

Les problèmes de traitement, d'agressivité, d'incrustation ou de corrosion sont générés par les variations d'équilibres physico-chimiques et posent des problèmes techniques pour le captage, l'adduction et la distribution des eaux.

NOTIONS D'ÉQUILIBRE

Mettre une eau à l'équilibre, c'est lui donner, par un traitement approprié, des caractéristiques stables dans le temps qui s'écoule entre son stockage après traitement et son utilisation par le consommateur.

L'équilibre de l'eau dépend de deux facteurs :

- ses caractéristiques propres,
- la nature des matériaux susceptibles de se trouver à son contact.

La recherche de cet équilibre nécessite la mise en œuvre de deux moyens d'action :

- opérer un choix judicieux de ces matériaux qui devront être les plus inertes possible à l'action de l'eau pour que l'équilibre de celle-ci ne soit pas compromis,
- donner à l'eau des caractéristiques intrinsèques stables, compte tenu de ces matériaux.

Les inconvénients consécutifs à un défaut d'équilibre des eaux sont dus à :

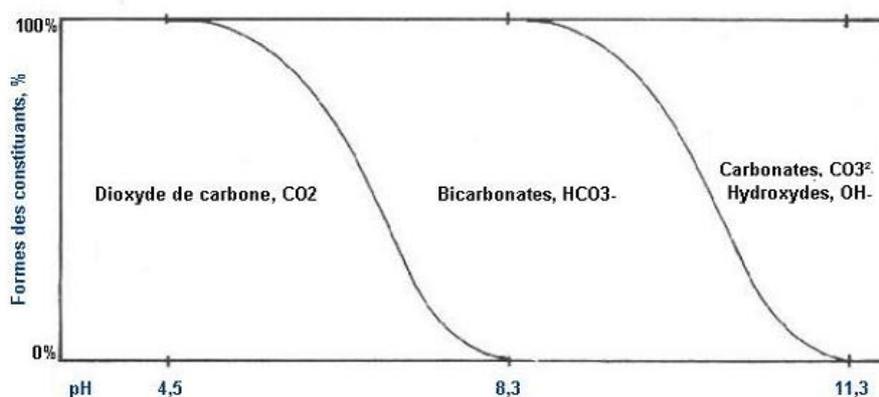
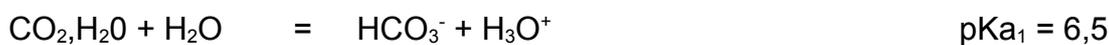
- leur agressivité vis-à-vis des calcaires, bétons et ciments,
- leur corrosivité vis-à-vis des métaux,
- leur caractère incrustant.

Dans les deux premiers cas, les ouvrages et équipements concernés sont endommagés et même détruits et l'eau acquiert turbidité et coloration. Dans le dernier cas, les canalisations sont rétrécies, parfois même obstruées et ne transitent plus les débits prévus.



CaCO_3 est très peu soluble à l'inverse de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Rappel : Equilibres acido-basique du dioxyde de carbone dissous



Éléments qui affectent l'équilibre calco-carbonique de l'eau

- pH : il représente la concentration en ions oxonium, $[H_3O^+]$, exprimé par la relation :
$$pH = - \log [H_3O^+].$$
- TH (Titre Hydrotimétrique) ou Dureté : qui totalisent les ions calcium et magnésium (il est un indicateur de la minéralisation de l'eau)
- Alcalinité, ou TAC (Titre Alcalimétrique Complet) : qui représente la dureté carbonatée de l'eau : bases et sels d'acides faibles (carbonate et bicarbonate, silicates).
- Sels d'acides forts (SAF), qui expriment la dureté non carbonatée (ou permanente) donnée principalement par les chlorures et les sulfates

Directives officielles.

(Selon la Circulaire NDGS/SD7A no 2007-39 du 23 janvier 2007 relative à la mise en oeuvre des arrêtés du 11 janvier 2007 concernant les eaux destinées à la consommation humaine).

L'équilibre calcocarbonique : la référence de qualité est précisée dans l'arrêté : les eaux doivent être à l'équilibre calcocarbonique ou légèrement incrustantes.

On peut définir la classe de l'eau au regard de l'équilibre calco-carbonique :

- **1re classe : eau à l'équilibre calco-carbonique : $- 0,2 = pHeq - pH \text{ in situ} = 0,2$**
- 2e classe : eau légèrement agressive : $0,2 < pHeq - pH \text{ in situ} = 0,3$
- 3e classe : eau agressive : $0,3 < pHeq - pH \text{ in situ}$
- **4e classe : eau légèrement incrustante : $- 0,3 = pHeq - pH \text{ in situ} < - 0,2$**
- 5e classe : eau incrustante : $pHeq - pH \text{ in situ} < - 0,3$

Conditions optimales de l'équilibre.

