

UTILISATION DU GRAPHIQUE CARBONIQUE HALLOPEAU pour l'étude des problèmes de traitement d'eau

Rappel - ce graphique est construit en échelles log pH (ordonnée gauche) et Alcalinité (abscisse), il comporte :

- le diagramme auxiliaire à l'angle haut à gauche (t° , m),
- la droite de saturation de référence (température = 15°C , $m=1$, et point de solubilité limite : $\text{pH}=10$, $\text{Alc} = 1,5^\circ\text{F}$),
- les courbes de neutralisation de référence calcaire (CaCO_3) et chaux (CaO),
- les droites d'acide carbonique libre, c'est-à-dire de gaz carbonique dissous (réseau de droites inclinées, échelle CO_2 libre, d'ordonnée droite) avec indication des droites d'équilibre de dissolution entre 0° et 20° ,

Nota : $m = \text{Alc}/\text{CaO}$ (revoir la méthode).

Ce graphique est établi sur les valeurs des constantes données par Larson et Buswell en admettant :

a) pour la saturation (droites de saturation) : une minéralisation (total de sels dissous, résidu sec à 110°), $\text{RS} = 200 \text{ mg/l}$, qui représente une valeur moyenne pour des eaux de distribution,

b) pour le réseau de droites d'acide carbonique : $\text{p}K_1 = 6,34$ (soit $K_1 = 4,54 \cdot 10^{-7}$) qui est un chiffre moyen acceptable pour une température de 15 à 20° , et un résidu sec de 100 à 400 mg/l .

Par ailleurs, il a été tenu compte du terme correctif désigné par $\log p$: afin de conserver au graphique toute sa simplicité, cette correction a été incluse sous forme d'une compression de l'échelle des pH dans la partie haute ($\text{pH} > 8,7$).

Données - Les données nécessaires au traçage sont : la température, le pH, l'alcalinité (le TAC), la teneur totale en calcium.

L'alcalinité et la teneur en calcium sont supposées exprimées en CaO (mg/l). Si ces caractéristiques sont données en unités différentes, la correspondance des échelles du graphique permet de faire immédiatement les transformations les plus usuelles.

Détermination du point 1 - Calculer Alc/CaO (avec les mêmes unités) et marquer ce point sur l'échelle du diagramme auxiliaire, puis marquer le point d'intersection de ce point avec la température donnée, soit donc le *point 1* sur le diagramme auxiliaire.

Droite de saturation CaCO_3 - Par le point 1 tracer une droite parallèle à la droite de référence du graphique : c'est la droite de saturation de l'eau étudiée.

Marquer sur le graphique les points caractéristiques de l'eau : le pH et le TAC (alcalinité), l'intersection des droites passant par ces deux marques, donne le point figuratif de l'eau étudiée, soit le *point 2*.

CO_2 libre - Tracer la droite de CO_2 libre qui passe par le point 2 et parallèle aux droites de CO_2 libre.

Puis lire CO_2 libre sur l'échelle log à droite.

Ou, utiliser la formule simplifiée:

$$\log \text{CO}_2 = \log \text{Alc} + 6,57 - \text{pH}, \text{ et donc } \text{CO}_2 (\text{mg/l}) = 10^{[\log \text{CO}_2]}$$

Cette formule, dans laquelle Alc est en mg/l CaO , peut être considérée comme valable pour la plupart des eaux de distribution aux températures voisines de 15°C et $\text{RS} = 200 \text{ mg/l}$.

Nature de l'eau - le point 2 est situé en dessous de la droite de saturation de l'eau étudiée : *agressive* - le point 2 est au dessus de cette droite : *incrustante*. Point situé sur la droite : *eau à l'équilibre*.

Courbe de neutralisation « Chaux » - Amener le point 2 du graphique sur la courbe de référence « Chaux » du graphique en maintenant la coïncidence des axes Alc du graphique du gabarit ou du calque. Tracer la courbe du point jusque la droite de saturation précédemment tracée : c'est la courbe de neutralisation « Chaux » de l'eau étudiée. L'intersection avec la droite donne le point d'équilibre de l'eau (au CaCO₃), soit le point 3.

Courbe de neutralisation « Calcaire » - Opérer de la même façon en utilisant la courbe de référence « Calcaire » du graphique au lieu de la courbe « Chaux ». L'intersection avec la droite donne le point d'équilibre de l'eau (avec CaO), soit le point 4.

Remarque : les points 3 et 4 sont différents, c'est à dire que les pH (et TAC) équilibrants ne sont pas les mêmes selon le type de neutralisant utilisé. A noter que le calcaire donne toujours les valeurs les plus élevés.

Aération des eaux agressives. - Le point remonte sur une verticale, jusque la droite de saturation tracée (point d'équilibre).

Nota : l'aération peut faire dépasser ce point d'équilibre et donc rendre l'eau incrustante.

CO₂ agressif (au CaCO₃) - après avoir tracé la courbe de neutralisation au calcaire, du point 3 déterminer le CO₂ libre à l'équilibre (CO₂ dit "équilibrant"), puis la différence CO₂ libre de l'eau et de ce CO₂ équilibrant donne le CO₂ agressif.

pH de saturation - il s'agit du pH théorique de l'équilibre de l'eau étudiée avec le CaCO₃. Traçage : du point figuratif de l'eau (point 2), on trace une droite verticale (TAC constant) jusqu'à la droite de saturation de l'eau étudiée.

Ou, utiliser la formule simplifiée:

$$\text{pH} = 11,5 - (\log \text{Alc} + \log \text{CaO})$$

dans laquelle:

- 11,5, la constante C, qui est valable pour un RS de l'eau à 200 mg/ et une température voisine de 15°C,
- Alc et CaO sont respectivement l'*alcalinité* et la *teneur totale en calcium*, exprimées l'une et l'autre en équivalent de CaO (mg/l).

Nota : le seul cas où le point 2 peut varier ainsi se produit lors d'une aération de l'eau.

Détermination du CO₂ total (pour les eaux dont pH < 8,7).

La courbe « Chaux » étant en place, tracer ses deux asymptotes verticale et oblique. Le CO₂ total se lit sur le graphique :

- soit sur l'échelle « CO₂ des bicarbonates » à l'intersection de l'asymptote verticale,
- soit sur l'échelle « CO₂ libre » à l'intersection de l'asymptote oblique.