



**Sustainable Water  
Integrated Management (SWIM) -  
Support Mechanism**



Project funded by  
the European Union

*Water is too precious to waste*

**DEUX JOURS DE FORMATION SUR LE FONCTIONNEMENT ET LA GESTION  
DES STEPS**

**9-10 Septembre, 2013 Murcia**

**Conception conventionnelle des STEPS**

***Présenté par: Antonio Gomez Lopez***

# Module V: Infrastructures - Création d'une STEP conventionnelle

## Table des matières

- Principes de base de création d'une STEP.
- Problèmes rencontrés dans la création d'une STEP.
- Conception d'une STEP conventionnelle.
  - ✓ Prétraitement.
  - ✓ Traitement primaire.
  - ✓ Traitement secondaire.
  - ✓ Traitement tertiaire.
- Références

## Principes de base de création de WWTP

- Caractéristiques des eaux usées.
- Exigences de qualité de l'eau traitée.
- Contraintes géographiques.
- Contraintes sociales et environnementales.
- Contraintes économiques.
- Technologies disponibles.

## Caractéristiques des eaux usées

- **Caractéristiques quantitatives.**
  - ✓ Débit d'écoulement. Débit moyen, maximal et maximum durant la saison des pluies.
  - ✓ Débit variable selon les saisons.
  - ✓ Estimation des débits futurs.
- **Caractéristiques qualitatives.**
  - ✓ BOD5, COD, TSS.
  - ✓ Ph, alcalinité.
  - ✓ N, P.

## Exigences de qualité de l'eau traitée

- Usage final de l'eau traitée.
- Caractéristiques de l'environnement.
- Contraintes juridiques.

## Contraintes géographiques

- Disponibilité du terrain.
- Situation des sources d'eaux usées.
- Contraintes climatiques.

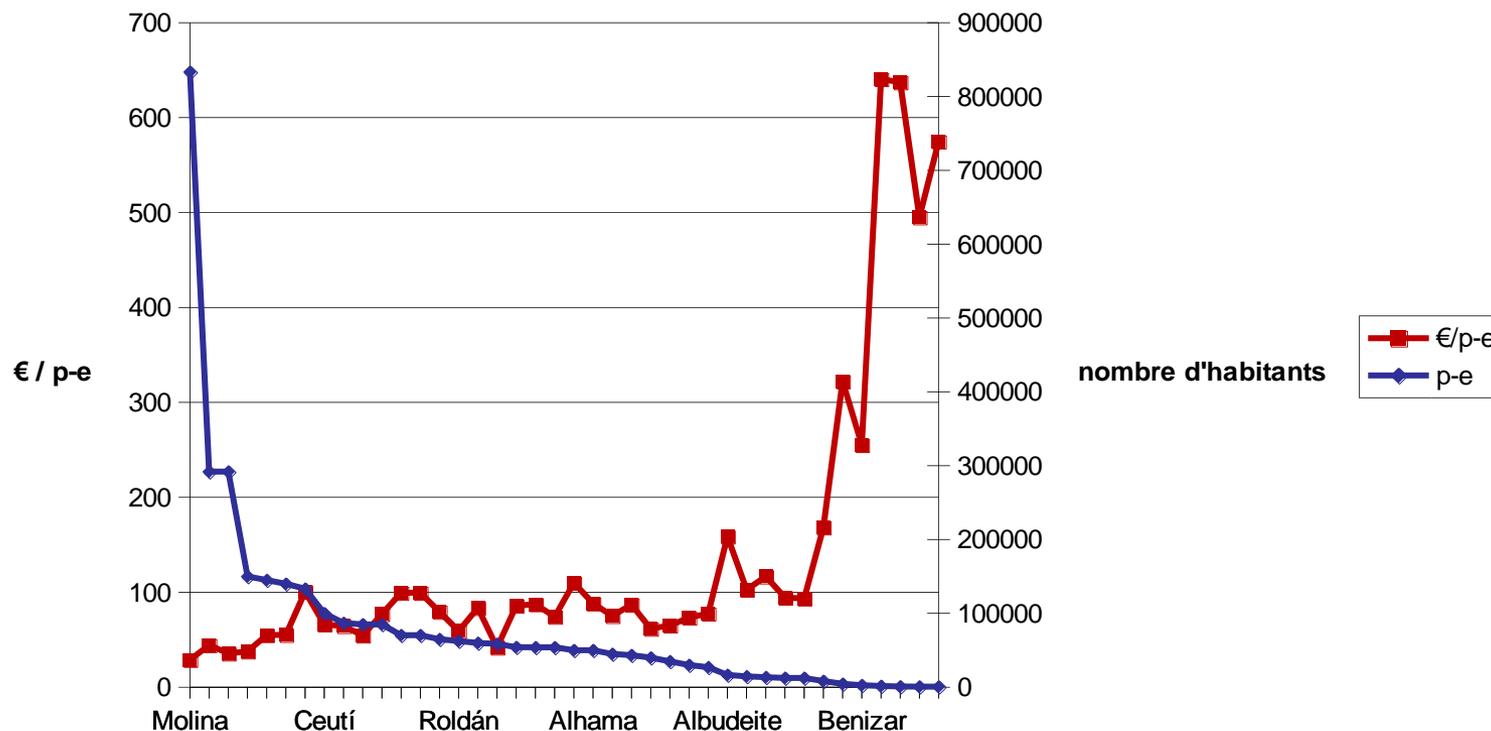
## Contraintes sociales et environnementales

