

Chapitre II : Coagulation-Floculation

Exercice 1

On donne dans le tableau suivant les résultats d'un essai de Jar-Test.

Becher	1	2	3	4	5	6
Volume (ml)	-	-	-	-	-	-
Dose du coagulant (mg/l)	0	5	7,5	10	12	15
pH	7,5	7,2	7	6,8	6,7	6,2
MO (mg/l)	8	2	1	0,5	0,5	0,5
Turbidité (NTU)	25	1,2	1	0,8	0,8	0,8

- Décrire l'essai du Jar-Test.
- Si la solution mère du coagulant SA : sulfate d'aluminium) est de 10 g/l, déterminer le volume à introduire dans chaque béccher à partir de la solution mère de SA.
- Expliquer la variation de : pH, Turbidité et MO.
- Déterminer la dose optimale du coagulant.

Exercice 2

Considérant un bassin de floculation de section horizontale de 25 m² et une profondeur de 3 m. La puissance dissipée par l'agitateur mécanique dans l'eau est de 90 watts.

- Calculer le volume du bassin de floculation.
- Donner la relation exprimant le gradient de vitesse G.
- Déterminer la valeur du gradient G et s⁻¹. On donne : $\mu = 10^{-3}$ Kg/m.s

Exercice 3

On considère un bassin de floculation de dimensions 3 m x 3m x 4 m dans lequel l'agitation est assurée par 04 pâles panes de dimensions 0,15 m x 2m. Ces pâles sont situées de part et d'autre à une distance de 1 m et 1,5 m de l'axe de rotation vertical. La vitesse de rotation de l'agitateur est de 2,5 tours/minute. Le débit d'eau traversant le bassin est Q = 120 m³/heure.

- Calculer le gradient de vitesse G.
- Calculer le temps de séjour.

On donne : $g = 9,81$ m/s² ; $\rho = 100$ Kg/m³ ; $\mu = 0,001$ Kg/m.s ; $C_D = 1,8$.

Exercice 4 (Exercice concours de doctorat 2018, variante N°2)

I- Le traitement de coagulation- floculation d'une eau de surface par le sulfate d'aluminium a permis de faire diminuer la valeur de la matière organique de cette eau. Les résultats obtenus sont présentés sur le tableau ci-dessous.

Dose du coagulant (mg/l)	Eau brute	10	20	30	40	50
Oxy.KMnO ₄ (mg O ₂ /l)	17,77	13,08	11,85	10,03	9,97	9,97

La solution de sulfate d'aluminium (S.A) est préparée à une concentration de 10 g/l, le volume de chaque bécher est de 500 ml.

- 1- Calculer le volume de S.A versé dans chaque bécher et déduire le rendement optimal.
- 2- Quels sont les paramètres qui permettent le dosage des matières organiques dans une eau ?
- 3- Expliquer la diminution de la matière organique.
- 4- Quels paramètres liés à la qualité de l'eau et à la mise en œuvre du procédé doit-on varier pour optimiser l'étape de coagulation floculation d'une eau de surface ?
- 5- Donnez l'expression du gradient de vitesse G au cours de la floculation ainsi que les valeurs optimales à adopter en pratique.

II- Considérons un bassin de floculation de section horizontale carrée 4m x4m et de profondeur H = 3 m. L'agitateur mécanique est vertical et comporte 02 pâles planes symétriques par rapport à l'axe de rotation.

Les dimensions d'une pèle : 2 m x 0,30 m. La distance à l'axe de rotation : 1,60m.

- a) Si $G = 30 \text{ s}^{-1}$, $\rho = 10^3 \text{ Kg/m}^3$, $\mu = 10^{-3} \text{ Kg/m.s}$, C_D (Coefficient de trainée) = 1,80, exprimer en fonction de la vitesse de rotation de l'agitateur N la puissance totale transmise par l'agitateur à l'eau.
- b) Calculer la vitesse de rotation en tours/min et la vitesse périphérique des pâles en m/s.

Solution Exercice n°4 :

1- Les volumes de sulfate d'aluminium versés dans chaque bécher.

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

Tels que : C_1 : concentration de sulfate d'aluminium (solution mère) = 10 g/l.

