

Calcul de l'index de stabilité des eaux

Index de Riznar

On connaît depuis longtemps le rôle joué par le gaz carbonique dans l'équilibre des bicarbonates de calcium en solution dans l'eau.



La réaction précédente montre bien que le départ d'une certaine quantité de CO_2 déplace l'équilibre et conduit à la formation de carbonate de calcium très peu soluble, le gaz carbonique libre est donc un facteur déterminant de l'équilibre physico-chimique d'une eau.

Toutefois, les travaux de nombreux auteurs (HOOVER, LANGELIER, LARSON & DUSWELL, etc...) ont permis d'établir que d'autres facteurs y jouent un rôle important, tels que la teneur en calcium, l'alcalinité, le pH, la totalité des sels dissous et la température.

Il suffit donc que l'un ou plusieurs de ces éléments subissent une modification quelconque pour que l'équilibre physico-chimique de l'eau varie, avec comme conséquence une augmentation de ses tendances à l'incrustation ou l'agressivité.

Afin d'étudier, et surtout de prévoir le comportement d'une eau donnée, on a introduit la notion théorique du pH d'équilibre ou pH de saturation, appelé pHs, valeur de pH correspondant à un équilibre physico-chimique parfait des bicarbonates de calcium en solution, et donc à la disparition de toute tendance incrustante ou agressive.

Le pHs est généralement déterminé à l'aide de la formule établie par LANGELIER :

$$\text{pHs} = (\text{pK}'2 - \text{pK}'s) + \text{pCa} = \text{pAlc}$$

où : $\text{K}'2$ = Constante dérivée de $\text{K}2$, deuxième constante de dissociation du gaz carbonique

$\text{K}'s$ = Constante dérivée de $\text{K}s$, produit d'activité du carbonate de calcium

pCa = Cologarithme de la concentration molaire en ion calcium

pAlc = Cologarithme de l'alcalinité totale (TAC) exprimée en équivalent gramme/litre

Comme on le voit, le calcul du pHs d'une eau dépend de sa teneur en bicarbonates (pAlc), en sels de calcium (pCa) et du paramètre $(\text{pK}'2 - \text{pK}'s)$ qui varie avec la salinité totale, la force ionique et la température.

De nombreux abaques, diagrammes, etc... ont été déterminés à partir de cette formule, pour permettre un calcul rapide, toutefois, la formule de LANGELIER a été modifiée et simplifiée par LARSON et BUSWELL comme suit :

$$\text{pHs} = 9,3 + \text{A} + \text{B} - (\text{C} + \text{D}) \text{ où :}$$

A = Facteur de T.D.S (totalité des sels dissous)

B = Facteur de température

C = facteur de dureté du calcium exprimé en °f

D = Facteur d'alcalinité totale (au méthylorange) TAC exprimé en °f.

Ainsi, directement à partir d'une analyse de l'eau, les tables suivantes permettent le calcul du pH de saturation :

VALEUR DE A facteur de totalité des sels dissous en ppm

TDS en ppm	A
85 à 425	0.1
425 à 10 000	0.2

VALEUR DE B facteur de température		VALEUR DE C facteur de dureté du calcium		VALEUR DE D facteur de l'alcalinité totale	
°C	B	TH en °f	C	TAC en °f	D
0 à 1	2,6	1 à 1,1	0,6	1 à 1,1	1,0
2 à 5,5	2,5	1,2 à 1,3	0,7	1,2 à 1,3	1,1
6,5 à 9	2,4	1,4 à 1,7	0,8	1,4 à 1,7	1,2
10 à 13,5	2,3	1,8 à 2,2	0,9	1,8 à 2,2	1,3
14,5 à 16,5	2,2	2,3 à 2,7	1	2,3 à 2,7	1,4
17,5 à 21	2,1	2,8 à 3,4	1,1	2,8 à 3,5	1,5
22 à 26,5	2	3,5 à 4,3	1,2	3,5 à 4,4	1,6
27,5 à 31	1,9	4,4 à 5,5	1,3	4,5 à 5,5	1,7
32 à 36,5	1,8	5,6 à 6,9	1,4	5,6 à 6,9	1,8
37,5 à 43,5	1,7	7,0 à 8,7	1,5	7 à 8,8	1,9
44,5 à 50	1,6	8,8 à 11	1,6	8,9 à 11	2
51 à 56	1,5	11,1 à 13,8	1,7	11,1 à 13,9	2,1
56,5 à 63,5	1,4	13,9 à 17,4	1,8	14 à 17,6	2,2
64,5 à 71	1,3	17,5 à 22	1,9	17,7 à 22,2	2,3
72 à 81	1,2	23 à 27	2	23 à 27	2,4
82 à 89	1,1	28 à 34	2,1	28 à 35	2,5
90 à 96	1	35 à 43	2,2	36 à 44	2,6
96 à 100	0,9	44 à 55	2,3	45 à 55	2,7
		56 à 69	2,4	56 à 69	2,8
		70 à 87	2,5	70 à 88	2,9
		88 à 100	2,6	89 à 100	3

Une fois le pH d'équilibre calculé, la comparaison qui s'impose entre ce dernier et le pH réel de l'eau a permis au Professeur LANGELIER d'établir un index dit de saturation :

I = pH réel - pHs

Cette différence algébrique permet d'estimer le degré de saturation d'une eau en carbonate de calcium.

Ainsi l'index de saturation, ou index de LANGELIER indique :

- S'il est positif, une tendance à la formation de dépôts de Ca CO₃ (entartrage)
- S'il est négatif, une tendance à la dissolution de Ca CO₃ (agressivité)

Mais cet index ne donne qu'une indication relative et surtout qualitative, et ne permet pas de savoir si le degré de saturation est suffisant pour donner un dépôt appréciable ou former seulement un film de protection.

De plus, dans le cas d'eaux peu minéralisées, à faible teneur en bicarbonates de calcium, l'utilisation de l'index de LANGELIER est sujette à caution, car on a déjà obtenu des index positifs pour des eaux agressives.

C'est pourquoi, afin d'obtenir des indications plus précises, l'on utilise de plus en plus une notation différente, appelée index de stabilité ou index de RIZNAR :

IR = 2 pHs - pH réel

Cet index permet non seulement de différencier aisément et sans erreur, une eau entartrante d'une eau agressive ou d'une eau stable, mais aussi d'évaluer l'importance de l'entartrage ou de l'agressivité comme le montre le tableau suivant :

IR > 8,7	Eaux très agressives
8,7 > IR > 6,9	Eaux moyennement agressives
6,9 > IR > 5,8	Eaux stables
5,8 > IR > 3,7	Eaux entartrantes
3,7 > IR	Eaux très entartrantes

En conclusion, l'intérêt pratique d'une telle notation, en tant qu'instrument de travail est évident, car elle permet au spécialiste de prévoir et donc d'éviter les ennuis dus à l'entartrage ou la corrosion, en préconisant la solution la plus efficace et la plus économique (emplois de mélanges d'agents stabilisants et de dispersant organiques contre l'entartrage, d'inhibiteurs film-forming contre la corrosion, etc...).