



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

L`eau La dureté de l`eau L`a doucissement de l`eau Les essais

Par
Dr. Rudolf Herbers

(C) Hb. PROFATEC AG, Vaduz (FL)
Tout emploi, et en particulier toute reproduction meme par extraits, exige
l`autorisation écrite de la PROFATEC AG.

Tel. +41 (0)44-939 11 13
Fax +41 (0)44-939 11 66

www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

L'EAU

L'eau est l'un des éléments les plus importants pour être humains, animaux et végétaux. Sans elle, pas de vie; mais on ne peut pas bien vivre avec n'importe quelle eau. Au point de vue chimique, l'eau est un composé de deux éléments, l'hydrogène (H) et l'oxygène (O); sa formule est "H₂O", la plus connue de toutes. L'eau est un excellent solvant pour d'innombrables substances. Dans le cycle

Mer – nuages – pluie - eaux souterraines - cours d'eau - mer

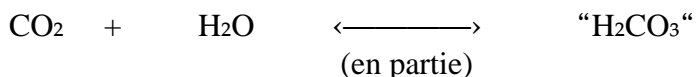
elle s'enrichit des substances les plus diverses, certaines physiologiquement nuisibles, et d'autres, contre, amplement bienvenues.

Si on considère au début l'eau évaporée, elle est très pure. Lorsqu'elle se condense en gouttes, il s'y dissout des gaz par trop célèbres, l'anhydride sulfureux (SO₂) et les oxydes d'azote (NO_x), qui donnent lieu aux PLUIES ACIDES.

En outre, il s'y dissout de l'anhydride carbonique (CO₂) (v. ci-dessous). D'autres substances encore viennent s'ajouter à l'eau tout au long de son infiltration dans le terrain; et enfin, les matériaux les plus divers y. sont introduits par les eaux résiduelles. A moins d'être opportunément dégradés, ils se déposeront dans les bassins fluviaux ou parviendront dans la mer, ou ils menaceront flore et faune.

Le degré de pureté de l'eau dépend de l'emploi auquel on la destine. Telle qu'elle se présente dans nos fleuves, elle ne peut être utilisée que pour l'industrie (par ex., à des fins de refroidissement), auquel cas elle pourra également contenir des substances physiologiquement nocives. Une pureté beaucoup plus élevée est exigée pour l'eau de conduite, car elle nous sert pour la boisson et pour notre toilette quotidienne. Alors que l'eau potable doit surtout être exempte de substances nocives pour la santé (par ex. des solvants organiques), l'eau de lavage doit surtout être pauvre en sels dissous (par ex., chaux). Enfin, les exigences de pureté les plus strictes concernent les laboratoires, où on travaille avec de l'eau distillée et donc exempte de substances étrangères. Pour cette raison, elle ne convient pas pour la boisson.

Comme il vient d'être dit, l'eau de conduite normale contient toute une série de substances dissoutes. Voyons maintenant la chose plus en détail. Dans l'eau de pluie, par exemple, il se dissout de l'anhydride carbonique (CO₂), lequel forme en partie de l'acide carbonique:



Tel. +41 (0)44-939 11 13
Fax +41 (0)44-939 11 66

www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

Par contre, les chlorures et sulfates, qui contribuent eux aussi à la dureté de l'eau, ne précipitent pas. Aussi la dureté totale de l'eau se distingue-t-elle de la dureté permanente de celle-ci, causée par les bicarbonates. L'assertion selon laquelle l'ébullition permet d'adoucir l'eau, se démontre rapidement erronée si on observe ou demeure la chaux qui s'est précipitée: sous forme de tartre, essentiellement sur les cartouches chauffantes des chaudières, et dans les machines à café, les lave-vaisselle et les machines à laver.

Outre à consommer jusqu'à 50% d'énergie en plus, les appareils ainsi entartrés ne tardent pas à subir des dégats irréparables, ce qui entraîne des frais supplémentaires élevés. La dureté permanente résiduelle liant en outre une partie considérable des détergents, seulement une fraction de ceux-ci servira effectivement au lavage; en outre, il faudra ajouter des assouplissants, des agents mouillants et des produits spéciaux liant la chaux (tels que le Calgon).

