

L'efficacité des systèmes antitartre mise à l'épreuve

Les systèmes antitartre proposés sur le marché ont toujours intrigué quant à leur efficacité. Sans être définitives les conclusions des essais présentés dans cette étude apportent des éléments de réponse.

L'entartrage est un problème important, pouvant occasionner de nombreux désagréments sur les installations ECS. Le calcaire se dépose sur les surfaces internes des échangeurs, des ballons et des tubes impliquant des diminutions de débits parfois importantes, des pertes de puissance et des baisses de rendement sensibles des appareils de production d'eau chaude sanitaire.

Pour remédier à ces problèmes, différents procédés de traitement de l'eau ont été développés. Le but de cette étude, réalisée par la direction de la Recherche (CERUG) de Gaz de France, est d'évaluer leur efficacité en testant plusieurs produits existant sur le marché.

1. Présentation des diverses technologies

1.1. Formation du tartre

L'eau pure est un excellent solvant ; toutefois l'eau distribuée par les réseaux publics provient d'origines diverses. Quelle que soit son origine de captage (nappe phréatique, rivière...), l'eau a traversé des couches de terrain contenant différents minéraux qu'elle entraîne avec elle. Les traitements subis par l'eau avant d'être livrée par les réseaux publics

n'influent pas sur sa teneur en certains sels minéraux.

La dureté correspond à la somme des cations calcium et magnésium présents dans l'échantillon d'eau analysé.

La dureté s'exprime en TH avec pour unité le "degré français" (°F).

Quand l'eau est chauffée, ces cations vont réagir de la façon suivante :



1.2. Les systèmes antitartre

1.2.1. Les procédés chimiques

1.2.1.1. Les adoucisseurs d'eau

L'eau froide passe au travers d'une résine spéciale où se produit un échange entre les ions Mg^{2+} et Ca^{2+} présents dans l'eau et le sodium de la résine. Régulièrement, la résine est régénérée par la circulation d'eau chargée en Na Cl. Les cations Mg et Ca se substituent aux cations Na^+ pour former du Ca Cl et du Mg Cl qui sont ensuite évacués. L'eau est ainsi traitée dans l'installation ECS par élimination des germes de tartre. Le TH de l'eau peut être sensiblement modifié étant donné la diminution plus ou moins importante des cations Mg et Ca. La législation impose un réglage de l'appareil pour un TH de 15°F.

1.2.1.2. Les antitartres par polyphosphates

Une injection de silicopolyphosphate proportionnelle au débit est effectuée en continu. Les silicopolyphosphates ont le pouvoir d'enrober les germes incrustants du calcaire, ce qui les rend inactifs. Le calcaire étant toujours présent dans l'eau, le TH n'est donc pas modifié.

1.2.2. Les procédés électroniques

1.2.2.1. Les systèmes électromagnétiques

Deux zones d'enroulement de spires sont disposées proches l'une de l'autre autour du tuyau d'arrivée d'eau. Ces deux zones d'induction émettrice vont créer un champ

Patrick MURE,
CERUG, direction de
la Recherche de Gaz de France

LES SYSTÈMES ANTITARTRE : UNE POLÉMIQUE LATENTE

Les systèmes antitartre ont toujours fait couler beaucoup d'encre et généré des polémiques sur leur réelle efficacité.

Les fabricants de matériels de traitement d'eau "classiques" ne se sont jamais gênés, pour marginaliser ces techniques. On comprend leurs motivations.

Les importateurs, distributeurs ou fabricants des matériels antitartre "électroniques", "magnétiques", etc., ne peuvent fournir que des explications scientifiques, ou pseudo scientifiques qui apparemment ne convainquent pas les spécialistes.

Pourtant ces matériels ont été installés et, dans de nombreux cas ... ils marchent ! Alors que doit-on en penser ?

Il semble que la nature de l'eau, le débit, la configuration des réseaux influent notablement sur leur efficacité.

