



Outre les adoucisseurs d'eau traditionnels appréciés pour leur capacité à réduire la formation de dépôts calcaires, il existe aujourd'hui d'autres techniques revendiquant cette aptitude. Un test mené en laboratoire permet dès à présent d'évaluer leur capacité à limiter la formation de tartre dans une installation de production d'eau chaude sanitaire.

Les traitements antitartre : évaluation de leurs performances

L'eau en Belgique : plus dure que douce

La plupart des eaux de distribution belges sont moyennement dures à dures. Cela signifie qu'elles contiennent une certaine quantité d'ions calcium et, dans une moindre mesure, d'ions magnésium. Cette quantité, ou concentration, appelée dureté totale de l'eau ou titre hydrotimétrique (TH) s'exprime en degrés français (°f ou °fH). Un degré français correspond à 0,1 millimole de calcium et de magnésium par litre d'eau (mmol/L). Le tableau A ci-dessous indique la correspondance en milli-

grammes par litre (mg/L) de calcium et de magnésium et le tableau B propose un exemple de calcul de la dureté totale d'une eau de distribution.

On considère généralement qu'une eau est dure à partir de 30 °f (voir tableau C).

La dureté moyenne des eaux de distribution sur l'ensemble de la Belgique est illustrée par les figures 1 et 2 (voir page suivante). A l'exception du nord de la Flandre et du sud-est de la Belgique, la dureté de l'eau distribuée en Belgique est bien souvent comprise entre 30 et 45 °f.

Une eau de distribution dure n'est pas mauvaise pour la santé, mais elle présente quelques inconvénients. Ainsi, elle laisse des dépôts calcaires (tartre) qui couvrent les surfaces des installations sanitaires (conduites, cuves, robinetteries, ...), et ce particulièrement lorsque l'eau est chauffée. Certes, ces dépôts sont inesthétiques, mais ils ont surtout des conséquences techniques se traduisant notamment par la réduction des débits d'eau, un embouage, le grippage d'accessoires sanitaires ainsi que des pertes de rendement calorifique des éléments chauffants. De ce fait, on comprend

A | Correspondance entre degrés français et quantité d'ions calcium et magnésium.

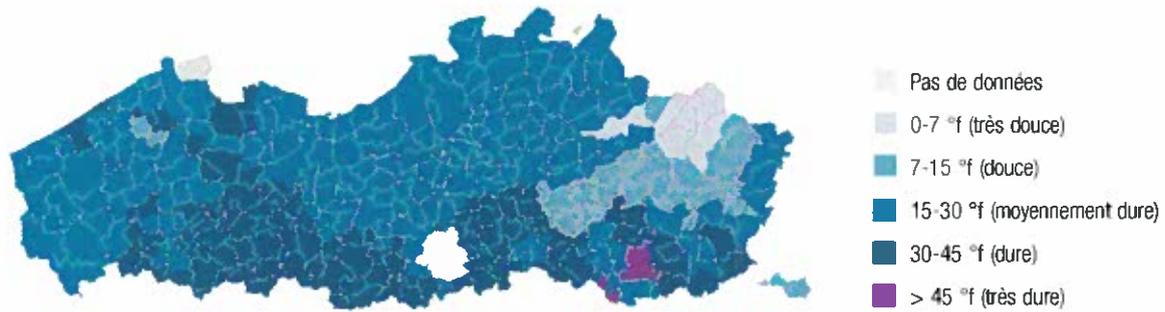
Degrés français	Ions	
	Calcium (Ca ⁺⁺)	Magnésium (Mg ⁺⁺)
1 °f = 0,1 mmol/L	4 mg/L	2,4 mg/L

B | Exemple de calcul de la dureté de l'eau.