- Proximité de zones résidentielles.
- Mesures pour réduire les effets néfastes sur l'environnement.
  - ✓ Bruit.
  - ✓ Odeurs.
- Intégration dans le paysage.
- Contraintes juridiques.

## Contraintes économiques

- Frais de construction.
- Coûts de fonctionnement et de maintenance.
  - ✓ Frais annuels F&E.
  - ✓ Remplacement futur de l'équipement.
  - ✓ Mettre en place des systèmes pour garantir un revenu pour le futur fonctionnement et entretien.

## Coûts de construction d'une STEP conventionnelle



## Technologies disponibles

- Évaluer les unités et processus.
- Sélectionner les technologies adéquates.
- ✓ Besoins en personnel.
- ✓ Complexité de fonctionnement.

## Problèmes rencontrés dans la création d'une STEP

- Construction.
- fonctionnement et Entretien.
- Sécurité du personnel.
- Autres problèmes.

## Problèmes rencontrés dans la création d'une STEP

### ➤ Construction:

- ✓ Résistance mécanique.
- ✓ Imperméabilité des éléments.
- ✓ Stabilité de la structure.
- ✓ Matériel résistant aux environnements corrosifs.

## Problèmes rencontrés dans la création d'une STEP

- **fonctionnement et Entretien:**
  - ✓ Plusieurs installations parallèles pour chaque processus.
  - ✓ Portes ou valves d'ouverture et de fermeture pour retirer les éléments en service pour maintenance.
  - ✓ Assèchement des bassins et autres éléments.
  - ✓ Interchangeabilité de l'équipement.
  - ✓ Mesure et enregistrement des débits.

## Problèmes rencontrés dans la création d'une WWTP

- Sécurité du personnel.
- ✓ Éviter, si possible, les espaces confinés.
- ✓ Contrôle équipement de gaz.
- ✓ Ventilation.
- ✓ Clôtures et murs.

## Problèmes rencontrés dans la création d'une STEP

- **Autres problèmes.**
  - ✓ Systèmes de traitement des odeurs.
  - ✓ Réduction du bruit.
  - ✓ Efficacité énergétique.
  - ✓ Génération de courant électrique d'urgence.
  - ✓ Besoins futurs en traitement.

## Création d'une STEP conventionnelle

- Traitements de base.
- ✓ Traitement des eaux usées.
- ✓ Traitements de la boue.
- ✓ Traitements du gaz.

## Création de traitements des eaux usées

- Procédés unitaires principaux dans le traitement des eaux usées.
  - ✓ Prétraitement.
  - ✓ Traitement primaire. (Traitement physique et chimique)
  - ✓ Traitement secondaire. (Traitement biologique)
  - ✓ Traitement secondaire avancé. (Élimination des nutriments)
  - ✓ Traitement tertiaire. (Réutilisation de l'eau)

## Prétraitement

- Élimination, par des moyens physiques et mécaniques, des matières grossières, sable et graisse qui pourrait endommager l'équipement.
- Débit d'écoulement:  $5 \times Q_{\text{moyenne}}$
- Nécessite habituellement un traitement contre l'odeur.
- Procédés unitaires habituels:
  - ✓ Élimination des solides volumineux.
  - ✓ Contrôle.
  - ✓ Élimination du sable et de la graisse.
  - ✓ Égalisation des débits.

