

UN PEU DE THÉORIE

Le mélange rapide et la floculation sont deux étapes très importantes dans le processus de potabilisation des eaux. En effet, de leur efficacité dépend la qualité de la décantation située en aval. L'objectif de ces deux étapes est d'améliorer la décantation des particules les plus fines présentes dans l'eau à traiter, notamment les colloïdes, particules dont le diamètre est inférieur à 0,01 µm et qui possèdent une charge électrique. Leurs charges engendrent une force de répulsions électrostatiques les empêchant de décanter.

Coagulation

La coagulation consiste à neutraliser les charges négatives des colloïdes, par adjonction de sels chargés positivement, permettant une neutralisation favorisant l'agglomération ultérieure des particules, et donc leur décantation. Les sels les plus couramment utilisés sont les sels de fer ou d'aluminium. Une agitation rapide permet de diffuser d'une manière homogène les réactifs dans tout le volume d'eau à traiter.

Floculation

La floculation consiste à agglomérer les particules déstabilisées par la coagulation, pour former des floes denses et volumineux facilement décantables, et pour renforcer leur cohésion. Ce résultat est obtenu en maintenant une agitation lente qui augmente les chances de rencontre des particules, et qui s'ajoute au mouvement brownien naturel (agitation thermique).

Des réactifs complémentaires sont utilisés pour améliorer la floculation, les plus répandus étant les polymères organiques de type anionique, cationique ou non ionique.

La probabilité de rencontre des particules dépend :

- de leur taille ;
- de leur concentration ;
- de leur gradient de vitesse ;
- de leur temps de séjour dans l'ouvrage de floculation.

La taille est fonction de la nature des particules et du coagulant employé.

La concentration est directement liée à la teneur en particules de l'eau brute à traiter.

La croissance du floe, liée à la vitesse imprimée aux particules et au temps de séjour, s'exprime par la relation G.t., G étant le gradient non pas d'une particule singulière, mais le gradient moyen régnant dans l'ouvrage.

$$G = \sqrt{\frac{P}{V \times \mu}}$$

- G : gradient de vitesse moyen, en s⁻¹
 µ : viscosité dynamique de l'eau, dépendant de sa température, en Pa.s
 P : puissance dissipée par la turbine de mélange, en W
 V : volume occupé par l'eau, en m³

La formule simplifiée suivante est généralement utilisée : $G = k \times \sqrt{\frac{P}{V \times \mu}}$, k variant de 25 pour une eau à 5°C à 33 pour une eau à 25°C.

PARAMÈTRES INTERVENANT DANS LA COAGULATION-FLOCULATION

Qualité de l'eau à traiter

Les principaux paramètres influençant l'étape de coagulation-floculation sont :

- la température de l'eau : plus une eau est froide, plus le temps de floculation nécessaire est élevé ;
- le pH de l'eau : chaque coagulant a une plage de pH de fonctionnement bien définie : le sulfate d'aluminium nécessite un pH de l'ordre de 6,5, correspondant au minimum de solubilité de l'hydroxyde d'aluminium. Le chlorure ferrique a une plage de pH bien plus large (adapté pour les pH d'eau élevés). Les coagulants organiques de synthèse sont également moins sensibles au pH de l'eau (voir Memotec n°38). De plus, l'ajout de réactifs de coagulation modifie en général le pH, nécessitant souvent l'ajout d'un réactif pour son ajustement (basique pour compenser l'acidité produite si le TAC de l'eau est insuffisant) ;
- la turbidité de l'eau : plus une eau est chargée en matières en suspension (MES), mieux elle coagule et mieux elle floccule. Si la teneur en MES est trop faible, il faut artificiellement l'augmenter, en recirculant dans l'ouvrage de floculation des boues issues de la décantation.

Réactifs utilisés

Le choix des réactifs à mettre en œuvre dépend de la qualité des eaux à traiter (voir § précédent). Les principaux coagulants utilisés sont : le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique, le chlorosulfate ferrique, les polychlorosulfates basiques d'aluminium et autres coagulants organiques de synthèse.

Les floculants sont des polyélectrolytes qui peuvent être d'origine :

- minérale (silice activée) ;
- végétale (alginates de sodium) ;
- synthétique ;

ces derniers étant les plus couramment utilisés.

