

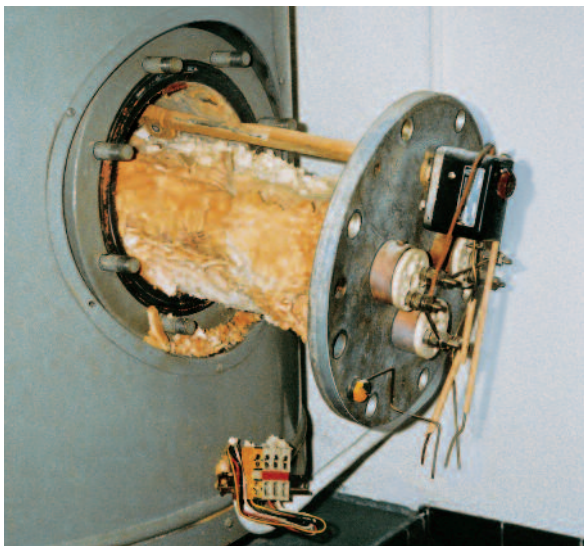
# Problèmes calcaires



***Protégez vos installations...  
...avant qu'il ne soit trop tard!***



**MEDIAGON®**  
Made in Switzerland +



Le calcaire s'oppose au transfert de l'énergie. Le temps de chauffage est de ce fait prolongé. L'efficacité de la chaudière diminue donc progressivement. Une incrustation calcaire d'une épaisseur de 3mm induit une consommation d'énergie supplémentaire de 15%.



## Le Problème

Suivant la position de l'équilibre entre la formation d'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) et celle de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), l'eau a plus ou moins tendance à précipiter du calcaire. Cette précipitation est favorisée par l'élévation de la température.

La formation d'une croûte de  $\text{CaCO}_3$  dure apparaît sur des surfaces solides préexistantes, qui favorisent une expansion de la couche de précipité (croissance hétérogène).

En l'absence de surfaces solides, le  $\text{CaCO}_3$  reste en solution sursaturée, dans une solution homogène, jusqu'à un taux de sur-saturation de 10.

Si des dépôts calcaires résistants se forment dans les canalisations d'eau, des problèmes surgiront inévitablement. Les incrustations dures sur les résistances de chauffage ont un effet isolant et empêchent, de ce fait, le transfert optimal de chaleur. La consommation en énergie peut en être augmentée jusqu'à 30%. Par ailleurs, la surchauffe des résistances implique leur remplacement plus fréquent. En plus de ces coûts supplémentaires, la sécurité opérationnelle de l'installation n'est plus garantie.

D'autre part, les dépôts calcaires présents dans les conduites réduisent le débit d'eau. Cela est particulièrement fâcheux en ce qui concerne installations de refroidissement où ce déficit en eau, en réduisant la capacité de dissipation de chaleur, induit là aussi une surchauffe dommageable.

# La solution physique

Le fonctionnement des appareils Mediagon se fonde sur le fait que toute charge électrique en mouvement dans un champ électromagnétique est soumise à la force de Lorentz. Cette force ( $\vec{F}$ ) s'exerce sur la charge ( $q$ ) perpendiculairement au plan formé par le champ électromagnétique ( $\vec{B}$ ) et la direction de la vitesse initiale ( $\vec{v}$ ) de la charge.

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Il en résulte une déviation de la trajectoire de la particule chargée. Suivant que la particule porte une charge positive ou négative, la force  $\vec{F}$  s'exercera dans une direction opposée.

Ainsi, si une particule chargée se dirige à une vitesse " $v$ " d'est en ouest et qu'elle traverse un champ magnétique " $B$ " dirigé verticalement vers le bas, elle subira une force " $F$ " orientée vers le nord si la charge est positive et vers le sud si elle est négative. La force  $\vec{F}$  est proportionnelle à l'intensité de la charge, de la vitesse et du champ.

