseur à distance de la surface, elles éclatent bruyamment. La violence de la réaction, qui détermine le niveau de bruit, dépend de la température de l'eau. Plus l'eau est froide et plus le choc est grand et le bruit qui lui est associé est élevé. Ce phénomène est connu sous le nom de bouillonnement, c'est-à-dire l'ébullition de l'eau lorsqu'elle rentre en contact avec le métal surchauffé du corps de chauffe entartré. La précipitation du tartre est rarement uniforme. Il existera toujours des zones plus épaisses où les températures du métal sont plus élevées. Ceci concentrera le gros du transfert de chaleur sur de petites surfaces selon des pourcentages de transfert de chaleur nominaux élevés, ce qui entraîne un bouillonnement ou une ébullition. Le refroidissement et le réchauffage du tartre selon les cycles du système vont entraîner la fissuration et le floculage de la surface, provoquant des crevasses dans le dépôt. Celles-ci sont fractionnées : soit

entre le dépôt et le métal, soit dans le corps du dépôt.

Ce problème dépend de la quantité de tartre présente, ainsi lorsque cette quantité devient très importante, les fractures ont tendance à guérir, l'eau étant complètement isolée de la surface du métal. A ce moment-là, l'efficacité de la chaudière va diminuer drastiquement et sa défaillance devenir une possibilité bien réelle.

La baisse du rendement de l'installation est liée, quant à elle, à l'entartrage du corps de chauffe.

La conductivité thermique du tartre est environ 100 fois inférieure à celle de l'acier.

**Un dépôt de tartre d'une épaisseur de 1 mm environ peut entraîner une augmentation de 10% de la consommation de combustible.**

L'influence du tartre sur l'efficacité dépend de la conductivité thermique, ainsi un tartre calcaire poreux conduit la chaleur cent fois moins efficacement que le métal de la chaudière.

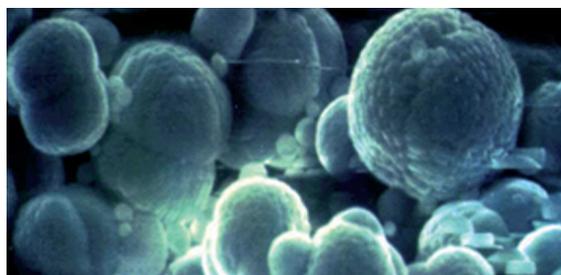
Dans des cas extrêmes, le tartre peut s'accumuler jusqu'au point où la restriction de l'écoulement thermique entraîne une surchauffe isolée de la surface du métal et au final une défaillance liée au stress du métal.

### Traitement.

En l'absence de traitement, la structure cristalline du tartre est cubique ; or, sous cette forme le tartre se dépose. L'utilisation d'un produit de traitement antitartre permet de mettre en suspension des dépôts de tartre existant dans le corps de chauffe de la chaudière. Son principe de fonctionnement est le suivant : il modifie la structure cristalline du tartre qui se transforme de cubique (calcite) en sphérique (valérite). Sous la forme cristalline sphérique, le tartre ne peut plus se déposer.



Calcite



Valérite

### Définition.

A l'état naturel, la plupart des métaux n'existent que sous forme de minerais (oxydes, sulfures, carbonates, ...). Ce n'est que par l'action de l'homme, et un déploiement phénoménal d'énergies, que le minerai est transformé en métal.

La corrosion est une réaction électrochimique entre le métal et son environnement qui entraîne la dégradation du matériau et de ses propriétés. La corrosion du métal n'est qu'un retour à l'état originel de minerais sous l'effet des agents corrosifs.

### Environnements corrosifs.

D'un point de vue thermodynamique, les métaux ne sont pas stables au contact de l'air et de solutions aqueuses.

Par exemple, l'eau a un rôle très corrosif sur les aciers non inoxydables. Ce rôle est activé par certains sels minéraux et autres produits éventuellement contenus dans l'eau (l'eau de mer est plus corrosive que l'eau douce), mais aussi par la température, la présence d'oxygène,...

Dans une installation de chauffage, les environnements corrosifs sont principalement :

- l'oxygène,
- le sulfure d'hydrogène sec ou humide, à haute et basse température,
- l'environnement : l'eau, l'air, l'humidité, les sols, les vapeurs qui se condensent,
- les bactéries,
- les acides minéraux tels que l'acide sulfurique,
- les bases telles que l'hydroxyde de sodium ou l'ammoniaque.

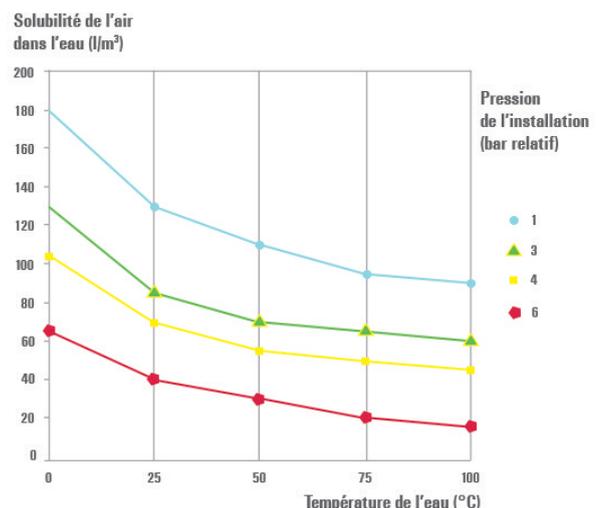
### Types de corrosion dans une installation de chauffage.

La corrosion prend différentes formes dont les plus répandues sont :

- La corrosion par l'oxygène.
- La corrosion acide.
- La corrosion galvanique (intermétallique).
- La corrosion sous dépôt.
- La corrosion par piqûres liée aux chlorures.
- La corrosion érosion.
- La corrosion sous contrainte.
- La corrosion bactérienne ou bio corrosion.

### La corrosion par l'oxygène.

L'oxygène est une molécule très corrosive présente sous forme soluble dans l'eau des installations de chauffage. Elle contient de l'oxygène dissous et de l'hydrogène. L'oxygène, comme son nom l'indique, est un oxydant qui possède une grande aptitude à capter les électrons des métaux. En effet, l'oxygène capte les électrons d'hydrogène pour former des ions négatifs OH<sup>-</sup>. Les métaux attaqués par l'oxygène se détruisent et cèdent des électrons à l'oxygène. Il s'agit du phénomène d'oxydoréduction, réaction chimique par laquelle les électrons d'un élément sont transférés à un autre élément. Ainsi, dans le cas du fer, les ions négatifs OH<sup>-</sup>, combinés aux ions positifs du fer Fe<sup>2+</sup>, forment des hydroxydes ferreux et ferriques, que l'on nomme la «rouille».



Dans une oxydo-réduction, l'élément qui cède ses électrons est appelé « le réducteur » et celui qui les capte est appelé « l'oxydant ». Le réducteur s'oxyde (réaction d'oxydation), l'oxydant se réduit (réaction de réduction). L'oxydo-réduction se compose donc de deux demi-réactions : une oxydation et une réduction.

Le caractère « oxydant » ou « réducteur » est relatif dans le cadre d'une réaction chimique. Un élément réducteur dans une réaction peut être oxydant dans une autre.