La mise en œuvre des réactifs est également très importante : la redilution des réactifs avant injection (dilution secondaire en ligne) améliore leur diffusion au sein de l'eau à traiter.

Les taux de dosage doivent être définis pour chaque type d'eau, et ajustés à chaque variation significative des caractéristiques de l'eau. Les essais en laboratoire permettent d'optimiser les dosages (jar-tests).

Conception des ouvrages

Le temps de séjour dans l'ouvrage dépend de la qualité de l'eau à traiter, mais principalement de sa température.

En coagulation, le temps de séjour varie en général de 1 à 3 minutes maximum.

En floculation, le temps de séjour varie de 10 minutes (eau à 30°C) à 30 minutes (eau à 5°C).

La circulation dans l'ouvrage est également importante, on cherchera à opposer l'entrée et la sortie d'eau. La direction du flux de la turbine sera opposée à celle de l'eau.

Les hélices doivent se situer :

- au 1/3 inférieur de la hauteur d'eau en coagulation ;
- de 0,4 à 0,5 fois la hauteur d'eau en floculation.

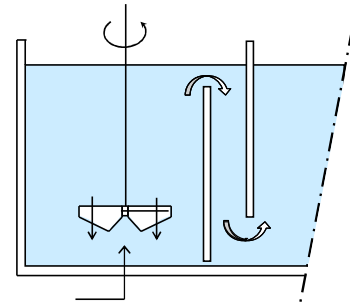


Figure 1

La forme de l'ouvrage est généralement proche du cube (pour des ouvrages en béton). Cependant, les caractéristiques des hélices mises en œuvre peuvent influencer la géométrie : diamètre de l'hélice et longueur maximale des arbres notamment.

On essaie en général de limiter le rapport longueur/largeur à une valeur supérieure à 0,7.

Pour des cuves circulaires, des pales anti-vortex sont installées pour éviter la mise en rotation de l'eau.

Équipements mis en œuvre

Les turbines de mélange rapide et de floculation sont en général entraînées par des moto-réducteurs placés sur passerelle. Pour des installations rustiques et/ou de faible capacité, il peut être envisagé de créer l'agitation nécessaire à la floculation en prévoyant des chicanes perturbant l'écoulement de l'eau dans l'ouvrage.

Il existe différents types de turbines de mélange (figure 2).

Les hélices à pales profilées sont généralement choisies, car elles consomment 4 fois moins d'énergie que les turbines axiales.

Le choix des turbines est réalisé en fonction de la puissance absorbée en eau donnée par les constructeurs, afin d'atteindre le gradient de vitesse recherché (G). Les valeurs de G sont de :

- 200 à 300 s⁻¹ en coagulation ;
- 30 à 60 s⁻¹ en floculation ;

et ceci pour des hélices à pales profilées minces.

De plus, en mélange rapide, le taux de recirculation (débit de pompage de la turbine) sera égal à 4 fois le débit traversier par minute de temps de séjour, les débits étant exprimés en m³.h⁻¹.

En floculation, le débit des turbines doit permettre un recyclage du volume d'eau du bassin en 1 minute.

Pour des volumes de floculation trop importants, il peut être nécessaire de mettre deux ouvrages en série, pour trouver des hélices d'un débit et d'une puissance suffisants.

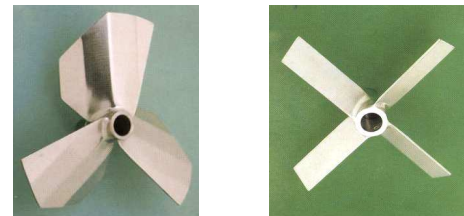


Figure 2

CONCLUSION

Les ouvrages et les équipements de mélange rapide et de floculation doivent être conçus de façon optimum pour atteindre les objectifs recherchés. En effet, les dysfonctionnements constatés sur les ouvrages de décantation (turbidité élevée de l'eau décantée, concentration des boues faible ...) trouvent souvent leur origine dans la conception des ouvrages amont. De plus, les réactifs mis en œuvre ont également un impact important sur le traitement. Une amélioration des performances d'ouvrages existants est très souvent obtenue par un simple changement de réactif, ou par un ajustement des doses mises en œuvre.