## Élimination des solides volumineux

- Fond de la fosse inclinée pour collecte des solides volumineux équipée d'éliminateur mécanique.
- Paramètre de conception:
  - ✓ Débit de surverse:  $\leq 300\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$  (Qécoulement)
  - ✓ Temps de rétention: 0,5-1,0 min (Qécoulement)
  - ✓ Profondeur type:  $> 2 \text{ m}$

## Contrôle

- Retient les solides trouvés dans les effluents des eaux usées.
- Dégrilleurs grossiers.
  - ✓ Grilles → ouverture de 20 à 60 mm
  - ✓ Tamis → ouverture de 6 à 12 mm
- Grilles fines.
  - ✓ Tamis fins → ouverture de 0,25 à 3 mm

## Dégrilleurs grossiers

- Dégrilleurs grossiers nettoyés à la main → petite WWTP
- Dégrilleurs grossiers nettoyés mécaniquement.
- Plusieurs dispositifs parallèles ou canaux de dérivation pour rendre l'entretien possible.
- Paramètre de conception:
  - ✓ Vitesse d'afflux →  $> 0,4 \text{ m/s}$  (Qminimum)
  - >  $0,9 \text{ m/s}$  (Qécoulement)
  - ✓ Vitesse à travers la grille →  $< 1,0 \text{ m/s}$  (Qminimum)
  - >  $1,4 \text{ m/s}$  (Qécoulement)

## Dégrilleurs grossiers

### ➤ Paramètre de conception:

✓ Perte de charge permise

(30 % bouché) → 0,1 a 0,2 m (Grilles)

0,2 a 0,4 m (Tamis)

✓ Largeur du canal:

$$W = \frac{Q}{V \times H} \times \frac{E + e}{E} \times C$$

W: Largeur du canal (m)

Q: Débit d'écoulement dans le canal (m<sup>3</sup>/s)

V: Vitesse d'écoulement dans la grille (m/s)

H: Niveau de l'eau en amont de la grille (m)

e: Largeur de la barre (m)

E: Espacement entre les barres (m)

C: Coefficient pour le degré d'encrassement, 1,3.

## Grilles fines

- Élimination du BOD5 entre 10 - 15 %
- Grilles fines auto-nettoyantes.
  - ✓ Perte de charge totale → 0,1 a 0,4 m
- Étape de sélection.
  - ✓ Perte de charge totale → de 0,2 à 0,5 m
- Grilles à tambour tournant.
  - ✓ Perte charge totale → à 2 m
- Tamis à grilles.
  - ✓ Perte de charge totale → 0,2 a 0,4 m

## Élimination du sable et de la graisse

- Élimination des poussières (sable, gravier, cendres,...), graisse et autre matériau flottant.
- Normalement la poussière et la graisse sont enlevées facilement, mais ces procédés peuvent être conçus comme des installations indépendantes.
- Paramètre de conception (Élimination du G&G cellulaire):
  - ✓ Débit de surverse:  $< 35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$  ( $Q_{\text{peak}}$ )
  - ✓ Vitesse horizontale:  $< 0,15 \text{ m/sec}$
  - ✓ Temps de rétention: 10-15 min ( $Q_{\text{moyenne}}$ )
  - ✓ Rapport entre longueur et largeur: 3:1 - 5:1 (4:1, environ)

