

Chapitre 2: Égalisation-Neutralisation

Objectifs de l'égalisation:

amortir les fluctuations dans le temps :

- ☞ du débit de l'effluent
- ☞ et/ou de ses caractéristiques

L'égalisation va permettre:

- ☞ d'amortir les fluctuations (débit, DBO, COT, composé toxique) préjudiciables au bon fonctionnement d'un procédé biologique
- ☞ de faciliter le contrôle du pH (par mélange de courants d'acide et de base)
- ☞ d'amortir les fluctuations de débit dans un procédé physico-chimique (avec une capacité nominale d'ajout de réactifs chimiques)

égalisation (suite)

- ☞ de permettre le fonctionnement continu du procédé de traitement lorsque l'effluent est disponible de façon discontinue
- ☞ de régulariser les rejets dans un réseau municipal d'égout alimentant une station d'épuration

Utilisation d'un bassin d'égalisation qui fonctionne:

- ☞ à niveau constant (mais le débit peut varier):

ce qui rentre=ce qui sort
- ☞ à niveau variable (pour assurer un débit constant en sortie)

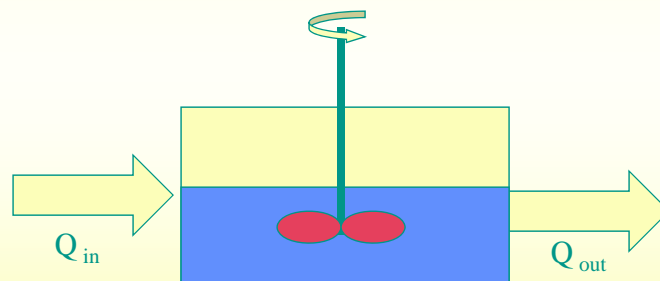
Le bassin doit être:

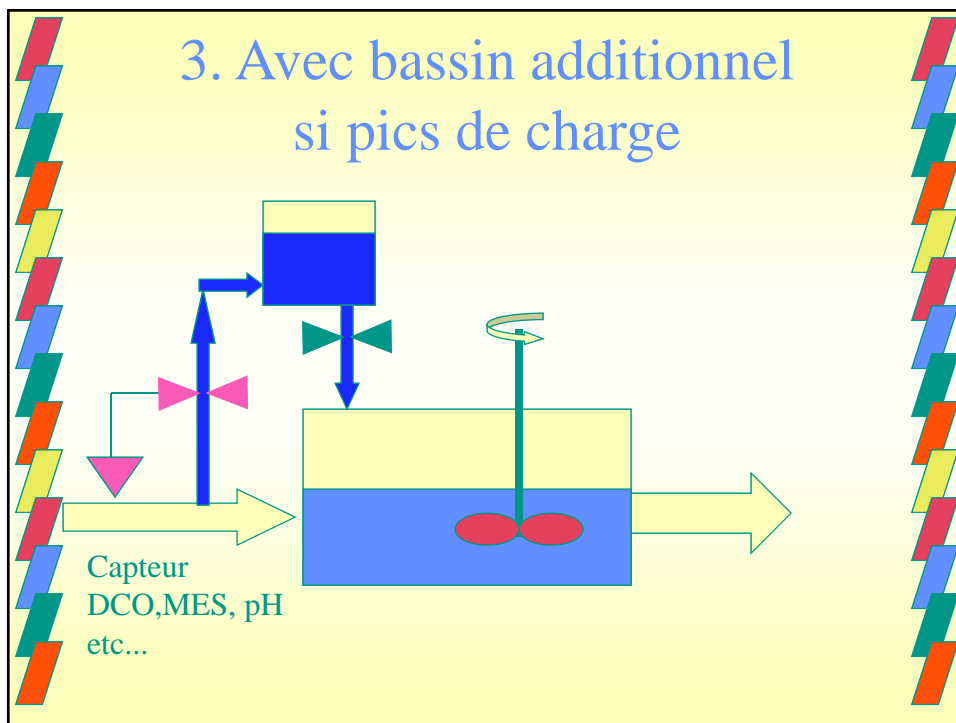
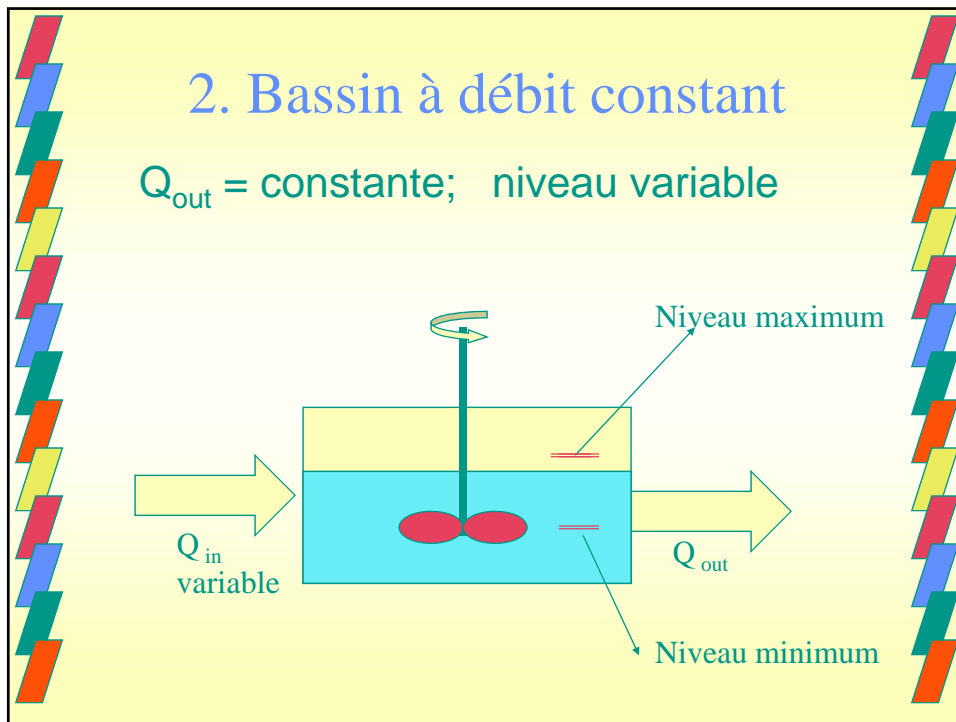
- ☞ suffisamment bien mélangé pour éviter les dépôts des matières solides décantables et permettre le mélange si plusieurs effluents sont introduits
- ☞ suffisamment volumineux pour permettre de délivrer un débit constant

