

PRÉSENCE D'ALUMINIUM DANS L'EAU

L'aluminium est un élément métallique très abondant dans la croûte terrestre, puisqu'il contribue pour 8 % à sa constitution. L'eau étant un solvant puissant, il est donc naturel de trouver de l'aluminium dissous dans les eaux brutes à traiter, mais aussi sous forme particulaire associée aux argiles. L'emploi de coagulant à base d'aluminium constitue de plus un apport artificiel d'aluminium au cours de la clarification dans les usines de production d'eau potable.

EFFETS ET NUISANCES

L'impact de l'aluminium sur la santé n'a pas encore été prouvé, en particulier pour l'aluminium pouvant être contenu dans l'eau de boisson, car ce vecteur ne contribue qu'à hauteur de moins de 5 % de l'exposition totale (aliments + boissons). Il a été émis l'hypothèse que ce métal pouvait constituer un facteur de risques dans le développement ou l'accélération de la maladie d'Alzheimer.

La non maîtrise de la filière de traitement utilisant une coagulation par des sels d'aluminium peut conduire à une fuite d'aluminium dissous et particulière dans l'eau traitée conduisant entre autre à une floculation retardée, ce qui entraîne une dégradation des qualités physico-chimiques de l'eau distribuée (augmentation de la turbidité, dépôts dans les conduites, ...) en plus du fait du dépassement de la concentration maximum conseillée en aluminium.

RÈGLEMENTATION

L'O.M.S. fixe comme valeur guide une concentration en aluminium de 200 µg.L⁻¹ pour les petits systèmes de distribution, et de 100 µg.L⁻¹ pour les capacités importantes. Les distributeurs d'eau, dans le cadre d'une bonne gestion des usines de production et des réseaux de distribution, retiennent en général 100 µg.L⁻¹ comme valeur guide pour l'aluminium dissous. Il est à noter que le minimum de détection de l'aluminium est de 20 µg.L⁻¹.

La directive européenne 98/83/CE du 3 Novembre 1998, et sa transposition en droit français par le décret n°2001-1220 du 20 Décembre 2001, codifié en 2003 dans le code de la santé publique (voir Memotec n°12), fixent la référence de qualité à 200 µg.L⁻¹. Il est à noter que ce paramètre fait partie de la catégorie de ceux non reliés à des risques pour la santé, qui eux font l'objet de limites de qualité.

La Pharmacopée française fixe la concentration en aluminium de l'eau pour les traitements de dialyse à 30 µg.L⁻¹.

MÉCANISME DE LA COAGULATION PAR LE SULFATE D'ALUMINE

L'introduction du sulfate d'alumine dans l'eau à traiter conduit à la formation de polymères solubles et d'hydroxydes insolubles, la répartition entre ces deux espèces dépendant du pH de l'eau, et à la libération d'acidité, suivant les réactions suivantes :

- hydrolyse : $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$
- réaction avec les ions bicarbonates : $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- réaction globale : $\text{Al}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2$

La solubilité de l'aluminium dans l'eau augmente avec :

- le pH (évolution exponentielle) ;
- la température de l'eau (évolution proportionnelle) ;
- le taux de coagulant (évolution proportionnelle) ;

mais aussi des caractéristiques chimiques de l'eau (minéralisation – TAC – présence de fluor et de phosphates qui augmentent la solubilité de l'aluminium).

Il ne peut donc être défini une zone de pH fixe pour toutes les eaux brutes, correspondant au minimum de solubilité. Le pH optimal de coagulation-floculation pouvant varier de 6 à 7,4.

La zone hachurée de la figure 1 donne l'ensemble des valeurs habituellement mesurées, la limite intérieure de la zone concerne les faibles dosages en coagulant. Il est à noter que dans tous les cas le minimum de solubilité correspond à un pH de l'ordre de 6,5.

