

### AGRESSIVITÉ ET CORROSIVITÉ : DÉFINITIONS

Les eaux naturelles contiennent divers composés chimiques qui se trouvent sous leur forme dissoute. L'un d'eux est le carbonate de calcium, dont l'équilibre dans l'eau est soumis à des interactions avec le dioxyde de carbone.

Le schéma de la figure 1 montre les diverses formes sous lesquelles on rencontre le dioxyde de carbone dans l'eau. L'équilibre chimique relatif au carbonate de calcium, dit équilibre calco-carbonique, peut se déplacer sous l'action du CO<sub>2</sub> : c'est ainsi qu'il peut y avoir des réactions de dissolution du carbonate de calcium (l'eau est dite agressive), ou de précipitation du carbonate de calcium (l'eau est dite incrustante).

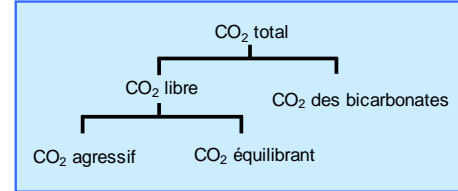


Figure 1

### RÉGLEMENTATION

La directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998 indique que « les eaux ne doivent pas être agressives » et donne une concentration limite pour les ions chlorures de 250 mg/l. Le décret français n°2001-1220 du 20 décembre 2001, codifié en 2003 dans la code de la santé publique (voir Memotec n°12) reprend en totalité ces deux critères. Toutefois, il est à noter que dans la réglementation française, la concentration maximale en chlorures constitue une référence de qualité, à savoir, un paramètre indicateur du bon fonctionnement des installations de traitement.

### MÉTHODES DE MESURE ET DE CARACTÉRISATION

L'agressivité d'une eau peut être évaluée par un test chimique, appelé essai marbre. L'eau à analyser est additionnée d'une faible quantité de marbre finement broyé et lavé. Après 24 h, la comparaison des valeurs de pH, TAC et TH avant et après cet ajout permet de définir les propriétés agressives ou non de l'eau.

Il existe une méthode graphique permettant de déterminer la valeur du pH de saturation (pH<sub>S</sub>) d'une eau. Elle est basée sur l'utilisation du nomogramme de Hoover (figure 2) :

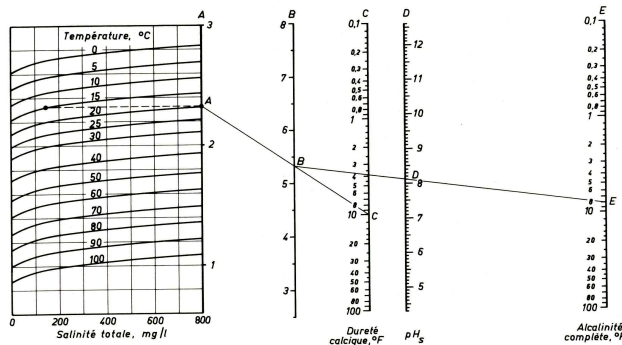


Figure 2

La salinité totale et la température définissent un point A. Le point pivot B est défini en joignant le point A au point C représentant la dureté calcique.

Le pH<sub>S</sub> est ensuite défini par la droite joignant B à l'alcalinité E.

Exemple pour les valeurs suivantes :

Ca = 10°F, TAC = 8°F, salinité totale = 144 mg/l, température = 15°C.

Le nomogramme donne un pH<sub>S</sub> de 8,1.

Il est aussi possible de déterminer indirectement si une eau est agressive, incrustante ou corrosive grâce à différents indices.

### L'indice de Langelier (indice de saturation)

Cet indice est défini de la façon suivante :  $I_L = \text{pH} - \text{pH}_S$

Une eau agressive est caractérisée par un indice de Langelier négatif, ce qui signifie que le pH de l'eau mesuré est inférieur au pH<sub>S</sub> de saturation : l'eau, sous saturée en CaCO<sub>3</sub>, dissout le calcaire sous l'action du CO<sub>2</sub> agressif. Si I<sub>L</sub> est positif, il y a formation d'une couche de carbonate de calcium qui protège les tuyauteries.

### L'indice de Ryznar (indice de stabilité)

Cet indice est défini de la façon suivante :  $I_R = 2\text{pH}_S - \text{pH}$ .

Il permet de définir la tendance agressive ou entartrante d'une eau aérée. Le tableau ci-contre donne la relation entre l'indice de stabilité et la tendance incrustante ou corrosive de l'eau.

I <sub>R</sub>	TENDANCE
4 à 5	Entartrage important
5 à 6	Entartrage faible
6 à 7	Équilibre
7 à 7,5	Légère corrosivité
7,5 à 8,5	Corrosivité notable
> 8,5	Corrosivité importante

Tableau 1

### L'indice de Stiff et Davis (Silt Density Index)

L'indice de Langelier ne peut être appliqué pour des eaux dont la salinité est supérieure à 10 000 mg/l (eaux saumâtres et eaux de mer). On utilise alors l'indice de Stiff et Davis, défini de la façon suivante :  $\text{SDI} = \text{pH} - \text{pCa} - \text{pAlc} - \text{K}$ , avec :

- pCa =  $\log(1/[\text{Ca}])$  ;
- pAlc =  $\log(1/[\text{Alc}])$  ;
- K : constante dépendant de la force ionique de l'eau et de sa température.

Une valeur négative de l'indice correspond à une eau non entartrante.