3 Type de bassins

1. Bassin à niveau constant

$$Q_{in} = Q_{out} \quad \text{débit variable}$$



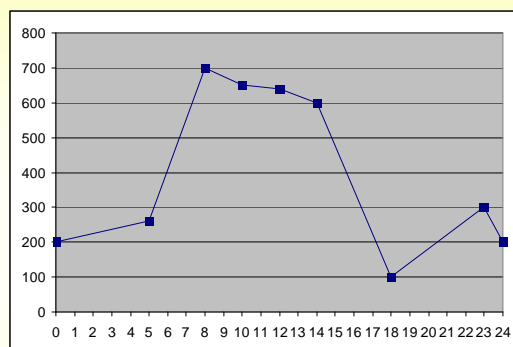


Le calcul du volume du bassin découle des bilans de masse

☞ [Ce qui rentre] - [Ce qui sort]
+ [Ce qui apparaît]
- [Ce qui disparaît]
=
[Ce qui s'accumule]

Exemple de variation de débits:

Débit
(gal/min)



Heures (cycle de 24 heures)

Courbe du débit cumulatif (volume cumulé)

Remarque: pour le calcul des volumes entre deux points de mesures, on prendra la moyenne des deux débits

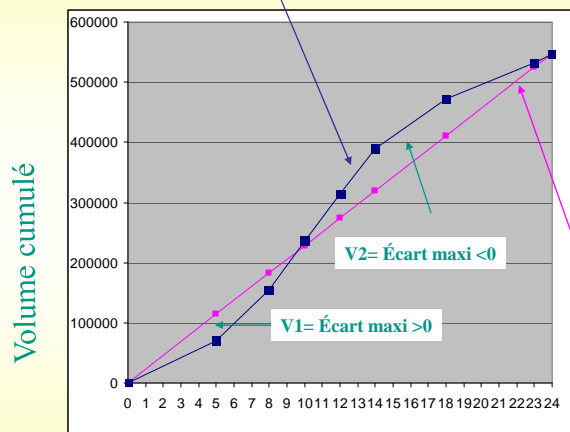
$$69000 = (200 + 260) / 2 * 5 * 60$$

t(H)	dt	Q(gal./min)	Vol. cumul.	vol. égalisé
0	0	200	0	0
5	5	260	69000	114000
8	3	700	155400	182400
10	2	650	236400	228000
12	2	640	313800	273600
14	2	600	388200	319200
18	4	100	472200	410400
23	5	300	532200	524400
24	1	200	547200	547200
	0	200		
		qmoyen	22800	