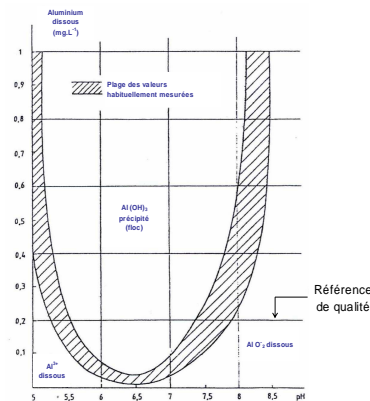


Figure 1

MODES DE CORRECTION DE LA CONCENTRATION EN ALUMINIUM

Pour maintenir des teneurs en aluminium les plus basses possibles, il convient de :

- contrôler en continu les caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute, toute modification de la minéralisation, du TAC, de la température entraînant une modification du pH optimum de floculation ;
- effectuer des mesures au Jar Test réalisées en bains thermostatés pour définir le pH optimum en fonction de la concentration résiduelle en aluminium, et de la turbidité du surnageant, pour différents dosages du coagulant et des réactifs, soit acides (eaux dures), soit basiques (eaux douces) ;
- réaliser la correction du pH pour atteindre l'équilibre calco-carbonique après l'étape de filtration afin d'éviter la redissolution des hydroxydes retenus dans les filtres.

La surveillance de la turbidité de l'eau filtrée permet de savoir si la rétention de l'aluminium particulaire est satisfaisante. Plus la turbidité est faible, et en tout cas inférieure à 0,5 NFU, meilleure est la rétention.

S'il est rencontré des difficultés au niveau de l'obtention d'une concentration optimum en aluminium dans l'eau traitée avant sa mise en distribution, il faut envisager les actions suivantes :

- emploi d'un floculant pour maîtriser la fuite d'aluminium particulaire sous forme de micro-flocs ;
- adaptation de la vitesse de décantation ;
- modification du programme des purges des décanteurs ;
- lavage des filtres bien avant leur crevaision ;
- adoption d'une phase de maturation des filtres après leur lavage.

En dernier ressort on peut également remplacer le sulfate d'alumine par un autre coagulant et en particulier par du chlorure ferrique, le fer présentant un minimum de solubilité pour tous les pH supérieurs à 5. Néanmoins le dosage du chlorure ferrique se montre plus rigoureux que celui de l'aluminium car la présence de floccs résiduels de fer confère à l'eau traitée une coloration rougeâtre.

On peut aussi utiliser :

- des polymères d'aluminium, comme les polychlorures d'aluminium de formule globale $Al_n(OH)_p(Cl)_{3n-p}$, et les polychlorosulfates d'aluminium de formule globale $Al_n(OH)_p(Cl)_q(SO_4)_r$. Ils se singularisent du sulfate d'aluminium par :
 - une consommation, ramenée en Al_2O_3 , 1,5 à 2,5 fois plus réduite,
 - une possibilité d'éviter l'utilisation de polymères organiques (floculants), surtout pour les produits présentant un rapport molaire ($R = p/n = OH/Al$) élevé,
 - une turbidité résiduelle moins sensible aux surdosages et aux variations de pH,
 - une adaptabilité aux eaux froides et de faible minéralisation.
- des coagulants organiques de synthèse à caractère cationique, qui se classent en trois familles :
 - les mélamineformaldéhydes,
 - les épichlorhydrines diméthylamine (EPI, DMA),
 - les polychlorures de diallyldiméthylammonium (POLYDADMAC).

Ces coagulants modifient peu le pH et produisent des volumes de boues réduits par rapport aux coagulants minéraux.

CONCLUSION

La coagulation est une opération essentielle dans l'étape de clarification des eaux de surface. Elle est aussi très complexe car elle dépend de nombreux facteurs afin d'obtenir une eau prête à être distribuée présentant un minimum d'aluminium, dissous et particulaire, et donc une faible turbidité. Pour cela les opérateurs d'usines doivent en particulier :

- surveiller en continu les évolutions des caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute, et donc posséder des équipements de mesure et d'analyse des différents paramètres influençant sur la coagulation ;
- conduire des tests (Jar Test) suivant une procédure rigoureuse et maîtrisée, en en particulier au niveau du maintien de la température à la valeur de celle de l'eau brute à tester, de l'élimination des risques de contamination des échantillons par contact avec des accessoires en aluminium, de la conservation des échantillons ... ;
- disposer des installations de préparation et d'injection de réactifs souples permettant de remplacer le sulfate d'aluminium par un autre coagulant, tout au moins durant certaines périodes critiques, le sulfate d'aluminium restant le réactif le plus économique d'utilisation.