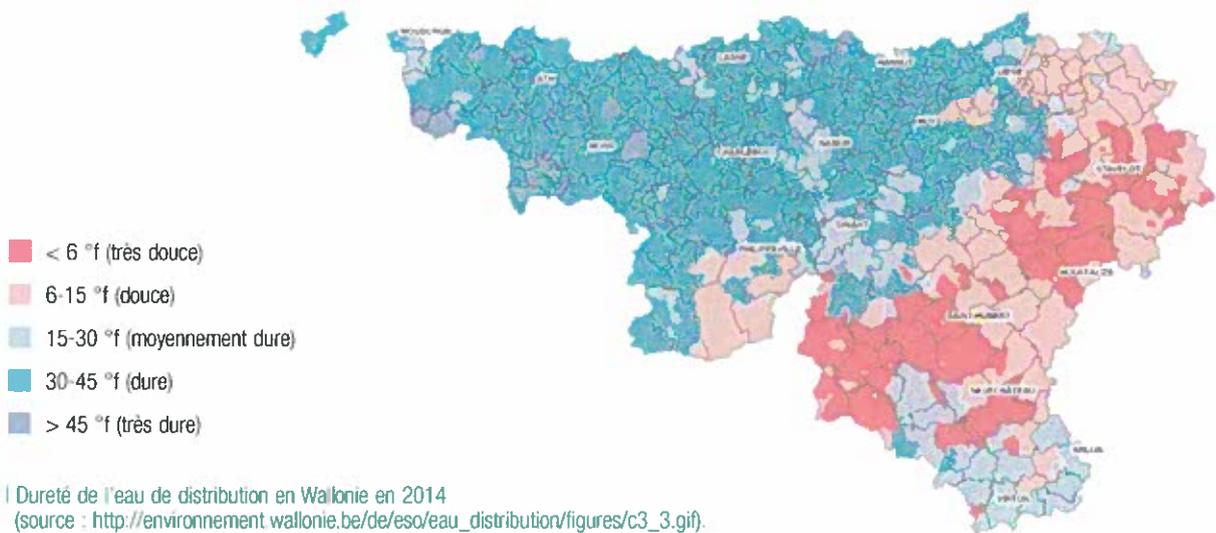
Ions	Concentration massique	Concentration molaire	Total des concentrations molaires	Dureté totale de l'eau
Calcium (Ca ⁺⁺)	108,0 mg/L	2,7 mmol/L	2,7 mmol/L + 0,6 mmol/L = 3,3 mmol/L	33 °f
Magnésium (Mg ⁺⁺)	14,4 mg/L	0,6 mmol/L		

C | Plage de dureté de l'eau.

Dureté	0-7 °f	7-15 °f	15-30 °f	30-45 °f	> 45 °f
Eau	Très douce	Douce	Moyennement dure	Dure	Très dure



1 | Dureté de l'eau de distribution en Flandre en 2015 (source : <http://www.aquaflanders.be/mijn-waterhardheid.aspx>).



2 | Dureté de l'eau de distribution en Wallonie en 2014 (source : http://environnement.wallonie.be/de/eso/eau_distribution/figures/c3_3.gif).

que nombre de propriétaires solent à la recherche d'appareils capables de réduire la formation de dépôts calcaires.

L'adoucisseur traditionnel n'est plus tout seul

Si l'adoucisseur d'eau par échange ionique a longtemps été le seul à offrir une solution tangible au phénomène d'entartrage, il existe aujourd'hui une multitude d'appareils basés sur d'autres principes techniques. Les plus couramment rencontrés sur le marché sont les procédés magnétiques et électromagnétiques, les appareils à injection de CO₂ et ceux à anode de zinc. Ces appareils ainsi que l'adoucisseur traditionnel sont brièvement décrits dans les pages suivantes.

Vu que l'adoucisseur traditionnel échange les ions calcium et magnésium contre des ions sodium, sa capacité à réduire la formation de tartre s'évalue aisément par une mesure de la dureté de l'eau après traitement. Cette mesure peut être réalisée au moyen d'un kit composé de réactifs ou de bandelettes spécifiques ou en mesurant en laboratoire la concentration en ions calcium et magnésium. A l'inverse, les autres dispositifs cités ne modifient pas la dureté de l'eau. Aussi, ne disposant pas d'une méthode d'évaluation des performances pour ce type d'appareil antitartre, le CSTC n'a jamais formulé d'avis à l'égard de leur efficacité. Or, le nombre de demandes d'avis en ce sens ne fait que croître. Il s'est donc avéré indispensable pour le CSTC de disposer d'une méthode pertinente d'évaluation de leurs performances.