Les caractéristiques de l'eau (TAC, TH et pH) sont déterminées en fonction des considérations suivantes :

- *Équilibre de l'eau.*

L'eau devra satisfaire aux conditions ci-après :

- être à l'équilibre de saturation calcique, condition essentielle pour que se forme spontanément sur les surfaces en contact un dépôt de carbonate de calcium et que le dépôt formé ne soit pas attaqué,
avoir une concentration convenable en ions calcium pour que le dépôt en question soit suffisant sans être excessif,
- ne pas contenir une trop forte proportion d'ions SO_4^{2-} ou Cl^- qui pourraient rendre le dépôt poreux, donc inefficace,
- être à pH aussi élevé que possible afin que sa corrosivité vis-à-vis des métaux soit minimale,
- contenir de 4 à 5 mg/l d'oxygène qui conditionnent dans l'attaque des métaux la vitesse de précipitation des dépôts insolubles.

Pour satisfaire à ces conditions, le TH (dureté) sera entre 8 et 15°F, le TAC de l'ordre de 7 à 10 °F, le pH supérieur à 7,2 et au moins égal au pH dit de saturation (pHs), et ne pas contenir de gaz carbonique en excès (CO₂ agressif).

L'indice de saturation : $Is = pH - pHs$	doit donc être compris entre 0 et 0,1
---	---------------------------------------

pHs correspond au pH de saturation après avoir fait barboter l'eau brute dans du marbre (calcaire) pendant 24 h (Test au marbre) ; l'eau est ainsi saturée en carbonate de calcium dissous

La dureté (ou TH) ne devra pas être trop excessive. Rappelons les ennuis qu'elle entraîne lorsqu'elle est excessive :

- dureté carbonatée (ions calcium et magnésium liés aux carbonates): entartrement et mauvais moussage,
- dureté permanente : mauvais moussage.

Remarque : Au cours d'une ébullition prolongée, une partie des ions participant à la dureté de l'eau sont éliminés par la précipitation de carbonates de calcium et de magnésium. La dureté de l'eau qui a subi un tel traitement est appelé "dureté permanente". La différence entre la dureté totale et la dureté permanente s'appelle "dureté temporaire".

Les classes suivantes sont généralement adoptées pour caractériser la dureté de l'eau :

Échelle de dureté :

- TH ≤ 5°F : eau très douce,
- TH > 5°F et < 20°F : eau douce,
- TH > 20°F et < 35°F : eau moyennement dure,
- TH ≥ 35 °F : eau très dure.

INDICES DE CORROSION.

Les principaux indices utilisés en France actuellement sont :

1. l'indice de Ryznar,
2. l'indice de Larson.

1 - Indice de Ryznar : $RSI = 2 pHs - pH$
--

Appelé également, indice de stabilité (en anglais, Ryznar Stability Index), donne une indication de la tendance corrosive de l'eau.

Indice de Ryznar	Indication
$RSI \leq 6.5$	Pas de tendance corrosive
$6.5 < RSI \leq 7.8$	Corrosion légère
$7.8 < RSI \leq 8.5$	Corrosion sévère
$8.5 < RSI$	Corrosion très importante

2 - **Indice de Larson** : $LR = ([\text{sulfates} \times 2] + [\text{chlorures}]) / \text{alcalinité (TAC)}$.

Permet le calcul de l'indice de *corrosion des métaux*, selon Larson (en anglais, Larson Ratio ou LR).

Attention les valeurs seront exprimées en moles/litres ou meq/L ou °F

LR	Tendances
LR < 0.2	Pas de tendance à la corrosion
0.2 < LR < 0.4	Faible tendance
0.4 < LR < 0.5	Légère tendance
0,5 < LR < 1	Tendance moyenne
1.0 < LR	Nette tendance à la corrosion

Les unités usuelles en traitements de l'eau :

On utilise une nouvelle unité de concentration molaire qui prend en compte la charge des ions : **milliéquivalent (meq.L⁻¹)**. On multiplie la concentration molaire (mmol/L) par la charge de l'ion (valeur absolue).

Le degré français °F

On utilise aussi une autre unité, le **degré français** : °F, notamment pour mesurer la dureté d'une eau. On multiplie par 5 la concentration exprimée en meq.L

TRAITEMENTS DES EAUX AGRESSIVES

- ajout de chaux éteinte Ca(OH)_2 en solution à partir de lait de chaux ou d'eau de chaux
- ajout de soude NaOH en solution
- filtration sur matériaux calcaire (neutralite)
- élimination par dégazage du CO_2 agressif (cascade, stripping)

TRAITEMENTS DES EAUX ENTARTRANTES

- précipitation catalytique du calcaire
- acidification (CO_2 , acide chlorhydrique)
- basification pour précipitation

Applications : http://pravarini.free.fr/calcul_equil.htm