### L'indice de Larson (indice de corrosivité)

Cet indice est défini de la façon suivante :

$$I_c = ([Cl] + 2 \times [SO_4^{2-}]) / [HCO_3]$$

Les concentrations sont exprimées en mol/l.

Cette formule empirique est basée sur de nombreuses expérimentations effectuées par les américains Larson et Skold, qui ont estimé que cet indice ne devrait pas dépasser 0,2 ou 0,3. D'autres ont estimé que des valeurs allant jusqu'à l'unité étaient acceptables. Le tableau ci-contre montre l'interprétation que l'on peut faire des valeurs de l'indice.

I <sub>c</sub>	TENDANCE
< 0,2	Pas de tendance à la corrosion
0,2 à 0,4	Faible tendance
0,4 à 0,5	Légère tendance
0,5 à 1	Tendance moyenne
>1	Nette tendance à la corrosion

Tableau 2

### L'indice de Leroy (indice de corrosivité)

L'indice de Leroy est égal au rapport du TAC sur le TH. Il permet de confirmer ou non la tendance à la corrosion d'une eau. Avec des concentrations exprimées en meq/l, l'eau est considérée comme non corrosive si l'indice est compris entre 0,7 et 1,3.

Il est à utiliser en complément de l'indice de Larson. Ils permettent, à eux deux, de préciser les tendances d'une eau.

### DIFFÉRENTS TRAITEMENTS CORRECTIFS

Il existe plusieurs méthodes permettant d'ajuster la qualité de l'eau en fonction de sa tendance plus ou moins agressive ou corrosive :

- la reminéralisation ;
- la correction du pH ;
- la neutralisation du CO<sub>2</sub> agressif.

#### La reminéralisation

Cette méthode est utilisée quand on veut aussi agir sur le TAC et la dureté. Deux procédés sont plus particulièrement utilisés :

- injection de CO<sub>2</sub>, puis de chaux ;
- addition de bicarbonate de sodium et de chlorure de calcium.

L'utilisation de CO<sub>2</sub> et de chaux nécessite des investissements importants, en comparaison avec la seconde méthode qui elle, par contre, génère d'importants coûts d'exploitation. Cependant, ce dernier procédé possède un avantage en terme de traitement : il permet de régler de manière précise et indépendante le TAC et la dureté calcique de l'eau :

- le TAC augmente de 1°F avec un apport de 16,9 g/m<sup>3</sup> de NaHCO<sub>3</sub>,
- le TH calcique augmente de 1°F avec l'apport de 11,1 g/m<sup>3</sup> de CaCl<sub>2</sub>.

Pour des eaux douces qu'il convient de reminéraliser, la règle des « trois huit » doit constituer un objectif typique, à savoir :

- TAC, voisin de 8°F ;
- TH<sub>Ca</sub>, voisin de 8°F ;
- pH, voisin de 8, avec pH ≤ pH<sub>s</sub> + 0,2.

De plus l'oxygène dissous doit être supérieur ou égal à 5 mg/l.

#### La correction de pH

Plusieurs produits de correction sont utilisables afin d'augmenter le pH de l'eau : le carbonate de sodium, la chaux sous forme d'eau de chaux ou encore la soude. On choisira l'un ou l'autre de ces produits en fonction des doses à utiliser pour chacun d'eux (et donc, en fonction de la qualité de l'eau). Il faut aussi prendre en compte la mise en œuvre de chacun : la soude ne demande qu'une simple injection par pompe doseuse, alors qu'il faut préparer une solution de carbonate de sodium, et qu'il faut prévoir un saturateur pour produire de l'eau de chaux.

La diminution du pH, si nécessaire, se fait par ajout d'acide sulfurique sans dilution préalable.

#### La neutralisation du CO<sub>2</sub> agressif

L'élimination du CO<sub>2</sub> agressif peut se faire par passage de l'eau sur un lit de carbonate de calcium peu soluble. Celui-ci est attaqué par le CO<sub>2</sub> agressif, selon la réaction suivante : CO<sub>2</sub> + CaCO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Ce procédé consomme environ 2 g de carbonate de calcium par g de CO<sub>2</sub> agressif. Il provoque en outre une augmentation du TH de 0,23 °F par g de CO<sub>2</sub> agressif neutralisé. Il a l'avantage de procéder à une neutralisation « automatique » et ce, sans ajustement nécessaire ; par contre il a l'inconvénient de nécessiter des rechargements en matériau, ainsi que des lavages et/ou des détassages périodiques.

Un strippage du CO<sub>2</sub> est aussi envisageable. Celui-ci peut être fait soit par pulvérisation, soit par cascades, soit dans une tour à garnissage à contre-courant eau-air.

### CONCLUSION

La réglementation française sur l'eau potable, pour ce qui concerne l'équilibre calco-carbonique de l'eau, impose que les eaux distribuées ne soient pas agressives. La prise en compte de ce critère implique donc une surveillance et/ou un ajustement de l'équilibre calco-carbonique de l'eau. Par ailleurs, dans un souci de protection des réseaux de distribution, on donne à l'eau une tendance légèrement incrustante afin qu'un léger dépôt de CaCO<sub>3</sub> tapisse les canalisations, et limite ainsi les phénomènes de corrosion. Les traiteurs d'eau ont à leur disposition des logiciels qui leur permettent de définir les équilibres calco-carboniques, ainsi que les effets de l'injection des réactifs sur ces derniers, afin de définir les procédés les plus avantageux, tant du point technique, que du point de vue économique, et de suivre ensuite le bon déroulement de leur exploitation.