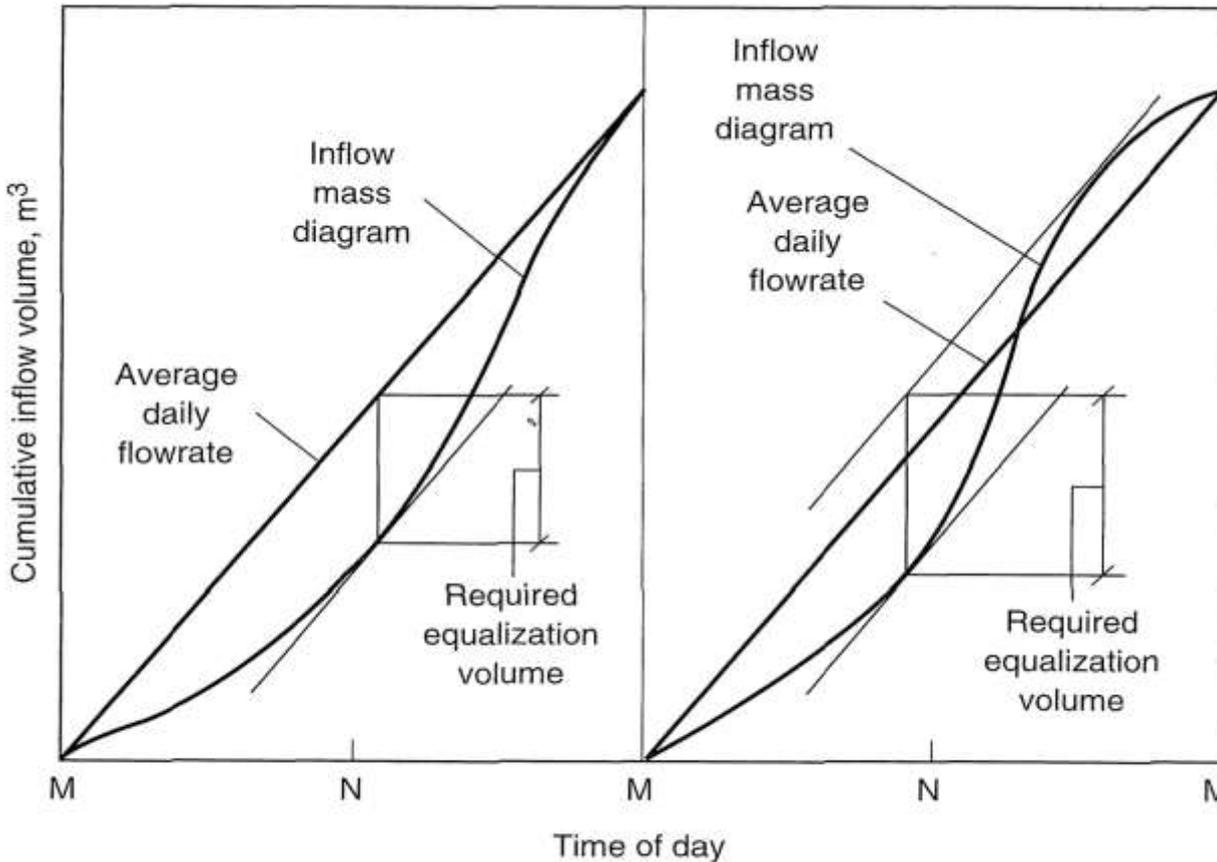
## Élimination du sable et de la graisse

- Paramètre de conception (Élimination du G&G cellulaire):
  - ✓ Rapport largeur/profondeur: 1:1 - 5:1. (1,5-1 environ)
  - ✓ Profondeur: 2-5 mètres
  - ✓ Approvisionnement en air estimé: 5-8 m<sup>3</sup>/h
  - ✓ Matière organique dans la poussière: < 5%
- Traitement complémentaire:
  - ✓ Classificateur.
  - ✓ Concentrateur de graisse.

## Égalisation des débits

- Amortissement des variations du débit pour atteindre un débit constant ou presque constant.
- En ligne ou hors ligne.
- Le volume nécessaire est déterminé en utilisant un diagramme de flux cumulatif.
- Problèmes de conception:
  - ✓ La géométrie doit être modifiée pour minimiser les courts-circuits.
  - ✓ Nécessite généralement un mélange et aération propres.
  - ✓ Installations pour le rinçage des solides et de la graisse accumulée sur le bassin.
  - ✓ Élimination de la matière flottante.
  - ✓ Installations de contrôle des odeurs séparées.

# Module V: Infrastructures - Création d'une STEP conventionnelle



(a) Flowrate pattern A

(b) Flowrate pattern B

Diagrammes schématiques pour déterminer le volume de stockage nécessaire du bassin d'égalisation pour deux débits types.

## Traitement primaire

- Réduire les solides en suspension par sédimentation avec traitement physique et chimique optionnel.
- L'efficacité de l'élimination du BOD et TSS varie selon le type de traitement.
- Débit d'écoulement:  $2,5 \times Q_{moyenne}$
- Procédés unitaires habituels:
  - ✓ Séparation solide-liquide → Décantation primaire
  - ✓ Procédés complémentaires → Coagulation-Floculation

## Sédimentation primaire

- Élimine les solides décantables et les matières flottantes par séparation par gravité.
- Élimination BOD et T.S.S.:
  - ✓ BOD5 → **30 – 35 %**
  - ✓ T.S.S. → 60 - 65 %
- Type de bassins de décantation primaire:
  - ✓ Clarificateurs classiques:
    - Circulaire.
    - Rectangulaire.
  - ✓ Clarificateurs empilés.
  - ✓ Clarificateurs de décantation lamellaire.