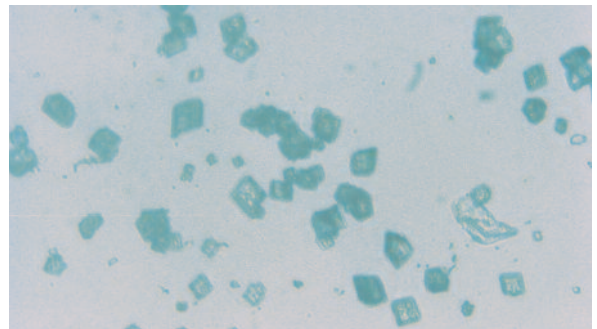
Les ions dissous dans l'eau sont également soumis à la force de Lorentz et, de ce fait, la déviation subie par les cations (ions +) sera opposée à celle subie par les anions (ions -).

L'action particulière de Mediagon consiste à ne pas séparer radicalement les cations (en l'occurrence  $\text{Ca}^{2+}$ ) des anions (en l'occurrence  $\text{CO}_3^{2-}$ ), mais de les maintenir dans une multitude de champs très fins et de les concentrer localement afin de permettre l'apparition spontanée de  $\text{CaCO}_3$  en solution homogène sans qu'interviennent des germes extérieurs comme, par exemple, des surfaces solides (parois des tuyaux). Ces agrégats locaux sont maintenus en suspension sous une forme de type colloïde et/ou simplement sous forme dispersée.

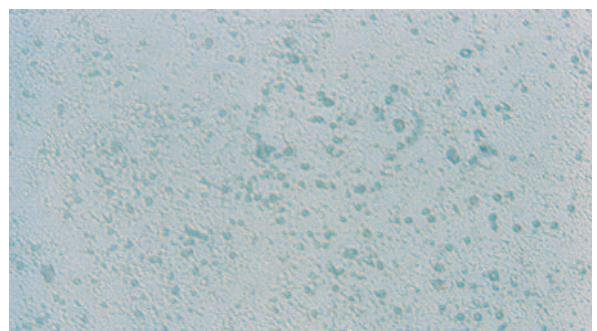
De cette façon, ces agrégats se trouvent en compétition avec les surfaces solides, comme les parois des tuyaux, et protègent ceux-ci d'une croissance hétérogène de  $\text{CaCO}_3$  grâce à l'étendue de leurs surfaces et à leur très faible distance de diffusion.



Mediagon s'oppose à la formation de nouveaux dépôts calcaires. La très fine distribution des champs magnétiques empêche la précipitation des ions sur la conduite.



Formations cristallines non traitées physiquement sur un verre nettoyé avec de l'acide fluorhydrique. Agrandissement 1000x. De tels cristaux sont à l'origine des dépôts durs.



Formations cristallines traitées par l'appareil Mediagon sur un verre nettoyé avec de l'acide fluorhydrique. Agrandissement 1000x. De tels cristaux sont pour la plupart emportés par le flux d'eau.

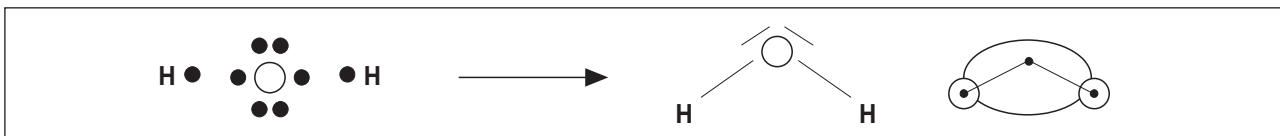


# Principes fondamentaux de la chimie de l'eau

## 1. L'eau

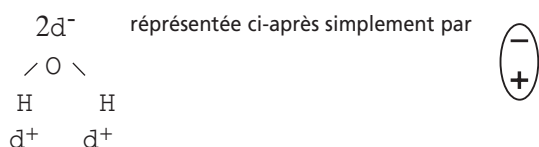
L'eau est un composé moléculaire formé à partir des éléments chimiques oxygène et hydrogène. Sa formule est  $H_2O$ , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau est formée d'un atome d'oxygène lié à deux atomes

d'hydrogène. La molécule d'eau présente une structure spatiale coudée résultant de la répulsion électrostatique des paires d'électrons présentes autour des atomes.