débit égalisé gal/min $22800 = 547200 / (24 \times 60)$

Volume cumulé entrant E

Écart = S - E

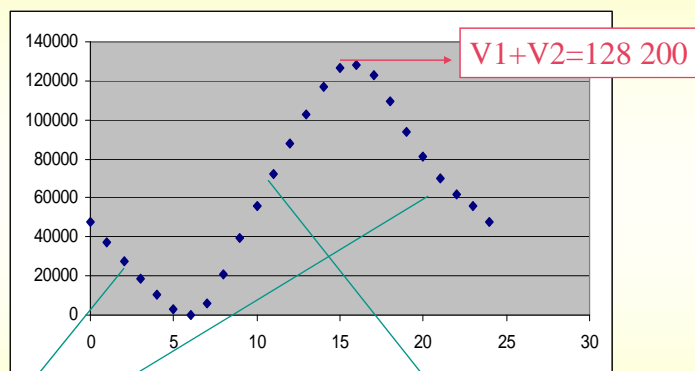


Volume cumulé égalisé sortant S

Égalisation de débit

- Tracé la courbe du volume cumulé entrant (E)
- Tracé la droite du volume cumulé sortant (débit constant) (S)
- Identifier les écarts $|S-E|$ maxi V1 et maxi V2
- volume nécessaire = $V1+V2$
 - v2 pour stocker temporairement les forts débits
 - v1 pour compenser temporairement les faibles débits d'entrée

Variation dans le temps du volume d'effluent dans le bassin:



Débit de sortie > débit d'entrée:
le volume baisse

Débit de sortie < débit d'entrée:
le volume augmente

Volume cumulatif et débit moyen

$$V_{\Sigma}(t) = \int_0^t Q(t) dt$$

$$Q_{out} = V_{\Sigma}(T) / T$$

Égalisation de DBO Rappel de statistiques

Moyenne : $\mu = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N x_i$

Variance : $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$

Écart type : $\sigma = \sqrt{S^2}$

Distribution normale standard

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Y \exp\left(-\frac{Y^2}{2}\right) dy$$

$$Y = (x - \mu) / \sigma$$

$P(x)$: fonction cumulative normale de distribution
tabulée p 2.5.1: probabilité d'observer une valeur $< x$

Distribution normale standard

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Y \exp\left(-\frac{Y^2}{2}\right) dy$$

$$Y = (x - \mu) / \sigma$$

$P(x)$: probabilité d'observer une valeur $< x$

TABLE 3.16*

Cumulative Normal Distribution

Y	P(x) ^b	Y	P(x) ^b	Y	P(x) ^b
0.00	0.5000	1.30	0.9032	2.55	0.9946
0.05	0.5199	1.35	0.9115	2.60	0.9953
0.10	0.5398	1.40	0.9192	2.65	0.9960
0.15	0.5596	1.45	0.9265	2.70	0.9965
0.20	0.5793	1.50	0.9332	2.75	0.9970
0.25	0.5987	—	—	—	—
0.30	0.6179	1.55	0.9394	2.80	0.9974
0.35	0.6368	1.60	0.9452	2.85	0.9978
0.40	0.6554	1.65	0.9505	2.90	0.9981
0.45	0.6736	1.70	0.9554	2.95	0.9984
0.50	0.6915	1.75	0.9599	3.00	0.9987
0.55	0.7088	1.80	0.9641	3.05	0.9989
0.60	0.7257	1.85	0.9678	3.10	0.9990
0.65	0.7422	1.90	0.9713	3.15	0.9992
0.70	0.7580	1.95	0.9744	3.20	0.9993
0.75	0.7734	2.00	0.9772	3.25	0.9994
0.80	0.7881	2.05	0.9798	3.35	0.9996
0.85	0.8023	2.10	0.9821	3.45	0.9997
0.90	0.8159	2.15	0.9842	3.55	0.9998
0.95	0.8289	2.20	0.9861	3.75	0.9999
1.00	0.8413	2.25	0.9878	4.00	1.0000
1.05	0.8531	2.30	0.9893	—	—
1.10	0.8643	2.35	0.9906	—	—
1.15	0.8749	2.40	0.9918	—	—
1.20	0.8849	2.45	0.9929	—	—
1.25	0.8944	2.50	0.9938	—	—

* From Ref. [1].