Des études sont actuellement en cours au CSTB pour valider une méthodologie d'essais. Pour l'instant le CSTB a mis au point une procédure d'Avis Technique expérimentale dont bénéficient déjà quelques matériels... sans pour autant préjuger de leur efficacité.

Enfin, précisons que tous les résultats de l'étude présentée ici ne sont valables que dans la configuration de montage proposée par l'auteur... jusqu'à preuve du contraire.

La rédaction de CFP

magnétique impulsif, qui, en modifiant les charges électriques des divers sels, va changer la structure profonde de la molécule. Les cristaux incrustants vont ainsi être déstabilisés et éclatés. La puissance du champ électromagnétique est ajustée en fonction de la dureté de l'eau. Avec ce principe la dureté de l'eau n'est pas modifiée, c'est le pouvoir incrustant des cristaux de calcaire qui est neutralisé.

1.2.2.2. Le principe d'ionisation

Deux électrodes proches l'une de l'autre sont placées dans le flux du débit d'eau froide. Elles sont alimentées en basse tension 50 Hz. A proximité de l'électrode négative, de fins cristaux de calcaire se forment. Au moment du changement de polarité ils sont brisés en microcristaux non incrustants. Ces microcristaux véhiculés dans les tuyauteries par l'eau chaude vont attirer le calcaire qui va aussi progressivement se détacher des parois des canalisations. Les microcristaux vont grossir (quelques millimètres de millimètre) de sorte qu'ils ne puissent

plus se déposer. La dureté de l'eau n'est en rien modifiée par ce traitement.

1.2.3. Les procédés magnétiques

Les sels de calcium et de magnésium présents dans l'eau sont ionisés. Si ces sels dissous sont exposés à un champ magnétique (5000 à 11 000 Gauss), il y aura modification de la structure cristalline initiale par action sur le potentiel électrique initial des sels qui se trouve alors inversé. Les cristaux dès lors éclateront et deviendront non incrustants. Il faut installer sur la canalisation d'arrivée d'eau un système magnétique à aimantation permanente suffisamment puissant. La dureté de l'eau n'est pas modifiée.

série d'essais réalisés en endurance. Pour cela, deux ou trois appareils ont été sélectionnés pour chaque technologie précitée puis acheté dans les magasins de négoce pour professionnels ou les GSB de façon anonyme.

Ces matériels seront nommés par la suite :

- ▷ antitartre par polyphosphates : A et B,
- ▷ systèmes électromagnétiques : C et D,
- ▷ principes d'ionisation : E et F,
- ▷ procédés magnétiques : G, H et I,
- ▷ adoucisseurs : J et K,
- ▷ postes de référence non équipés : L et M.

2. Expérimentation

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité des différents procédés anti-calcaire au travers, notamment, d'une

2.1. L'équipement

Chaque appareil de traitement de l'eau est évalué par l'intermédiaire d'un chauffe-bain de 23 kW. Le système de traitement de l'eau est installé sur l'arrivée d'eau froide du poste de test en endurance (**figure 1**).