## Sédimentation primaire

### ➤ Paramètres de conception principaux:

- ✓ Débit de surverse →  $< 1,3 \text{ m/h}$  ( $Q_{\text{moyenne}}$ )  
 $< 2,5 \text{ m/h}$  ( $Q_{\text{écoulement}}$ )
- ✓ Temps de rétention →  $> 2 \text{ h}$  ( $Q_{\text{moyenne}}$ )  
 $> 1 \text{ h}$  ( $Q_{\text{écoulement}}$ )
- ✓ Débit de chargement →  $< 40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- ✓ Profondeur des parois →  $2 - 3,5 \text{ m}$
- ✓ Pente de fond → Circulaire  $5 - 10 \%$   
Rectangulaire  $1 - 2 \%$

## Coagulation - Flocculation

- Améliorer la performance de la décantation primaire en augmentant l'élimination du TSS et BOD.
- Coagulation.
  - ✓ La déstabilisation chimique des colloïdes pour provoquer leur aggrégation lors de la flocculation.
- Flocculation.
  - ✓ Formation d'agrégats ou de flocs de particules finement divisées et de particules chimiques déstabilisées pouvant être facilement éliminées par décantation.
- Élimination BOD et T.S.S.:
  - ✓ BOD5 → **50 – 75 %**
  - ✓ T.S.S. → 65 - 90 %

## Coagulation - Flocculation

- Paramètres de conception:
  - ✓ Temps de rétention et flocculation → > 15 min.
  - ✓ Vitesse de flocculation → 0,6 - 1,5 m/s
- Dosage chimique pour la coagulation:

<u>Chimique</u>	<u>Dosage recommandé</u> <u>(mg/l)</u>
Lime [Ca(OH) <sub>2</sub> ]	150 - 500
Aluminium sulfate [Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ]	75 - 250
Chlorure ferrique [FeCl <sub>3</sub> ]	35 - 150
Polymères cationiques	2 - 5
Polymères anioniques et non ioniques	0,25 - 1

## Traitement secondaire

- Transformer ou éliminer les constituants biodégradables dissous, les solides colloïdaux ou nutriments par des moyens biologiques.
- De nombreux procédés dans une STEP sont conçus pour imiter les processus de traitements naturels survenant dans les masses d'eau naturelles ou dans le sol.
- Types de traitements biologiques des eaux usées:
  - ✓ Procédés de cultures fixées.
  - ✓ Procédés à croissance suspendue.
  - ✓ Procédés combinés.
  - ✓ Procédés fosses.

