



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور بالجلفة
Université Ziane Achour Djelfa
كلية علوم الطبيعة و الحياة
Faculté des sciences de la nature et de la vie



Master 2 Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Module : Traitement des effluents des industries agroalimentaires

Chargé du module : Mohamed Hachi

E-mail : hachi.mouh3@gmail.com

III- LES TRAITEMENTS D'EPURATION DES EAUX

Les procédés de traitement des eaux se divisent en trois catégories

- Prétraitement et traitement primaire
- Traitement secondaire
- Traitement tertiaire

Le traitement primaire (suite)

- Traitement Physique:
 - Stripage
 - Décantation
 - Flottation

LE STRIPAGE
ÉLIMINATION DE COMPOSÉS ORGANIQUES
VOLATILS (COV) PAR AÉRATION

Principe

Les principaux mécanismes qui régissent la libération des COV dans les installations de traitement d'eau sont : la volatilisation et le stripage.

La volatilisation est un processus naturel par lequel un composé volatil est transféré d'un liquide à un gaz. La quantité de matière transférée dépend simplement des mécanismes d'équilibre entre les 2 phases considérées.

Ce procédé est surtout appliqué dans certaines industries où les quantités de COV sont importantes dans les eaux usées et pour lequel la constante d'Henry de ces COV est relativement élevée.

Le stripage est produit quand un gaz (généralement de l'air) est injecté dans les eaux usées. Quand un gaz libre de contaminants (air) est introduit dans des eaux usées, les COV contenus dans l'eau sont transférés de l'eau au gaz. La quantité de matière transférée dépend simplement des mécanismes d'équilibre entre les 2 phases considérées.

À l'équilibre, le mécanisme impliquant le partage d'un polluant entre une phase liquide et une phase gazeuse est régi par la loi d'Henry.

$$\text{Loi de Henry : } C_{air} = H C_{liq}$$

Avec : C_{air} = La concentration de COV dans l'air

H = constante de Henry

C_{liq} = Concentration de COV dans le liquide

La constante H , dépend des propriétés du composé et peut être évaluée par :

$$H = \frac{P_{COV} M_{W(COV)}}{\text{Solubilité}}$$

Avec : P_{COV} = Pression de vapeur, atm

H = constante de Henry, atm m³/mole

M_W = Poids moléculaire du composé, g/mole

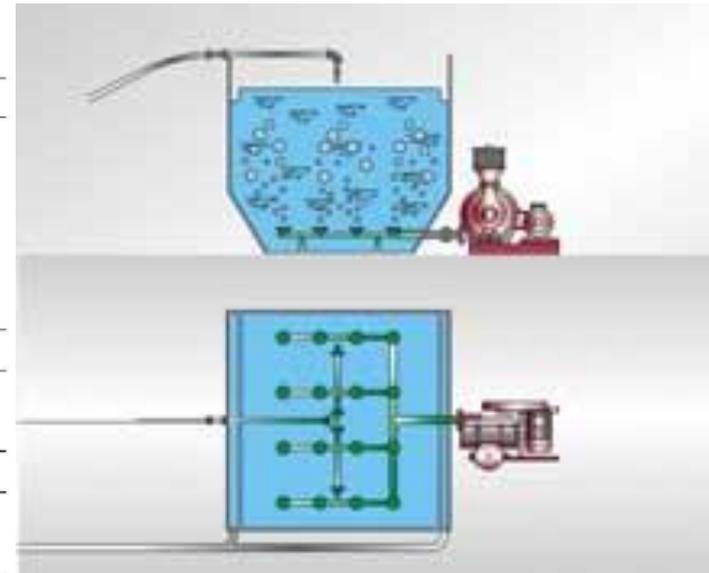
Solubilité : du composé dans l'eau, mg/L ou g/m³

Les composés dont la constante d'Henry (H_M) est $> 10^{-3} \text{ atm} \cdot (\text{m}^3 / \text{mole})$ sont généralement facile à éliminer par stripage, par contre les composés ayant une constante d'Henry (H_M) $< 10^{-5} \text{ atm} \cdot (\text{m}^3 / \text{mole})$ ne sont pas admissible au stripage.