Chaque métal ou alliage va ainsi produire un ou plusieurs types d'oxydes métalliques en fonction de la quantité d'oxygène dissous contenu dans l'eau. Une fois la réaction d'oxydation débutée sur les métaux de l'installation, celle-ci va produire au fil des mois et des années des oxydes métalliques, communément appelés « boues ».

Cette réaction étant très difficilement réversible, les oxydes ainsi formés vont se trouver en suspension sous forme de boue ou sédimentés dans les parties basses de l'installation et sur le rotor du circulateur. Dans le circulateur, véritable cœur de la chaudière, le rotor envoie l'eau chauffée dans toute l'installation. Lorsque l'eau est chargée d'oxyde métallique en suspension, le rotor va au fur et à mesure accumuler la boue jusqu'à se gripper complètement.

Il en résulte une mauvaise circulation générale dans le système de chauffage ainsi qu'une baisse du bilan énergétique. En effet, en s'accumulant dans le bas des radiateurs, les boues vont alors partiellement les obstruer et ne plus permettre à l'eau de circuler. Cette partie sans circulation d'eau se trouve alors chargée en "gaz" qui joue le rôle d'écran thermique et révèle une zone froide sur le radiateur.

Ainsi dépourvu d'une partie de sa surface de chauffe, le radiateur se trouve alors sous dimensionné et il faudra chauffer plus longtemps pour obtenir la même température dans la pièce.

Toutefois, les radiateurs ne sont pas les seuls éléments à accumuler des boues ; le corps de chauffe de la chaudière va lui aussi se trouver emboué.

Les boues ainsi accumulées vont alors réduire la circulation dans la chaudière et, jouant l'effet d'isolant thermique, elles vont provoquer une diminution du rendement de la chaudière.

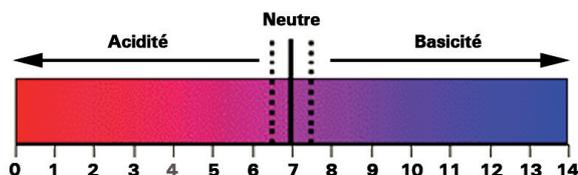
Dans les installations de chauffage et de climatisation, des appoints d'eau sont souvent nécessaires et expliquent la présence systématique d'oxygène dissous et actif dans les circuits.

## La corrosion acide.

Le pH ou potentiel hydrogène (ou pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes ( $H^+$ ) en solution.

Plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité (alcalinité) d'une solution en fonction de sa concentration en ions hydrogènes, suivant une échelle logarithmique de 1 à 14.

- une solution de  $pH = 7$  est dite neutre ;
- une solution de  $pH < 7$  est dite acide ; plus son pH s'éloigne de 7 (diminue) et plus elle est acide ;
- une solution de  $pH > 7$  est dite basique ; plus son pH s'éloigne de 7 (augmente) et plus elle est basique.

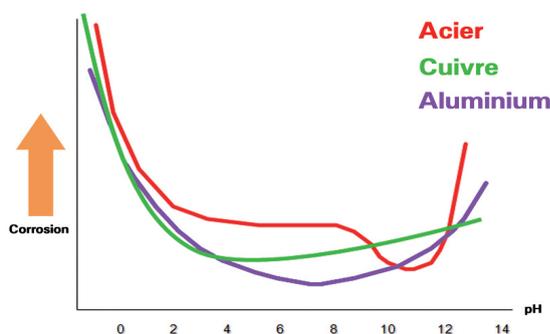


Certaines eaux ont absorbé au cours de leur parcours naturel du gaz carbonique en excès et sont acides. L'eau d'une installation peut être acidifiée par des flux de brasage acides ou par dégagement de gaz carbonique lors du dépôt de tartre. Ce type d'eau contient des ions acides ( $H^+$ ) en excès et se caractérise par un pH inférieur à 7. Les métaux en contact avec des eaux acides se détruisent en cédant leurs électrons qui se transforment en gaz hydrogène.

Par conséquent, on peut dire qu'une eau à pH 5 sera dix fois plus acide qu'une eau à pH 6, et 100 fois plus acide qu'une eau à pH 7.

Dans une installation de chauffage, différents facteurs peuvent influencer sur la valeur du pH, et tout particulièrement la qualité de l'eau. Ainsi, plus une eau est douce, plus elle est acide et a la capacité de dissoudre les métaux et de rendre le pH instable.

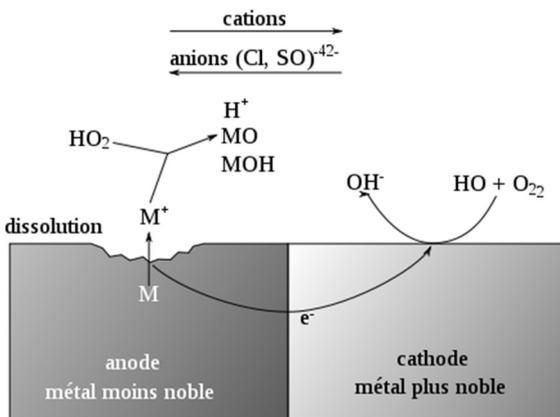
Contrairement, une eau dure, riche en  $\text{CaCO}_3$ , sera à des niveaux de pH supérieurs à 7 mais stable. Les flux de brasage, les décapants, la formation d'oxyde de fer ou d'hydroxyde de fer ou encore d'acide carboxylique, provenant de la dégradation d'un fluide glycolé sont également à l'origine de l'altération du pH.



En solution aqueuse, les métaux sont des éléments très sensibles au pH, comme le démontre la courbe ci-dessus. L'aluminium se corrode lorsque le pH est inférieur à 4,5 et supérieur à 8,5, tandis que le cuivre se corrode à des niveaux de pH inférieurs à 7 et supérieurs à 12. Quant au fer, il se corrode lorsque le pH est inférieur à 9,6.

### Corrosion galvanique.

Dans une installation de chauffage, lorsque deux métaux de natures différentes sont utilisés et rentrent en contact dans l'eau, ils réagissent entre eux. Ils forment une pile électrochimique, on parle alors de corrosion galvanique. Le métal le moins noble, dont le potentiel est le plus bas, se transforme en anode et se corrode au profit du métal dont



le potentiel est le plus élevé (cathode) qui reste intact. Les réactions sont significatives pour des différences de potentiel supérieures à 50 mV. Cette pile sera d'autant plus forte que la différence de potentiel électrochimique entre les métaux sera forte.

L'aluminium est souvent considéré à tort comme une source de problèmes toute désignée pour les installations, car on pense parfois qu'il se corrode aisément, ce qui est loin d'être le cas. L'aluminium est suffisamment résistant à la corrosion pour être utilisé dans des réacteurs nucléaires, dans lesquels les conditions sont nettement plus difficiles que dans un système de chauffage central standard. La manière dont l'aluminium et les alliages à base d'aluminium réagissent à la corrosion dépend de leur état métallurgique, des impuretés, des éléments constitutifs de l'alliage, ainsi que de la nature des sels dissous dans l'eau et du pH.

