



**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.

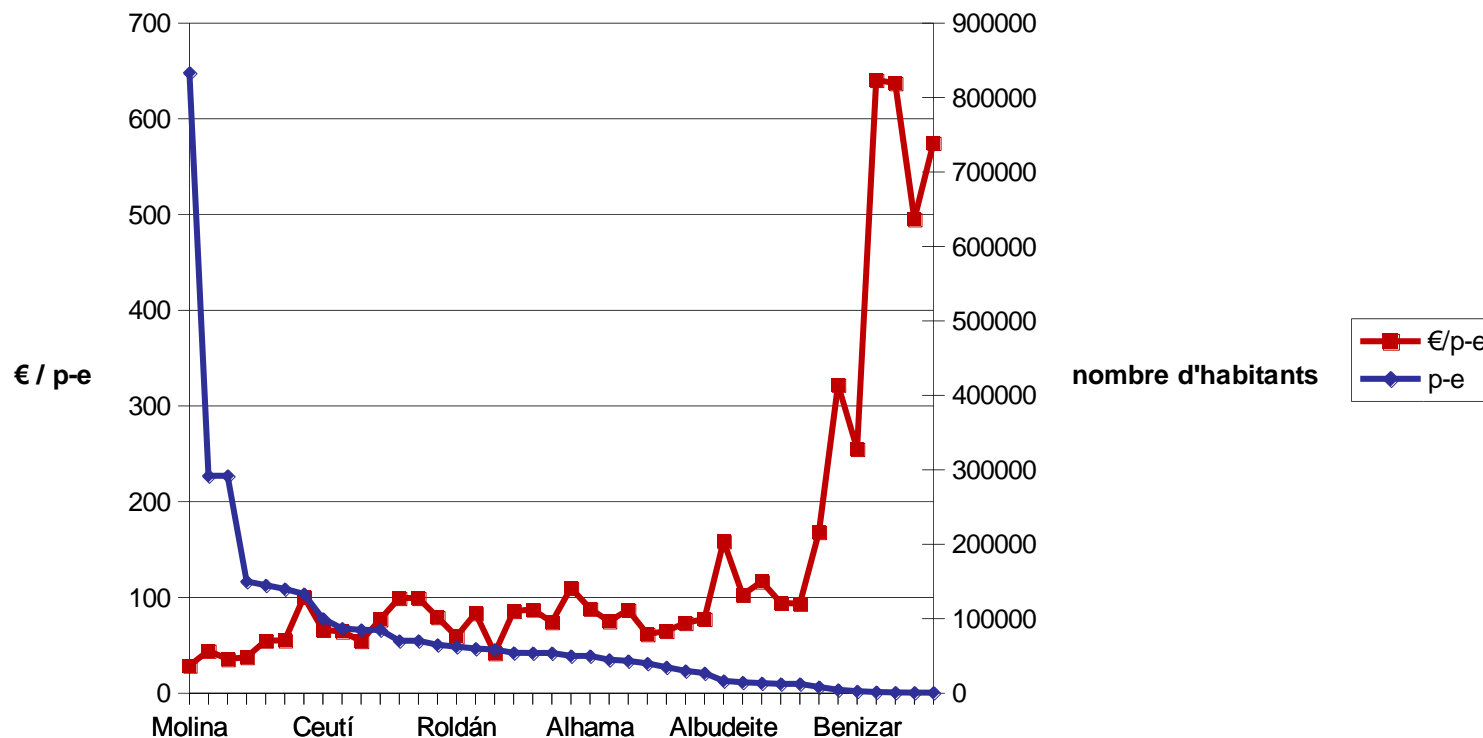
Contraintes sociales et environnementales

- 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: $5 \times Q_{moyenne}$
- 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 (m³/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_{peak})
 - ✓ Vitesse horizontale: $< 0,15 \text{ m/sec}$
 - ✓ Temps de rétention: 10-15 min (Q_{moyenne})
 - ✓ Rapport entre longueur et largeur: 3:1 - 5:1 (4:1, environ)