Le tableau suivant présente la constante de Henry à 20 °C et l'admissibilité au stripage de quelques composés :

TABLE 5.7
Henry's constants for selected compounds at 20°C

Compound	Formula	Henry's constant H_M , $\text{atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$	H_C , $(\mu\text{g/L})/(\mu\text{g/L})$
Easy to strip			
Vinyl chloride	CH_2CHCl	6.38	265
Trichloroethylene	CCHCl_3	0.010	0.43
1,1,1 Trichloroethane	CCH_3Cl_3	0.007	0.29
Toluene	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	0.006	0.25
Benzene	C_6H_6	0.004	0.17
Chloroform	CHCl_3	0.003	0.12
Difficult to strip			
1,1,2-Trichloroethane	CCH_3Cl_3	7.7×10^{-4}	0.032
Bromoform	CHBr_3	6.3×10^{-4}	0.026
Nonstrippable			
Pentachlorophenol	$\text{C}_6(\text{OH})\text{Cl}_5$	2.1×10^{-6}	0.000087
Dieldrin	—	1.7×10^{-8}	0.0000007



source : Industrial water pollution control, W. Wesley Eckenfelder , 2000

- Dans un bassin bien mélangé avec aération par diffuseurs (sans adsorption ni biodégradation):

Le bilan de matière devient, à l'état stationnaire :

$$0 = Q_L C_{in} - \underbrace{Q_L C_{out}}_{\text{sortie}} - \underbrace{Q_g C_{g,out}}_{\text{consommé}}$$

Accumulation entrée sortie consommé

Avec : Q_L = Débit d'eau, m^3/s

C_{in} = concentration de COV dans l'affluent, $\mu g/m^3$

C_{out} = concentration de COV dans l'effluent, $\mu g/m^3$

Q_g = Débit d'air, m^3/s moyen selon la profondeur

$C_{g,out}$ = concentration de COV dans la sortie d'air, $\mu g/m^3$

$Q_g C_{g,out}$ peut être représenté par :

$$Q_g C_{g,out} = Q_g H_c C_{out} (1 - e^{-\Phi}) \quad : \quad H_c = \text{la forme adimensionnelle de la constante de Henry, } H$$

$$= \frac{H}{RT}$$

$$\Phi = \frac{V \times (K_L a)_{COV}}{H_c Q_g} = \text{Paramètre de saturation du COV}$$



DÉCANTATION/SÉDIMENTATION

Principe

- L'opération unitaire la plus rencontrée
- Séparation utilisant la gravité
- Permet de séparer les solides/flocs du liquide afin de produire un effluent clarifié
 - Élimine la pollution particulaire sédimentable
 - Allège la charge de pollution pour les traitements subséquents.

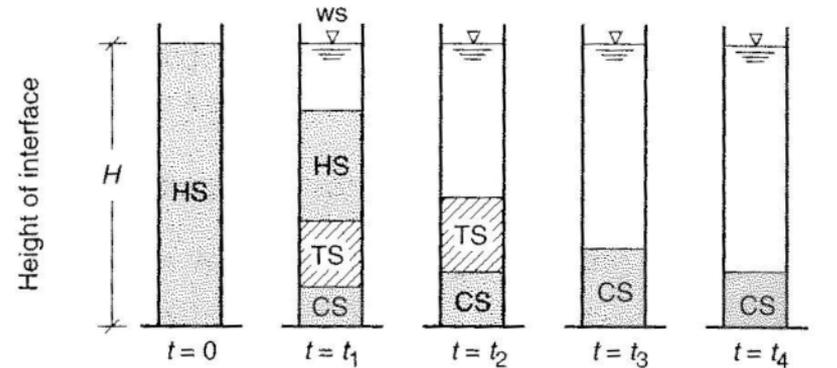
Classification de la sédimentation

- Sédimentation de particules libres (ou discrètes)
 - Les particules conservent leurs propriétés physiques initiales pendant leur chute
 - Exemple: décantation dans les déssableurs
- Sédimentation de floccs
 - Il y a agglomération des particules au cours de leurs chute. Leurs propriétés physiques changent.
- Sédimentation en zone (transition)
 - Caractérisée par une concentration élevée de particules, et par conséquent une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant.
 - Exemple: Retrouvée dans la partie profonde des décanteurs
- Sédimentation dans une zone de compression
 - Les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures.
 - Exemple: Retrouvé dans les épaisseurs de boues par gravité