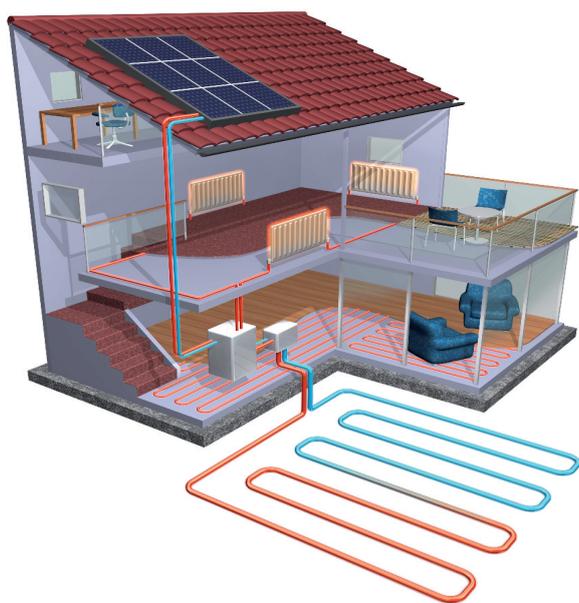
Son aptitude à former sur sa surface un film d'oxyde très adhérent rend le métal très résistant à la corrosion. Cette passivation de l'aluminium se produit non seulement par la réaction du métal à l'oxygène présent dans l'air, mais également par sa réaction à l'eau proprement dite. Toutefois comme tous les métaux, l'aluminium ainsi que les alliages d'aluminium, que l'on retrouve dans certains types de matériels de chauffage, possèdent un potentiel électrochimique propre. Ce potentiel positif ou négatif dépend essentiellement de l'état métallurgique du métal.

### Potentiels électrochimiques des métaux.

Métaux	Potentiels en mV
OR	+ 250mV
CUIVRE	+ 40mV
BRONZE	0mV
SOUDURE	- 180mV
ETAIN	- 200mV
ACIER	- 400mV
FONTE	- 470mV
GALVA	- 800mV
ZINC	- 850mV
MAGNESIUM	- 1350mV
ACIER INOX	+250mV à -100mV
ALUMINIUM et alliages	-350mV à -700mV

Ainsi, en cas de contact entre le fer et le cuivre, c'est le fer, métal le moins noble, qui constituera l'anode et cédera ses électrons, alors que le cuivre, plus noble, constituera la cathode.

A titre d'exemple, un ballon d'eau chaude sanitaire en acier galvanisé se détériore s'il est raccordé à l'arrivée d'eau de ville par des tuyauteries en cuivre. Si le cuivre est situé en aval de l'acier, il y aura peu de problèmes. De même, dans une installation de chauffage, de par leurs potentiels, l'association de radiateurs en aluminium et de tuyauteries en cuivre constitue un environnement avec de forts risques de corrosion. La réaction d'électrolyse s'accompagne de la production d'un gaz inflammable dans le réseau : le dihydrogène. Cet H<sub>2</sub> peut poser des problèmes de zones froides dans les radiateurs si l'installation est mal purgée ou générer des bruits lorsque l'eau est en circulation.



### Exemple des effets de pile électrochimique sur une installation de chauffage.

Prenons l'exemple d'une maison constituée :

- D'une chaudière à condensation d'alliage d'aluminium > potentiel : - 650 mV.
- D'un plancher chauffant au rez-de-chaussée, en tube non métallique > pas de potentiel.
- D'un radiateur sèche-serviette acier > potentiel : - 450mV.
- De radiateurs aluminium à l'étage > potentiel : - 550 mV.
- D'une tuyauterie cuivre > potentiel : + 40 mV.

Cette installation va donc en présence d'eau générer 6 piles distinctes :

- 1 - Chaudière / Tuyauterie cuivre.  
La plus forte en différence de potentiel (690 mV), donc aussi la plus réactive.
- 2 - Radiateur Aluminium / Tuyauterie cuivre (590 mV).  
Moins forte que la première cette pile demeure toutefois très forte (590 mV).
- 3 - Radiateur Acier / Tuyauterie cuivre (490 mV).
- 4 - Radiateur Acier / Radiateur Aluminium (100 mV).  
Bien que les deux potentiels métalliques soient négatifs, la différence de potentiel va là aussi générer une pile.
- 5 - Radiateur Alu / Chaudière (100 mV).  
Les deux alliages d'aluminium n'ayant pas le même potentiel, ici aussi c'est la différence de potentiel qui va créer une pile.

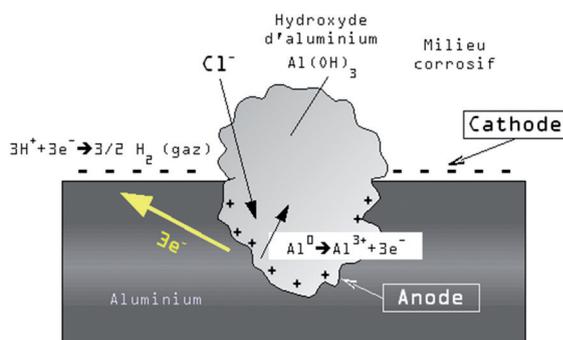
**Plus la pile est forte et plus la corrosion sera rapide.**

### La corrosion par piqûres.

La corrosion par piqûres se caractérise par une attaque très localisée d'où son nom de « piqûre » (en anglais Pitting) et, est généralement associée à une rupture locale du film passif qui se produit souvent en présence de chlorures, ou à une passivation incomplète (quantité insuffisante d'inhibiteurs de corrosion, par exemple). La quantité de métal corrodé est très faible mais cette forme d'attaque peut parfois conduire à des défaillances rapides des pièces affectées. La corrosion par piqûres est un phénomène très répandu qui concerne une grande variété de matériaux comme les aciers inoxydables, les alliages de nickel, de titane, d'aluminium ou de cuivre.



Les environs de la piqûre font office de cathode où l'oxygène subit une réduction. La piqûre même est l'anode dans laquelle le métal est oxydé par corrosion galvanique avec un courant de grande densité. L'oxygène dissous dans l'eau reste donc à l'extérieur du métal. L'appellation corrosion par piqûres fait référence au fait que la corrosion se manifeste surtout en profondeur dans le matériau et que sa profondeur est bien plus grande que son diamètre. Cette profondeur ainsi que le nombre de piqûres est très variable. Cette forme de corrosion peut s'avérer très rapidement dommageable pour la robustesse du matériau. En outre, la corrosion par piqûres peut-être difficile à détecter car ces petits trous peuvent être masqués par des dépôts de corrosion.



La forme la plus connue de corrosion par piqûres est l'attaque de l'acier inoxydable austénitique par les chlorures. Les ions de chlore (Cl-) sont les déclencheurs de la corrosion par piqûres. Ils se substituent aux groupes -OH de la couche passive des métaux et favorisent localement une chute importante du pH qui engendre une corrosion acide. Par conséquent, ils endommagent cette couche protectrice et démarrent la corrosion par piqûres.

A partir de 80mg/l tous les métaux sont susceptibles de percer. D'ailleurs, même l'inox n'est pas insensible à la corrosion. Beaucoup pensent qu'il résiste à tout, mais c'est faux. L'inox peut en effet se corroder.

La couche naturelle de passivation peut être fragilisée notamment par :

- la contamination de la surface par du fer,
- de la graisse ou de la saleté,
- une déformation de la surface,
- une décoloration due au soudage,
- la composition de l'atmosphère.