Ces produits chimiques, qui arrivent dans les eaux résiduelles et ne se dégradent en partie que difficilement, sont nocifs pour le milieu et pour le portefeuille de l'utilisateur.

Tel. +41 (0)44-939 11 13
Fax +41 (0)44-939 11 66

www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

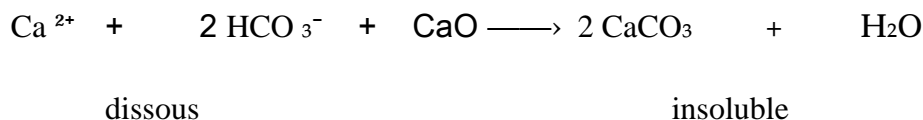
L'ADOUCCISSEMENT DE L'EAU

Pour les raisons à peine exposées, voilà bien longtemps qu'on réfléchit à des méthodes d'adoucissement, dont certaines, le plus souvent basées sur des procédés chimiques, sont utilisées depuis longtemps.

1. Procédés chimiques visant à éliminer la dureté carbonatée (dureté temporaire)

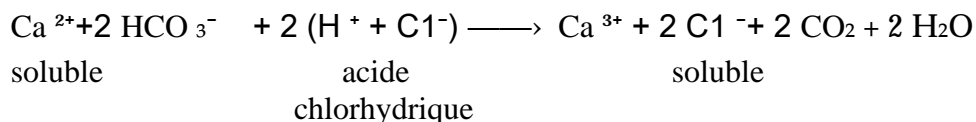
- 1.1 Procédé à la chaux

Par addition de chaux vive, on transforme les bicarbonates dissous en carbonates insolubles:



- 1.2 Procédé de l'inoculation

Par addition d'une quantité exactement calculée d'acide (par ex., de l'acide chlorhydrique), on décompose le bicarbonate soluble en anhydride carbonique et eau:

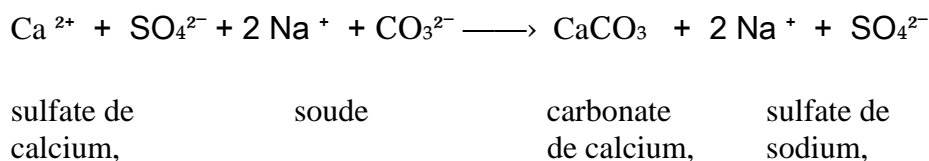


Le chlorure de calcium soluble (CaCl_2) ne se précipitant pas sous l'effet de la chaleur, il ne se déposera pas sur les cartouches chauffantes. La quote-part de la dureté permanente devient ainsi plus élevée.

2. Procédés chimiques visant à éliminer la dureté totale

- 2.1 Procédé à la chaux et à la soude

On transforme d'abord la quote-part carbonatée comme indiqué sous 1.1, puis on fait précipiter la dureté résiduelle sous forme de carbonate insoluble par addition de soude (Na_2CO_3):



Tel. +41 (0)44-939 11 13
Fax +41 (0)44-939 11 66



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

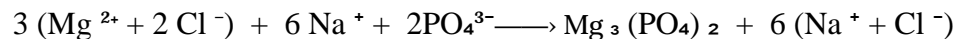
solubles

insoluble

soluble

2.2 Procédé au phosphate trisodique

L'addition de phosphate trisodique (Na_3PO_4), produit relativement coûteux, précipite sous forme de phosphates difficilement solubles les constituants de la dureté que sont le calcium et le magnésium:



soluble

soluble

insoluble

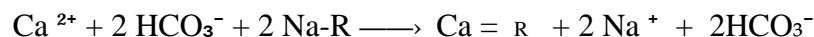
se de cuisine
soluble

Ce procédé permet d'adoucir l'eau jusqu'à 0,1-0,3 °d. Les surcroits de phosphates contenus dans les détergers causaient dans le passé l'eutrophisation des eaux, source de graves problèmes écologiques; aussi commercialise-t-on aujourd'hui de plus en plus de produits de lavage exempts de phosphates et contenant d'autres produits (cependant moins efficaces) liant la chaux.