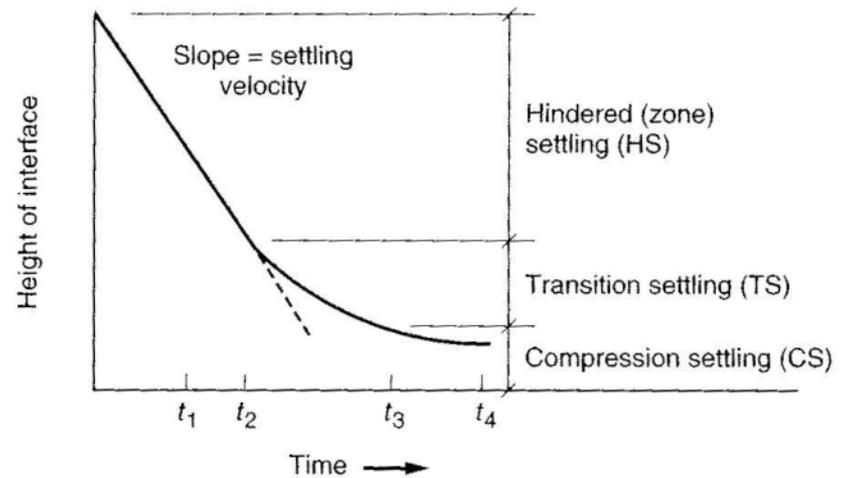
Modes de sédimentation

Figure 5-28

Definition sketch for hindered (zone) settling: (a) settling column in which the suspension is transitioning through various phases of settling and (b) the corresponding interface settling curve.

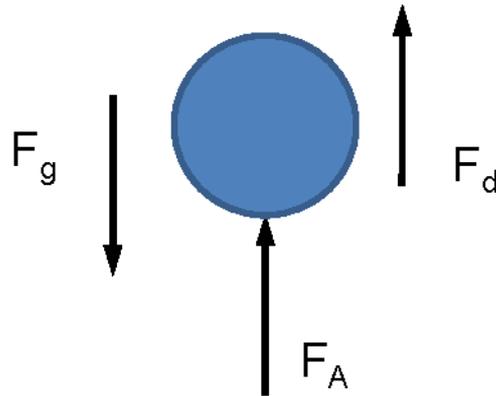


(a)



(b)

Sédimentation discrète, particules en chute libre dans l'eau



$$\text{Loi de Newton : } \sum F = ma = m \frac{dv}{dt}$$

$$\Rightarrow F_g - F_d - F_A = m \frac{dv}{dt}$$

F_d = Force de trainée
(friction de l'eau sur la particule)

F_g = Force gravitationnelle

F_A = Poussée d'Archimède

$$\text{Particule sphérique : } F_d = \frac{C_d A_p \rho_{eau} v_s^2}{2}$$

C_d = coefficient de trainée, dépend du nombre de Reynold

A_p = Surface projetée de la particule

ρ_{eau} = densité de l'eau

v_s = vitesse de sédimentation de la particule

$$F_g - F_A = (\rho_p - \rho_{eau}) g V_p \quad V_p = \text{Volume d'une particule} = \frac{\pi d_p^3}{6}$$

La particule atteint sa vitesse terminale lorsque $\frac{dv}{dt} = 0$

$$\Rightarrow \underbrace{(\rho_p - \rho_{eau}) g \frac{\pi d_p^3}{6}}_{F_g - F_A} = \underbrace{C_d \frac{\pi d_p^2}{4} \rho_{eau} \frac{v_s^2}{2}}_{F_d}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} \left(\frac{\rho_p - \rho_{eau}}{\rho_{eau}} \right) d_p} \approx \sqrt{\frac{4g}{3C_d} (sg_p - 1) d_p}$$

avec $sg_p =$ densité de la particule, obtenue à partir de la masse volumique de l'eau mesurée à 4°C = ρ_p/ρ_{eau}

La flottation

La flottation est utilisée pour l'élimination des matières en suspension des eaux usées en plus des huiles et des graisses; ainsi que pour la séparation et la concentration des boues.

La séparation (matière / eau) est provoquée par l'introduction de fines bulles d'air dans la phase liquide.

Deux méthodes sont utilisées pour l'introduction de l'air dans le système :

- Flottation par air dissout : Une partie de l'eau est pressurisée avec de l'air avant d'être relâchés dans le bassin de flottation.
- Flottation par air dispersé : l'air est simplement injecté à la base du bassin de flottation par des injecteurs.