Il se forme alors une couche active et non une couche passive. La résistance à la corrosion du matériau est ainsi fortement réduite.

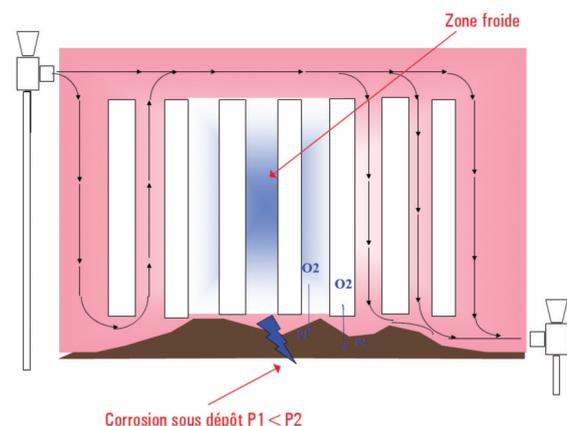
## La corrosion sous dépôt.

Lors du montage d'une installation de chauffage, il arrive souvent qu'il reste dans la tuyauterie cuivre des résidus de brasure, de limaille, de fonderie ou de poussière de cuivre. L'ensemble de ces débris vont alors circuler dans toute l'installation lors de la mise en route de celle-ci. Ils ont un potentiel électrochimique propre ; positif pour les résidus issus du cuivre et négatif pour les résidus issus de l'aluminium ou de l'acier ; ces derniers vont être attirés par leurs contraires pour former à nouveau une pile. Les résidus de cuivre se fixeront sur les parties aluminium et acier que sont la chaudière et les radiateurs et les résidus de fonderie ou d'usinage en aluminium se fixeront sur le cuivre.

La pile ainsi formée par contact sera une pile anode pour l'aluminium et cathode pour le cuivre. Une fois produite la pile va alors générer une réaction d'oxydo-réduction dans laquelle l'aluminium sera dissous au profit du cuivre et l'eau sera décomposée en gaz hydrogène et oxygène. Mis à part son côté inflammable, le gaz hydrogène produit est sans effet corrosif sur l'installation, alors que l'oxygène va corroder toutes les parties métalliques de l'installation. Ne pouvant être totalement évacuée par le dégazeur, cette surproduction de gaz va engendrer du bruit au niveau des radiateurs aluminium. En effet, le gaz stocké en partie haute du radiateur va provoquer une zone de dilatation due à la différence de température entre la partie chargée en gaz plus froide que celle chargée en eau chaude.

Dans le cas de la corrosion sous dépôt, les zones recouvertes d'une quantité de dépôts importante sont faiblement oxygénées et se corrodent (anode). Les zones les moins recouvertes sont plus oxygénées et ne se corrodent pas (cathode).

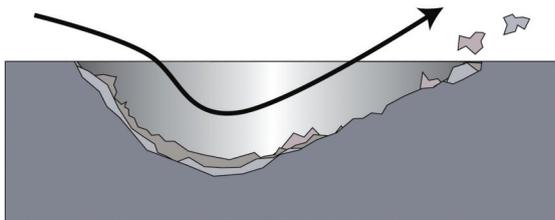
Exemple : percement de radiateur en partie basse.



### La corrosion – érosion.

Le phénomène de corrosion-érosion correspond à une dégradation de la surface du métal sous l'effet de l'impact de particules ou sous l'action d'un écoulement turbulent à l'endroit où le métal possède des défauts de surface.

Ce phénomène conduit à un amincissement local qui revêt souvent l'aspect d'une piqure allongée. La turbulence ainsi créée contribue à éroder le film protecteur jusqu'à le faire disparaître, créant ainsi une pile de corrosion et entraînant des vitesses de corrosion très élevées sur des matériaux par ailleurs très résistants à l'état statique.



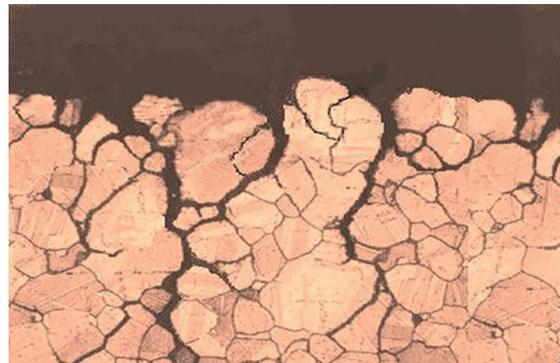
Exemple de corrosion-érosion d'un tube en cuivre



### La corrosion sous contrainte.

Comme son nom l'indique, la corrosion sous contrainte résulte de l'action conjuguée d'une contrainte mécanique en tension (par exemple, le cintrage, la dilatation ou la variation de pression), et d'un milieu agressif vis-à-vis du matériau, chacun de ces facteurs pris séparément n'étant pas susceptibles à lui seul d'endommager le métal. Ce type de corrosion se caractérise par l'apparition de fissures inter ou transgranulaires dont la propagation est perpendiculaire à la plus grande contrainte.

Ainsi, comme l'illustre l'image ci-dessous, la corrosion sous contrainte d'un alliage cuivreux est caractérisée par l'apparition de fissures intergranulaires conduisant à la corrosion totale de l'élément s'il est soumis à un milieu agressif comme les chlorures ; et entraînant au final la casse de l'élément.

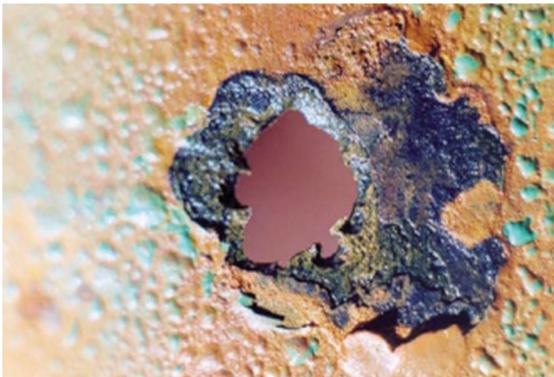


### La corrosion bactérienne ou biocorrosion.

Le système de chauffage par le sol à eau tiède existe depuis de nombreuses années en Europe continentale et se compose le plus souvent de tuyaux en matière synthétique dans lesquels circule de l'eau à basse température.

Ces tuyaux généralement pris dans la chape vont transmettre par conductivité la chaleur à la pièce.

Bien que la matière synthétique du tuyau ne soit pas corrodable par l'oxygène de l'eau, la basse température de l'eau qui circule et la stagnation vont permettre à des bactéries contenues de se développer.



Les bactéries sont des micro-organismes adhérents à la surface des métaux qui provoquent l'accumulation d'acides, de gaz dissous et de filaments.

Les bactéries interviennent à la fois dans l'eau et dans l'air, certaines se développent dans l'oxygène (bactéries aérobies), tandis que d'autres ne nécessitent pas la présence d'oxygène (bactéries anaérobies).