^b P(x) = confidence level.

Distribution normale

- ☞ 68 % des données à ± 1 écart type
- ☞ 95 % des données à ± 2 écart type
- ☞ 99.7 % des données à ± 3 écart type



calcul du volume d'égalisation par méthodes
- numérique (différences finies): voir TD
- analytique

Volume nécessaire:

☞ on se fixe une probabilité P % pour avoir une DBO inférieure à X_{\max}

☞ avec le tableau p 2-5.1, on trouve Y

☞ on calcule l'écart type en sortie $y = \frac{x_{\max} - \mu}{\sigma_{out}}$

☞ Adam/Eckenfelder: temps de résidence

$$t_H = \frac{\Delta t}{2} \frac{\sigma_{in}^2}{\sigma_{out}^2}$$

☞ le volume = Q t_H

Neutralisation

- ☞ des effluents acide ou basique
- ☞ gamme de pH pour les rejets 6-9
- ☞ gamme de pH pour un procédé biologique 6.5-8.5

Neutralisation des effluents acides avec:

- ☞ CaO, chaux vive [coût relatif du traitement 1]
- ☞ carbonate de calcium CaCO_3 (pierre à chaux, lait de chaux si en suspension) [1.4]
- ☞ hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 (chaux hydratée ou éteinte) [1.9]
- ☞ soude NaOH [6.]
- ☞ carbonate de sodium, Na_2CO_3 [11.]

Neutralisation sur lit de pierre à chaux

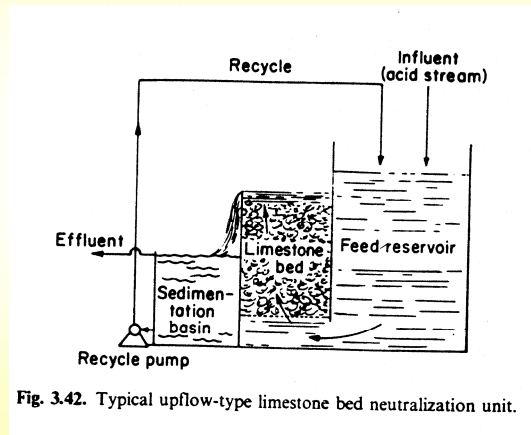


Fig. 3.42. Typical upflow-type limestone bed neutralization unit.

Colonne de laboratoire pour test de neutralisation:

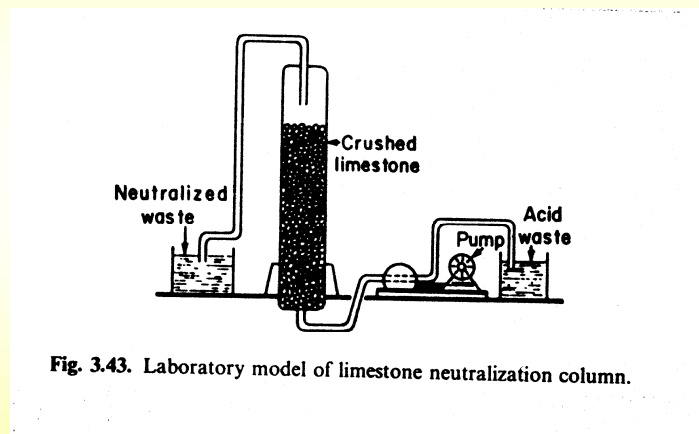
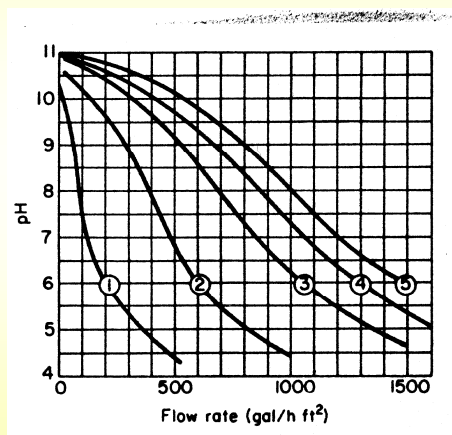


Fig. 3.43. Laboratory model of limestone neutralization column.