2.3 Procédé de l'échange d'ions

Ce procédé donne lieu à une désalinisation soit partielle, soit totale. Aussi existe-t-il aujourd'hui des installations de ce genre que l'on peut monter dans les systèmes d'alimentation domestiques en eau. Lors de leur fonctionnement, les constituants de la dureté (ions calcium et magnésium) par des ions sodium sont remplacés dans l'échangeur d'ions (Les échangeurs d'ions sont souvent constitués d'une matière plastique (R) capable de former des ions à sa surface.)

R



En fait, le bicarbonate de sodium (NaHCO_3 , soluble) se transforme lui aussi en carbonate sous l'effet de la chaleur mais, contrairement au carbonate de calcium, celui de sodium (soude) est soluble. L'eau plus douce obtenue au moyen de ce procédé n'est cependant utilisable que de manière limitée, en raison de son goût fade, chose guère étonnante du fait de la soude qui s'est formée. En outre, l'enrichissement en ions sodium n'est guère à conseiller pour les cardiaques et les hypertendus.

Un autre inconvénient est représenté par la nécessité de régénérer les échangeurs d'ions épuisés au moyen d'un sel approprié (gros sel de cuisine), ce qui crée des surcharges répétées en sel des eaux résiduelles.

Tel. +41 (0)44-939 11 13

Fax +41 (0)44-939 11 66



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

ANTICARO, APPAREIL ANTICALCAIRE ET ANTIROUILLE

ADOUCCISSEMENT DE L'EAU

Procédés physico-chimiques et purement physiques-d'adoucissement

1. Distillation

La distillation entraîne une désalinisation complète de l'eau, mais au prix d'énormes dépenses d'énergie et de travail.

2. Séparation par congélation

Lorsqu'on filtre de l'eau partiellement congelée puis qu'on fait fondre la fraction congelée, l'eau de fusion contient notablement moins de sels que l'eau originaire.

3. Procédés électriques

L'application d'une tension continue définie avec précision provoque la précipitation, sous forme de boues calcaires, des substances causant la dureté.

4. Procédés magnétiques

Les substances causant la dureté précipitent lorsque les lignes de force magnétiques sont perpendiculaires à la direction d'écoulement.

A ce point, nous voici arrivés à

l'appareil anticalcaire ANTICARO

L'alliage spécial de cet appareil agit magnétiquement et provoque la précipitation des substances causant la dureté en partie sous forme de boues calcaires. Il s'en suit que les produits dissous ne précipitent pas en premier lieu sous l'effet de la chaleur. Mais l'ANTICARO élimine également le reste des sels de calcium et de magnésium dissous.

Tandis que les matériaux déposés par l'eau non traitée prennent la forme de résidus durs (tartre dur), l'eau traitée à l'ANTICARO laisse des dépôts calcaires de consistance sensiblement plus molle et qu'il sera facile d'enlever au moyen d'un linge si la surface est lisse, d'une brosse dans le cas contraire. Tel est également le cas des boues calcaires à peine mentionnées même lorsque, du fait de leurs faibles quantités, elles ne sont pas visibles à l'oeil nu. Il n'y a donc pas détartrage, mais transformation de la chaux. ANTICARO est un appareil anticalcaire et non détartrant. Comment se déroule donc cette transformation?

Tel. +41 (0)44-939 11 13

Fax +41 (0)44-939 11 66

www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

Du fait de la polarisation, la chaux qui se dépose présente un réseau cristallin de structure différente. Dans la chaux précipitée (carbonate de calcium), celui-ci est normalement rhomboédrique (v. schéma 1); dans ce cas, on parle de CALCITE ou de spath d'Islande. Le carbonate de calcium plus instable et donc moins fréquent dans la nature est appelé ARAGONITE et présente une structure cristalline à couches.

