

Chapitre V Procédés biologiques d'épuration des eaux usées

Procédé par Boues activées (culture libre, procédé intensif)

V.1. Généralités

C'est un procédé biologique intensif qui fait appel à des micro-organismes qui pourront dégrader la matière organique biodégradable. Ce procédé utilise les micro-organismes (bactéries) qui flottent librement dans un liquide aéré sous forme bioflocs.

Les bactéries sont dispersées sous forme de boues activées dans un bassin brassé et aéré. Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et homogénéiser le mélange des floccs bactériens et de l'eau usée. L'aération peut se faire naturellement à partir de l'oxygène de l'air ou de l'oxygène injecté dans le mélange permettant de fournir aux bactéries leur besoins respiratoire.

La séparation des deux phases liquide et solide se fait dans un décanteur secondaire. Les boues sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excès est extrait du système et évacué vers le traitement des boues.

Rappelant que ce procédé est caractérisé par une concentration en bactéries importantes, les ouvrages ont une surface moins importante et le temps de séjours est de quelques heures, en comparaison avec le procédé par lagunage (procédé extensif).

Signalant, que c'est un procédé qui convient mieux aux zones urbaines. Mais, il nécessite une automatisation et un personnel technique expérimenté.

V.2. Avantages et inconvénients du procédé à boues activés

Les différents avantages et inconvénients de différentes filières intensives d'épuration des eaux usées urbaines sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients de l'épuration par boues activées

Filière	Avantages	Inconvénients
Boues activées	➤ Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). ➤ Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification). ➤ Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles. ➤ Boues légèrement stabilisées. ➤ Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée.	➤ Coûts d'investissement assez importants. ➤ Consommation énergétique importante. ➤ Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. ➤ Sensibilité aux surcharges hydrauliques. ➤ Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser. ➤ Forte production de boues qu'il faut concentrer.

V.3. Description des équipements du procédé à boues activées

Une installation de ce type comprend les étapes suivantes (Figure 1):

- Les traitements préliminaire et, éventuellement, primaire.
- Le bassin d'activation (ou bassin d'aération) à boues activées (Figures 1 et 2) : C'est un réacteur biologique où l'eau usée après prétraitement et décantation primaire est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice (les bactéries dégradent et éliminent la matière organique sous forme de DBO₅).
- Le décanteur secondaire avec reprise d'une partie des boues, où s'effectue la séparation entre *eau/masse bactérienne*.
- Un dispositif de recirculation des boues récupérées dans le décanteur secondaire (DII) vers le bassin d'aération. Le recyclage se fait par une conduite grâce à une pompe et un débitmètre.
- Un dispositif d'agitation et d'aération où on utilise des agitateurs mécaniques de surface (turbine) ayant un double rôle :
 - 1) Oxygénation de l'eau.
 - 2) Agitation pour faciliter la diffusion de l'oxygène dans l'eau et éviter le dépôt des boues activées au fond du bassin d'aération.
- Les digesteurs des boues en excès provenant des décanteurs.

