

TRAITEMENT DES EAUX POTABLES REDUCTION DE LA DURETE

Henri LUGAN – HMS Consulting

La DURETE TOTALE TH (TITRE HYDROTOMETRIQUE), représente la somme des CATIONS BIVALENTS CALCIUM et MAGNESIUM. Ces cations sont principalement liés aux BICARBONATES, aux CHLORURES et aux SULFATES. C'est le couple BICARBONATE DE CALCIUM qui est le principal responsable des entartrages des réseaux et appareils ménagers tels que chauffe-eaux, chaudières, ballons d'eau chaude. Sous l'effet de la température et dès 50°C, les BICARBONATES se décomposent et le CALCIUM reste lié aux CARBONATES, il forme alors le CARBONATE DE CALCIUM CaCO₃ (aussi appelé CALCITE, ou TARTRE, en fait il s'agit de MARBRE) très peu soluble qui précipite. On distingue selon le CATION considéré, la DURETE CALCIQUE : TH_{Ca} et la DURETE MAGNESIENNE : TH_{Mg}. Mais deux types de duretés coexistent : la DURETE TEMPORAIRE, celle liée essentiellement aux BICARBONATES, et la DURETE PERMANENTE celle qui est liée aux AUTRES ANIONS tels Chlorure et Sulfate.

La dureté totale est exprimée en méq/l ou en degré Français (°f). Un °f représente une concentration de 10 mg/l de CaCO₃. Un méq/l qui est l'unité internationale représente 5°f.

L'ADOUCCISSEMENT total par échange d'ions en cycle sodium n'est quasiment pas pratiqué en production d'eau potable, car il substitue le CALCIUM et le MAGNESIUM par du SODIUM. Lorsque la dureté de l'eau brute est relativement élevée, le sodium PERMUTE et celui présent dans l'eau brute s'additionnent et il arrive que le taux résultant soit supérieur à la norme (≤ 150 mg/l). Seuls les traitements de DECARBONATATION qui ne touchent que la DURETE TEMPORAIRE sont pratiqués, ces principaux traitements sont :

- LA DECARBONATATION A LA CHAUX
- LA DECARBONATATION A LA SOUDE
- LA DECARBONATATION PAR ECHANGE D'IONS

Pour illustrer ce traitement nous proposons de prendre l'exemple d'une eau ayant une salinité globale de 7.5 méq/l, et une DURETE TOTALE TH de 7.0 méq/l (35 °f soit 350 mg/l d'équivalent CaCO₃). Le TH temporaire lié aux bicarbonates représente 6.5 méq/l (32.5 °f). le TAC représente le TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET, soit les BICARBONATES pour une eau naturelle.

La figure 1 ci-après résume la composition de l'eau sous forme graphique. Le diagramme de gauche représente l'eau brute. Si l'on s'impose une réduction de dureté afin

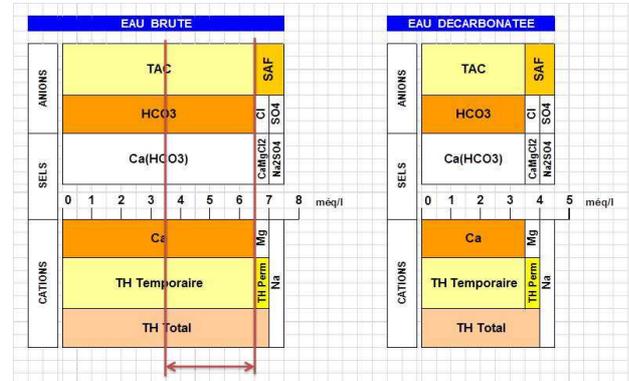


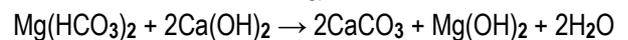
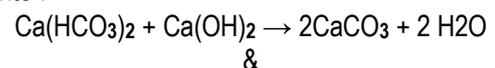
Fig.1 – Représentation graphique de l'analyse d'eau (exemple)

d'atteindre une valeur finale de 4 méq/l (20°f) qui est la recommandation (non obligatoire) de la norme, cela correspond à une élimination de 3 méq/l (15°f) de TH TEMPORAIRE et donc de TH TOTAL (la fraction entre les lignes rouges quantifiée par la ligne entre flèches). Le résultat : l'eau DECARBONATEE ou PARTIELLEMENT ADOUCIE, est représentée au diagramme de droite.