Or, la polarisation (par champ électrique ou magnétique) provoque la précipitation des sels dans des structures à réseau à couches, chacune de celles-ci étant constituée soit d'ions calcium (Ca^{++}), soit d'ions carbonate (CO_3^{--}). Ainsi chaque couche d'ions calcium est-elle intercalée entre deux couches d'ions carbonate, a densité plus faible (v. schéma 2). Tandis que les couches d'ions calcium et d'ions carbonate sont très rapprochées, les couches directement superposées d'ions carbonate sont plus distantes, ce qui donne lieu à des points destinés à la rupture. En fait, les réseaux à couches sont plus instables que les structures rhomboédriques, car les forces d'attraction sont plus faibles dans le sens perpendiculaire aux couches qu'au sein des couches elles-mêmes. Les forces de liaison fortes s'exercent selon des structures symétriques, car les distances entre ions sont également brèves et les ions positifs et négatifs y sont insérés tour à tour.

Voilà une des raisons pour lesquelles le résidu calcaire laissé par l'eau traitée à l'ANTICARO se laisse enlever très aisément, quasi couche par couche, alors que l'eau non traitée laisse du tartre traité dur et rebelle.

Mais l'ANTICARO protège non seulement contre le calcaire, mais aussi contre la rouille. Les recherches ont en effet montré que l'eau traitée contient moins d'oxygène en solution. Dans les systèmes sujets à corrosion, il se forme, du fait de ceci, des ions ferreux (Fe^{++}). Dans l'eau non traitée, on trouve à la fois des ions ferreux et des ions ferriques (Fe^{3+}), dont la présence simultanée donne lieu à un système fortement oxydant, dont le potentiel standard de +0,77 V suffit non seulement à provoquer la rouille rapide des tubes de fer, mais aussi à attaquer les tubes de cuivre. L'ANTICARO réduit notablement le pouvoir corrosif de l'eau. En outre, les ions ferreux donnent aisément lieu à du carbonate ferreux (FeCO_3), qui favorise la formation de boues calcaires du fait de la similarité de sa structure cristalline avec celle du carbonate de calcium.

L'APPAREIL ANTICALCAIRE ET ANTIROUILLE ANTICARO N'EST PAS UN AIMANT DE FER, SUSCEPTIBLE DE SE FATIGUER, NI UN TLECTRO-AIMANT CONSOMMANT CONSTAMMENT DE L'ENERGIE. IL EST CONSTITUT D'UN ALLIAGE SPECIAL COULE SELON UN PROCEDE SPTCIAL. L'ANTICARO FONCTIONNE EN PERMANENCE, SANS ENGENDRER DE COOTS CONSTCUTIFS ET, CHOSE ENCORE PLUS IMPORTANTE, SANS PORTER *PRTJUDICE A LA COMPOSITION NATURELLE ET DONC A LA QUALITT DE L'EAU.*

Tel. +41 (0)44-939 11 13
Fax +41 (0)44-939 11 66

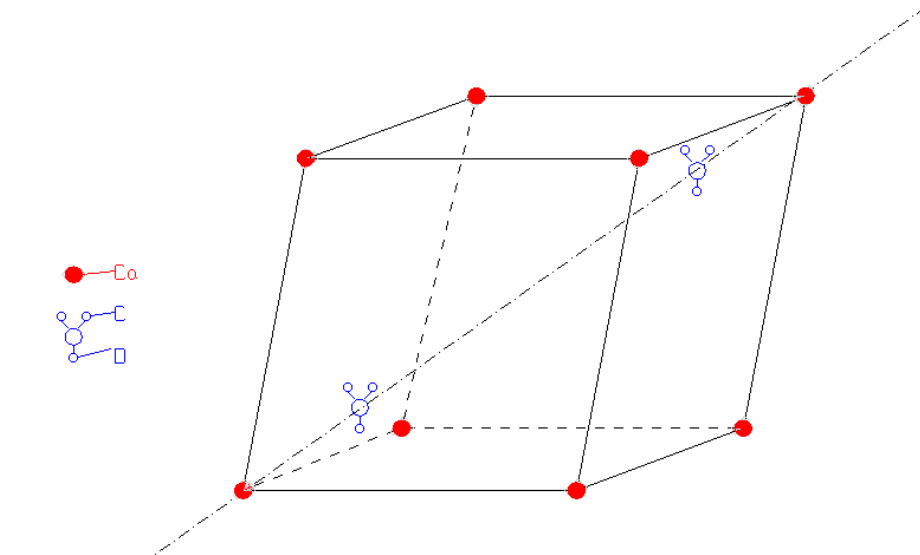
www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

Schéma 1: Réseau cristallin de la calcite



Structure cristalline:

trigonale rhomboédrique Type spath d'Islande: à réseau tridimensionnel, symétrie haute, distances et forces de liaison uniformes.