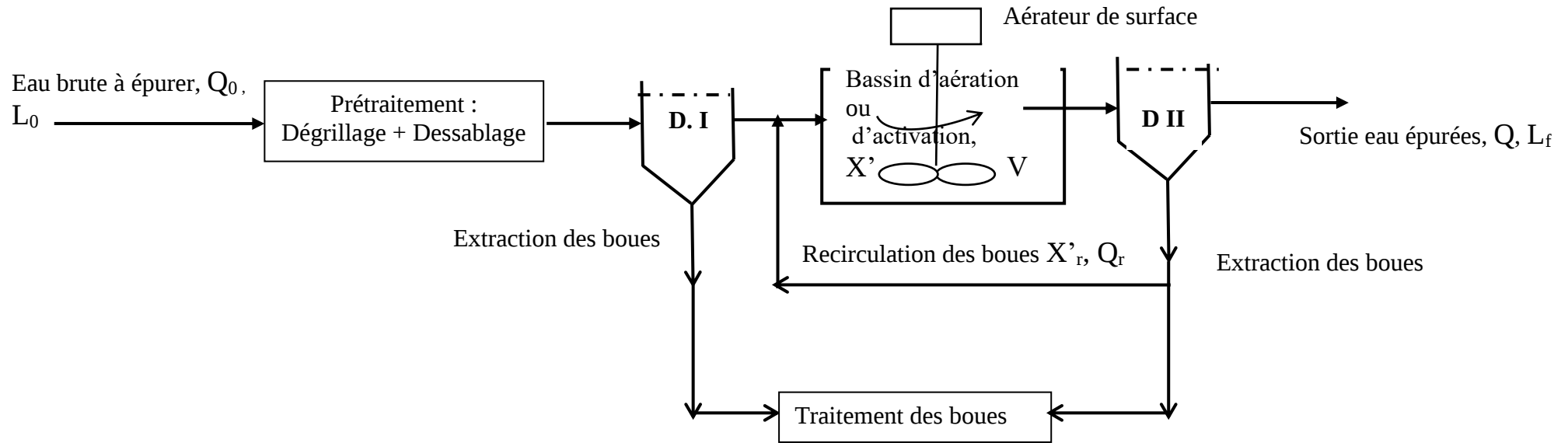


Figure 1 : Schéma général d'une station d'épuration à boues activées

Q : débit d'eau usée (m^3/j)

Q_b : débit des boues en excès (m^3/j)

Q_r : débit des boues recirculées (m^3/j)

L_0 : DBO₅ à l'entrée du bassin d'activation (Kg/j)

L_f : DBO₅ à la sortie du bassin d'activation (Kg/j)

X' : concentration en boues activées exprimés en MVS

V : volume du bassin d'activation

X'_r : concentration en boues activées recirculées

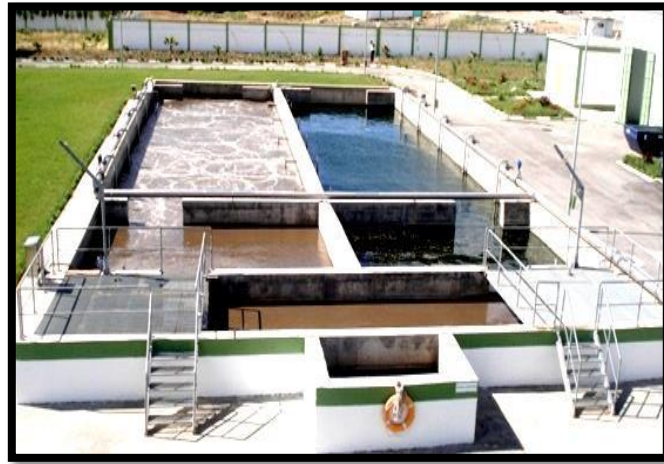


Figure 2 : Bassin biologique (bassin d'aération) de la STEP de Timgad (Algérie)

V.4. Paramètres de fonctionnement du réacteur biologique

Les paramètres technologiques qui caractérisent les systèmes à boues activées sont :

- La charge massique (C_m)
- La charge volumique (C_v)
- La production des boues
- La durée d'épuration (t_s)
- La quantité de l'oxygène consommé
- Rendement épuratoire

a) Charge de l'installation

➤ La charge massique (C_m)

La charge massique s'exprime par le rapport entre la pollution appliquée journallement ; en kg DBO₅ (quantité de substrat DBO₅ entrant journalièrement) et la masse de matière épuratrice, en kg de poids sec des boues contenues dans le réacteur biologique exprimées en MVS:

$$C_m = \frac{DBO_5(Kg/j)}{Biomasse(Kg\ MVS)} = \frac{L_0}{X}$$

Avec

L₀: concentration en DBO₅ à l'entrée de l'aérateur (charge polluante journalière a traitée) (kg DBO₅/j)

X : La masse en MVS (KgDBO₅/j)

$$X = X' \cdot V \quad \text{avec} \quad X' = \frac{X}{V}$$

V : volume du bassin d'aération (m³).

X': La concentration de MVS (Kg DBO₅/m³.j)

➤ Charge volumique

C'est le rapport de la pollution journalière reçue en Kg DBO₅/j au volume du bassin d'aération en m³. C'est-à-dire, il correspond au quotient du poids journalier DBO₅ appliqué ; rapporté au volume unitaire du bassin d'aération.

$$C_v = \frac{DBO_5(Kg/j)}{Volume\ du\ bassin\ (m^3)} = \frac{L_0}{V}$$

C_v est exprimé en (kg DBO₅ / m³.j)

b) Le temps de séjour

$$\frac{L_f}{L_0} = \frac{1}{1 + K X' t_s}$$

Avec :

L₀ : La DBO₅ (Kg/j Ou mg/l) à l'entrée du réacteur biologique

L_f : La DBO₅ (Kg/j Ou mg/l) à la sortie du réacteur biologique

K : Coefficient de dégradation de la DBO₅ par les boues activées

X' : Concentration en boues activées (g/l)

c) Rendement épuratoire

$$R\% = \frac{L_0 - L_f}{L_0}$$

d) Besoin en oxygène

Afin de garantir aux micro-organismes des conditions satisfaisantes de croissance tout en assurant un fonctionnement normal ; il faudrait maintenir la concentration en oxygène dans le bassin d'aération supérieur à **2 mg /l** en tout temps et quel que soit la charge.