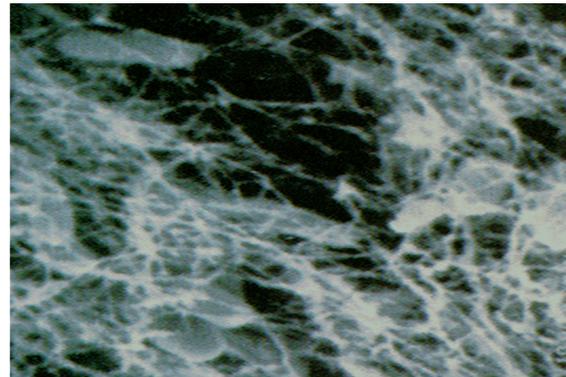
Les bactéries peuvent tirer leur énergie aussi bien à partir de matières minérales que de matières organiques.

Deux types de bactéries, non dangereuses pour la santé mais néfastes pour le chauffage, vont alors proliférer :

- Bactérie filamenteuse.
- Bactérie Sulphato Réductrice (BSR).

#### Bactérie filamenteuse.

Elle se développe en présence d'oxygène et principalement dans un milieu stagnant à des températures oscillant entre 10°C et 55°C. Elle génère un bio film, visqueux, qui se comporte en phase aqueuse comme une boue visqueuse qui va se fixer sur la paroi interne des tubes du plancher chauffant. Au fur et à mesure, les bactéries qui ne sont plus en contact avec l'oxygène contenu dans l'eau vont mourir et durcir la partie morte du bio film fixé au tube. Si le problème n'est pas traité, un développement de bactéries filamenteuses peut aller jusqu'à obstruer complètement le passage d'eau dans le tube.



### Bactérie Sulphato Réductrice (BSR).

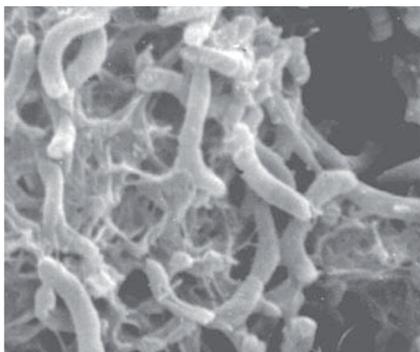
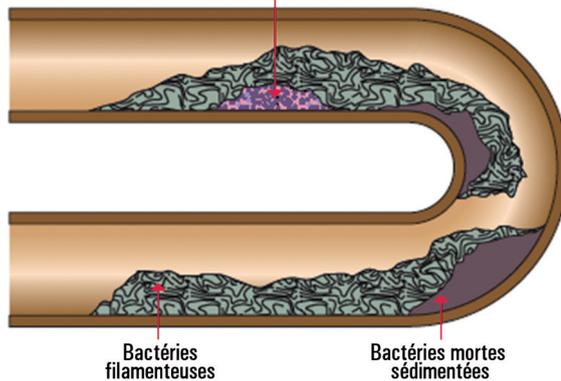
Cette bactérie se développe sous un dépôt en l'absence d'oxygène. Elle est anaérobie. De nature agressive, cette bactérie a une prédilection pour les milieux acides et supporte des températures supérieures à 55°C. Elle se nourrit de sulfates et produit de l'hydrogène sulfuré, qui en solution dans l'eau, se transforme en acide sulfurique à l'origine de la corrosion acide des métaux. Elle tire sa source énergétique de son pouvoir oxydo-réducteur et se développe dans certaines conditions physico-chimiques :

- Présence d'ions sulfates.
- Présence de matières organiques.
- Teneur en oxygène dissous négligeable.
- pH voisin de la neutralité.
- Température ambiante ou légèrement élevée.

Ce n'est pas à proprement parler la bactérie BSR qui va être néfaste pour l'installation, mais l'acide sulfurique ou nitrique qu'elle va générer dans une eau contenant une forte proportion en sulfate ou nitrate. Les eaux fortement sulfatées et nitrées sont généralement présentes dans les régions à forte proportion de culture vinicole, céréalière ou d'élevage intensif porcin et ovin. Les bactéries interviennent indirectement dans la détérioration des aciers par libération de H<sub>2</sub>S, qui attaque le métal ou, par dépolarisation cathodique, qui provoque la corrosion électrochimique, la diminution de pH, la formation d'une pile de corrosion par aération différentielle...

Les bactéries se développent et détériorent l'installation de chauffage : dégagement d'acides, filtrage des particules, obstruction partielle ou complète des réseaux...

Développement de bactéries sulfato-réductrices (BSR) en milieu anaérobie, sous film de bactéries filamenteuses



# Sentinel

## Conséquences de la corrosion sur l'installation

1-15

### Les conséquences de la corrosion sur l'installation concernent principalement :

- la chaudière,
- les radiateurs,
- les planchers chauffants,
- les équipements ENR.

#### La chaudière.

Dans la chaudière, si le corps de chauffe est emboué, il s'endommage vite et perd en rendement. Le circulateur de la chaudière, c'est-à-dire la pompe qui permet d'accélérer la circulation de l'eau dans le circuit, est particulièrement exposé : sous l'effet des boues en suspension, il risque de s'encrasser, de s'user au niveau des paliers et de se gripper. En effet, cet organe est particulièrement sensible aux impuretés, au tartre et aux boues issues de la corrosion. L'accumulation de boues dans la chemise d'entrefer peut conduire à la perforation et provoquer alors un court-circuit. Par ailleurs, l'accumulation de boues dans le corps de chauffe joue l'effet d'isolant thermique et réduit le rendement.

Les boues sont susceptibles de s'accumuler au niveau des différents organes de la chaudière et notamment au niveau des zones à faible passage d'eau (échangeur à plaque, vannes 3 voies, pressostat, ...), générant alors des dysfonctionnements et des pannes, voire la casse d'éléments.



#### Les radiateurs.

Au niveau des radiateurs, les boues s'accumulent dans le bas des radiateurs. D'une part, elles empêchent l'eau de circuler et d'autre part, elles génèrent un gaz non-conducteur thermique qui crée une zone froide sur le radiateur. La perte énergétique peut aller jusqu'à 50 ou 100 % pour certains radiateurs et s'élever à 15% en moyenne pour l'ensemble du système.

De plus, la surproduction de gaz engendre des bruits dans les radiateurs. L'oxygène nouvellement produit peut s'attaquer à toutes les parties métalliques de l'installation. De même, la corrosion peut entraîner la formation de trous au niveau des matériels et engendrer des fuites. À l'heure des chaudières à condensation dont le corps de chauffe se compose fréquemment de silice d'aluminium, il est impératif de prendre ce danger en considération.

#### Les planchers chauffants.

De nos jours, les planchers chauffants sont le plus souvent en matière synthétique pour empêcher leur corrosion. Mais la circulation d'eau à basse température, caractéristique de ces systèmes, favorise et optimise le développement bactérien. Ils peuvent être complètement bouchés par les boues qui résultent du développement des bactéries. Mieux vaut agir préventivement car les tuyaux qui véhiculent l'eau de ces systèmes sont en général pris dans la chape ou se trouvent sous des planchers indémontables. Toute intervention est donc délicate.