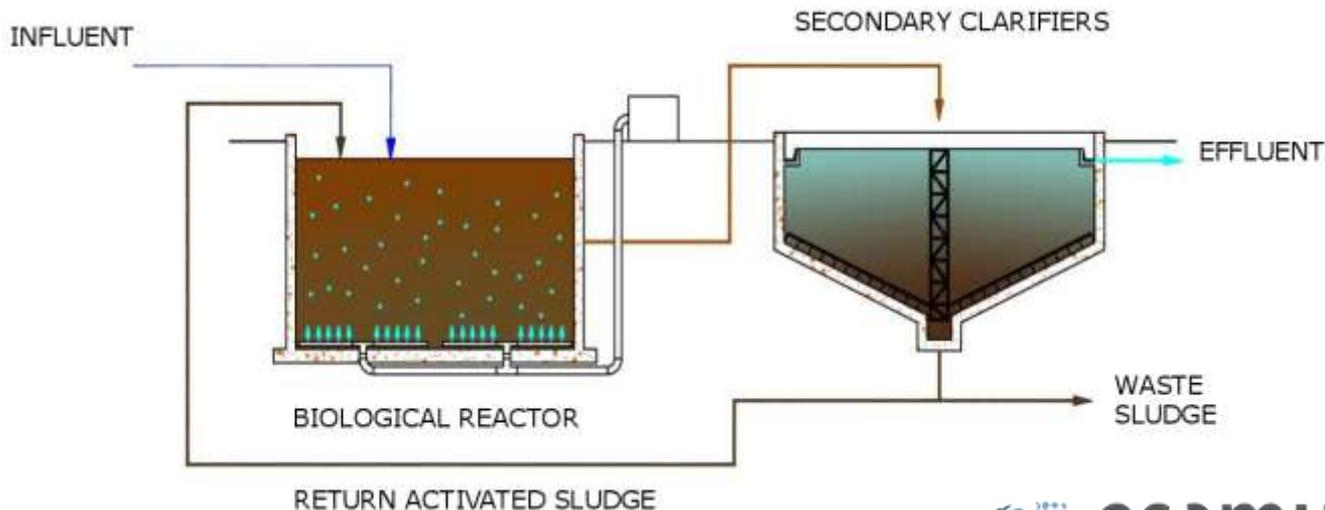
## Boue activée conventionnelle

- Le procédé de croissance suspendu le plus commun utilisé pour le traitement des eaux usées municipales.
- Caractéristiques:
  - ✓ Fiable.
  - ✓ Flexible.
  - ✓ Haute performance.
  - ✓ Frais de fonctionnement et de maintenance relativement élevés.
- Plusieurs types de procédés:
  - ✓ Procédés aérobie, anaérobie, anoxiques.
  - ✓ Élimination du BOD carboné, nitrification, dénitrification, élimination du phosphore.

# Module V: Infrastructures - Création d'une STEP conventionnelle

## Boue activée conventionnelle

- Opérations de base:
  - ✓ Dégradation biologique.
  - ✓ Séparation liquides-solides.
  - ✓ Boues activées recyclées.

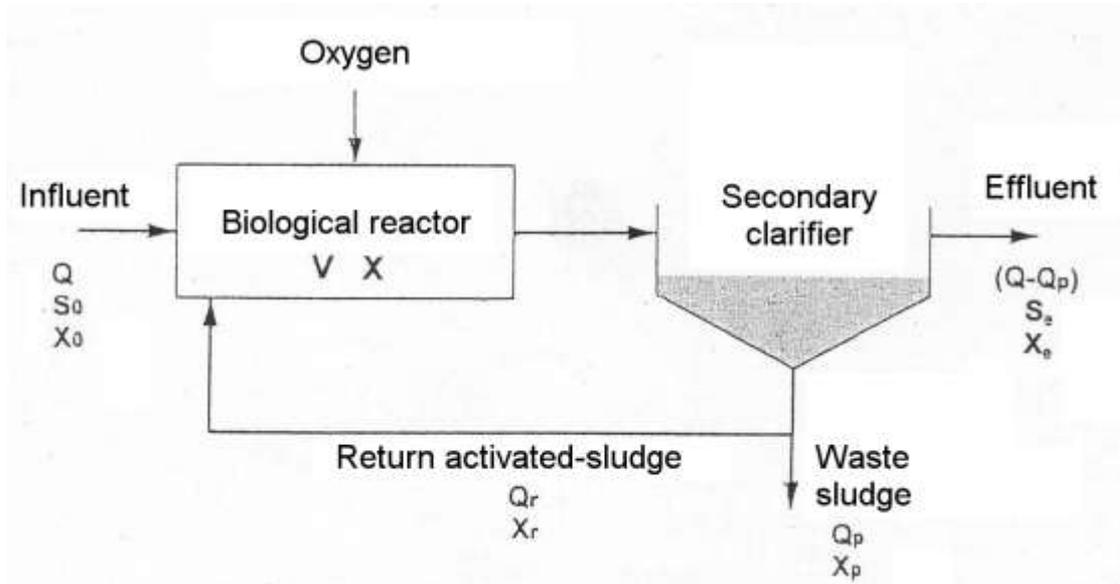


## Dégradation biologique

- Les microorganismes consomment des substrats (carbone et sources d'énergie) et des nutriments pour réaliser des réactions d'oxydation-réduction pour produire de nouvelles cellules.
- Considérations générales:
  - ✓ Caractéristiques du substrat.
  - ✓ Nutriments.
  - ✓ Besoins en transfert d'oxygène.
  - ✓ Température, ph et salinité.
  - ✓ Substances toxiques ou inhibitrices.

# Module V: Infrastructures - Création d'une STEP conventionnelle

## Conception de la boue activée



- $Q$  = Débit d'infiltration secondaire (m<sup>3</sup>/jour)
- $S_0$  = [BOD5] Infiltration secondaire (mg/l)
- $X_0$  = [TSS] Infiltration secondaire (mg/l)
- $S_0$  = [BOD5] Infiltration (mg/l)
- $X_e$  = [TSS] Infiltration (mg/l)
- $V$  = Volume réacteur biologique (m<sup>3</sup>)
- $X$  = [VSS] Liqueur mixte (mg/l)
- $Q_r$  = Débit de boues réacheminées (m<sup>3</sup>/h)
- $X_r$  = [TSS] boues réacheminées (mg/l)
- $Q_p$  = Débit de boues produites (m<sup>3</sup>/h)
- $X_p$  = [TSS] Boues produites (mg/l) ( $X_p = X_r$ )