Effet de la hauteur du lit sur le pH en sortie



Neutralisation avec solution de chaux hydratée en réacteurs CSTR

CSTR completely stirred tank reactor: 2 en série

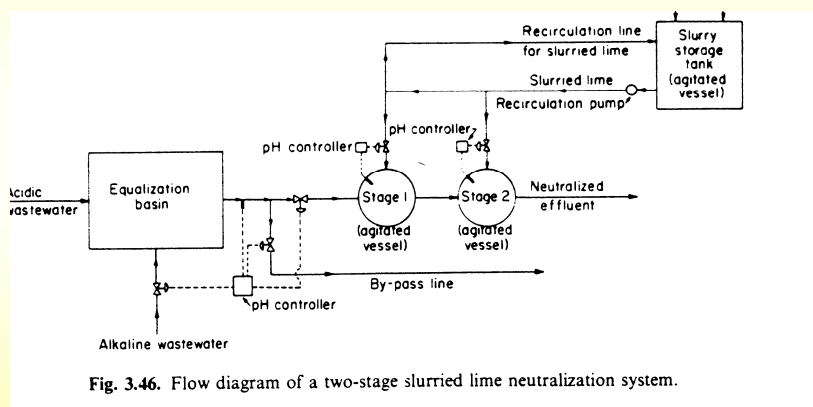
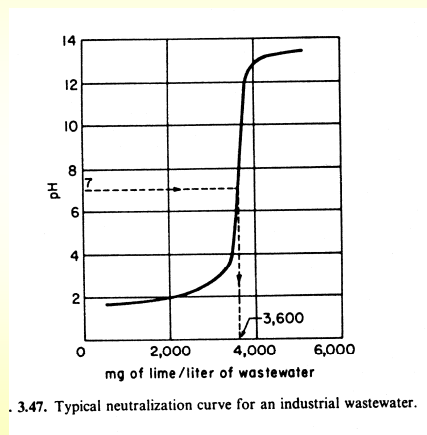


Fig. 3.46. Flow diagram of a two-stage slurrified lime neutralization system.

2 ou 3 étages pour faciliter le contrôle



Neutralisation de rejets basiques

☞ avec des acides forts:

- sulfurique [coût relatif du traitement 1]
- chlorhydrique [2.6]
- nitrique [3.5]

☞ si présence de gaz de combustion (CO_2) par bullage formation de l'acide carbonique (H_2CO_3) qui va neutraliser l'effluent basique (acide faible, contrôle facile)

Neutralisation en présence de solution tampon

- ☞ sol. tampon: le pH varie faiblement lors d'ajout de solution acide ou basique.
- ☞ cas des eaux domestiques qui peuvent tolérer plus facilement des apports acides ou basiques

Méthode numérique pour égalisation de DBO:

Bilan de DBO:

$$Q_{in}(t)DBO_{in}(t) - Q_{out}(t)DBO_{out}(t) = \frac{\partial [V(t)DBO_{out}(t)]}{\partial t}$$

Discrétisation: (si débit Q et volume V constants)

$$\frac{Q}{V} [DBO_{in}(t) - DBO_{out}(t)] = \frac{[DBO_{out}(t+dt) - DBO_{out}(t)]}{\Delta t}$$

$$DBO_{out}(t+dt) = \frac{Q}{V} [DBO_{in}(t) - DBO_{out}(t)] \Delta t + DBO_{out}(t)$$

Choisir dt assez petit, résolution avec feuille Excel:
- itération sur la valeur de V afin qu'en sortie on respecte la spécification.

Méthode numérique pour égalisation de DBO (suite)
si on a une variation dans le temps du débit et de la
charge et que l'on veuille un débit constant en sortie:

Bilan total:

$$Q_{in}(t) - Q_{out} = \frac{\partial[V(t)]}{\partial t}$$

Bilan de DBO:

$$Q_{in}(t)DBO_{in}(t) - Q_{out}DBO_{out}(t) = \frac{\partial[V(t)DBO_{out}(t)]}{\partial t}$$