#### Les équipements ENR.

Dans les installations utilisant un liquide antigel comme agent de transfert de chaleur, le glycol contenu dans cet antigel tend à se dégrader dans le temps en raison des conditions climatiques ou du développement bactérien, jusqu'à devenir très corrosif pour l'installation et ses équipements. En effet, un glycol dégradé provoque une chute du pH, conduisant à une corrosion acide. De même, sa viscosité augmente : il s'épaissit jusqu'à la formation de dépôts solides menant souvent à l'obstruction des tuyaux. Par conséquent, le glycol perd de sa capacité à protéger contre le gel et peut provoquer de graves dysfonctionnements sur l'installation et ses composants.

**En conclusion, une installation exposée à la corrosion sera d'autant plus énergivore et souffrira d'une perte d'efficacité pouvant aller jusqu'à -15 %. Les frais de maintenance et d'entretien seront alors multipliés pour pallier les défaillances constatées.**

### Contrôle de la corrosion de l'aluminium.

#### Pourquoi s'intéresser à la corrosion de l'aluminium?

De nombreux systèmes à eau utilisent l'aluminium. Ces applications ne concernent pas que l'industrie comme le moulage par injection, les applications pharmaceutiques ou chimiques nécessitant de l'eau de très grande pureté. L'aluminium est également largement utilisé dans l'industrie du chauffage central pour la production de chaudières ou de radiateurs à haut rendement. La corrosion de l'aluminium se produit généralement sur des petites surfaces très localisées et crée des piqûres qui provoquent la perforation du métal et les pertes de matériel.

Ces défaillances sont très coûteuses et engendrent des problèmes majeurs pour l'installateur et l'utilisateur.

#### Comment l'aluminium se corrode-t-il ?

##### Je pensais qu'il ne se corrodait pas.

L'aluminium résiste à la corrosion grâce à la présence d'un film d'oxyde sur sa surface. La résistance à la corrosion de tout alliage d'aluminium dépend de la stabilité de ce film. Cette couche d'oxyde est stable dans une plage de pH comprise entre 4,0 et 9,0. Toute rupture au niveau du film engendre une accélération de la corrosion par piqûre.

Le niveau de résistance à la corrosion dans l'eau très pure ainsi que dans l'eau naturellement douce est excellent.

Les eaux dures très alcalines et les eaux artificiellement adoucies ont tendance à aggraver la corrosion par piqûres.

##### Je croyais qu'il me suffisait de maintenir le pH du système à 8,0.

Il est conseillé de maintenir un pH compris entre 7,0 et 8,5. La corrosion de l'aluminium s'accélère tant dans des environnements à faible pH (<6,0) que dans des environnements à pH élevé (>9,0).

Dans ces extrémités, le film d'oxyde ne suffit plus à assurer la résistance du métal à la corrosion. L'augmentation du niveau des ions agressifs (Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, etc.) présents dans l'eau contribue également à diminuer la stabilité du film de protection.

##### Qu'en est-il de mon programme de traitement qui tamponne jusqu'à un pH supérieur à 9,0 ?

Un traitement d'eau qui maintient un pH au-dessus de 8,5 doit être absolument évité, si les composants en aluminium du système sont significatifs. La protection de l'aluminium est prioritaire, et le pH doit être réglé sur la plage recommandée.

### Dépôts de surface - Quel genre de dépôts ?

Le cuivre dissous, le fer et les matériaux en suspension, qui se déposent sur la surface de l'aluminium, détruisent le film de protection. Le cuivre dissous constitue un problème majeur.

Il peut véritablement recouvrir l'aluminium et créer une pile de corrosion micro-galvanique.

### Quelle est la quantité de cuivre acceptable dans l'eau de recirculation et quelle attitude adopter ?

L'aluminium n'est pas compatible avec le cuivre et une quantité de cuivre inférieure ou égale à 0,1 mg/l est généralement acceptée comme concentration seuil dans l'eau de recirculation dans une eau non traitée. L'Azole doit être présent dans le traitement chimique afin de conserver le cuivre en solution et protéger les composants en cuivre et laiton.

### Quelles sont les procédures recommandées pour les systèmes contenant de l'aluminium ?

- Maintenir un pH compris entre 7,0 et 8,5.
- En présence de cuivre ou d'alliages contenant du cuivre (laiton), s'assurer que le traitement chimique contient de l'Azole, comme le Sentinel X100.
- Eviter l'utilisation d'eau adoucie artificiellement en raison de l'apport de chlorures, à moins que le système ne soit traité avec un inhibiteur de corrosion adapté, comme le Sentinel X100, à la dose préconisée.
- Maintenir le système propre. S'assurer qu'aucune fuite n'existe dans le système, qui résulterait par des appoints d'eau excessifs. S'assurer également, que le traitement de l'installation est correct, comme avec l'utilisation du X100.

### Vitesses de corrosion habituelles de l'aluminium.

<1 mpy	Habituelle pour les installations désembouées et exemptes de cuivre
1 à 5 mpy	Attaque modérée
>5 mpy	Attaque sévère

### Introduction.

Les tuyaux de circulation d'eau en cuivre ont longtemps rendu bien des services dans les réseaux d'alimentation industriels et domestiques. Toutefois, il arrive en de rares occasions que l'état de l'eau du réseau détériore les performances du cuivre.

La profession est préoccupée par ce qui est perçu comme une augmentation du nombre de défaillances liées à l'utilisation du cuivre. La corrosion en rosettes a été montrée du doigt. Il s'agit d'un phénomène identifié pour la première fois à la fin des années 80 et qui est principalement lié à certaines eaux de distribution.

### Historique.

Le cuivre est un métal noble. Autrement dit, lorsqu'il devient partie intégrante d'une cellule électrolytique, d'autres métaux sont sacrifiés alors que le cuivre reste intact. Cela se produit normalement dans des systèmes de chauffage central où une application de flux excessive combinée à un rinçage inapproprié conduit à la solubilisation du cuivre et au plaquage éventuel des radiateurs en acier, en aluminium, ou de l'échangeur en aluminium de la chaudière, et, plus tard, à des défaillances de ces radiateurs, ou de la chaudière.

Les attaques directes de l'eau de distribution sont rares et impliquent un mécanisme différent. L'oxygène dissous joue un rôle majeur dans la corrosion du cuivre. Plus la température de l'eau est élevée, moins elle peut contenir d'oxygène dissous. Par conséquent, l'eau froide est davantage susceptible de corroder le cuivre que l'eau chaude.

Si le cuivre est d'abord mis en contact avec de l'eau en présence d'oxygène, une légère corrosion générale se produit, ce qui génère en théorie de l'oxyde cuivreux qui constitue un film protecteur sur la surface métallique et empêche toute corrosion ultérieure. Toutefois, dans certaines eaux, la lente dissolution du cuivre risque de se poursuivre et de causer une coloration verte des appareils sanitaires. Dans d'autres cas, une corrosion par piqûres très localisée peut survenir et provoquer des trous de la taille d'une tête d'épingle au terme de périodes d'utilisation relativement courtes.

La composition des eaux utilisées dans les environnements domestiques varie considérablement. Les eaux de surface provenant des rivières, des lacs ou des réservoirs sont alimentées par la pluie dont le principal composant dissous est le dioxyde de carbone. La composition finale de l'eau dépendra de la composition du sol de la zone de récupération. Si la zone de drainage est pratiquement insoluble, l'eau sera douce. Inversement, les eaux qui s'infiltrent dans de la craie sont susceptibles de devenir très dures. Son degré d'acidité augmente en présence de nombreux végétaux en décomposition ou encore si elle s'infiltré dans de la tourbe.