## Conception de la boue activée

$$F/M = Q \times S_o / V \times X$$

### ➤ Paramètres de conception:

✓ Rapport alimentation au microorganisme (F/M)  $\theta_c = V \times X / Q_p \times X_r$

→

✓ Temps de séjour de la cellule ( $\theta_c$ ) →  $RT = V/Q$

✓ Temps de rétention (RT) →

✓ Performance (P) →  $P = (S_o - S_e) / S_o$

## Conception de la boue activée

- **Volume réacteur.**
  - ✓ Utilisant le temps de séjour de la cellule.
  - ✓ Rapport alimentation à microorganisme.
  - ✓ Matières solides en suspension dans la liqueur mixte [MLSS]:
    - Conventionnelle → 2.500-3.500 mg/l
    - Aération prolongée → 3.000-5.000 mg/l
- **Besoins en oxygène.**
  - ✓ Oxydation de matière carbonée.
  - ✓ Respiration endogène.
  - ✓ Oxydation de matière azotée.

## Nitrification - Dénitrification

### ➤ Nitrification.

✓ Procédé biologique à deux étapes dans lequel l'ammoniac ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) oxyde en nitrite ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) et le nitrite est oxydé en nitrate ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ).

- Le procédé nécessite un temps de rétention solide et hydraulique beaucoup plus long.
- Nécessite plus d'oxygène.
- Ph (7,2 - 8,5) et alcalinité ( $> 40 \text{ g CO}_3\text{Ca/l}$ ).

### ➤ Dénitrification.

✓ Réduction biologique des nitrates ou d'oxyde nitrique, d'oxyde d'azote et d'azote.

- Nécessite une source de carbone ( $3 \text{ g BOD/g N-NO}_3$ ).
- Nécessite des conditions anoxiques.
- Ph (7 - 8).

## Conception des installations physiques pour les procédés A-S

- Une forme rectangulaire ouverte sur l'atmosphère.
- La géométrie doit être modifiée pour éviter les courts-circuits.
- Profondeur des eaux usées entre 4 - 9 m.
- Franc-bord > 0,5 m.
- Doit permettre aux débits en heure de pointe d'être portés par un bassin d'aération hors service.
- Égaliser la distribution du flux et de l'air dans les bassins d'aération.
- Système de contrôle Froth.

## Séparation liquides-solides

### ➤ Clarification secondaire.

- ✓ Règle le floc biologique pour produire de l'eau contenant de faibles niveaux de matière organique et matière suspendue.
- ✓ Boue épaissie pour retourner au bassin d'aération.
- ✓ Limiter le temps de rétention de la boue pour prévenir une dénitrification incontrôlée ou des conditions anaérobiques.

### ➤ Types de cuves de décantation.

- ✓ Bassins circulaires avec système de raclage du fond.
- ✓ Bassins circulaires avec système d'aspiration de la boue.
- ✓ Bassins rectangulaires avec raclage.
- ✓ Clarificateurs de décantation lamellaire.

## Clarification secondaire

- Paramètres de conception principaux:
  - ✓ Débit de surverse ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ )
  - ✓ Charge des solides ( $\text{kg S.S.}/\text{m}^2 \text{ h}$ )
  - ✓ Débit de chargement ( $\text{m}^3/\text{m} \text{ h}$ )
  - ✓ Profondeur des parois.
  - ✓ Index de volume de la boue.
- Autres problèmes de conception:
  - ✓ Distribution de flux.
  - ✓ Élimination de l'écume.

## Réacheminement de la boue activée et évacuation de la boue

### ➤ Boues activées recyclées.

✓ Maintient d'une concentration suffisante de boue activée dans le bassin d'aération.

✓ Concentration de réacheminement de la boue → 6 - 8 g/l (racleurs)

5 - 6 g/l (aspiration)

✓ Pompage de la boue réacheminée → 75 - 100 % (conventionnel)  
100 -150 % (aération prolongée)

### ➤ Évacuation de la boue.

✓ Éliminer l'excès de boue activée produite chaque jour au traitement.