Un nouveau test d'évaluation des appareils antitartre

Dans le cadre de l'étude prénormative Evacode subsidiée par le SPFEconomie, le CSTC a mis au point en laboratoire une méthode permettant d'évaluer la capacité effective d'un appareil de traitement de l'eau à réduire la formation de dépôts calcaires dans une installation d'eau chaude sanitaire. Le principe d'évaluation basé sur la procédure allemande W 512 repose sur la comparaison entre les quantités de dépôts calcaires formés dans un chauffe-eau par une eau traitée au moyen d'un appareil antitartre et par une eau non traitée. Chaque eau est véhiculée simultanément dans deux systèmes individuels de circulation d'eau chaude, appelés respectivement poste A et poste B (voir schéma à la figure 3). L'eau de ville utilisée pour l'es-



Appareils à champ magnétique et à champ électromagnétique

L'appareil à champ magnétique est un manchon constitué d'un aimant permanent placé entre deux éléments de conduite et traversé par l'eau véhiculée dans l'installation. L'appareil à champ électromagnétique est quant à lui constitué d'une bobine de fil électrique qui entoure la conduite et qui est connectée au courant électrique.

Principe renseigné par les fabricants

Le principe de ces appareils est d'agir sur le processus de germination et de croissance des germes de carbonates de calcium. Ils auraient pour effet de provoquer une germination accélérée du CaCO_3 au sein de l'eau. La germination ainsi engendrée s'oppose à toute nouvelle germination. En effet, les ions calcium et les ions carbonates encore libres dans l'eau participent plus facilement à la croissance de ces germes qu'à la formation de nouveaux germes, laquelle nécessite plus d'énergie. On retrouve donc dans l'eau des particules d'un diamètre plus important et qui adhèrent moins bien aux parois des conduites ou des appareils de production d'eau chaude. Ces particules vont former des boues susceptibles de s'accumuler au fond des chauffe-eau.

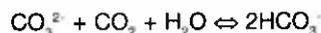
Il existe plusieurs théories pour expliquer le phénomène de germination accélérée provoqué par un champ magnétique ou électromagnétique. L'une d'elles serait que ce champ perturbe l'organisation des dipôles (molécules) d'eau placés autour des ions calcium et des ions carbonate dissous. Sans ce champ, ces dipôles forment une couronne autour des ions et les empêchent de s'agglomérer. La désorganisation des dipôles créée par le champ permet aux ions de fusionner en germes puis en microcristaux de carbonate de calcium. Les microcristaux ainsi formés restent en suspension dans l'eau et sont évacués par les écoulements. Ensuite, l'équilibre calcocarbonique de l'eau ayant été déplacé par la formation précoce de germes de carbonate de calcium, l'eau aura tendance à dissoudre ces nouveaux cristaux, mais aussi ceux déjà déposés sous forme de tartre, pour retrouver son équilibre.

Appareil à injection de CO_2

Cet appareil est constitué d'un dispositif d'injection automatique et réglée de gaz couplé à une bonbonne de CO_2 . Ce dispositif est inséré entre deux éléments de conduite.

Principe renseigné par les fabricants

L'injection de CO_2 dans l'eau agit sur l'équilibre calcocarbonique de celle-ci en déplaçant la réaction ci-après vers la formation d'hydrogénocarbonate de calcium (HCO_3^- également appelé bicarbonate de calcium) :



Les hydrogénocarbonates ne resteront stables dans l'eau que si la concentration en CO_2 est suffisante. Dans le cas contraire, il y aura formation de carbonate de calcium (CO_3^{2-}) qui, en présence de calcium, sera précipité sous forme de carbonate de calcium. L'injection de CO_2 , en agissant sur l'équilibre calcocarbonique de l'eau, empêche donc la formation de carbonate de calcium.



Appareil à anode de zinc

Cet appareil est constitué d'un manchon métallique comprenant une anode sacrificielle en zinc et un dispositif créant des turbulences (plaque perforée, système hélicoïdal).

Principe renseigné par les fabricants

Suite au passage de l'eau dans l'appareil et par un processus d'oxydation, des particules de zinc sont libérées par l'anode. La géométrie de l'appareil va créer des turbulences qui, par frottement, vont nettoyer l'anode et faciliter la libération des ions zinc. Ces ions zinc vont alors s'entourer d'ions carbonate et calcium. Il se produit, en somme, une germination de carbonates de calcium autour d'un noyau de zinc. De fait, la présence d'impuretés dans l'eau influence les processus de germination. Ensuite, comme pour les systèmes magnétiques et électromagnétiques, la croissance de ces germes sera préférée à la formation de nouveaux germes, qui nécessite plus d'énergie. On retrouve donc dans l'eau des particules plus grosses qui adhèrent moins bien aux parois des conduites ou des appareils de production d'eau chaude.