Les eaux les plus corrosives sont celles qui proviennent de puits et de sources (généralement privés). Elles sont souvent douces et contiennent du dioxyde de carbone dissous. On dit que ces eaux dissolvent le cuivre. Dans ce cas, l'oxygène dissous joue un rôle moins important et la corrosion est plus marquée lorsque l'eau a été chauffée. Bien qu'une eau de distribution contenant une concentration excessive par rapport aux prescriptions CE ne soit pas considérée comme toxique, elle commence à devenir désagréable une fois que la concentration dépasse la limite de 3 milligrammes par litre.

**La corrosion par piqûres du cuivre se divise en trois catégories :**

### Type 1.

Ce type de corrosion se caractérise par d'assez grandes piqûres larges/superficielles contenant généralement de l'oxyde cuivreux et du chlorure cuivreux au-dessous de concentrations de carbonate de calcium et de carbonate basique de cuivre. Elles se distinguent des piqûres dues au fondant de soudure par leur caractère aléatoire.

La température constitue un facteur significatif, puisque la corrosion survient plus vraisemblablement dans l'eau froide et tiède que dans l'eau chaude. Elle est le plus souvent associée aux eaux de puits ou aux eaux qui ont été traitées par floculation.

Souvent, la dureté totale de l'eau est supérieure à 100 mg/l, et même généralement supérieure à 150 mg/l, bien que la corrosion puisse se produire dans des eaux plus douces. On pense que la présence extrêmement faible de matières organiques telles que les polyphénols dans les eaux de surface inhibe cette forme d'attaque.

La piqûre type 1 doit être initiée et était auparavant provoquée par la présence, dans le tuyau de cuivre, d'un reste de film de carbone au terme du procédé d'étirage. L'utilisation actuelle d'un abrasif pour nettoyer le tuyau a limité le problème et il est communément admis que l'agressivité de l'eau constitue un facteur prépondérant en matière de piqûres. Par exemple, l'oxygène dissous et le dioxyde de carbone dissous sont clairement impliqués dans le mécanisme de piqûre et les eaux de puits contiennent généralement des chlorures.

### Type 2.

Ce type de corrosion se caractérise par des trous étroits et profonds de petite section contenant un oxyde cuivreux très dur au-dessous de petites concentrations constituées également d'oxyde cuivreux, mais contenant souvent du sulfate basique de cuivre.

Ce type de piqûres se produit dans des eaux douces d'une température supérieure à 60°C et apparaît plus lentement que les piqûres de type 1. Le rapport bicarbonate/sulfate est souvent inférieur à 1 et le pH, inférieur à 7,6. Une hypothèse est que la présence de manganèse dans certaines régions entre en ligne de compte.

### Type 3.

Caractérisée par des trous tels que ceux que l'on trouve sur un poivrier, sous une croûte, cette forme de corrosion demeure un sujet de recherche majeur.

La cause est encore incertaine, mais ce phénomène est souvent associé à des eaux de sols marécageux où des corrosions rapides des réseaux en cuivre apparaissent. Toutefois, il apparaît que le mode de tubage n'importe pas. Les recherches se concentrent sur la mise au point de méthodes d'analyse de détection de quantités microscopiques d'acides organiques dont on pense qu'ils contribuent à la corrosion.

### Anodes d'aluminium.

La durée de vie d'un réservoir de cuivre ou d'un échangeur dépend du caractère du film d'oxyde qui se forme sur le métal lors de sa première mise en service. Le cuivre forme généralement une fine couche d'oxyde qui le protège indéfiniment contre la corrosion, mais dans les eaux auxquelles on associe les piqûres, il forme parfois un film dont les caractéristiques sont légèrement différentes et qui est susceptible de se décomposer ultérieurement et de permettre ainsi la corrosion par piqûres. A l'instar de l'acier doux, l'aluminium est moins noble que le cuivre et, à la fin des années 60, on a découvert que le fait d'incorporer une anode d'aluminium dans un cylindre de cuivre empêchait effectivement la corrosion par piqûres de type 1. La fonction de l'anode est de se sacrifier tandis qu'un film protecteur d'oxyde d'épaisseur uniforme s'accumule sur la surface du cuivre. L'utilisation de telles anodes sacrificielles a été incluse dans une norme britannique avant de se généraliser rapidement.

Une étude portant sur les eaux connues pour promouvoir la corrosion par piqûres de type 1 a montré que les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque le point de contact entre le cuivre et l'aluminium était bien isolé de l'eau de manière à empêcher toute corrosion prématurée de ce point au niveau duquel le courant galvanique est le plus puissant. Il convient également d'observer une distance optimale entre les extrémités de l'anode et le cylindre. Dans la plupart des cas, l'anode ne devait rester intacte que pendant environ 3 mois pour jouer son rôle.

Des problèmes sont apparus dans deux cas particuliers à partir d'une cause unique. Un isolement insuffisant du point de connexion a entraîné le détachement prématuré de l'anode, qui est ensuite tombée à la base du cylindre, causant ainsi une accumulation massive de sédiments d'oxyde. Normalement, de telles particules d'oxyde doivent se former autour des extrémités de l'anode et être éliminées par l'eau s'écoulant via le réservoir, mais à l'endroit où les sédiments s'accumulent, une corrosion par dépôts de la base du cylindre est apparue à la suite d'une oxygénation différentielle. Une panne pouvait survenir rapidement, et si ce n'était pas le cas, le fait que l'anode n'était plus au bon endroit permettait la corrosion par les mécanismes initialement mis en place pour l'empêcher.

### Corrosion en rosettes.

Le phénomène est ainsi nommé, car le cuivre corrodé présente en surface des formes faisant penser à des pétales arrachés.

Le nombre de cas attribués à la corrosion en rosettes est sans aucun doute largement exagéré. La plupart du temps, une fois tombés, les cylindres sont mis au rebut sans être examinés à l'intérieur. Aucun cas de corrosion en rosettes du cuivre n'a été rapporté en dehors de ceux associés à des cylindres.

Les recherches se poursuivent, mais les facteurs connus pour contribuer aux cas de corrosion en rosettes incluent du nitrate ainsi que la présence d'une anode d'aluminium. Il est également prouvé que la corrosion en rosettes est favorisée lorsque, avant sa mise en service, on abandonne un réservoir en cuivre doté d'une anode d'aluminium rempli d'eau pendant une période prolongée. Dans ce cas, la corrosion du réservoir en cuivre peut apparaître à la base, sous la position de l'anode.

### Et pour l'avenir ?

On pourrait modifier la conception des cylindres de manière à réduire les zones de faible turbulence des eaux plus froides (de moins de 30°C) qui provoquent parfois, au bas de ceux-ci, l'accumulation des sels et autres minéraux présents dans l'eau. Cette solution permettrait d'éviter un grand nombre de pannes, qu'elles soient dues aux piqûres de type 1 ou à la corrosion en rosettes à la suite de l'élimination de l'anode d'aluminium.