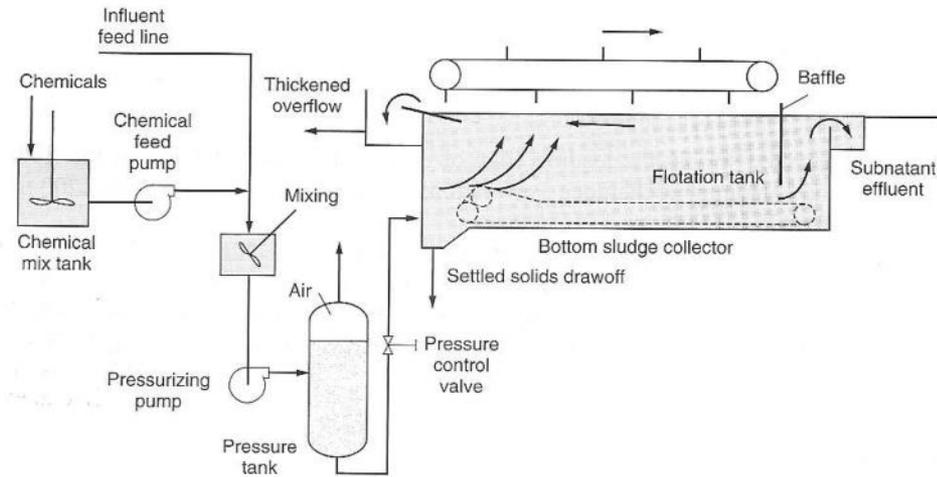
Flottation par air dissous

L'eau usée ou une partie de l'effluent clarifié est amené à une pression d'environ 275 à 350 kPa en présence de suffisamment d'air pour être à ou proche de la saturation dans un réservoir de rétention. Le mélange sous pression est maintenu dans le réservoir de rétention assez longtemps pour dissoudre l'air dans l'eau (≈ 3 min.). Lorsque ce mélange air-liquide sous pression est libéré à la pression atmosphérique dans l'unité de flottation, de minuscules bulles d'air sont libérées de la solution. Les floes de boues, les matières en suspension, et les globules d'huile remontent à la surface propulsées par ces minuscules bulles d'air qui s'y sont attachées.

Les principaux avantages de la flottation par rapport à la sédimentation sont que de très petites ou légères particules qui sédimentent lentement, peuvent être éliminées plus complètement dans un court laps de temps. Une fois que les particules flottent à la surface, elles peuvent être recueillies par une opération d'écumage.

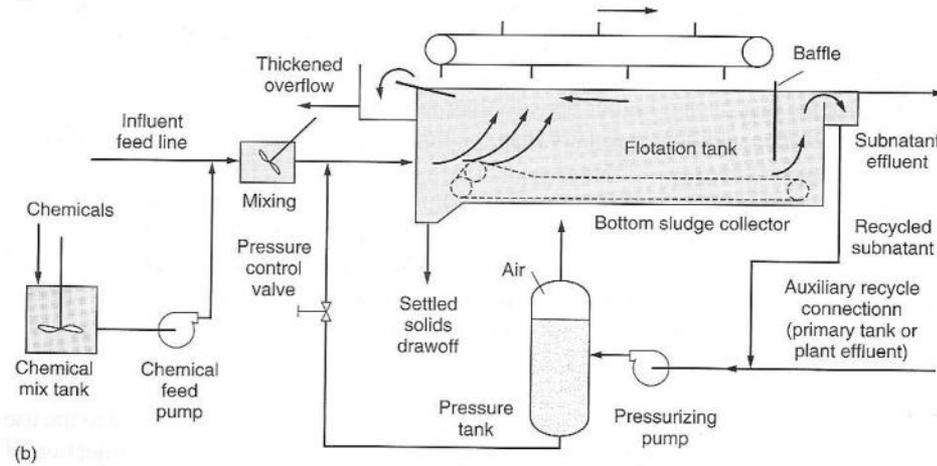
Flottation par air dissous

(a) sans recyclage



(a)

(b) avec recyclage



(b)

Figure 5-53

Des produits chimiques sont couramment utilisés pour faciliter le processus de flottation. Ces produits chimiques, pour la plupart, ont pour fonction de créer une surface ou une structure qui peut facilement absorber ou piéger les bulles d'air.

Des produits chimiques inorganiques, tels que l'alun et les sels ferriques ou des polyélectrolytes, peuvent être utilisés pour lier les particules ensemble et, ce faisant, créer une structure qui peut facilement piéger les bulles d'air.

Merci pour votre attention