# Module V: Infrastructures - Création d'une STEP conventionnelle

## Résumé des paramètres de conception

Bassin d'aération	Conventionnel	Aération prolongée
Taux de rapport alimentation à microorganisme (kg BOD5 jour/kg MLSS jour)	0,2-0,4	<0,1
Temps de séjour de la cellule (kg MLSS/kg boue produite jour)	4-10	10-30
Concentration MLSS (mg/l)	2500-3500	3000-5000
Temps de rétention (h)	3-8	18-36
Retour de la boue activée	Conventionnel	Aération prolongée
Taux de pompage de la boue réacheminée (%Qr/Q)	75-100	100-150

# Module V: Infrastructures - Création d'une STEP conventionnelle

## Résumé des paramètres de conception

Seconde clarification	Conventionnel	Aération prolongée
Débit de surverse $Q_{moyenne}$ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> -h)	<0,7	<0,5
Qécoulement (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> -h)	< 1,4	<0,9
Charge des solides $Q_{moyenne}$ (KgSS/m <sup>3</sup> -h)	<2,4	<1,8
Qécoulement (KgSS/m <sup>3</sup> -h)	<4,5	<3,2
Débit de chargement $Q_{moyenne}$ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> -h)	<6	
Qécoulement (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> -h)	<12	
Profondeur des parois (m)	>3,0	
Index de volume de la boue	100-150	75-100

## Traitement tertiaire

- Traitements supplémentaires nécessaires pour enlever les matières suspendues, colloïdales et dissoutes restantes après traitement conventionnel secondaire.
- Généralement pour répondre à des exigences de rejet et réutilisation plus rigoureuses et désinfection des eaux usées.
- Procédés unitaires habituels:
  - ✓ Égalisation des débits
  - ✓ Coagulation - Flocculation
  - ✓ Sédimentation (Lamellar)
  - ✓ Filtration
  - ✓ Désinfection Cl<sub>2</sub> ou UV

## Traitements tertiaires physiques-chimiques

- **Égalisation des débits.**
  - ✓ Amortissement des variations du débit pour atteindre un débit constant.
  - ✓ Couvrir le bassin d'égalisation pour éviter la prolifération d'algues à la lumière du jour.
- **Coagulation - Flocculation.**
  - ✓ Similaire au traitement primaire.
- **Sédimentation lamellaire.**
  - ✓ Débit de surverse lamellaire conventionnel  $\rightarrow < 10 \text{ m/h}$
  - ✓ Débit de surverse lamellaire ballasté  $\rightarrow < 40 \text{ m/j}$

## Filtration

- Retire les matières en suspension dans un liquide en le passant dans un filtre moyen.
- Filtration profonde.
  - ✓ Lit de filtrage constitué d'un matériau granulaire.
  - ✓ Données de conception:
    - Profondeur sable → 900 - 1.000 (typical 1.200 mm)
    - Filtration → 80 - 400 l/m<sup>2</sup> min (typical 200 l/m<sup>2</sup> min)
    - Eaux de lavage → 1750 - 1500 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h (Air)  
25 - 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h (Eau)
    - Perte de charge permise.
- Filtration de surface.
  - ✓ Tamisage mécanique en passant le liquide à travers un septum fin.
  - ✓ Données de conception par le fabricant.

## Désinfection

➤ Destruction partielle des organismes causant des maladies.

➤ Agents chimiques.

✓ Chlore et ses composants (normaux), brome, iode, ozone et autres.

✓ Données de conception de la désinfection au chlore: 1

• Dose de chlore → 8 - 16 mg/l

• Temps de contact →  $\geq 30$  min.

1 Effluent filtré nitrifié et désinfection total de coliformes de  $\leq 2,2$  MPN/100 ml.

➤ Agents physiques.

✓ Lumières (rayons UV), chaleur et ondes sonores.

✓ Configurations de systèmes de désinfection UV:

• Système de canaux d'ouverture et fermeture.

• Données de conception par le fabricant. 2

2 Etre attentif au transmission UV.

## Références

- ATV-DVWK- A131 E (2000). Dimensionamiento de plantas de fangos activados de una etapa.
- J. A. CORTACANS (2010). Fangos activados. Eliminación de nutrientes. 2ª edición.
- DEGREMONT (1991). Water treatment handbook. Degremont.
- A. HERNÁNDEZ (1999). Depuración de aguas residuales
- C.P. LESLIE-G.T. DAIGGER-H.C. LIM (1999). Traitement biologique des eaux usées
- METCALF-EDDY (2004). Ingeniería des eaux usées. Traitement et réutilisation.

مع خالص شكري  
وامتناني

Thank you  
for your attention

Merci pour  
votre attention



*Pour des informations ultérieures veuillez contacter:  
Mécanisme d Soutien a la Gestion Intégrée Durable de l'Eau sur:  
[info@swim-sm.eu](mailto:info@swim-sm.eu) ou consultez [www.swim-sm.eu](http://www.swim-sm.eu)*