Les prescripteurs et les installateurs peuvent également se faciliter la tâche en installant uniquement des unités parfaitement dimensionnées à leur fonction, ce qui éviterait que d'importants volumes d'eau inutiles demeurent dans le réservoir. Dans les régions du pays où l'on sait que les pannes dues aux piqûres posent un problème, il faudrait encourager les utilisateurs finaux à vidanger complètement leur cylindre de façon régulière afin d'éviter l'accumulation de sédiments décrite plus haut, de manière à limiter tant la corrosion par piqûres de type 1 que la corrosion en rosettes. Cette mesure s'appliquerait avantageusement aux cylindres remplis et non utilisés, particulièrement dans les nouvelles propriétés inoccupées.

# Sentinel

## Problèmes de circulateur

1-22

### Introduction.

Actuellement, on considère que le circulateur ou pompe de circulation est un élément de la chaudière particulièrement fiable. Bien que les défaillances dues à des défauts de fabrication soient rares, un nombre important de défaillances se produit régulièrement lorsqu'elles sont en fonctionnement. Le principal ennemi de la pompe de circulation n'est pas l'eau de l'installation de chauffage qu'elle fait circuler mais les corps étrangers qu'elle tend à contenir. Afin de s'assurer que la pompe et les autres composants de l'installation fonctionnent de façon optimale, il est essentiel que l'eau circulant dans le système de chauffage central soit parfaitement « propre ».

Face à une forte demande du marché pour des appareils plus petits, plus légers et moins énergivores, les fabricants de pompes de circulation se sont adaptés et ont conçu des circulateurs modernes, dont la fréquence des défaillances précoces a cependant augmenté. L'explication réside dans la capacité de la pompe à supporter le frottement généré par dépôts de boues sur les surfaces d'appui.

Alors que les anciennes pompes, dotées de moteurs à 4 vitesses, étaient assez puissantes pour broyer les dépôts avant de « casser », les pompes modernes, plus compactes et efficaces sont moins résistantes du fait d'un couple de démarrage réduit. Néanmoins, les bénéfices intrinsèques des pompes modernes l'emportent de loin sur cette lacune.

Les impuretés affectent non seulement les performances de la pompe, mais réduisent également l'efficacité de l'installation dans son ensemble. Par conséquent, l'installateur devra toujours s'efforcer d'éliminer totalement les boues et autres dépôts de l'installation. Dans tous les cas, un nettoyage minutieux de l'installation devra être effectué avec une pompe à désembouer et un nettoyant breveté, suivi d'un traitement préventif avec un additif contenant des inhibiteurs de corrosion et de tartre.

### Nature des impuretés.

Le type de dépôts rencontrés dans un système de chauffage central dépend de son âge. Les installations neuves peuvent contenir des particules de peinture, des copeaux de cuivre, du sable de fonderie, de la rouille, des graisses, des résidus de flux de brasage et même du ruban PTFE, tandis que les installations existantes ont tendance à être encrassées par la magnétite et le tartre.

- 1) **La peinture** : elle se caractérise par la présence de titane, présent dans le pigment de la peinture. Dans l'installation, les particules de peinture proviennent le plus souvent des coulures de peinture des radiateurs. Parfois, elle n'adhère pas complètement et des fragments sont susceptibles de se retrouver dans l'installation de chauffage et dans l'eau.
- 2) **Le cuivre** : le découpage des tuyaux en cuivre à la meule entraîne généralement la production de copeaux métalliques, qui resteront en partie dans les tuyauteries.
- 3) **Le sable de fonderie** : le sable de fonderie est utilisé dans la fabrication des chaudières en fonte. Il est extrêmement abrasif et de ce fait, il constitue une des principales sources de défaillance des circulateurs dans les installations où on peut en trouver.
- 4) **La rouille** : la rouille, issue de l'oxydation de fer ou d'acier, se forme lorsqu'une surface métallique, non protégée et mouillée, est exposée à l'air. Cela se produit très régulièrement lorsque les composants de l'installation sont soumis à des essais avec mise en eau puis stockés pendant de longues périodes.
- 5) **Les résidus de flux de brasage** : il constitue un problème lorsque le flux est appliqué en excès par l'installateur, car il peut rapidement devenir une pâte de meulage dans la pompe.
- 6) **Les graisses** : les huiles, utilisées pour l'usinage des radiateurs, agissent comme un liant pour les petites particules de débris présentes dans l'installation. Cet agglomérat de débris se dépose ensuite dans le circulateur, notamment dans les circuits alternant les périodes de chauffage et de refroidissement.
- 7) **Le ruban PTFE** : s'il est introduit accidentellement lors de l'installation, il peut entraîner une panne de la pompe.
- 8) **La magnétite** : elle se caractérise par une couleur marron-chocolat et se forme dans l'eau alcaline des installations de chauffage central ayant un faible niveau d'oxygène. Quand le niveau d'oxygène dans l'installation augmente, l'hydroxyde de fer (plus connu sous le terme de rouille) se forme et dissout au fur et à mesure le métal.
- 9) **Le tartre** : il constitue un véritable fléau dans les zones d'eau dure. Il se forme par l'action de chauffage de l'eau. Il affecte en premier lieu l'échangeur, dont il recouvre au fil du temps la surface. Lorsque cette couche est refroidie et réchauffée de façon répétée, elle se fissure et les éclats sont projetés dans l'installation et, par conséquent, dans la pompe.
- 10) **Traitement silicones internes à certains tubes en PE** : fine couche hydrophobe qui peut se détacher progressivement en fines lamelles blanches et créer des obstructions.

# Sentinel

## Problèmes de circulateur

1-24

### Action préventive.

L'installation doit tout d'abord être rincée avec de l'eau froide pour enlever les débris. Pour de meilleurs résultats, l'eau doit être évacuée rapidement, de préférence par un robinet de vidange. Ensuite, il est indispensable de procéder au nettoyage de l'installation avec un nettoyant Sentinel adapté en association avec une pompe à désembouer telle que la Sentinel JetFlush.

Pour les installations neuves, Sentinel X300 est le nettoyant qui convient : il dissout les matières organiques telles que les graisses et résidus de flux de brasage qui peuvent former une pâte abrasive ou un dépôt dans la pompe, et il met en suspension les particules de débris.

Dans les installations existantes, il est conseillé d'utiliser des nettoyants capables de pénétrer les couches sédimentées de boues. Ces boues s'accumulent souvent dans la partie basse des radiateurs. Le produit recommandé est le nettoyant surpuissant Sentinel X800 Jetflo, non acide et non corrosif. Ce produit désincruste les particules de débris, les désintègre et les met en suspension afin qu'elles ne puissent pas provoquer de blocages. Pour les dépôts de boues recalcitrants et fortement incrustés, Sentinel recommande d'utiliser Sentinel Deposit Remove.

Enfin, après le nettoyage, le traitement de l'installation « propre » avec un produit contenant à la fois des inhibiteurs de corrosion et de tartre comme le Sentinel X100 assurera une protection totale et inégalée contre tous les types d'impuretés.

### Conclusion.

Le coût supplémentaire du traitement de l'installation, selon qu'il intègre l'ajout d'un inhibiteur ou uniquement le nettoyage, se justifie à long terme car il garantit la pérennité de l'installation et des équipements ainsi qu'un fonctionnement optimal. Mais plus important, à court terme, il élimine entièrement les pannes à répétition des pompes.