Les besoins en oxygène sont donnés par :

$$QO_2 = a'Le + b'X$$

QO_2 : Quantité d'oxygène en (Kg/j)

a' et b' ; Coefficients respirométriques dans les valeurs sont données selon le procédé

Le : DBO₅ éliminée $Le = L_0 - L_f$

$$X = X' \cdot V$$

$a'Le$: Quantité d'oxygène pour la dégradation de la DBO₅

$b'X$: Quantité d'oxygène pour le système bactérien

Par mesure de sécurité, on majore la quantité d'oxygène pour tenir compte de la période sur laquelle arrive la pollution maximale.

$$QO_{2 \text{ majoré}} (\text{Kg/h}) = \frac{a'Le}{14 \text{ à } 18} + \frac{b'X}{24}$$

Pour calculer la consommation d'oxygène en pointe, c'est pour tenir compte de la capacité d'oxygénation de l'aérateur utilisé, on doit aussi apporter une concentration β à la quantité d'oxygène, donc

$$Q'O_2 (\text{Kg/h}) = \frac{QO_{2 \text{ majoré}}}{\beta}$$

V.5. Différentes variantes de l'installation

a) Les procédés fonctionnant à très faible et à faible charge :

À très faible charge, c'est-à-dire en aération extensive ou prolongée : C'est un cas particulier du lagunage à aération artificielle.

- **A très faible charge :**

$$C_m < 0,1 \text{ (Kg DBO}_5\text{/j)}$$

$$C_v < 0,35 \text{ (Kg DBO}_5\text{/j.m}^3\text{)}$$

$$X' = 4 \text{ à } 6 \text{ g/l}$$

$$K = 0,4 \text{ à } 0,8$$

Rendement épuratoire $R > 95\%$

Temps de séjours assez longs au moins 24 heures

- **En faible charge** on opère à des charges:

$$0,1 \leq C_m < 0,2 \text{ (kg DBO}_5\text{ / kg MVS.j)}$$

$$0,35 \leq C_v < 0,5 \text{ (Kg DBO}_5\text{/j.m}^3\text{)}$$

$$3 \leq \text{Conc en MVS} = X' \leq 4 \text{ g/l}$$

$$K = 1$$

Rendement épuratoire $R \approx 90\%$ jusqu'à 95% , Temps de séjours assez longs 12 à 24 heures

b) Les procédés conventionnels (moyenne charge) :

C'est la variante la plus utilisée pour les stations d'épuration urbaines. Le fonctionnement à une charge moyenne généralement comprise entre:

$$0,2 < C_m < 0,5 \text{ kg DBO}_5\text{ / kg MVS.j}$$

$$0,5 < C_v < 2 \text{ kg DBO}_5\text{ / m}^3\text{ j}$$

$$2,5 \leq \text{Conc en MVS} = X' \leq 3 \text{ g/l}$$

$$K = 1$$

Rendement épuratoire $R \approx 80\%$ jusqu'à 90% un peu moins faible

Temps de séjours quelques heures, la surface du bassin plus faible.

c) Les procédés en haute charge :

Système utilisé pour les eaux peu polluées et petites installations (hôpitaux, hôtels,).

Correspond à:

$$C_m > 1 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS.j}$$

Généralement entre 1,5 et 2,5

$C_v > 2 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \text{ j}$ pouvant atteindre 5-6 en particulier dans les procédés de traitement à l'oxygène pur.

Le temps de séjours est très court (1 à 3 heures)

$$K = 1,4$$

Finalement le tableau 2 présente les rendements des différents polluants des eaux usées qui pourront être obtenu pour un procédé à boues activées.

Tableau 2 : Rendements de traitements par boues activées

Rendement % (Charge massique)	MES	DBO ₅	DCO	NGL	P
Forte charge	70-92	65-87	60-83	<10	<20
Moyenne charge	88-96	90-93	86-88	30-40	<20
Très faible charge	88-97	93-97	88-92	40-92	<30