Progressivement, l'anode se consomme et devra, à terme, être remplacée.

Adoucisseur à résine échangeuse d'ions

L'adoucisseur est constitué d'un réservoir rempli de petites billes de résine chargée initialement d'ions sodium et d'un autre réservoir contenant une saumure chargée en ions sodium et chlore (NaCl).

Principe renseigné par les fabricants

Cet équipement permet un adoucissement de l'eau via un échange de ses ions Ca^{2+} et Mg^{2+} avec des ions Na^+ . Cette opération est appelée échange ionique ou permutation sodique. Elle est réalisée en faisant circuler l'eau à traiter sur la résine chargée en ions sodium. Cette opération se déroule jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'ions sodium sur la résine. Pour permettre à nouveau l'échange ionique, la résine doit être débarrassée de ses ions Ca^{2+} et Mg^{2+} et rechargée en ions Na^+ . Cette opération correspond à la régénération et fait intervenir la saumure à base de sel (NaCl) amenant des ions Na^+ et chassant les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} qui seront, dès lors, évacués à l'égout sous forme de CaCl_2 et MgCl_2 .

L'eau traitée par le principe d'échange ionique est riche en sodium, mais ne contient plus de calcium ni de magnésium. Elle aura une dureté proche de 0 °f. Or, selon la législation (*), l'eau cesse d'être potable si elle est adoucie en dessous de 15 °f. L'eau doit donc être mélangée avec une part d'eau non traitée. Ce réglage est généralement réalisé au moyen d'une vanne de type *by-pass*.

(* Arrêté du Gouvernement wallon du 15 janvier 2004 relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine. M.B. 10.02.2004

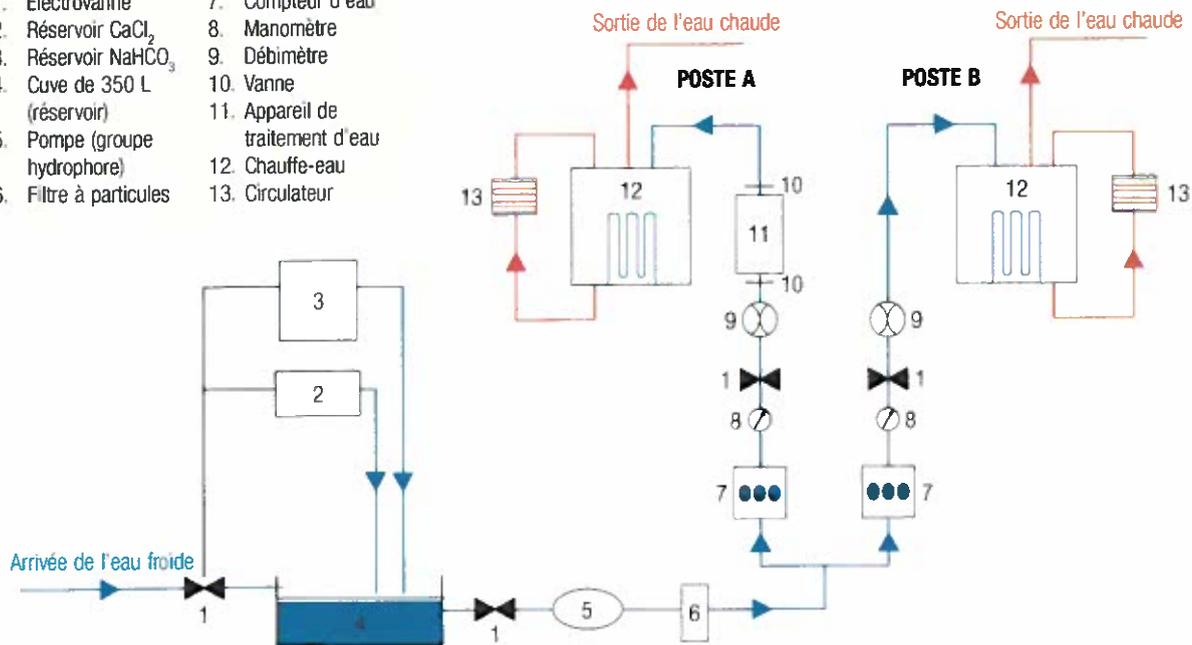
Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 24 janvier 2002 relatif à la qualité de l'eau distribuée par réseau. M.B. 21.02.2002.