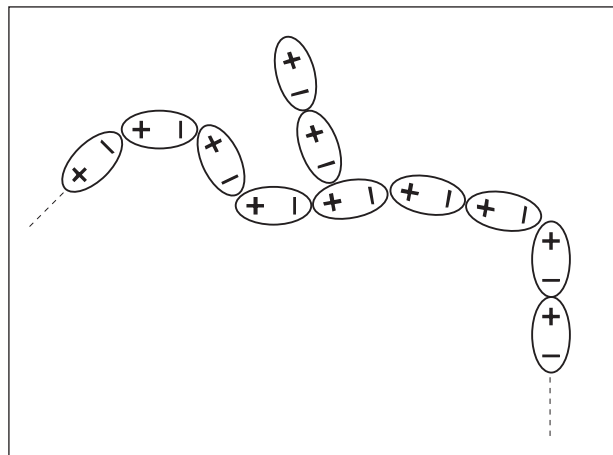


### Quelques notions de base

1. Les électrons sont des particules élémentaires porteuses d'une charge électrique négative et de masse insignifiante.
2. Les électrons gravitent à très grande vitesse autour du noyau de l'atome; ce dernier est formé d'autres particules élémentaires qui constituent son noyau, à savoir des neutrons (électriquement neutres) et des protons (porteurs d'une charge électrique positive). Protons et neutrons ont chacun une masse approximative de 1 uma (unité de masse atomique), soit environ  $1,66 \cdot 10^{-24}$  g. Toute la masse de l'atome est donc concentrée dans le noyau qui pourtant ne représente qu'une infime partie du volume de celui-là.
3. Comme les atomes sont électriquement neutres, on comprendra que le nombre d'électrons d'un atome donné est obligatoirement égal au nombre de ses protons.
4. Lorsque des atomes se lient entre eux (comme les deux H sont liés à O dans  $H_2O$ ), ils le font au moyen de leurs électrons les plus éloignés du noyau (électrons de valence).
5. Dans tous les corps chimiques, les électrons sont toujours présents par paires.
6. Pour des raisons de stabilité, les atomes cherchent toujours à atteindre une structure électronique en octet, c'est-à-dire à être entourés (dans leur périphérie) par 8 électrons (par 2 seulement pour les atomes d'hydrogène et d'hélium qui font exception). C'est pour cette raison que les corps chimiques sont formés d'atomes liés entre eux.
7. Cette structure en octet est celle des gaz rares (hélium, néon, etc.). Elle est garante de leur stabilité; c'est pourquoi les atomes des gaz rares n'ont pas besoin de se lier à d'autres atomes.
8. Comme le noyau de l'atome d'oxygène comporte huit protons alors que celui d'hydrogène n'en a qu'un, la paire d'électrons qui lie H à O dans la molécule d'eau est attirée plus fortement par O que par H. Il en résulte une légère polarisation des liaisons. De ce fait, deux charges électriques partielles ( $\delta^-$ ) apparaissent sur O alors qu'une charge électrique partielle ( $\delta^+$ ) apparaît sur chaque H.



9. Ainsi, la molécule d'eau présente une polarisation, c'est un dipôle permanent. Les molécules d'eau peuvent donc se lier entre elles par attraction électrostatique. C'est cette polarisation qui est responsable de la grande cohésion des molécules d'eau (à l'état solide ou liquide) et de sa température d'ébullition très élevée pour de si petites molécules. Les liaisons, de nature électrostatique, qui apparaissent entre les molécules d'eau se nomment "ponts-hydrogène".

