

CVG2532 – PRINCIPES FONDAMENTAUX DU GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

Devoir 2:

Professeur: É. Bordeleau

Question 1 : Dans les systèmes naturels la restauration ou le relâchement de l'air se produit suffisamment rapidement que l'eau soit tamponnée à travers le système de tamponnage carbonate. Mais, dans les usines de traitement de l'eau et de l'eau usée le dioxyde de carbone ne peut pas être restauré assez rapidement.

(a) Nommer une méthode de diminuer le pH dans des usines de traitement.

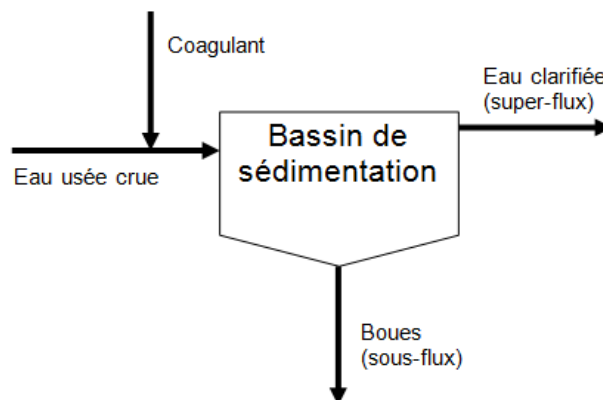
(b) Nommer une méthode d'augmenter le pH dans des usines de traitement.

Réponse 1 :

(a) Ajouter du CO₂ au système

(b) Enlever le CO₂ du système (en ajoutant un gaz inerte comme le N₂)

Question 2 : Un bassin de sédimentation primaire a un flux influent de 10 000 m³/jour, qui a une concentration de matériaux en suspension de 250 mg MES/L. Pour améliorer ce processus, 3 mg/L de coagulant (un produit chimique utilisé pour lier les particules leur permettant de croître et améliorer leur sédimentation) est ajouté à l'influent. Supposez que le coagulant se dirige complètement vers les boues. L'addition chimique résulte en un enlèvement de 84% des solides influents. Le flux de boues résultant a une concentration de solides de 5% (kg solides des boues/kg total) et une densité de 1 021 kg/m³. Calculez le flux massique des solides et le flux volumétrique des boues produit dans le sous-flux de ce réservoir. Quelle est la concentration des matériaux en suspension dans l'effluent (super-flux)? *Indice:* l'eau ajoutée au coagulant est négligeable comparée au taux de flux influent.



Réponse 2 :

Données :

$$Q_{\text{entrée}} = 10000 \text{ m}^3/\text{jour}$$

$$C_{\text{entrée, MES}} = 250 \text{ mg TSS/L}$$

$$C_{\text{entrée, coagulant}} = 3 \text{ mg Coag /L}$$

$$C_{\text{boues}} = 5\%$$

$$\rho_{\text{boues}} = 1021 \text{ kg/m}^3$$

enlèvement de MES de 84%

Inconnues :

$$Q_{\text{boues}} = ?$$

$$F_{\text{boues}} = ?$$

$$C_{\text{eff, MES}} = ?$$

Suppositions :

$$\rho_{\text{entrée}} = \rho_{\text{eff}} = \rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Processus à l'état d'équilibre

MES et coagulant sont inertes

Bilan de masse totale (Bilan A) :

$$Q_{\text{entrée}} \rho_{\text{entrée}} = Q_{\text{eff}} \rho_{\text{eff}} + Q_{\text{boues}} \rho_{\text{boues}}$$

$$(10000 \text{ m}^3/\text{jour})(1000 \text{ kg/m}^3) = (Q_{\text{eff}} \text{ m}^3/\text{jour})(1000 \text{ kg/m}^3) + (Q_{\text{boues}} \text{ m}^3/\text{jour})(1021 \text{ kg/m}^3)$$

Bilan de masse du coagulant (Bilan B) :

$$Q_{\text{entrée}} C_{\text{entrée, coag}} = Q_{\text{eff}} C_{\text{eff, coag}} + Q_{\text{boues}} C_{\text{boues, coag}}$$

$$(10000 \text{ m}^3/\text{jour})(3 \text{ mg/L}) = (Q_{\text{eff}} \text{ m}^3/\text{jour})(\text{zéro}) + (Q_{\text{boues}})(C_{\text{boues, coag}})$$

$$(Q_{\text{boues}})(C_{\text{boues, coag}}) = F_{\text{boues, coag}} = 30 \text{ kg/jour}$$