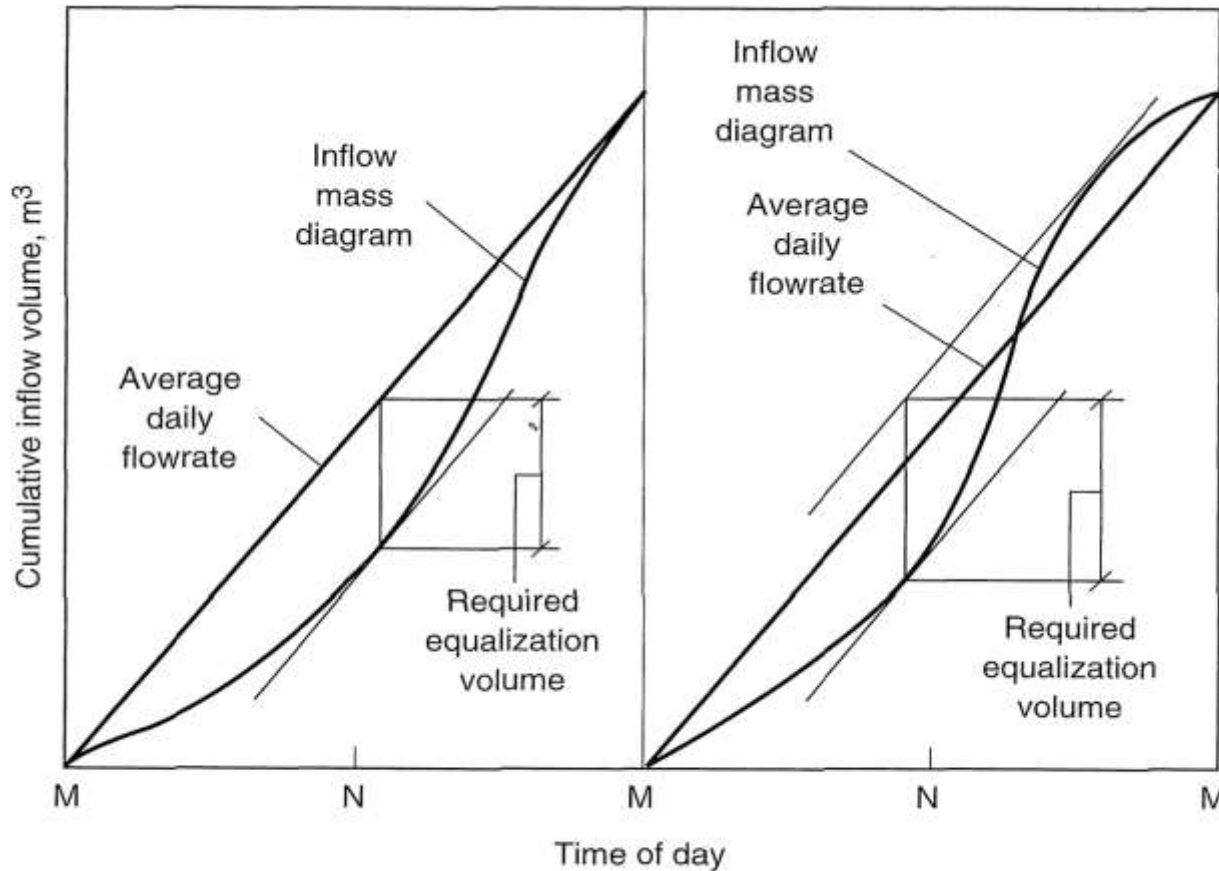
Élimination du sable et de la graisse

- 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 m³/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_{moyenne})
 $< 2,5 \text{ m/h}$ ($Q_{\text{écoulement}}$)

✓ Temps de rétention → $> 2 \text{ h}$ (Q_{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) ₂]	150 - 500
Aluminium sulfate [Al ₂ (SO ₄) ₃]	75 - 250
Chlorure ferrique [FeCl ₃]	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.