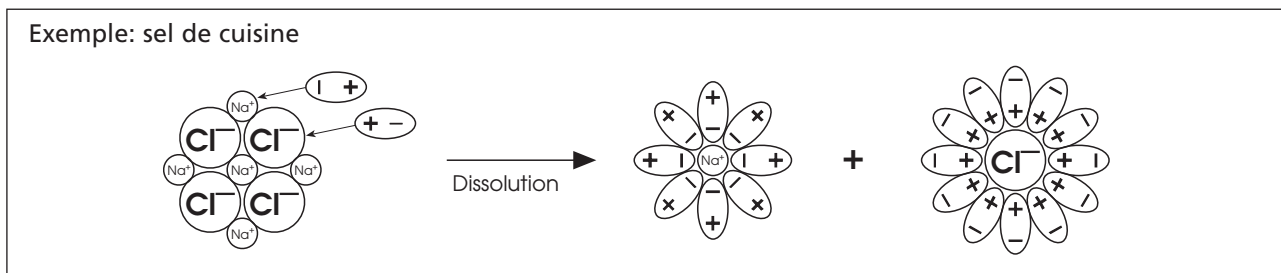


10. La polarisation des molécules d'eau permet à celles-ci de se lier, toujours par attraction électrostatique, également à d'autres particules chargées, aux ions en particulier. La liaison, de nature électrostatique, qui lie les ions aux molécules d'eau s'appelle "liaison ion-dipôle". Dès lors, lorsqu'un composé ionique solide ( $s$ ) est dissous dans l'eau, les

anions et les cations constituant ce composé se dissocient et s'hydratent (aq), c'est-à-dire qu'ils se retrouvent entourés par des molécules d'eau qui, désormais, les séparent les uns des autres.



Si par exemple un sel se dissout, la chose suivante arrive:



Les molécules d'eau entourent le cation (ion à charge positive) et l'anion (un ion à charge négative) et les rendent invisibles à l'oeil nu (ils ne sont jamais visibles).

## 2. Le calcaire et ses équilibres dans l'eau

Le calcaire est le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). C'est un composé ionique (un sel en l'occurrence, tout comme  $\text{NaCl}$ ) composé d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et d'ions  $\text{CO}_3^{2-}$  (carbonate). Le calcaire n'est qu'extrêmement peu soluble dans l'eau (environ 15mg par litre dans l'eau distillée à  $25^\circ\text{C}$ ). Dès lors, on peut se demander comment l'eau peut-elle parfois être si calcaire!

### 3. Précipitation calcaire

L'eau, de pluie en particulier, contient une faible quantité de  $\text{CO}_2$  dissous qui, réagissant avec les molécules d'eau forme de l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ):



Cet acide carbonique, présent dans l'eau de ruissellement, réagit avec le calcaire formant les roches et le transforme en hydrogénocarbonate de calcium ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ):



L'hydrogénocarbonate de calcium, contrairement au carbonate de calcium, est soluble dans l'eau. Et c'est sous cette forme, soluble, que le calcaire parvient dans les canalisations.

Les équations ci-dessus sont très simplifiées, elles schématisent plusieurs réactions intimement liées entre elles. Les doubles flèches indiquent que les transformations sont réversibles.

Lorsque l'eau est chauffée, la solubilité du  $\text{CO}_2$  diminue (la solubilité des gaz dans l'eau est inversement proportionnelle à la température de l'eau). De ce fait, la réaction de droite à gauche de (2) est favorisée et il se forme du  $\text{CaCO}_3$  qui aura une fâcheuse tendance à précipiter.

La formation des stalactites, des stalagmites et de toutes autres formations typiques des reliefs karstiques procède de la même manière.

Pour que celui-ci précipite en couches dures il faut la présence de germes de cristallisation qui permettront la croissance de la strate cristalline par dépôts d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ . Ces germes sont soit de petits cristaux de carbonate de calcium déjà présents, soit d'autres particules solides.

La formation de germes de cristallisation n'a lieu qu'à un degré de sursaturation de 10 à 20, ce qui signifie que dans des conditions normales, le dépôt de calcaire apparaît d'abord sur les surfaces d'un récipient ou d'une conduite. Des recherches ont montré une relation linéaire entre la rapidité de formation de dépôts calcaires et la concentration en germes de cristallisation.

En ajoutant à l'eau des sels phosphatés solubles on peut empêcher l'activité des germes de cristallisation et réduire ainsi les dépôts calcaires. Les ions phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ont la particularité de piéger les ions  $\text{Ca}^{2+}$  avant qu'ils ne précipitent avec les ions  $\text{CO}_3^{2-}$ . Toutefois, ces phosphates constituent un agent important de pollution secondaire des plans d'eau (lacs en particulier) dans lesquels ils engendrent un phénomène - très préjudiciable à long terme - appelé eutrophication. C'est pourquoi il est désormais interdit d'ajouter des phosphates aux produits de lessive.