Bilan de masse des MES (Bilan C) :

$$Q_{\text{entrée}} C_{\text{entrée, MES}} = Q_{\text{eff}} C_{\text{eff, MES}} + Q_{\text{boues}} C_{\text{boues, MES}}$$

$$(10000 \text{ m}^3/\text{jour})(250 \text{ mg MES/L}) = (Q_{\text{eff}} \text{ m}^3/\text{jour})(C_{\text{eff, MES}}) + (Q_{\text{boues}} \text{ m}^3/\text{jour})(C_{\text{boues, MES}})$$

$$(Q_{\text{boues}} \text{ m}^3/\text{jour})(C_{\text{boues, MES}}) = F_{\text{boues, MES}}$$

Information additionnelle donnée :

Enlèvement de 84%

$$0.84 \times Q_{\text{entrée}} C_{\text{entrée, MES}} = Q_{\text{boues}} C_{\text{boues, MES}} = F_{\text{boues, MES}}$$

$$0.84 \times (10000 \text{ m}^3/\text{jour})(250 \text{ mg MES/L}) = F_{\text{boues, MES}} = 2100 \text{ kg MES/jour}$$

Les boues ont une concentration de solides de 5% :

$$C_{\text{boues}} = 0.05 [\text{kg solides des boues/ kg total}] \times \rho_{\text{boues}} [\text{kg total/ m}^3]$$

$$C_{\text{boues}} = 0.05 \times (1021 \text{ kg/m}^3) = 51.05 \text{ kg/m}^3$$

Résoudre pour flux massique boues (F_{boues}) & le taux de flux boues (Q_{boues}) :

$$F_{\text{boues}} = F_{\text{boues, MES}} + F_{\text{boues, coag}} = 2100 + 30 = 2130 \text{ kg/jour}$$

$$Q_{\text{boues}} = F_{\text{boues}} / C_{\text{boues}} = 2130 [\text{kg/jour}] / 51.05 \text{ kg/m}^3 = 41.72 \text{ m}^3/\text{jour}$$

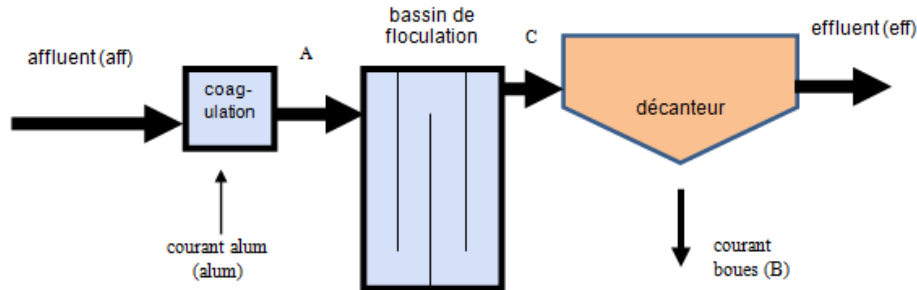
Résoudre pour la concentration de MES dans l'effluent ($C_{\text{eff, MES}}$) :

Résoudre pour Q_{eff} dans le Bilan A et ensuite résoudre $C_{\text{eff, MES}}$ avec le Bilan C.

$$Q_{\text{eff}} = 9957.4 \text{ m}^3/\text{jour}$$

$$C_{\text{eff, MES}} = 40.2 \text{ mg MES/L}$$

Question 3 : Une station de traitement d'eau potable traite $100\,000\text{ m}^3/\text{jour}$ d'eau d'une rivière avoisinante. L'eau de la rivière à une concentration de MES moyenne de 4 mg/L . Une station de traitement d'eau potable standard consiste généralement des étapes de traitement suivantes : coagulation, floculation, sédimentation, filtration et finalement un ajout de chlore. Un diagramme des procédés et de leur ordre est montré ici-bas.



Cette station-ci ajoute de l'*alum* ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{MM}_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}} = 666.5\text{ g}$) pour générer une coagulation adéquate. La concentration d'*alum* dans le flux A (suite à l'ajout d'*alum*) est de 25 g/m^3 . L'*alum* aide à éliminer la turbidité et les MES de l'eau, et ceux-ci se retrouvent par la suite sous forme de boues, avec l'*alum*. Le flux d'*alum* est un flux d'une concentration de 45% ($0,45\text{ g alum/g totale}$) et son débit (en m^3/jour) à comparer au débit du flux influent est négligeable.