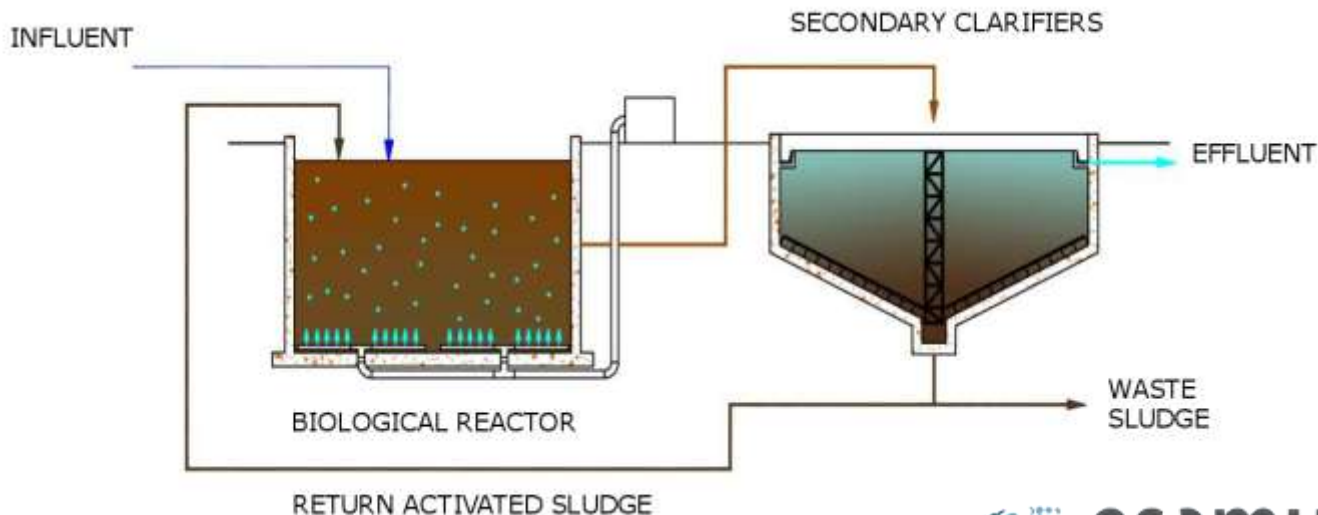
Boue activée conventionnelle

- 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.

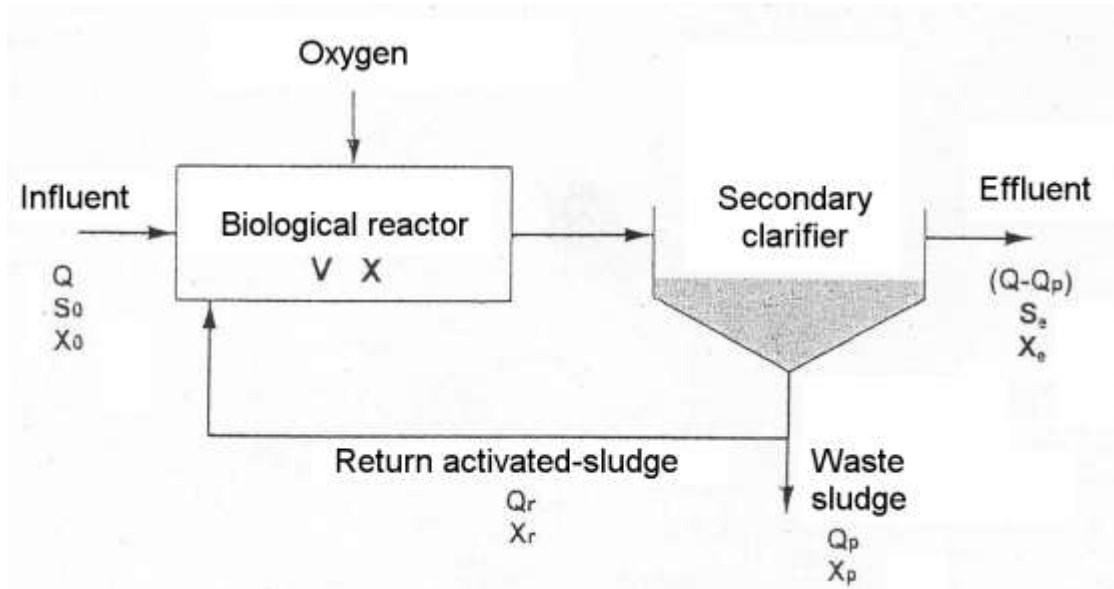


Dégradation biologique

- 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 (m³/jour)
- S_0 = [BOD5] Infiltration secondaire (mg/l)
- X_0 = [TSS] Infiltration secondaire (mg/l)
- S_2 = [BOD5] Infiltration (mg/l)
- X_e = [TSS] Infiltration (mg/l)
- V = Volume réacteur biologique (m³)
- X = [VSS] Liqueur mixte (mg/l)
- Q_r = Débit de boues réacheminées (m³/h)
- X_r = [TSS] boues réacheminées (mg/l)
- Q_p = Débit de boues produites (m³/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 (θ_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 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 ³ /m ³ -h)	<0,7	<0,5
Qécoulement (m ³ /m ³ -h)	< 1,4	<0,9
Charge des solides $Q_{moyenne}$ (KgSS/m ³ -h)	<2,4	<1,8
Qécoulement (KgSS/m ³ -h)	<4,5	<3,2
Débit de chargement $Q_{moyenne}$ (m ³ /m ³ -h)	<6	
Qécoulement (m ³ /m ³ -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 Cl₂ 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/m² min (typical 200 l/m² min)
 - Eaux de lavage → 1750 - 1500 m³/m² h (Air)
25 - 50 m³/m² 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 → ≥ 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 ou consultez www.swim-sm.eu*