LA DECARBONATATION A LA CHAUX

Ce traitement se pratique soit dans un DECANTEUR (fig.2) lorsque l'eau brute contient des sédiments qui doivent être séparés, ou bien par VOIE CATALYTIQUE (fig.3) sur une eau propre.

La réaction de DECARBONATATION A LA CHAUX est la suivante :



CaCO₃ précipite sous forme de boues dans un décanteur ou sous forme solide dans la voie catalytique. Lorsque TH > TAC, le TAC résiduel peut atteindre 0.6 à 0.8 méq/l (3 à 4 °f), par contre lorsque TAC > TH on a affaire à une EAU BICARBONATEE SODIQUE et le TH résultant de L'EAU DECARBONATEE peut aller jusqu'à la différence TAC-TH.

En VOIE CATALYTIQUE on utilise un support de GERMINATION qui est du micro sable de taille moyenne 200 à 300 micromètres. Toutefois ce type de traitement est limité à des eaux dont le TH_{Mg} est inférieur à la différence TH-TAC. Ce traitement catalytique est donc inopérant sur les eaux bicarbonatées sodiques.



Fig.2 – Décanteur décarbonateur

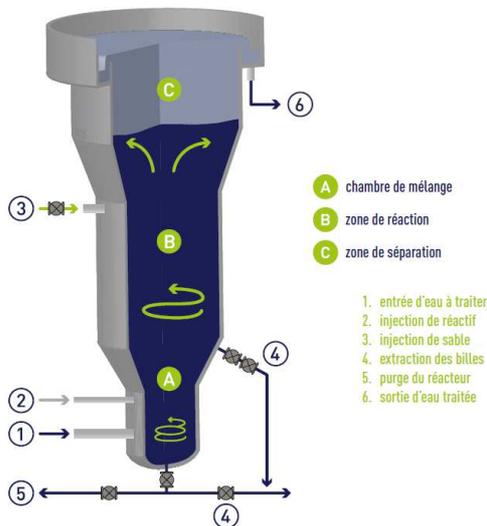
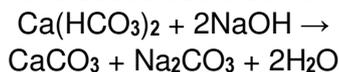


Fig.3 – Décarbonation catalytique (© Suez)

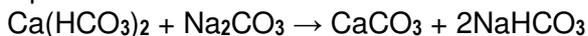
DECARBONATATION A LA SOUDE

Ce traitement essentiellement pratiqué en VOIE CATALYTIQUE, utilise de la SOUDE et non de la CHAUX comme précédemment, il ne s'attaque qu'à la REDUCTION DE LA DURETE CALCIQUE TH_{Ca}

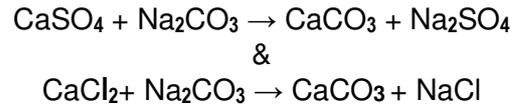
La réaction à la soude est la suivante :



Et sous l'effet du Na_2CO_3 produit, la réaction se poursuit:



A pH plus élevé, la réaction peut s'attaquer à la DURETE PERMANENTE comme suit :



En général on ne va pas jusque-là, et la réaction est bloquée par ACIDIFICATION d'une part pour se limiter à une réduction de dureté temporaire et d'autre part afin d'éviter les post précipitations au sein de la masse granulaire des filtres à sable placés en aval.

La décarbonation CATALYTIQUE A LA SOUDE se pratique dans un REACTEUR A LIT FLUIDISE tel que représenté à la figure 3.