La concentration de MES "produites" dans le décanteur est égal à 1.5X la concentration de Al élémental ajouté au bassin de coagulation. Le flux sortant du clarificateur à une concentration de MES de $0,5\text{ mg/L MES}$.

Le flux de boues à une densité de $1\,025\text{ kg/m}^3$ et la concentration de MES est de 3% solides ($0,03\text{ kg MES/kg total}$). Le flux d'*alum* a quant à lui une densité de $1\,400\text{ kg/m}^3$.

Déterminer :

- a) le flux massique total du flux d'*alum* [kg/j]
- b) le débit du flux d'*alum* [m^3/j]
- c) le flux massique totale du flux d'*alum* comparé au flux massique totale d'influent [%]
- d) le débit du flux des boues [m^3/j]
- e) le débit du flux sortant du clarificateur [m^3/j]

Réponse 3 :

Données :

- $Q_{\text{aff}} = 100000\text{ m}^3/\text{j}$
- $\text{MES}_{\text{aff}} = 4\text{ mg/L}$
- $\text{Alum}_A = 25\text{ g/m}^3$
- fraction massique_{alum,alum} = $0.45\text{ g alum/g totale}$
- $\text{MES}_{\text{B,produit}} = 1.5 \times [\text{Al}]_A$
- $\text{MES}_{\text{eff}} = 0.5\text{ mg/L}$
- $\rho_B = 1025\text{ kg/m}^3$
- $\rho_{\text{alum}} = 1400\text{ kg/m}^3$
- fraction massique_{B,MES produit et d'affluent} = 0.03

Suppositions :

Aucun changements apparents avec le temps; assumons une opération à état équilibre. L'influent et l'effluents sont dilués; $\rho_{inf} = \rho_{eff} = \rho_{eau} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

a) Le flux massique total du courant d'alum [kg/d]

1. Flux massique d'alum dans le courant A ($F_{A,alum}$)

$F_{A,alum} = Q_A \times C_{A,alum} = \left[100000 \frac{m^3}{j} \right] \times \left[25 \frac{g \text{ alum}}{m^3} \right] = 2500000 \frac{g \text{ alum}}{j}$	Eq. 1
---	----------

2. Bilan de masse d'alum sur l'unité coagulant

Suppositions :

Alum_{aff} = zéro

Alum est conservateur dans l'unité coagulant (*La concentration d'alum dans le flux A (suite à l'ajout d'alum) est de 25 g/m³. Donc, alum est conservateur dans the bassin de coagulation*)

Accumulation = Entree – Sortie +/- Generation/Consumption

Entree = Sortie

$$F_{aff,alum} + F_{alum,alum} = F_{A,alum}$$

$$F_{aff,alum} = 0$$

$$F_{alum,alum} = F_{A,alum}$$

3. Flux massique total de l'alum du courant d'alum ($F_{alum,totale}$)

$$F_{alum,totale} = 1/ \text{fraction massique}_{alum,alum} \times F_{alum,alum}$$

$F_{alum,totale} = \frac{g \text{ totale}}{0.45 g \text{ alum}} \times 2500000 \frac{g \text{ alum}}{j} = 5555555.6 \frac{g \text{ totale}}{j}$	Eq. 2
---	----------

Réponse: $F_{alum,totale} = 5555555.6 \text{ g/j} = 5555.6 \text{ kg/j}$

b) Le débit du flux d'alum [m³/d]

1. Débit du flux d'alum (Q_{alum})

$Q_{alum} = \frac{F_{alum,totale}}{\rho_{alum}} = \frac{5555555.6 \frac{g \text{ totale}}{j} \times \frac{kg}{1000g}}{1400 \frac{kg}{m^3}} = 3.968 \frac{m^3}{j}$	Eq. 3
---	----------

Réponse: $Q_{alum} = 3.968 \text{ m}^3/\text{j}$

c) Le flux massique totale du flux d'alum compare au flux massique totale de l'influent [%]

1. Pourcentage du débit total d'alum à comparer au débit total influent (Pour)

$ \begin{aligned} Pour &= 100 \times \frac{F_{alum,totale}}{F_{inf,totale}} = 100 \times \frac{5555.6 \frac{kg\ totale}{j}}{Q_{inf} \times \rho_{inf}} \\ &= 100 \times \frac{5555.6 \frac{kg\ totale}{d}}{100000 \frac{m^3}{j} \times 1000 \frac{kg}{m^3}} = 0.005556\% \end{aligned} $	Eq. 4
---	-------

Réponse: Pour = 0.00556%, which is very small.

d) Le débit du flux des boues [m³/d]

1. Bilan de masse total pour le system en entier (bassins de coagulation + floculation + décanteur)

Suppositions:

Parce que le débit du flux d'alum est si petit, le flux massique total du flux d'alum peut être considéré comme étant négligeable à comparer au flux massique total de l'eau entrant lorsqu'on effectue les calculs de bilan de masse.