Tel. +41 (0)44-939 11 13

Fax +41 (0)44-939 11 66

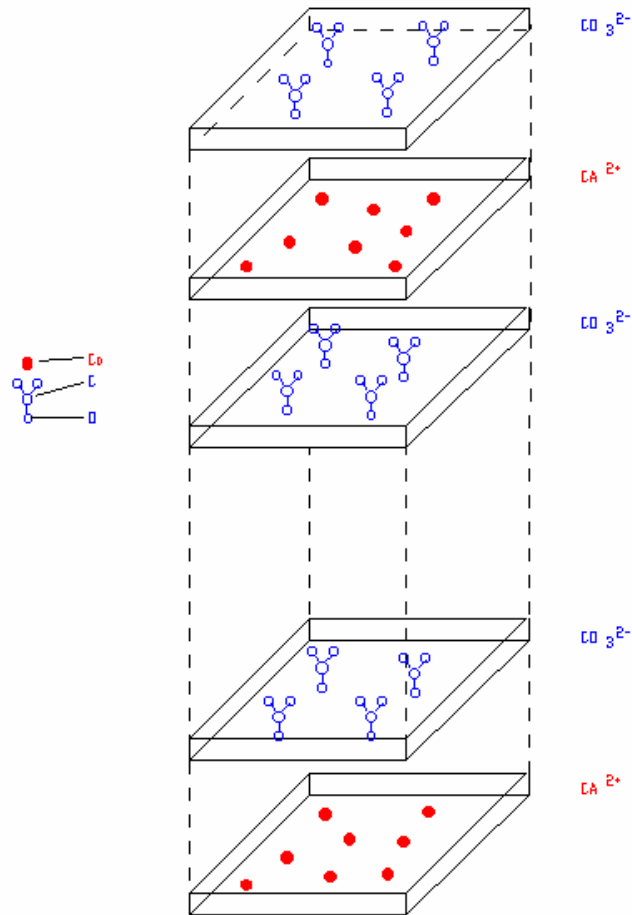
www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

Schéma 2: Réseau cristallin de l'aragonite



Structure cristalline: en couches

Type aragonite: Chaque couche d'ions Ca²⁺ est intercalée entre deux couches d'ions CO₃²⁻ - de densité ionique 3 moitié moindre. Une couche d'ions CO₃²⁻ - est suivie a brève distance d'une couche d'ions Ca²⁺ - puis d'une autre couche d'ions CO₃²⁻ -, et ensuite, a une distance beaucoup plus grande, d'une autre couche d'ions CO₃²⁻ -, et ainsi de suite.

Tel. +41 (0)44-939 11 13

Fax +41 (0)44-939 11 66

www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

ANTICARO, APPAREIL ANTICALCAIRE ET ANTIRDUILLE

LES TESTS

Par
Rudolf Herbers

1. Résumé des résultats des examens
 - 1.1 Domaine d'utilisation
Dans les régions où l'eau appartient à la classe de dureté 3 ou 4 (degré de dureté à partir de 14 °dH), il est conseillé de monter un appareil anticalcaire et anritouille ANTICARO quand la quote-part de la dureté temporaire (carbonatique) par rapport à la dureté totale (temporaire + permanente) dépasse 50%. Dans les zones critiques, on déterminera la dureté avant de monter l'appareil.
 - 1.2 Les dépôts de chaux et la formation de tartre sur les cartouches chauffantes se réduisent dans une mesure pouvant atteindre 80%.
 - 1.3 Mise à part une pellicule de chaux adhérente mais extrêmement fine, et qu'on peut considérer comme couche de protection contre l'acide carbonique libre, le reste des dépôts de chaux peut être enlevé aisément et sans recours à des produits chimiques.
 - 1.4 Le test à la mousse de savon montre que l'eau traitée par l'appareil ANTICARO permet des mousses plus abondantes et plus persistantes.
 - 1.5 Il ressort, qualitativement, que l'eau traitée par l'appareil ANTICARO a besoin de moins d'énergie de chauffage.
 - 1.6 Le degré de dureté, tant temporaire que permanente, apparaît diminuer, bien que légèrement.
 - 1.7 Après le traitement, les taches de chaux sur les verres et les carrelages de céramique sont plus faciles à enlever.
 - 1.8 Qualitativement, on peut observer la précipitation de chaux (formation de boues calcaires) lors du passage à travers l'appareil ANTICARO.
 - 1.9 L'effet de l'appareil ANTICARO se manifeste sur les tubes aussi bien de fer que de cuivre. Il est plus persistant sur les tubes en fer, du fait de leur magnétisation.
 - 1.10 L'eau traitée par l'appareil ANTICARO présente une conductivité légèrement moindre.