Le support de germination est un MICROSABLE de granulométrie 200 micromètres, et le précipité de $CaCO_3$ est un enrobé des grains de microsable, appelé « PELLET » (cf. fig. 4)

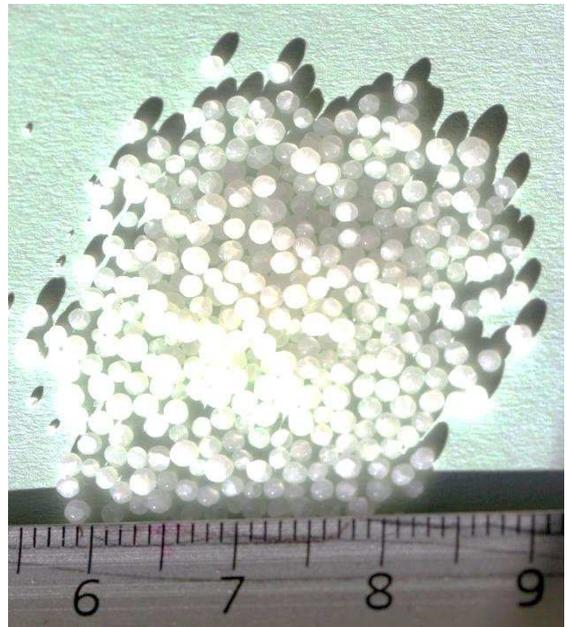


Fig.4 – Pellets de Décarbonation à la Soude

Ces PELLETS ont une taille moyenne de l'ordre du millimètre. Cette technique à la soude permet également de CO-PRECIPITER LE FER présent en faible quantité (jusqu'à 500 µg/l).

Tout comme la décarbonation à la chaux catalytique ou non, la décarbonation à la soude nécessite une filtration sur sable comme traitement de finition, ainsi qu'une remise à L'EQUILIBRE CALCO-CARBONIQUE.

Les déchets produits (les pellets de calcite) sont des produits inertes, qui après égouttage peuvent servir de remblai dans les travaux de VRD.

DECARBONATION PAR ECHANGE D'IONS

Ce troisième procédé est tout comme les deux précédents agréé en France pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (eau potable et eaux à usage agro-alimentaire).

La RESINE ECHANGEUSE D'IONS utilisée est une résine CATIONIQUE FAIBLE dite résine CARBOXYLIQUE. Elle fixe tous les cations liés aux BICARBONATES, y inclus le SODIUM et le POTASSIUM en échange d'un radical H^+ . Les BICARBONATES sont dissociés et de L'ACIDE CARBONIQUE peu stable est produit. Un STRIPPING par DEGAZAGE ATMOSPHERIQUE est nécessaire afin de séparer le CO_2 présent (cf. TB 1006)

Cette technologie permet de supprimer totalement la DURETE TEMPORAIRE, il ne faut donc traiter qu'une partie du débit à traiter et remélanger avec de l'eau brute dans les proportions permettant d'atteindre le TH temporaire requis.

Lorsque la résine échangeuse d'ions est SATUREE, il faut stopper le traitement et la REGENERER. En principe deux échangeurs fonctionnant en alternance sont prévus.

La régénération s'opère avec un ACIDE FORT HCl ou H_2SO_4 , avec un excellent rendement proche de la stœchiométrie.

L'effluent produit est un effluent acide qu'il faut neutraliser avant rejet. La plupart du temps il suffit de faire percoler cet effluent peu chargé sur un lit filtrant de calcite avant que de le rejeter.



Fig.5 – Echangeur d'ions et sa façade hydraulique

CONCLUSION

Les trois techniques sont couramment utilisées, la décarbonation à la chaux est plutôt réservée à des eaux chargées en sédiments ce sera la voie décantation qui sera alors adoptée.

La décarbonation à la soude est la plus utilisée en raison de l'absence de rejet liquide, l'échange d'ions est moins utilisé mais il représente un intérêt certain lorsque le taux de sodium de l'eau brute est élevé, puisqu'il va permettre de l'abaisser pratiquement dans le même rapport que l'abaissement de Ca et Mg. Ce traitement de réduction de dureté quel que soit le procédé adopté permet un accroissement de confort et une diminution des frais liés au remplacement du matériel entartré. Mais il ne faut pas oublier que la réduction de dureté n'est qu'une recommandation et nullement une obligation légale.

Photos et schémas : © Henri LUGAN - HMSC (HMS Consulting) sauf indications contraires

Maquette graphique et Edition : A2E

Reproduction même partielle interdite sans autorisation écrite de l'auteur.