Arrêté du Gouvernement flamand du 13 décembre 2002 portant réglementation relative à la qualité et à la fourniture des eaux destinées à la consommation humaine. M.B. 28.01.2003.



Procédure d'essai sur deux postes individuels

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Electrovanne | 7. Compteur d'eau |
| 2. Réservoir CaCl_2 | 8. Manomètre |
| 3. Réservoir NaHCO_3 | 9. Débitmètre |
| 4. Cuve de 350 L (réservoir) | 10. Vanne |
| 5. Pompe (groupe hydrophore) | 11. Appareil de traitement d'eau |
| 6. Filtre à particules | 12. Chauffe-eau |
| | 13. Circulateur |



saï est ici enrichie, de façon contrôlée, en bicarbonate de sodium et en chlorure de calcium, afin de rendre l'eau plus entartrante. Elle est ensuite distribuée de façon égale vers les postes A et B où elle est chauffée à 60 °C.

Les conditions expérimentales appliquées au cours de l'essai sont précisées dans l'encadré sous le schéma.

Après 21 jours de production d'eau chaude, on récupère les dépôts présents sur la paroi, le fond et la résistance électrique du chauffe-eau. Les masses totales de dépôts obtenues pour les deux postes d'essai (M_A et M_B) sont comparées. Le rapport ci-après, appelé facteur E, peut être considéré comme l'expression de la capacité effective d'un appareil antitartre à réduire la formation de dépôts calcaires dans les conditions d'essai susmentionnées :

$$\text{facteur E} = \frac{(M_B - M_A)}{M_B} \cdot 100$$

Ainsi, pour un appareil antitartre donné, si les masses des dépôts calcaires prélevés dans le chauffe-eau du poste A (eau traitée), soit M_A , et du poste B (eau

Conditions expérimentales

- Température de l'eau : ± 60 °C
- Consommation : 130 L/jour (par prises régulières de 5 et 10 litres pendant 16 heures, avec une période de stagnation de 8 heures)
- Durée de l'essai : 21 jours
- Consommation totale : $\pm 2,7$ m³

non traitée), soit M_B , sont respectivement de 20 g et 100 g, l'appareil testé aura une capacité effective de 80 %. Cela signifie qu'il permet de réduire de 80 % la formation de dépôts calcaires dans les conditions de l'essai réalisé. Plus le facteur E d'un appareil est élevé, plus l'appareil empêche la formation de dépôts calcaires au sein de l'installation.

Premiers essais et premiers résultats

Actuellement, un modèle unique de chacun des appareils précités a été testé selon ce procédé au laboratoire 'Chimie du bâtiment' du CSTC.

Dans le cas de l'adoucisseur à échange ionique réglé pour distribuer une eau à 15 °f, la capacité effective s'élève à environ 90 % dans les conditions d'essai mentionnées ci-avant, alors que celle des autres appareils antitartre testés est inférieure, voire négligeable dans certains cas. Néanmoins, parmi les appareils testés, l'appareil à injection de CO_2 s'avère particulièrement performant, offrant un résultat assez proche de l'adoucisseur réglé à 15 °f.

D'autres modèles seront testés prochainement, afin d'émettre un avis général quant à l'efficacité des différents procédés antitartre proposés sur le marché du traitement de l'eau. De même, d'autres conditions d'essai seront envisagées,



notamment pour déterminer l'influence de la nature des conduites d'eau et de leur longueur.

Conclusion

Auparavant, le CSTC n'était pas en mesure d'émettre un avis quant à l'ef-

ficacité des appareils antitartre agissant autrement que par élimination du calcium et du magnésium présents dans l'eau. Aujourd'hui, le Centre dispose d'une méthode pertinente d'évaluation de leur capacité à réduire la formation de dépôts calcaires dans les installations d'eau chaude sanitaire. Dès lors, tout fabricant, entrepreneur ou instal-

lateur peut désormais demander d'évaluer la capacité effective d'un appareil antitartre. Il lui sera alors transmis une information claire sur les performances de l'appareil testé qu'il pourra communiquer à ses clients. |

*P. Steenhoudt, ir., chef du laboratoire
Chimie du bâtiment, CSTC*