Tel. +41 (0)44-939 11 13
Fax +41 (0)44-939 11 66

www. **Anticaro**.com



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

2. Exécution des essais et résultats individuels

2.1 Détermination du degré de dureté de l'eau de laboratoire employée.

Les essais ont été répétés à plusieurs reprises. Pour 90% des jours d'essai, on a obtenu les résultats suivants :

Dureté totale (somme des ions alcalino-terreux)	29 d
Dureté carbonatique	16 d

2.2 Dépôts de calcaire sur les cartouches chauffantes

Dans un appareil de mesure, on a porté à l'évaporation des quantités bien définies d'eau, au moyen d'un thermoplongeur, en veillant à utiliser strictement les mêmes quantités d'eau, traitée ou non par l'appareil ANTICARO.

Dans tous les cas, avant le début des expériences, on avait nettoyé à fond et pesé avec précision les thermoplongeurs. Après l'achèvement du temps d'évaporation, on les a bien séchés puis pesés à nouveau. On a ensuite mis en relation les quantités de chaux qui s'étaient ainsi séparées.

Pour l'évaporation de 30 l, on a obtenu comme résultat les moyennes suivantes:

	eau traité	eau non traité
M (thermoplongeur + chaux déposée)	263,55 g	266,93 g
M (thermoplongeur)	262,68 g	262,30 g
M (chaux)	0,87 g	4,63 g

Ceci correspond à une réduction d'environ 80% de la cadence de précipitation. Si on examine les couches de chaux qui se sont déposées, on constate que l'eau traitée par l'appareil ANTICARO ne laisse qu'une pellicule fine quoique très adhérente, tandis que l'eau non traitée donne lieu à des dépôts calcaires épais, fragiles et durs.

2.3. Dépôts calcaires sur les récipients

Dans un dispositif d'essai, on a fait évaporer des quantités identiques d'eau dans des récipients identiques, au moyen d'appareils de chauffage identiques. Le dispositif était agencé de manière à causer l'ébullition d'un débit constant d'eau (apport automatique).

Au total, on a fait évaporer 30 l d'eau par dispositif d'essai.

Les résidus de chaux étaient quasi identiques dans les deux récipients pour toutes les séries; l'examen optique n'a pas non plus révélé de différence. Les opérations de nettoyage ont cependant fait ressortir de fortes différences en ce

Tel. +41 (0)44-939 11 13

Fax +41 (0)44-939 11 66



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

qui concernait la consistance des dépôts calcaires. Les résidus laissés par l'eau traitée ont pu aisément être essuyés au moyen d'un linge, une fine pellicule mise à part; chose qui n'a pas réussi dans les récipients-témoins, qui présentaient des dépôts plus épais et très adhérents.

2.4 Formation de mousse de savon

A l'aide d'une savonnée alcoolique (Boutron-Boudet), on a préparé, par secousses, une mousse de savon stable et à cellules fines. Outre les deux échantillons d'eau à examiner, on a également employé de l'eau distillée, aux fins de comparaison. Les quantités d'eau étaient chaque fois de 5 ml. Dans l'eau distillée, on constate la formation d'une mousse stable et à cellules fines déjà après l'addition de 2 gouttes de savonnée. Lorsqu'on ajoute celle-ci, goutte à goutte, aux échantillons d'eau à examiner, on observe tout d'abord une turbidité (formation de savon de chaux), sans différence entre les solutions. A partir de 23 gouttes, on note cependant une plus forte formation de mousse dans l'eau traitée par l'appareil ANTICARO. Dès 27 gouttes, cependant, les deux échantillons se comportent à nouveau de manière semblable. On peut expliquer ce résultat en affirmant que la liaison des ions alcalinoterreux en solution se termine plus vite dans l'eau traitée par l'appareil ANTICARO, laquelle contient donc moins de constituants de la dureté en solution.