La densité d'affluent et effluent = la densité d'eau.

Accumulation = Entree – Sortie +/- Generation/Consumption

$$0 = \Sigma F_{aff} - \Sigma F_{eff} + Gen = \Sigma (Q \cdot \rho)_{aff} - \Sigma (Q \cdot \rho)_{eff} + Gen$$

$$0 = (Q_{aff} \cdot \rho_{aff}) + (Q_{alum} \cdot \rho_{alum}) - (Q_B \cdot \rho_B) - (Q_{eff} \cdot \rho_{eff}) + F_{B,MES-Gen}$$

$0 = (Q_{aff} \cdot \rho_{aff}) + 0 - (Q_B \cdot \rho_B) - (Q_{eff} \cdot \rho_{eff}) + F_{B,MES-Gen}$; "le flux massique total du flux d'alum peut être considéré comme étant négligeable par rapport au flux massique total de l'eau influente"

$ \begin{aligned} 0 &= \left(100000 \frac{m^3}{j} \times 1000 \frac{kg}{m^3} \right) + \left(0 \frac{kg}{d} \right) - \left(Q_B \frac{m^3}{j} \times 1025 \frac{kg}{m^3} \right) \\ &\quad - \left(Q_{eff} \frac{m^3}{j} \times 1000 \frac{kg}{m^3} \right) \end{aligned} $	Eq . 5
--	-----------

3. Bilan de masse des MES sur le système en entier (bassins de coagulation + floculation + décanteur)

Accumulation = Entree – Sortie +/- Generation/Consumption

$$0 = \Sigma F_{entree} - \Sigma F_{sortie} = (Q \cdot MES)_{aff} - (Q \cdot MES)_{eff} - (Q \cdot MES)_{boues} + Generation$$

$$0 = (Q_{aff} \cdot MES_{aff}) - (Q_{eff} \cdot MES_{eff}) - F_{B,MES} + F_{B,MES,produit}$$

$$F_{B,MES,produit} = ?$$

$F_{B,MES,produit} = \left[2500000 \frac{g \text{ alum}}{j} \right] \times \left[\frac{1 \text{ mol alum}}{666.5 \text{ g alum}} \right] \times \left[\frac{2 \text{ mol Al}}{1 \text{ mol alum}} \right]$ $\times \left[\frac{26.98 \text{ g Al}}{1 \text{ mole Al}} \right] \times \left[\frac{1.5 \text{ g MES}}{\text{g Al added}} \right]$ $= 303601 \frac{g \text{ MES}}{j}$	Eq. . 6
---	------------

$0 = [Q_{inf} \times MES_{inf}] - [Q_{eff} \times MES_{eff}] - [Q_B \times \rho_B \times x_B^{MES}]$ $+ \left[303601 \frac{g \text{ MES}}{j} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000g} \right]$	Eq. 7
$0 = \left[100000 \frac{m^3}{j} \times 4 \frac{g}{m^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000g} \right] - \left[Q_{eff} \times 0.5 \frac{g}{m^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000g} \right]$ $- \left[Q_B \times 1025 \frac{kg \text{ totale}}{m^3} \times \frac{0.03kg \text{ MES}}{1 \text{ kg totale}} \right] + \left[303.6 \frac{kg \text{ MES}}{j} \right]$	Eq. 8

$0 = \left[400 \frac{kg \text{ MES}}{j} \right] - [0.0005 Q_{eff}] - [30.75 Q_B] + \left[303.6 \frac{kg \text{ MES}}{j} \right]$	Eq. 9
--	----------

4. Combinez les equations 5 et 9 pour résoudre

Réponse: $Q_B = 21.3 \text{ m}^3/j$

e) Le débit du flux sortant du clarificateur.

1. Substituez Q_B dans les équations 5 ou 9

Réponse: $Q_{eff} = 99978.7 \text{ m}^3/j$