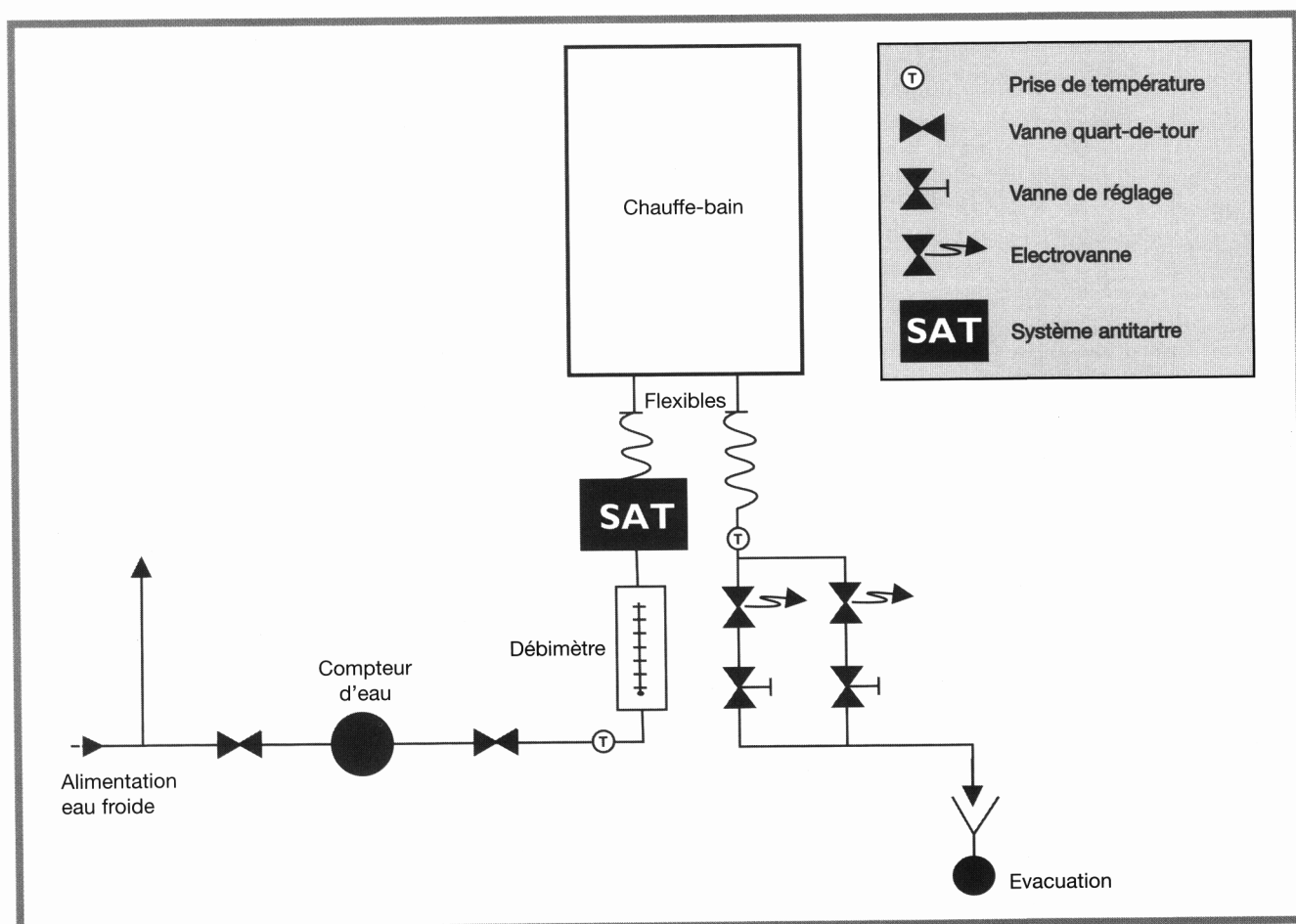


Figure 1. Circuit sanitaire.

L'eau est ensuite chauffée grâce au chauffe-bain. Le tartre éventuellement présent dans l'eau va se déposer au niveau de l'échangeur du chauffe-bain.

Les appareils ont subi des cycles de fonctionnement assez sévères destinés à favoriser l'entartrage éventuel des échangeurs.

Le cycle réalisé est de 5 minutes de fonctionnement, 5 minutes d'arrêt ; il est répété sans cesse pendant une durée de 4 mois.

La dureté de l'eau est de 40° français.

Le débit de puisage est de l'ordre de 4 à 5 l/min, et la température de l'eau de l'ordre de 65°C.

Ces cycles correspondent en volume d'eau puisé à environ 10 ans de puisage d'une famille moyenne.

2.2. Suivi instrumental

Le suivi hebdomadaire de l'évolution de la température d'eau chaude, de la puissance et du rendement de l'appareil a permis de quantifier les effets de l'entartrage sur les performances des chauffe-bains. Ces mesures sont obtenues à partir de la moyenne des résultats sur un cycle de puisage.