V_1 : Volume à prélever ou versé en ml

C_2 : concentration de sulfate d'aluminium dans le bécher (mg/l)

V_2 : volume de bécher (500 ml).

$$V_1 = \frac{C_2 \cdot V_2}{C_1} = \frac{C_2 \left(\frac{mg}{L}\right) \times 500 (ml)}{10 \cdot 10^3 \left(\frac{mg}{L}\right)} = 0,05 C_2 \text{ (ml)}$$

Résultats de calcul sont regroupés dans le tableau suivant :

Dose de SA (mg/L)	10	20	30	40	50
Dose de SA (ml)	0,5	1,0	1,50	2,0	2,50

- 2- Les paramètres qui permettent le dosage des matières organiques dans une eau sont : l'oxydabilité au $KMnO_4$, DCO, DBO_5 , COT, l'absorption en UV, COD, CODB.
- 3- La diminution de la matière organique est due à l'élimination de la matière organique sous forme colloïdale par déstabilisation puis formation de floccs en présence du sulfate d'aluminium et complexation avec les formes hydroxyles d'aluminium formés après hydrolyse du sel d'aluminium.
- 4- Paramètres liés à la qualité de l'eau et à la mise en œuvre du procédé qu'on doit varier pour optimiser l'étape de coagulation floculation d'une eau de surface sont: le pH de l'eau, dose du coagulant, vitesse et durée de l'agitation
- 5- **l'expression du gradient de Vitesse.**

$$G = \left(\frac{P}{\mu V} \right)^{\frac{1}{2}}$$

G : gradient de vitesse (s^{-1})

P : Puissance dissipée dans l'eau (W)

V : Volume d'eau dans le bassin (m^3)

μ : Viscosité dynamique de l'eau (Pa.s)

Pour que la floculation sera favorable et efficace, il faut que le gradient de vitesse soit compris entre.

$$20 \text{ s}^{-1} < G \leq 50 \text{ s}^{-1} \text{ (Agitation lente)}$$

Le temps d'agitation est compris entre **10 min < t_s ≤ 30 min**

II. Expression de la puissance dissipée en fonction de N (vitesse de rotation).

a)

$$P = \frac{1}{2} \rho C_D A V_r^3$$

V_r : Vitesse relative (m/s)

P : Masse volumique de l'eau = 10^3 Kg/m^3 ,

C_D : Coefficient de trainée qui caractérise la résistance de l'eau par rapport aux pâles

A : Section totale des pâles

$$V_r = \frac{3}{4} V_p$$

V_p : Vitesse périphérique

$$V_p \left(\frac{m}{s}\right) = \frac{2\pi N d}{60}$$

A = surface des deux pâles donc $A = 2 \times 2 \times 0,3 = 1,4 \text{ m}^2$

$$V_r = \frac{3}{4} V_p = \frac{3}{4} \frac{2\pi N d}{60} = \frac{\pi N d}{40}$$

$$\text{Donc } P = \frac{1}{2} \rho C_D A V_r^3 = \frac{1}{2} \times 10^3 \times 1,8 \times 1,2 \times \left(\frac{\pi N \cdot 1,6}{40}\right)^3$$

$$P = 2,14 \text{ N}^3$$

b) Calcul de la vitesse de rotation et la vitesse périphérique

Vitesse de rotation

$$G = \left(\frac{P}{\mu V}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$P = 2,14 \text{ N}^3$ on remplace P par sa valeur dans la relation de la gradient de vitesse on aura

$$G^2 = \left(\frac{2,14 \text{ N}^3}{\mu V}\right)^{\frac{1}{2}} \longrightarrow G^2 \mu V = 2,14 \text{ N}^3 \longrightarrow N = (G^2 \mu V / 2,14)^{1/3}$$

$$V = L^2 \times h = 4 \times 4 \times 3 = 48 \text{ m}^3 \quad ; \quad G = 30 \text{ s}^{-1} \longrightarrow N = 2,72 \text{ tr/min}$$

Vitesse périphérique :

$$V_p \left(\frac{m}{s}\right) = \frac{2\pi N d}{60} = \frac{2 \times 3,14 \times 2,72 \times 1,6}{60} = 0,46 \text{ m/s}$$