2.5 Consommation de chaleur lors du chauffage La situation, tout d'abord observée par hasard puis étudiée de manière plus approfondie, est la suivante. Si on chauffe des quantités égales d'eau dans des récipients identiques au moyen d'appareils semblables, on constate de faibles différences de température. On a en outre l'impression subjective que l'eau traitée par l'appareil ANTICARO se met plus tôt à bouillonner. On a effectivement observé des différences entre valeurs mesurées lors des diverses séries d'essais, mais il s'est toujours agi d'écarts de 1 à 3 C en faveur de l'eau traitée par l'appareil ANTICARO.

2.6 Au cours d'essais comparatifs, on a évalué, au moyen de mesures se succédant à brefs intervalles, la dureté d'échantillons d'eau traitée ou non par l'appareil ANTICARO. On a pu constater que, au point de vue tant absolu que relatif, les valeurs ne demeurent pas toujours constantes. Ainsi a-t-on mesuré pour la dureté totale 31 d dans l'eau-témoin et 27 d dans l'eau traitée. Pour la dureté carbonatée, le rapport entre les deux eaux était de 19 à 16.

2.7 Si on laisse s'évaporer, sur une plaque de verre ou sur un carrelage, de l'eau-témoin ou de l'eau traitée par l'appareil ANTICARO, dans les deux cas il reste de la chaux. Ces taches de chaux sont fort gênantes lors des nettoyages. Dès la comparaison subjective cependant, on constate une différence: celles que laisse l'eau traitée par l'appareil ANTICARO sont beaucoup moins rebelles que les taches usuelles. Au cours d'essais objectifs, on a frotté des parcours parallèles ainsi maculés au moyen de matériel identique, avec la même pression. On a de nouveau observé la même différence. En outre, même en augmentant la

Tel. +41 (0)44-939 11 13

Fax +41 (0)44-939 11 66



Anticaro

Mühlestrasse 9
CH-8344 Bäretswil

pression d'élimination de ces taches de chaux, on note que celles causées par l'eau-témoin laissent des bords particulièrement rebelles. Ceci ressort beaucoup moins avec l'eau traitée.

- 2.8 Lors du contrôle de la "formation de boues calcaires", on a tout d'abord effectué une détermination quantitative sur des creusets filtrants en verre (G2). Même en augmentant le débit, les quantités de résidus étaient trop modestes pour permettre une affirmation en ce sens. Aussi a-t-on ensuite aspiré ensuite 30 l d'eau, traitée ou non par l'appareil ANTICARO, à travers un entonnoir-filtre portant un ruban filtrant noir. Ceci a permis de constater une différence optique: la qualité de résidu, colorée au moyen de traces de sels de fer, qui s'était déposée sur le filtre rond était plus élevée pour l'eau traitée par l'appareil ANTICARO. Ceci met en évidence que des sels dissous se précipitent sous forme de "boue calcaire" même quand il s'agit de quantités très modestes.
- 2.9 Mesure de la conductivité Pour obtenir une comparaison entre les conductivités de l'eau-témoin et de celle traitée par l'appareil ANTICARO, on a travaillé avec une tension constante de 2 V. Dans des conditions identiques, on a trouvé pour la conductivité 0,5 mS dans l'eau-témoin et 0,4 mS dans celle traitée par l'appareil ANTICARO: différence faible, certes, mais observable.
- 3.0 Lors de certains essais (tels que celui de la formation de mousse de savon), on a également monté l'appareil ANTICARO sur un tube de cuivre. Les premières observations élémentaires ont révélé que celui-ci agit aussi sur le cuivre, et même probablement de manière plus intense. L'effet ne subsiste pas après le démontage.

Tel. +41 (0)44-939 11 13
Fax +41 (0)44-939 11 66