On a indiqué aussi sur le **tableau 1** un indice de décollement du tartre. En effet, par période, des quantités plus ou moins importantes de particules de calcaire sont bloquées au niveau de l'électrovanne de commande du puisage.

On note :

- ▷ une étoile (*) : quelques petites particules de calcaire,
- ▷ deux étoiles (**): un nombre conséquent de particules de calcaire bloquant l'électrovanne,
- ▷ trois étoiles (***) : un grand nombre de particules de calcaire libres dans l'ensemble du circuit hydraulique après le chauffe-bain.

Les échangeurs de tous les chauffe-bains ont été démontés et une coupe de chaque échangeur a été envoyée au Centre de recherche et de contrôle des eaux de Paris pour que soient effectués les examens suivants :

- ▷ mesure en microscopie optique sur coupe de l'épaisseur moyenne du dépôt,
- ▷ examen morphologique de surface de la couche déposée en microscopie optique et éventuellement identification visuelle des variétés cristallines présentes,

Caractéristiques et notations	Stabilité des grandeurs physiques			Niveau d'entartrage de l'échangeur		Décollement du tartre		Facilité d'installation ergonomie	Entretien	Prix		Totaux sur 30
	Type de matériels	$\Delta \overline{\text{Tec}}$ en °C	$\Delta \overline{\text{Rend}}$ en %	Notation x 3	Dépôt en mm	Notation x 3	Quantité	Notation x 1	Notation x 1	Montant en F TTC	Notation x 1	Notation
A	3,2	2,5	3	0	3	-	3	2	1	990	3	27
B	2,3	3,6	3	0	3	-	3	2	1	850	3	27
C	8,0	7,6	1	1,9	1	*	1	3	3	1515	2	15
D	3,3	6,0	2	2,7	1	***	3	2	3	2660	2	19
E	4,7	2,7	2	2,5	1	**	2	2	2	2800	2	17
F	2,8	3,2	3	2,4	1	***	3	2	3	8100	1	21
G	3,8	5,0	3	3,6	0	**	2	2	3	990	3	19
H	3,7	5,0	3	3,2	0	*	1	2	3	360	3	18
I	7,0	6,0	2	2,3	1	**	2	3	3	50	3	20
J	4,7	3,6	2	2,1	1	*	1	1	1	13 800	0	12
K	6,3	5,6	2	1,1	2	-	0	1	1	11 700	0	14
L	3,1	2,7	3	2,4	1	*	1					
M	3,6	2,7	3	2,7	1	*	1					

Tableau 1.

- ▷ examen de l'état de surface du métal sous-jacent ; repérage d'une éventuelle attaque par piquage,
- ▷ analyse chimique minérale élémentaire d'un échantillon représentatif du dépôt.

3. Analyse comparative des différents procédés

3.1. tableau comparatif des appareils testés

Pour effectuer une comparaison des divers appareils testés lors de cette étude, nous avons réalisé un tableau de notation portant sur plusieurs critères représentatifs.

3.1.1. Stabilité des grandeurs physiques

Pour évaluer l'évolution des caractéristiques physiques, on a choisi de calculer la moyenne glissante sur 3 valeurs pour toute la durée de l'essai, concernant la température d'eau chaude (Tec) et le rendement (Rend). On prend en compte l'écart entre la plus grande moyenne et la plus petite.

Notation :

- ▷ $\Delta \overline{\text{Tec}} \leq 4^\circ\text{C}$,
et $\Delta \overline{\text{Rend}} \leq 5\%$: 3.
- ▷ $4^\circ\text{C} < \Delta \overline{\text{Tec}} \leq 8^\circ\text{C}$
et $5\% < \Delta \overline{\text{Rend}} \leq 10\%$: 2.
- ▷ $8^\circ\text{C} < \Delta \overline{\text{Tec}} \leq 10^\circ\text{C}$
et $10\% < \Delta \overline{\text{Rend}} \leq 12\%$: 1.

- ▷ $\Delta \overline{\text{Tec}} > 10^\circ\text{C}$,
et $\Delta \overline{\text{Rend}} > 12\%$: 0.

Coefficient de pondération : 3

3.1.2. Entartrage de l'échangeur

Pour prendre en considération le niveau d'entartrage de l'échangeur, on a considéré l'épaisseur de tartre déposé. On effectue une moyenne entre le tube d'arrivée d'eau froide où le dépôt est le moins important et le tube du départ d'eau chaude où le dépôt est le plus grand.

Notation :

- ▷ pas de tartre : 3,
- ▷ pellicule de tartre d'épaisseur $\leq 1,5$ mm : 2,
- ▷ couche de tartre d'épaisseur comprise entre 1,5 mm et 3 mm : 1,
- ▷ couche de tartre d'épaisseur > 3 mm : 0.

Coefficient de pondération : 3

3.1.3. Importance du décollement du tartre

Certains matériels ont le pouvoir de provoquer le décollement du tartre déposé.

Notation :

- ▷ *** : 3,
- ▷ ** : 2,
- ▷ * : 1.
- ▷ néant : 0 (sauf si il n'y a pas de présence de tartre dans l'échangeur où on note 3).

Coefficient de pondération : 1

3.1.4. Facilité d'installation ergonomie

On prend en compte l'aspect pratique du matériel.

Notation :

- ▷ aucune intervention sur l'installation : 3,
- ▷ intervention légère sur l'installation : 2,
- ▷ intervention nécessitant du personnel qualifié sur l'installation, matériel volumineux : 1.

Coefficient de pondération : 1

3.1.5. Entretien

On prend en compte les contraintes d'intervention pour le bon fonctionnement du matériel.

Notation :

- ▷ aucune intervention : 3,
- ▷ simple nettoyage : 2,
- ▷ recharge de produit de traitement : 1.

Coefficient de pondération : 1

3.1.6. Prix

On prend en compte le coût d'investissement de l'appareil.

Le coût de l'installation a été pris en considération dans la partie "Facilité d'installation, ergonomie".

Notation :

- ▷ Prix < 1 000 F TTC : 3,
- ▷ 1 000 ≤ Prix < 3 000 F TTC : 2,
- ▷ 3 000 ≤ Prix < 10 000 F TTC : 1,
- ▷ Prix > 10 000 F TTC : 0.

Coefficient de pondération : 1

4. Résultats

4.1. Adoucisseurs

Les adoucisseurs d'eau réglés à 15° Français comme le spécifie la législation ne permettent pas d'éviter totalement l'entartrage de l'échangeur, même si les proportions sont moindres que pour les chauffe-bains de référence et autres matériels électromagnétiques. Les points faibles de ces produits concernent l'installation, l'ergonomie, l'entretien et le prix.

4.2. Silico-polyphosphates

Ces appareils donnent de très bons résultats car on n'observe aucune trace de tartre dans l'échangeur. D'autre part, la simplicité d'installation,

l'entretien réduit et le prix inférieur à 1000 F en font des appareils accessibles pour tous.

4.3. Matériels électromagnétiques

Ces matériels n'empêchent aucunement la formation de tartre dans l'échangeur même si pour l'un d'eux le calcaire a tendance à se décoller. Ces appareils sont relativement chers et peu efficaces.

4.4. Appareils à ionisation

Comme pour les matériels électromagnétiques, l'efficacité de cette technique ne semble pas du tout démontrée.

4.5. Matériels magnétiques

Trois appareils de puissance magnétique très différente ont été testés. Les résultats sont relativement similaires en matière d'entartrage, toutefois pour deux d'entre eux dans cette configuration de montage l'épaisseur de tartre déposé est supérieure à celle mesurée sur les systèmes de référence !... ■